

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ CONSTANTINE 3 -SALAH BOUBNIDER-

THÈSE

Présentée à la Faculté d'Architecture et d'Urbanisme
Pour l'obtention du diplôme de :

DOCTORAT EN SCIENCES

Option : Architecture

Par :

SAIGHI OUAFA

Intitulé :

**USAGE DE L'OUTIL INFORMATIQUE DANS
LA CONCEPTION ARCHITECTURALE :
ETUDE DE CAS EN ALGERIE**

Devant le jury :

Pr. AICHE Messaoud	Président	Université Constantine 3
Pr. ZEROUALA Mohamed Salah	Rapporteur	EPAU Alger
Pr. OUTTAS Saliha	Examinatrice	Université Constantine 3
Pr. ROUAG Djamila	Examinatrice	Université Constantine 3
Pr. BELAKEHAL Azeddine	Examineur	Université de Biskra
Dr. MESSAOUDÈNE Maha	Examinatrice	EPAU Alger

Soutenue le : 9 Juillet 2018

A la mémoire de mon défunt père : SAIGHI Ali

A ma mère : KOULOUGHLI Zehor

Remerciements

J'exprime mes vifs remerciements à celles et ceux qui m'ont aidé dans la réalisation de ce modeste travail.

*Je tiens tout particulièrement à exprimer ma profonde reconnaissance à mon Directeur de thèse, le Professeur **ZEROUALA Mohamed Salah**, pour sa générosité infaillible, sa compétence avérée et sa disponibilité. Ses conseils pertinents m'ont été d'une aide précieuse pour achever ce travail.*

Je remercie vivement les membres du jury pour avoir accepté d'examiner mon travail.

Je tiens à remercier les directeurs des laboratoires qui ont accepté de m'accueillir et de m'accorder des séances de travail :

- *Pr. François GUENA (laboratoire ARIAM-LAREA, Paris) ;*
- *Pr. Ludger HOVESTADT (Laboratoire CAAD, ETH Zurich) ;*
- *Dr. Denis DERYCKE (Laboratoire AIIce, ULB, Bruxelles)*

Je n'oublierai pas de remercier Dr. Dalil HAMANI pour ses orientations (Laboratoire ARIAM-LAREA, Paris)

Mes profonds remerciements à mon Université qui m'a octroyé une prise en charge pour pouvoir effectuer des stages au sein de ces institutions.

Mes remerciements vont également aux :

- *Etudiants questionnés à travers les différentes années universitaires et dans les différents établissements ;*
- *Enseignants questionnés pour leur précieuse contribution ;*
- *Responsables des bureaux d'études interviewés qui ont eu la gentillesse de me recevoir et de m'accorder des entretiens ;*
- *Participants à l'étude expérimentale pour leur implication.*

Je voudrais remercier mes amies et mes collègues.

Enfin, je remercie ma famille : ma mère, mes sœurs et mes frères pour leur soutien inconditionnel et leur grande patience.

Merci à tous.

Résumé

A l'échelle mondiale, l'introduction de l'outil informatique dans le champ architectural qui remonte aux années 1960 a évolué parallèlement aux grands progrès des technologies numériques conduisant à couvrir tout le processus du projet avec le numérique. Un fait que nous ne pouvons pas le généraliser en Algérie : étudiants et enseignants hésitent quant à l'adoption de cet outil dans les projets d'architecture. Certains préfèrent les « outils traditionnels » (papier/crayon) notamment dans les premières étapes de la conception.

Cette recherche vise à examiner l'utilisation de l'outil informatique dans les projets d'architecture en Algérie et plus précisément son adoption par les étudiants dans leurs projets d'atelier. Elle repose sur un travail d'enquête auprès des étudiants, enseignants et responsables des bureaux d'études dans quatre villes : Alger, Biskra, Constantine et Oran. Le travail est conforté par une expérimentation avec des étudiants d'architecture à Constantine.

Les résultats ont décelé un état des lieux de l'utilisation de l'outil informatique qui diffère entre les établissements : étudiants et enseignants ont différentes préférences. L'étude expérimentale a montré (pour la grande partie des participants) que l'outil informatique est intégré dans le processus de conception après l'étape de la conceptualisation quelle que soit l'attitude adoptée. L'utilisation actuelle de l'outil est limitée et est non poussée, qualifiant une étape transitoire par rapport aux méthodes « traditionnelles ». L'évaluation des travaux des participants à l'expérimentation a démontré que la maîtrise de l'outil informatique n'implique pas forcément la maîtrise du projet architectural.

Le travail ouvre des pistes de recherche relatives à l'enseignement de la CAO/CFAO, à la créativité et aux environnements de travail de l'architecte.

Mots clés

Outil informatique ; Technologies numériques ; CAO/CFAO ; Phasage du projet ; Conception architecturale ; Attitude de conception ; Observation ; Enquête ; Expérimentation.

ملخص

إن دخول الحاسوب في العمارة عالمياً منذ ستينيات القرن العشرين تطور بالتوازي مع التقدم الكبير للتقنيات الرقمية التي امتد استخدامها ليشمل كامل عملية المشروع. لا يمكن تعميم هذه الحقيقة في الجزائر، إذ يتردد الطلاب والأساتذة في استخدام هذه الأداة في المشاريع المعمارية ويفضل بعضهم "الأدوات التقليدية" (الورقة والقلم الرصاص) خاصة في المراحل الأولى من التصميم.

يهدف هذا البحث إلى فحص استخدام تقنيات الحاسوب في المشاريع المعمارية في الجزائر، خاصة لدى الطلاب أثناء عملهم على مشاريعهم. يقوم هذا البحث على دراسة استقصائية للطلاب والأساتذة ورؤساء مكاتب الدراسات في أربع مدن هي: الجزائر، بسكرة، قسنطينة، وهران، مدعماً بتجربة مع طلاب الهندسة المعمارية في قسنطينة.

لقد كشفت النتائج عن الحالات المختلفة لاستخدام الحاسوب في المؤسسات، حيث يتفاوت الطلاب والأساتذة في أفضلياتهم. أظهرت الدراسة التجريبية (بالنسبة لمعظم المشاركين) أن أداة الحاسوب تُستخدم في عملية التصميم بعد مرحلة التصور بغض النظر عن الطريقة المعتمدة، وأن الاستخدام الحالي له محدود وغير مكثف، مشكلاً خطوة انتقالية مقارنة بالطرق "التقليدية". لقد أظهر تقييم عمل المشاركين في التجربة أن إتقان تقنيات الحاسوب لا يعني بالضرورة إتقان المشروع المعماري. يفتح العمل آفاقاً لأبحاث متعلقة بتدريس تقنيات الحاسوب، وكذلك للإبداع وبيئات عمل المهندس المعماري.

الكلمات المفتاحية

تقنيات الحاسوب؛ تقنيات رقمية؛ مراحل المشروع؛ تصميم معماري؛ السلوك التصميمي؛ مراقبة؛ استقصاء؛ تجربة.

Abstract

The worldwide introduction of the computer tools into the architectural field dating back to 1960s has evolved along with the great advance in digital technologies, extending to the whole process of the project. A fact that we cannot generalize in Algeria: students and teachers hesitate about the adoption of this tool in architectural projects. Some prefer "traditional tools" (paper / pencil) especially in the early stages of design.

This research aims to examine the use of computer tools in architectural projects in Algeria and more specifically its adoption by students in their workshop projects. It is based on a survey of students, teachers and heads of design offices in four cities: Algiers, Biskra, Constantine and Oran. The work is supported by an experiment with architecture students in Constantine.

The results revealed the state of the use of computer tools that differs between institutions: students and teachers have different preferences. The experimental study showed (for most of the participants) that the computer tool is integrated into the design process after the conceptualization stage regardless of the adopted attitude. The current use of the tool is limited and not extensive, forming a transitional step compared to "traditional" methods. The evaluation of the participants' work in the experiment showed that mastering the computer tools does not necessarily imply mastery of the architectural project.

The work opens the door for research related to CAD / CAM education, creativity and the architect's working environments.

Keywords

Computer tools; Digital technologies; CAD / CAM; Phasing of the project; Architectural design; Design attitude; Observation; Investigation; Experimentation.

Table des matières

PARTIE INTRODUCTIVE	2
1. INTRODUCTION GENERALE	2
2. PROBLEMATIQUE	6
3. HYPOTHESES ET CADRE DE LA RECHERCHE.....	8
3-1. Le concepteur (étudiant architecte, architecte praticien)	9
3-1-1. Préférences / habitudes	9
3-1-2. Manque de maturité	9
3-1-3. Moyens financiers	10
3-2. L'évaluation	10
3-3. L'outil.....	11
3-4. La formation en architecture / le cursus universitaire	11
4. OBJECTIFS DE LA RECHERCHE	12
5. LIMITES DE LA RECHERCHE / DIFFICULTES RENCONTREES	13
6. STRUCTURE DE LA THÈSE.....	14
6-1. Partie introductive	14
6-2. Première partie	14
6-3. Deuxième partie	15
6-4. Troisième partie.....	15
6-5. Conclusion générale	15
Conclusion de la partie introductive.....	16
PREMIERE PARTIE : CADRE CONCEPTUEL DE LA RECHERCHE	19
Introduction de la première partie	19
I-1. CHAPITRE 1 : REGARD HISTORIQUE : DES ABAQUES AU NUMERIQUE .	19
I-1-1. Origines (de -3000 à 1943).....	20
I-1-2. L'avènement de l'ordinateur : de l'information à l'informatique	23
I-1-2-1. La première phase (entre 1944 et 1952).....	24
I-1-2-2. La deuxième phase (entre 1952 et 1960)	26
I-1-2-3. La troisième phase (à partir de 1960 jusqu'au 1977).....	28
I-1-2-4. La quatrième phase (les années 1980)	31
I-1-2-5. La cinquième phase (1990 – jusqu'à aujourd'hui).....	33
I-1-3. L'Internet.....	34
I-1-4. L'ère numérique : de l'informatique au numérique.....	37
I-2. CHAPITRE 2 : LE NUMERIQUE DANS LE CHAMP ARCHITECTURAL.....	45

TABLE DES MATIERES

I-2-1. L'informatique, le numérique et l'architecture : l'évolution.....	45
I-2-1-1. Le numérique en architecture.....	48
a) Sur le plan formel.....	48
b) Sur le plan organisationnel.....	50
c) Sur le plan fonctionnel et programmatique.....	51
I-2-1-2. Architecture assistée par ordinateur : Différentes disciplines.....	52
a) DAO (Dessin assisté par Ordinateur).....	52
b) CAO (Conception assistée par ordinateur).....	53
c) FAO/CFAO (Fabrication assistée par ordinateur/Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur).....	55
d) BIM (Building Information Modeling ou Building Information Model).....	58
e) Conception et production des maquettes.....	59
I-2-2. Théories et tendances.....	63
I-2-2-1. Appellations multiples.....	63
I-2-2-2. Courants architecturaux.....	67
a) La Blob architecture.....	69
b) La Morphogenèse.....	71
I-2-3. Architectes impliqués dans le numérique : Exemples de projets.....	73
I-2-3.1. Frank Gehry.....	74
I-2-3.2. Peter Eisenman.....	78
Conclusion de la première partie.....	85
DEUXIEME PARTIE : CHOIX METHODOLOGIQUE.....	88
Introduction de la deuxième partie.....	88
II-1. CHAPITRE 3 : MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE.....	88
II-1-1. La démarche.....	88
II-1-1-1. Conceptualisation et théorisation.....	88
II-1-1-2. Travail sur terrain (in situ).....	90
II-1-1-3. Analyse des sources de données.....	91
II-1-1-4. Interprétation des résultats.....	92
II-1-2. Les outils d'investigation.....	92
II-1-2-1. L'observation.....	93
II-1-2-2. L'échantillon et l'échantillonnage.....	93
a) Les étudiants.....	93
b) Les enseignants.....	94
c) Les architectes praticiens.....	94
II-1-2-3. L'enquête.....	95

TABLE DES MATIERES

a) Le questionnaire adressé aux étudiants.....	95
b) Le questionnaire adressé aux enseignants	97
c) L’entretien avec les architectes praticiens.....	99
II-1-2-4. L’étude expérimentale	99
II-2. CHAPITRE 4 : DEROULEMENT DES ENQUETES	104
II-2-1. Construction de l’échantillon	104
II-2-1-1. Les étudiants	104
a) Le système classique	105
b) Le système LMD	108
II-2-1-2. Les enseignants	111
II-2-1-3. Les architectes praticiens	113
II-2-2. L’étude expérimentale.....	114
II-2-2-1. Les préparatifs.....	114
II-2-2-2. Le déroulement de l’exercice.....	116
II-2-2-3. Le Contenu de l’exercice	118
II-2-2-4. L’observation et le recueil de données.....	118
II-2-2-5. L’analyse de l’activité de conception	120
II-2-2-6. L’évaluation	120
Conclusion de la deuxième partie.....	122
TROISIÈME PARTIE : L’OUTIL INFORMATIQUE EN ALGERIE : ETAT DES LIEUX ET REALITES D’UTILISATION	125
Introduction de la troisième partie.....	125
III-1. CHAPITRE 5 : L’OUTIL INFORMATIQUE : ENTRE L’ACADEMIQUE ET LE PROFESSIONNEL	125
III-1-1. Etat des lieux.....	126
III-1-1-1. Etat de l’utilisation de l’outil informatique	126
III-1-1-2. Le comment d’utilisation de l’outil informatique.....	133
III-1-1-3. Autres intervenants	137
III-1-1-4. Prestations et dépenses	142
III-1-1-5. Les enseignants.....	148
III-1-1-6. Les bureaux d’études	161
III-1-2. Facteurs contribuant.....	165
III-1-2-1. Effondrement des coûts	165
III-1-2-2. Multiples possibilités de formation	167
III-1-2-3. Accès facile aux logiciels	171
III-1-3. Réticences et obstacles.....	186

TABLE DES MATIERES

III-1-3-1. Politique d'enseignement	186
III-1-3-2. Technologies de production digitale	187
III-2. CHAPITRE 6 : L'OUTIL INFORMATIQUE : MEDIUM GRAPHIQUE OU OUTIL DE CONCEPTION ?.....	192
III-2-1. Différents choix en matière d'outils pour la conception et la représentation graphique des projets	192
III-2-1-1. Pour la représentation graphique	193
III-2-1-2. Pour la conception	201
III-2-1-3. Première réaction	209
III-2-2. Phasage d'utilisation de l'outil informatique	214
III-2-2-1. L'observation	214
III-2-2-2. La segmentation	221
III-2-2-3. Lectures croisées	225
a) Attitudes de conception	225
b) Etapes de la conception	232
c) Avis des enseignants	235
III-2-3. Outil informatique : qualité architecturale et évaluation pédagogique	237
Conclusion de la troisième partie	246
CONCLUSION GENERALE	249
BIBLIOGRAPHIE	270
TABLE DES SIGLES ET DES ABREVIATIONS	278
TABLE DES TABLEAUX	279
TABLE DES FIGURES	280

PARTIE INTRODUCTIVE

« ...L'oral a disparu et aussi le tracé du projet avec le plat de la main, dans l'air, dans le paysage »¹

PARTIE INTRODUCTIVE

1. INTRODUCTION GENERALE

Le monde a vécu une grande révolution technique suite à l'arrivée des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC en français ou ICT en anglais). Ces dernières sont au cœur de notre quotidien, bouleversant nos modes de vie. Les changements induits sont nombreux affectant presque la totalité des domaines. La technologie, à titre d'exemple, n'est plus réservée seulement aux industriels ou aux concepteurs de jeux vidéo. Bien au contraire, elle devient une des préoccupations majeures de nombreuses instances de recherche scientifique, notamment celles des architectes. Si le développement de la grande majorité des TIC répond à des objectifs externes à l'architecture, cette discipline semble se mettre à jour en s'imbibant de la technologie.

En effet, les outils de conception, de représentation et de communication utilisés par les architectes sont en train de changer et d'évoluer parallèlement à une culture numérique^a qui est en pleine propagation. Cette culture qui trouve ses racines dans l'arrivée de l'informatique au début des années 1940 s'est développée à travers le temps.

Même si les prémices de l'introduction de l'ordinateur en architecture remontent aux années 1960, les théoriciens ne parlent d'une vraie intégration qu'à partir des années 1990 (où l'ordinateur devient un générateur de formes). Dès lors, l'ordinateur s'est associé à l'architecture par l'appropriation et la création de plusieurs logiciels, et la confection de nouvelles machines numériques de fabrication. Cette utilisation a vu un progrès remarquable surtout ces dernières années. Aujourd'hui, elle fait « *partie intégrante des pratiques de l'architecte* »² nous a affirmé François Guéna, lors de notre rencontre dans son laboratoire ARIAM-LAREA^b en 2008.

L'introduction du numérique et ses technologies dans le champ de l'architecture s'est traduite par une substitution progressive du vocabulaire ; le calque réel palpable est devenu

^a Un concept utilisé par Antoine Picon et expliqué dans la 1^{ère} partie de ce travail.

^b Atelier de Recherche en Informatique et Modélisation-Laboratoire d'Architecturologie et de Recherche Epistémologique en Architecture, Paris-La-Villette (France).

le calque virtuel, la maquette physique est devenue numérique. On parlait « autrefois » de la table du dessin, maintenant on parle plus de l'écran de l'ordinateur, ainsi, le crayon est remplacé par la souris, le clavier, ou autres périphériques à l'exemple du stylo, de la tablette graphique ou du SpaceMouse.

En conséquence, l'e-design prend le pas sur le discours architectural favorisant ainsi l'architecture virtuelle et « augmentée ». A ce juste titre, nous notons l'apparition d'architectes « graphistes 3D » ou infographes, la création de bureaux d'études spécialisés dans la simulation et la modélisation 3D, ou plus globalement des prestataires de services en informatique. Leurs talents prévalent dans les projets architecturaux, alors que la dextérité des architectes talentueux dans le dessin à main levée (esquisse, croquis, ...) est souvent éclipsée. Clavier et souris s'unissent pour définir les lignes et les formes des projets. Le contact avec l'objet à concevoir devient indirect. Tout est transféré à l'ordinateur, marquant le passage de la « *hard architecture* » à la « *soft architecture* »³

Ces technologies ne cessent d'évoluer à grande vitesse. Les architectes en Algérie qu'ils soient dans la vie estudiantine ou professionnelle, se trouvent dans une situation d'hésitation. Ils semblent éprouver des difficultés à choisir entre les « anciens » et les « nouveaux » outils ; entre ceux communément connus comme outils traditionnels et les technologies numériques. Ils tentent, en fait, de trouver une solution à la question suivante : « *doit-on adapter ou s'adapter ?* », en d'autres termes, faut-il préserver « l'ancien » en maintenant le crayon, ou bien faire table rase du passé et laisser « le trait » à la « souris ». Notons, qu'une décennie avant ce travail, en 2004, la question de l'adaptation à l'outil a été déjà tranchée à l'échelle mondiale : « *Il faut aujourd'hui parler d'ergonomie, de simplicité, d'intuitif et faire oublier l'époque où il fallait s'adapter à l'ordinateur* »⁴

Cette opposition en matière d'outils nourrit plusieurs écrits et a donné naissance à l'expression « *Le numérique contre l'analogique* »⁵ comparant les outils analogiques aux technologies numériques, à l'exemple de l'article portant l'expression même comme titre, paru dans les cahiers de la recherche architecturale en 2001⁶. De la même manière, une distinction est née entre deux architectures ; la « traditionnelle » est appelée analogique, pré-numérique ou « architecture du papier » en référence au papier absent dans le numérique : « *Aujourd'hui les outils technologiques permettent l'expérimentation directe d'hypothèses sur l'écran [...] l'architecture conceptuelle qui résulte remplace, par sa*

fonction, la traditionnelle « architecture du papier » »⁷. Tandis que l'actuelle a bénéficié de plusieurs appellations en relation avec l'outil numérique^a.

« L'ordinateur est un outil et comme tous les outils mis au point au cours de l'histoire (depuis la roue jusqu'au moteur électrique) il libère les hommes des tâches répétitives et sans intérêt. Les outils libèrent les hommes afin qu'ils dépensent leur temps à des tâches plus créatives et plus intelligentes. »⁸. Cet outil au service de l'architecture favorise une inscription rapide et une concrétisation réelle de l'idée d'une façon précise dans un aller-retour flexible grâce aux maquettes virtuelles, bibliothèques des matériaux et textures, e-catalogues, banques numériques, ressources en ligne ... Grâce à la rationalisation du travail, le projet est désormais vérifiable immédiatement dans des délais exceptionnels. L'outil constitue une aide précieuse à la décision en termes de choix de solutions, ainsi que pour la préparation à la gestion, vu les grandes potentialités de test et d'expérimentation directe des différents cas possibles dans des environnements virtuels et interactifs, facilitant la communication avec les différents intervenants tout en gérant un grand nombre de projets.

En fait, ce travail de thèse s'inscrit dans une réalité à l'échelle mondiale du « tournant numérique (*the digital turn*) »⁹ évoquée par plusieurs auteurs, tel que : Antoine Picon. En effet, une des lectures principales qui nous a motivés pour ce travail est son livre : *Culture numérique et architecture, une introduction*¹⁰. Paru en 2010, le livre s'intéresse aux mutations affectant la définition et le contenu de l'architecture dans une tentative de couvrir historiquement la production architecturale appartenant à cette culture depuis la naissance de l'ordinateur.

Trois ans plus tard, un recueil des articles marquant l'évolution de l'architecture numérique entre 1992 et 2012, a été présenté dans un numéro spécial¹¹ de la revue : *Architectural Design*. Ce numéro, en particulier, et les différents numéros de la revue parus à partir des années 1990, en plus du livre de Picon nous ont aidés à nous positionner et mieux comprendre l'évolution historique et les progrès de cette architecture.

Une année plus tard, un stage qui m'est offert par mon université au sein du laboratoire : Computer Aided Architectural Design [CAAD], Institute of Technology in Architecture, Faculty of Architecture / ETH Zurich (Suisse), m'a permis de vivre et de voir de près le

^a Voir *Infra*, titre : I-2-2. Théories et tendances.

matériel et le progrès en matière de technologies numériques. Notant que l'ETH est équipée en plus du matériel de découpage CNO^a (CNC en anglais), des robots industriels depuis l'année 2005.

Bien avant mon inscription en doctorat, un article sur le « paperless studio » a suscité mon intérêt. Le *Paperless Studio* (l'atelier « sans papier ») initié par Bernard Tschumi en 1992^b à l'université de Columbia, est considéré comme l'une des premières tentatives d'utilisation de l'ordinateur dans la conception. C'était une de mes premières lectures sur les modes « traditionnels » de conception en les comparant aux « nouveaux » modes. Durant ce temps de lecture, je me questionnais si nous pouvions avoir un tel laboratoire (ou atelier) dans notre université.

La recherche scientifique dans ce domaine ne s'arrête pas ; les architectes et les chercheurs en architecture (théoriciens, historiens, ...) s'expriment à travers des livres, des revues et des événements scientifiques. Depuis le début des années 1980, des colloques s'organisent pour discuter cette thématique ; des réseaux et associations à l'échelle internationale, se sont créés pour regrouper les chercheurs et les professionnels autour de thématiques intrinsèquement liées à l'architecture numérique. Parmi ces organismes, nous pouvons citer six organisations sœurs qui partagent la même mission et qui activent dans la CAAD (Computer Aided Architectural Design) conception architecturale assistée par ordinateur :

- ACADIA^c : The Association for Computer Aided Design in Architecture, fondée en 1981 (Amérique du Nord) ;
- CAAD Futures^d : The Computer Aided Architectural Design Futures Foundation, fondée en 1985 ;
- CAADRIA^e : The Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia, fondée en 1996 ;
- eCAADE^f : Education and research in Computer Aided Architectural Design in Europe, fondée en 1983 (Europe) ;

^a CNO : fabrication avec Commande Numérique par Ordinateur / CNC : Computerized Numerical Control.

^b 1992, selon **Antoine Picon** (2010), *Culture numérique et architecture : une introduction*, éd. Birkhäuser, Basel, Switzerland, p.8 et 1993 selon d'autres lectures.

^c <http://acadia.org/>

^d <http://www.caadfutures.org/>.

^e <http://www.caadria.org/>

^f <http://ecaade.org/>

- SIGraDi^a : The Iberoamerican Society of Digital Graphics, fondée en 1997 (Ibéro-Amérique) ;
- et ASCAAD^b : The Arab Society for Computer Aided Architectural Design, fondée en 2002, et dans laquelle je suis membre de conseil d'administration depuis mai 2015.

2. PROBLEMATIQUE

Il y a vingt-cinq ans seulement (ou presque), en Algérie, il y avait peu d'ordinateurs dans nos maisons, dans nos universités (départements d'architecture) et dans les bureaux d'études. Le peu d'ordinateurs existants dans les mains des étudiants étaient utilisés pour le traitement de texte et les calculs. Toutes les phases du projet étaient uniquement dessinées à la main : dès les premières idées jusqu'à l'affichage final. Par contre, aujourd'hui rares sont les ateliers qui sont sans ordinateurs. Ces derniers viennent peu à peu remplacer les outils « traditionnels ».

L'activité dans les bureaux d'études est devenue dépendante des ordinateurs, imprimantes, traceurs et imprimantes 3D. Des plans, des volumétries, des images et d'autres documents graphiques et techniques sont produits (ou générés) en exploitant un éventail de possibilités informatiques également incontournables pour les étudiants. Ainsi, l'informatique est devenue un critère important pour le recrutement des jeunes architectes, « *malgré la méfiance initiale des architectes qui ont peur d'être dépossédés de l'essence même de leur métier.* »¹²

Dans ce même contexte, certains étudiants architectes, éprouvant des difficultés en matière de communication, de transmission (expression orale) et de matérialisation des idées, ont tendance à compenser cette carence en faisant appel à l'ordinateur afin que l'image de synthèse tente de mettre en relief leurs idées et « parle » à leur place. C'est un acte qui devient de plus en plus « machinal » rendant, par conséquent, certains étudiants automates et dépendants de la bibliothèque ou de la banque de données disponibles sur leurs ordinateurs. L'acquisition des outils récents, sophistiqués est un fait important pour les architectes, mais leur développement n'est pas suffisant pour résoudre les problèmes vécus.

^a <http://www.sigradi.org/>.

^b <http://www.ascaad.org/>.

« Traditionnellement, les étudiants en architecture étaient appelés à être surtout doués dans l'art de la représentation et du dessin technique comme éléments fondamentaux de l'expression architecturale »¹³. Cependant, l'acquisition d'une variété d'outils s'avère nécessaire à la formation de l'architecte qui « est appelé quand même à se familiariser avec tous les moyens disponibles pour pouvoir les comprendre et les interpréter une fois rencontrés au cours de leurs carrières. »¹⁴. A partir du début de ce siècle, nos étudiants hésitaient entre l'achat d'un *Té* et une équerre et l'ordinateur. Mais, aujourd'hui, ces dernières générations qui sont nées la tête dans les écrans, se promènent avec un ordinateur portable acquis bien avant d'entamer les études universitaires. En face de l'écran, ces étudiants « s'amuse » en confectionnant des 3D, en générant des rendus et en lançant des images de synthèse. Mais, à vrai dire, aujourd'hui, les technologies numériques disponibles à travers les pays développés ne les sont pas en totalité en Algérie. L'écart semble encore assez large.

A son tour, l'architecte praticien fait appel à l'ordinateur et aux différents logiciels, dans un but d'impressionner le client ou le public par des images de synthèse et des maquettes 3D offrant même des visites virtuelles des projets, laissant la souris au client pour faire le « tour du propriétaire »¹⁵. « Si l'architecte conceptualise naturellement un projet dans l'espace, son client et les différents autres intervenants (Économistes, Bureaux d'étude...) ne partagent pas cette même faculté de représentation. Ce nouveau rapport dynamique en 3D avec l'esquisse introduit une certaine proximité avec le projet, dès la phase d'étude. »¹⁶

D'un autre côté, certains outils de communication sont en train de perdre leur pertinence tel que le langage parlé ; un moyen indispensable qui se voit substitué par l'imagerie de synthèse. Paul Virilio a affirmé « désormais, ce qui parle, c'est l'image »¹⁷, en confirmant l'effacement de la culture orale. Il est vrai que l'image de synthèse ne se limite pas seulement au domaine de la publicité, mais aussi dans l'architecture, cet outil a trouvé un large épanouissement se basant sur la sidération de l'autre par l'utilisation des couleurs attirantes et images de prestige, considérées par Bernard Tschumi (architecte, doyen du département architecture de l'université de Columbia) comme une révolution, en expliquant lors d'un entretien : « C'est une révolution aussi importante que l'invention de la perspective »¹⁸

Nous sommes dans l'ère de l'image ; un moyen dont l'impact semble beaucoup plus important, car la communication visuelle prime et influe fortement sur la prise de décision,

ce qui empiète sérieusement sur l'expression verbale. « *Celui qui est capable de mettre le plus d'argent dans l'exécution de l'image la plus convaincante achète la décision. Les images de synthèse sont de puissants outils d'aide à la décision* »¹⁹. Cette même influence est présente dans l'enseignement, où l'étudiant « achète » à son tour, l'évaluation entreprise par les enseignants. Evaluation qui devient largement subjective.

A travers mes années d'enseignement en architecture et mon humble expérience dans les bureaux d'études, plusieurs observations en relation avec l'introduction de l'informatique en architecture ont été construites et discutées avec le staff d'enseignement. Le choix effectué par l'architecte (et en particulier l'étudiant) en matière d'outils utilisés dans le processus du projet et plus précisément dans la phase de conception, a attiré mon attention.

De plus, la conception est un processus complexe, non contrôlable, basé sur l'instinct intuitif, alors que l'ordinateur est une machine basée sur des programmes exécutant des commandes préétablies. Ces deux points souvent mis en opposition, nous ont conduits à la problématique de notre recherche qui peut s'exprimer par les questionnements suivants :

- **Le recours à l'outil informatique de la part des architectes (étudiants et praticiens) est-il devenu la solution miracle ou incontournable ?**
- **Quel est, actuellement, le statut de cet outil dans les projets d'architecture en Algérie ?**
- **Quel est son apport dans le processus même de conception architecturale?**

Ce travail tente de répondre à ces questionnements par la compréhension de l'état des lieux de l'utilisation de l'outil informatique, tout en examinant quand et comment les architectes introduisent cet outil dans le processus de leurs projets. En plus, il aspire à évaluer l'influence de cette utilisation sur la qualité conceptuelle.

3. HYPOTHESES ET CADRE DE LA RECHERCHE

Notre problématique nous a permis de mettre en évidence, d'une part, le rapport entre l'architecte et l'outil informatique d'autre part. Un rapport parfois conflictuel surtout pour des générations qui ont vu la table de dessin, le *té* et le tracé à main libre graduellement disparaître.

Pour répondre à nos questionnements élaborés plus haut, des hypothèses ont été définies tout en essayant de regrouper quelques indicateurs. Nous pouvons classer ces hypothèses sur quatre niveaux expliqués dans ce qui suit sans ordre préalable :

3-1. Le concepteur (étudiant architecte, architecte praticien)

Pour notre travail, le concepteur peut être dans l'université en tant qu'étudiant ou dans les bureaux d'études en tant qu'architecte praticien. Pour l'étudiant concepteur, nous pensons trouver un lien entre l'utilisation de l'outil informatique et l'avancement dans les années d'étude.

Nous supposons aussi, que cet étudiant est autonome, il est doté des compétences nécessaires pour élaborer son travail et pour atteindre les objectifs tracés avec l'enseignant. L'autonomie signifie également la volonté et l'ambition de s'auto-former plutôt que d'attendre un programme d'enseignement.

3-1-1. Préférences / habitudes

D'une manière générale, chaque concepteur a ses préférences en matière d'outils adoptés et chaque architecte exprime une préférence pour tel ou tel outil. Nous pouvons supposer que l'outil informatique peut être adopté ou non selon les habitudes et les préférences du concepteur à l'image de n'importe quel autre outil.

3-1-2. Manque de maturité

A travers notre constat, une grande proportion d'utilisateurs dans les ateliers d'enseignement ou dans les bureaux d'études, utilise l'outil informatique (ou les logiciels relatifs à l'architecture plus précisément) d'une manière primitive (utilisant la technique seulement pour la technique). Une non-maîtrise de l'outil qui engendre une utilisation peu sophistiquée ne donnant aucune différence en comparant un projet architectural produit « traditionnellement » avec celui produit en y intégrant l'informatique. Mais, d'une façon générale, les étudiants sont attirés par la technologie, même s'ils ne la maîtrisent pas.

Nous avons évoqué dans notre introduction la phase d'hésitation que vivent les architectes en Algérie et qui nous a été expliquée comme transitoire par le Pr. François Guéna lors de nos discussions, en rapport avec l'aspect récent de l'introduction de ces outils en Algérie. Et que nous pouvons l'appeler une phase d'appropriation de l'outil. Un tel constat a été

soulevé par exemple en Europe dans les années 1980 (en parlant des étudiants) : « *En règle générale, ils manifestent un grand intérêt pour les potentialités des technologies nouvelles mais en même temps ils sont quelque peu désorientés. Pour les utiliser, ils ne savent pas par où commencer.* »²⁰

3-1-3. Moyens financiers

En dehors des logiciels qui sont facilement acquis ici en Algérie, nos universités ne sont pas assez équipées en un matériel facilitant le contact des étudiants avec les technologies numériques, telles que les machines de production à commande numérique^a. Par conséquent, une bonne exploitation du numérique est entravée par le manque de moyens financiers. Nous supposons qu'il suffit donc de se donner les moyens pour améliorer l'utilisation.

3-2. L'évaluation

L'enseignement implique une évaluation de l'étudiant, mais cette évaluation peut être biaisée ou influençable. Certains étudiants optent pour l'ordinateur seulement pour influencer l'évaluateur, par la séduction en usant des images de synthèse, sans tenir compte de la qualité architecturale. Ces étudiants « profitent » d'une situation dans laquelle l'enseignant évaluateur n'est pas contre l'outil, mais ne le maîtrise pas.

Dans un autre cas de figure, certains enseignants sont contre l'utilisation « abusive » de l'outil, et ils arrivent même à l'interdire. Une attitude « ancienne » : très tôt, nous remarquons dans nos lectures que les auteurs parlent de deux positions. En 1971, Max Blumenthal écrivait dans l'un des premiers numéros consacrés à l'informatique en architecture : « *Actuellement, on assiste trop souvent à deux attitudes extrêmes : les architectes se méfient de l'informatique craignant d'y voir la fin de la création architecturale, ou en attendant des miracles.* »²¹. Les étudiants, par conséquent, n'ont qu'à suivre ces enseignants figés dans une vision classique par peur de la technologie dans certains cas.

Cependant, l'évaluation correcte, ne semble pas être le seul facteur ; la qualité d'enseignement et, par conséquent, la bonne évaluation, se construit non seulement à travers l'expérience (les années d'enseignement et la volonté d'apprendre) mais aussi à travers une politique gérant l'enseignement dans les départements et/ou écoles d'architecture.

^a Voir *Infra*, titre : III-1-3-2. Technologies de production digitale.

3-3. L'outil

A ce niveau, notre hypothèse stipule que le problème est dans l'outil lui-même : qui est compliqué et inadapté à la conception.

Nous avons tendance à penser que le dernier outil « le plus récent » est forcément le meilleur, mais les architectes ne partagent pas cet avis et présentent des préférences différentes. Cependant, nous sommes tous d'accord que tout outil se doit d'aider au mieux son utilisateur. Un nombre d'architectes affirment que l'outil informatique n'apporte aucune aide au concepteur, il ne répond pas aux attentes du concepteur et il n'est pas conçu pour pouvoir l'accompagner surtout dans les premières phases de la formulation de l'idée ; l'outil n'arrive pas à saisir « l'essence » de la conception.

Malgré ces divergences, nous supposons qu'un bon choix de l'outil qui met en œuvre les vraies capacités du numérique et ses technologies, contribue significativement à l'amélioration de la qualité du produit final, et concourt positivement à une recherche formelle plus performante et plus innovante que celle découlant d'une démarche basée sur « l'architecture du papier ».

3-4. La formation en architecture / le cursus universitaire

Un changement de contenu des programmes, nous semble suffisant pour influencer une utilisation plus poussée de l'outil informatique, tout en facilitant l'acquisition de plus de connaissances sur l'outil. En Algérie, nous avons deux systèmes de formation en architecture « le classique » et le LMD. Ce dernier s'appuie sur le premier tout en variant les possibilités d'apprentissage à travers plus de matières réparties entre la licence et le master^a. Nous remarquons que le contenu des matières est en perpétuelle évolution et change d'un département à un autre. Alors que dans le système « classique », il n'y avait qu'un seul module consacré à l'informatique en 4^{ème} année d'étude (l'avant dernière année). En effet, c'était une heure et demie par semaine dans une seule année parmi cinq ; un volume horaire très « timide » par rapport à la totalité de ce qu'un étudiant apprend dans une semaine (23h.30), ce qui est l'équivalent de 5.58% du volume total. Donc, un volume horaire « théorique » minime reflétant le peu d'importance attribuée à ce module et une ignorance de ses avantages.

^a En fonction de l'option.

A ce niveau, nous supposons que le fait d'offrir plus de matières spécifiques dans le cursus, assure l'acquisition des connaissances dans ce domaine, contribue à l'enrichissement de la culture numérique des étudiants et influe, par conséquent, sur son utilisation dans les projets.

4. OBJECTIFS DE LA RECHERCHE

Cette thèse a pour ambition de replacer l'outil informatique et les technologies numériques dans leur contexte historique et d'éclairer les apports qu'ils peuvent offrir à la conception, en se basant sur l'étude de cas et l'expérimentation pour essayer d'identifier des éléments susceptibles de confirmer ou infirmer les hypothèses formulées plus haut, tout en ayant comme objectifs les points suivants :

- Evaluer l'ampleur de l'utilisation de l'outil informatique dans les projets d'architecture en Algérie par l'étude de quelques départements d'architecture (étudiants et enseignants) ainsi que les bureaux d'études ;
- Procéder à l'état des lieux de l'utilisation chez les étudiants, les enseignants et dans le milieu professionnel ;
- Recenser les avantages et les faiblesses à travers l'échantillon, tout en espérant apporter des propositions utiles pour améliorer l'enseignement en matière de l'outil informatique ;
- Identifier comment cet outil affecte le processus de conception.

Cette recherche a pour visée d'identifier ce qui suit (comme objectifs secondaires) :

- Les raisons pour lesquelles l'outil informatique est adopté ou pas ;
- Les logiciels utilisés ;
- Les obstacles empêchant une meilleure utilisation.

Etant donné que notre travail de terrain porte sur les départements d'architecture et les bureaux d'études en Algérie à une époque donnée (entre 2009 et 2015), il est également attendu que la recherche nous renseigne, dans ce contexte, sur l'état de l'utilisation de l'outil informatique avec une probable évolution. Ce qui permet une meilleure compréhension des

conditions de travail des étudiants, enseignants et architectes praticiens, tout en aspirant être à jour avec ce qui se passe dans le monde et une qualité conceptuelle meilleure.

Ce travail ambitionne aussi de poser des jalons pour une politique d'enseignement en matière d'intégration du numérique et ses technologies dans le cursus universitaire des architectes. Ce travail ne prétend donc pas définir un cadre figé exigeant des solutions, mais plutôt, proposer une ébauche, ouvrir des perspectives de réflexion (des pistes de recherche) que d'autres recherches dans l'avenir viendraient interroger et enrichir.

5. LIMITES DE LA RECHERCHE / DIFFICULTES RENCONTREES

La recherche est fondée sur un objet réel, une situation vécue au sein des départements d'architecture et des bureaux d'études en Algérie. Nous nous sommes intéressés exclusivement à l'utilisation de l'outil informatique dans le processus de conception, en essayant de vérifier sur plusieurs années universitaires. Il ne s'agissait pas de refaire un autre travail sur la conception architecturale, mais de comprendre, à partir d'un travail de terrain et des outils d'investigation, l'état de l'utilisation de l'outil informatique dans la conception architecturale en Algérie.

Le travail ne s'intéresse pas :

- A la phase documentaire (analyse et programme du projet)
- Aux logiciels d'office (Word, Excel, power point, ...)
- Aux capacités des logiciels pour la simulation.

Nous ne pouvons pas nier les contraintes de cette étude en matière de sa faisabilité pratique et nous pouvons les résumer dans les points suivants :

- La confection peu probable d'un calendrier prévisionnel ;
- Les difficultés d'accès aux personnes à interroger ainsi que leurs hypothétiques collaborations;
- Le manque de support financier pour le chercheur: déplacement, hébergement ;
- Le matériel approprié disponible est limité.

6. STRUCTURE DE LA THÈSE

La thèse s'articule autour de trois parties principales, chacune est composée de deux chapitres, avec une partie introductive et une conclusion générale. La première partie traite l'aspect théorique de notre thématique. La deuxième cherche à mettre en lumière notre choix méthodologique et présente le déroulement de nos enquêtes. La troisième partie est consacrée à l'analyse et l'interprétation des résultats. Une conclusion à la fin synthétise le travail et ouvre de nouvelles pistes de recherche.

6-1. Partie introductive

La partie introductive de ce travail vise à présenter la situation actuelle de l'utilisation de l'outil informatique en architecture à travers d'une part, tout ce qui a donné naissance à ce sujet, et d'autre part, à travers un état précis de l'actualité et des nouveautés à l'échelle internationale.

Nous exposons dans un second lieu les questionnements de recherche en étroite relation avec l'état d'utilisation de l'outil informatique en Algérie. Un état découlant de nos activités d'enseignement et de notre expérience dans les bureaux d'études. Des hypothèses sont ensuite formulées avec les objectifs attendus de ce travail.

Les limites de la recherche sont aussi évoquées afin d'appréhender les difficultés rencontrées à travers la nature et la spécificité de cette humble recherche.

6-2. Première partie

Cette recherche a été précédée d'un examen de la littérature liée à l'informatique, le numérique et ses technologies, objet de cette première partie composée de deux chapitres : le premier se résume à un regard historique montrant la naissance de l'ordinateur et son évolution à travers l'histoire, avec une partie réservée à Internet. Le deuxième chapitre consiste à mettre au clair l'évolution de l'introduction de l'ordinateur dans le champ architectural avec des explications des différentes disciplines émergentes. Nous insistons sur les courants architecturaux qui ont accompagné cette évolution, tout en dégagant les concepts qui définissent ces courants. Nous montrons que cette évolution est le fruit de la culture numérique ; résultat du grand progrès qu'a vu l'ordinateur et les technologies numériques. Le tout est appuyé par des exemples de projets appartenant à cette architecture ;

chose qui nous a permis de montrer l'état de recherches dans ce domaine, de mieux entrevoir la réalité et de mieux positionner notre travail.

6-3. Deuxième partie

Dans la deuxième partie de ce travail, nous présentons notre choix méthodologique qui justifie et expose les cas étudiés et les outils de collecte de sources de données. Cette partie restitue le travail d'enquête, en mettant en avant la démarche. Selon la population cible ; le mode de recueil de l'information et le choix de l'échantillon sont expliqués à travers la présentation et le déroulement des enquêtes menées sur terrain, avant de réserver une partie à l'étude expérimentale avec ses différentes étapes.

6-4. Troisième partie

Cette partie met en relation les trois premières parties : elle conjugue les questionnements de la partie introductive aux réponses des théories de la première partie tout en exploitant des sources des données recueillies du terrain selon une méthodologie expliquée dans la deuxième partie.

Le cinquième chapitre met en exergue un état des lieux général qui porte sur une identification des raisons d'utilisation de l'outil informatique, ses avantages et ses inconvénients. Quant au sixième chapitre ; il tente d'étudier en profondeur le projet architectural et son processus de conception. Il essaye également de comprendre les différentes attitudes adoptées par les étudiants avant de s'intéresser à l'introduction de l'outil informatique dans le processus de conception. Cette partie est clôturée par une tentative d'évaluation des travaux.

6-5. Conclusion générale

Enfin, la conclusion permet de synthétiser le travail en matière d'outil informatique appliqué au projet architectural, tout en apportant des éléments de réponse aux questionnements posés et en cernant les limites et les difficultés d'une telle utilisation.

Cette conclusion s'ouvre sur des pistes de recherche en matière d'enseignement et d'évaluation relatives à l'introduction de l'outil informatique dans les projets d'architecture des étudiants en Algérie.

Conclusion de la partie introductive

L'introduction du numérique dans la pratique architecturale connaît un grand essor à l'échelle mondiale : de l'esquisse assistée par ordinateur à la fabrication assistée par ordinateur ou encore de composants préfabriqués, aujourd'hui, les technologies numériques offrent de grandes possibilités qui étaient encore inconcevables il y a une vingtaine d'années. Le but de ces outils n'est pas de produire des folies, des images de synthèse pour le plaisir des yeux ou des 3D séduisantes, mais bien d'être au service de l'architecture.

L'utilisation de ces outils en architecture devient un réflexe commun à la majorité des apprenants/étudiants. Dans la formation des architectes, l'acquisition d'une variété d'outils s'avère nécessaire, mais le fait d'opter pour l'outil le plus récent ne peut pas combler les lacunes des étudiants en matière de transmission d'idées, d'expression orale et écrite. L'utilisation de ces technologies nouvelles, récentes et sophistiquées n'est pas une tare, mais, elles devraient rapporter une aide à la décision et non se substituer à la décision. Elles contribueraient à l'enrichissement de l'expression orale plutôt que de la faire disparaître.

A travers notre activité d'enseignement et les quelques années d'expérience pratique dans les bureaux d'études, nous avons pu apprécier d'une part, la situation des étudiants et des architectes praticiens en matière de choix d'outils, et d'autre part, les réactions différentes des enseignants générant parfois des conflits de communication avec les étudiants. Ces derniers se trouvent dans une situation d'hésitation face à des enseignants qui optent pour deux attitudes opposées par rapport à l'usage de l'ordinateur. Les partisans sont avec l'outil, convaincus de son importance et sa nécessité, les autres sont contre, préférant le crayon et la méthode traditionnelle « architecture du papier ». Malgré ces incompatibilités apparentes, nous avons pu formuler plusieurs hypothèses classées sur plusieurs niveaux.

De nombreux éléments explicités dans cette partie introductive sont venus confirmer la pertinence et l'actualité de nos questionnements. Le nombre toujours croissant des architectes à former, l'écart inquiétant constaté entre la réalité et les projets d'étudiants, ainsi nos ambitions partagées avec le staff d'enseignement dans un but de hisser le niveau de nos programmes en matière du numérique et ses technologies.

Nous attendons de cette recherche qu'elle apporte un éclairage nouveau sur l'état actuel de l'utilisation de l'outil informatique dans les projets d'architecture. En effet, le premier

objectif de cette recherche que nous avons mise au point porte sur la compréhension de cette utilisation en Algérie. Les résultats de nos enquêtes sont détaillés dans la troisième partie de ce travail, tandis que la partie suivante (la première) porte spécifiquement sur le cadre conceptuel et explicite les disciplines qui ont accompagné cette « nouvelle architecture ».

Références

- ¹ **Lucien Kroll** (Octobre 1982), « Ordinateurs et systèmes constructifs » IN AA, n° 223, p. 15.
- ² **François Guéna**, « L'informatique a-t-elle transformé la création architecturale. Outil de communication ou outil de création ? », [Enligne] <http://www.maacc.archi.fr/L-informatique-a-t-elle-transforme>, (page consultée le 03-08-2010).
- ³ **Mohamed Alaa Mandour** (February 22-24, 2005), « From Hard Architecture to Soft Architecture: Architecture Form in the 21st Century » IN *First ASCAAD's International Conference: e-Design in Architecture*, Architecture Department, KFUPM, Dhahran, Saudi Arabia.
- ⁴ **Florian Mascaro** (Mai - Juin 2004), « L'esquisse numérique » IN *Architecture intérieure CREE*, n°314, p. 130.
- ⁵ **Sébastien Bourbonnais** (2014), *Sensibilités technologiques : expérimentations et explorations en architecture numérique 1987-2010*, Thèse de doctorat, Université Paris-Est, p. 12.
- ⁶ **Jean-Pierre Chupin et Hervé Lequay** (Janvier 2001), « Escalade analogique et plongée numérique » IN *Les cahiers de la recherche architecturale et urbaine*, n° 7, pp. 21-30.
- ⁷ **Sabine Porada** (2001-2002), « Chantier de l'imaginaire. L'innovation architecturale et l'ordinateur » IN *EAV*, n° 7, p. 13.
- ⁸ **Barry Milliken** (Octobre 1982), « Le défi de la conception assistée par ordinateur » IN AA, n° 223, p. 6.
- ⁹ **Mario Carpo** (éd.) (2013), *The digital turn in architecture 1992-2012, AD Reader*, éd. John Wiley and Sons Ltd, Bruxelles, 264 p.
- ¹⁰ **Antoine Picon** (2010), *Culture numérique et architecture : une introduction*, éd. Birkhäuser, Basel, Switzerland, 217 p
- ¹¹ **Mario Carpo** (éd.) (2013), *The digital turn in architecture 1992-2012, AD Reader*, éd. John Wiley and Sons Ltd, Bruxelles, 264 p.
- ¹² **Bertrand Lemoine** (mars 1997), « Conception et informatique » IN *amc*, N° 78, p. 46.
- ¹³ **Mohamed Salah Zerouala**, *Moyens de communication en architecture*, Cours de la 1^{ère} année architecture, Département d'architecture et d'urbanisme Constantine, Année universitaire : 2003-2004.
- ¹⁴ *Idem.*
- ¹⁵ **Florian Mascaro** (Mai - Juin 2004), « L'esquisse numérique » IN *Architecture intérieure CREE*, n° 314, p. 131.
- ¹⁶ *Idem.*
- ¹⁷ **Paul Virilio**, « Crise de l'art contemporain : La procédure silence » IN *Le monde diplomatique*, août 2000, p. 32, [Enligne] <http://www.monde-diplomatique.fr/2000/08/VIRILIO/14134>, (page consultée le 03-08-2010)
- ¹⁸ **Odile Fillion** (1996), *Espace=écran? Douze architectes et les images de synthèse*, éd. Architecture et prospective, Paris, p. 68.
- ¹⁹ **Jean-Pierre Cousin** (Mai 1993), « le plus de l'image informatique » IN *D'A*, n°35, p. 48.
- ²⁰ **Barry Milliken** (Octobre 1982), « Le défi de la conception assistée par ordinateur » IN AA, n° 223, p. 6.
- ²¹ **Max Blumenthal** (1971), « Introduction » IN *Techniques et Architecture*, n° spécial *Informatique et architecture*, n° 4, 33^{ème} série, p. 33.

PREMIÈRE
PARTIE

CADRE CONCEPTUEL
DE LA RECHERCHE

« Nous vivons la révolution informatique ; nos existences et nos relations professionnelles évoluent à une vitesse inouïe. Dans le secteur du bâtiment, les grands changements sont « au coin de la rue » »¹

PREMIERE PARTIE : CADRE CONCEPTUEL DE LA RECHERCHE

Introduction de la première partie

L'apparition de l'ordinateur a complètement bouleversé nos vies ; il est une des rares inventions à avoir affecté radicalement le monde. Les historiens le considèrent comme la troisième révolution industrielle après celle de l'invention de la machine à vapeur (fin du 18^e siècle) et la deuxième liée à l'électricité (fin du 19^e siècle). Le premier chapitre de cette partie jette un regard sur l'histoire de cette machine dans un ordre chronologique : depuis les origines conduisant à sa naissance jusqu'à l'ère numérique. Le deuxième chapitre illustre son introduction dans le champ architectural et l'évolution de cette intégration. Il vise à éclairer le lecteur sur les théories, courants, appellations et concepts liés à cette « nouvelle » architecture.

Cette partie nous permet, nous l'espérons, de mieux saisir l'impact de cet outil sur l'architecture en général et sur la conception en particulier, objet de la troisième partie de ce travail.

I-1. CHAPITRE 1 : REGARD HISTORIQUE : DES ABAQUES AU NUMERIQUE

L'invention de l'ordinateur est attachée à plusieurs domaines : la mécanisation du calcul, la logique mathématique et la découverte de l'électron. Mais dans son livre, *Culture numérique et architecture*, Antoine Picon associe l'avènement de l'ordinateur avec l'émergence d'une société fondée sur l'information, tout en se référant aux travaux des historiens (James Beniger, Alfred Chandler et James Cortada) : « *C'est la société de l'information qui a rendu l'ordinateur possible, et non l'inverse.* »²

Dans ce chapitre nous tentons de présenter l'évolution chronologique de l'ordinateur à partir de ses origines en passant par les « pionniers » jusqu'à son apparition et ses différentes générations. Pour ce faire, nous avons essayé de choisir les dates jalons de cette histoire en

se basant sur nos lectures citées à la fin de ce chapitre, sans pour autant nous intéresser aux détails de la programmation, des théories développées et des expériences qui ont échoué. Dans la deuxième moitié du chapitre, nous nous intéressons au passage de l'informatique au numérique tout en consacrant une partie à l'Internet et à la cybernétique.

I-1-1. Origines (de -3000 à 1943)

En remontant dans l'histoire, les premiers faits qui ont contribué à l'apparition de l'ordinateur sont liés au besoin de calcul en premier temps, puis au traitement de l'information. Les premiers outils de calcul qui sont les abaques et les bouliers ont été inventés par les babyloniens entre 1000 av. J.-C. et 500 av. J.-C., alors que le plus ancien des calculateurs analogiques est daté de 87 av. J.-C, et ce n'est qu'au 9^e siècle qu'Al-Khwarizmi a formalisé le calcul.

Depuis lors et jusqu'en 1944, plusieurs événements ont posé la base de l'informatique, parallèlement à quelques découvertes durant cette période et qui se résument essentiellement dans les nouveaux moyens de communication, tel que le télégraphe dont la première démonstration publique date du 24 Mai 1844. Ainsi que le téléphone inventé en 1876, et dans la même année, la première machine à écrire (Remington) voit le jour et est commercialisée.

En 1840, du côté des mathématiques : Ada Lovelace, collaboratrice de Babbage^a définit et nomme le processus logique d'exécution d'un programme : Algorithme en l'honneur de Al-Khwarizmi. En 1847, le mathématicien anglais George Boole^b définit quant à lui l'algèbre de Boole qui a jeté les bases de l'âge numérique, il publiera en 1854 un livre de référence sur la logique mathématique moderne : *Laws of Thought* (Les Lois de la pensée)^c

L'histoire de l'ordinateur démarre véritablement avec l'invention des machines à calculer. Aussi, nous allons énumérer chronologiquement dans ce qui suit d'autres événements qui ont marqué cette phase :

^a Charles Babbage, un mathématicien britannique du 19^e siècle, un des principaux précurseurs de l'informatique.

^b Le 2 Novembre 2015, Google a célébré le 200^{ème} anniversaire du mathématicien Boole avec un doodle interactif sur sa page d'accueil.

^c D'autres références de Boole sont disponibles sur le site : <http://georgeboole.com/>, réalisé par l' «University College Cork » et qui lui est dédié à l'occasion de son 200^{ème} anniversaire.

- 1623 : Wilhelm Schickhardt (1592-1635) invente une horloge à calculer qui est une machine arithmétique à roues dentées avec transfert des dizaines (presque vingt ans avant la Pascaline de Pascal).
- 1632 : William Oughtred réalise la règle à calcul basée sur les logarithmes.
- 1637 : René Descartes, dans son *Discours de la méthode*^a, définit la base de l'algorithmique.
- 1642 : Blaise Pascal invente la Pascaline : première machine mécanique et automatique de calcul faite avec des techniques d'horlogerie et qui pouvait traiter les additions, les soustractions et les conversions des monnaies.
- 1673 : Gottfried Leibniz améliore la Pascaline et conçoit une machine capable d'effectuer les quatre opérations (addition, soustraction, multiplication et division).
- 1725 : En France, Basile Bouchon invente le premier métier à tisser (semi-automatique), programmé par la lecture d'un ruban perforé. En 1728, cette invention sera perfectionnée par Jean-Baptiste Falcon en utilisant des cartes perforées reliées entre elles.
- 1770 : En Allemagne, Hahn invente la première machine à calculer exécutant directement les quatre opérations.
- 1801 : Joseph Marie Jacquard invente le métier à tisser Jacquard : première machine programmable qui fut adoptée dans le monde entier (en se basant sur la carte perforée de Bouchon)
- 1820 : Charles-Xavier Thomas de Colmar invente l'arithmomètre de Thomas : une machine à calculer mécaniquement qui obtint la médaille d'or de l'Exposition de Paris en 1855.
- 1834 : Charles Babbage, imagine une *machine analytique* qui contient les concepts de ce que sera l'ordinateur moderne : unité de calcul, mémoire, registre et entrée des données par carte perforée.
- 1884 : L'une des inventions les plus importantes de l'époque est la tabulatrice créée par Herman Hollerith (en s'inspirant des métiers à tisser Jacquard) pour le recensement américain de 1890. Il s'agit de la première machine à traiter l'information ([Figure 1](#)). Après le grand succès de cette machine, Hollerith crée en

^a René Descartes (2012), *Discours de la méthode*, éd. Symphonie Classique, Beyrouth, Liban, 105 p. (réédition)

1896 la firme *the Tabulating Machine company* qui sera renommée en *International Business Machine IBM* en 1924.



Figure 1: Les étapes du traitement de l'information lors du recensement Américain de 1890

(Page de garde de la revue : Scientific American, n° 9, le 30 Août 1890)

Source : (Archive de la revue) Numéro disponible en ligne³

A partir des années 1900, nous verrons l'apparition des calculateurs électromécaniques considérés comme les pionniers des ordinateurs. Cette époque est caractérisée par la découverte de l'électron et la mise au point des tubes électroniques apportant « *une vitesse de traitement que la technologie des commutateurs et des relais ne permettait pas.* »⁴

- 1914 : Leonardo Torres Quevedo remplace tous les éléments mécaniques de la machine analytique de Charles Babbage par des éléments électriques construits avec des relais électromécaniques. Il présente sa première machine électromécanique analytique de démonstration qui est décrite dans son *Essais sur l'automatique*. En 1920 : Leonardo Torres Quevedo construit pour le centième anniversaire de l'invention de l'arithmomètre, un arithmomètre électromécanique qui est commandé par une machine à écrire pouvant imprimer les résultats à l'aide d'une imprimante.
- 1927 : Vannevar Bush invente en collaboration avec H. W. Nieman le calculateur analogique *l'Analyseur différentiel* au Massachusetts Institute of Technology (MIT).

- 1935 : IBM commercialise l'IBM 601, un calculateur à relais utilisant des cartes perforées capable de réaliser une multiplication en une seconde.
- 1936 : Le mathématicien Alan M. Turing publie un document sur les nombres calculables « *On Computable Numbers with an Application to the Entscheidungsproblem* »^a, considéré comme l'article fondateur de la science informatique, où il présente le modèle *des machines de Turing* et construit (mathématiquement) la première *machine universelle*.
- 1938 : En Allemagne, Konrad Zuse crée le Versuchmodell 1 ou Z1 (Zuse 1). Il s'agit d'un calculateur binaire programmable (premier calculateur mécanique moderne), suivi en 1939 par le Z2, puis le Z3 en 1941 considéré comme le premier calculateur avec programme enregistré fonctionnel qui utilisait une numérotation binaire. A cause de cette caractéristique, le Z3 est considéré comme le premier véritable ordinateur.
- Entre 1939 et 1941 : A l'Iowa State University, John Vincent Atanasoff et Clifford E. Berry, développèrent l'ABC (*Atanasoff Berry Computer*), dont le principe sera repris dans l'ENIAC^b (*Electronic Numerical Integrator and Calculator*) (Calculateur et intégrateur électronique numérique). Ce fut le premier calculateur à utiliser l'algèbre de Boole.
- En 1940, George Stibitz et Samuel Williams mettent au point le *Complex Number Calculator* (ou Model I). Ce fut la première machine utilisée à distance *via* une ligne de téléphone. Ils achèvent le Model II en 1943.
- 1943 : Le calculateur Colossus construit au Royaume-Uni (Bletchley Park)^c destiné à décrypter les messages codés allemands.

I-1-2. L'avènement de l'ordinateur : de l'information à l'informatique

L'avènement et le développement de l'ordinateur sont le produit des guerres (la seconde guerre mondiale et la guerre froide) avec leurs besoins et exigences en matière d'informations, de calcul, de coordination et de décryptage des messages des armées.

^a Un extrait du livre est disponible sur un site web dédié aux archives de Turing : <http://www.turingarchive.org/browse.php/B/12>

^b Voir *infra*, titre : La première phase (entre 1944 et 1952).

^c Considéré actuellement comme un site historique, il abrite The National Museum of Computing.

Dans l'histoire de l'ordinateur, nous pouvons distinguer cinq phases selon un phasage basé sur la relation : homme machine et qui est une des classifications les plus répandues. Nous avons pris cette classification comme référence dans notre phasage tout en suivant le programme d'enseignement dans les universités françaises et plus particulièrement dans le département mathématiques et histoire des sciences de l'Université Vincennes Saint Denis, Paris 8.

I-1-2-1. La première phase (entre 1944 et 1952)

C'est la phase correspondant aux premières machines nées après les progrès de l'électronique. En 1948, Edmund C. Berkeley publiera son livre « *Giant brains or Machines that think* »^a expliquant étape par étape le fonctionnement d'un ordinateur.

Les inventions importantes de cette première génération sont les suivantes :

- 1944 : Howard Aiken chez IBM met au point le Harvard Mark I ou l'ASCC Mark I (Automatic Sequence-Controlled Calculator Mark I) à l'université Harvard, basé sur la théorie d'Alan Turing. En 1949, ils achevèrent le Mark III.
- 1945 :
 - Konrad Zuse achève le Z4. Ce deuxième ordinateur a été utilisé par L'ETH^b de Zurich, puis par l'institut de recherches aérodynamiques à Bâle (Suisse).
 - Le mathématicien John Von Neuman, publie le premier rapport décrivant « *l'architecture de l'ordinateur proprement dit, avec sa mémoire, son unité centrale et son unité de contrôle* »⁵. Le programme est appelé l'EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer). C'est à ce document très complet que nous faisons référence en parlant d'ordinateur à architecture Von Neuman.
- 1946 : Presper Eckert et John William Mauchly achevèrent l'ENIAC (*Electronic Numerical Integrator and Calculator*) (Calculateur et intégrateur électronique numérique) (Figure 2) « *La première version de l'instrument qui permettra d'approcher pour la première fois la complexité organisée. Extraordinairement plus rapide que les calculateurs mécaniques –il peut effectuer une addition en 1/5000^e de seconde-.* »⁶. Selon Picon, il arrive juste à temps pour les premiers pas de la recherche

^a Le livre en format pdf est disponible sur le lien : http://monoskop.org/images/b/bc/Berkeley_Edmund_Callis_Giant_Brains_or_Machines_That_Think.pdf

^b L'École polytechnique fédérale de Zurich (Suisse).

sur la bombe à hydrogène⁷. En 1949, l'université de Cambridge développa l'EDSAC^a (*Electronic Delay Storage Automatic Calculator*), inspiré des plans de l'EDVAC de Von Neuman, le successeur de l'ENIAC. En 1951, P. Eckert et J. Mauchly de Remington Rand commercialisèrent l'UNIVAC I (*Universal Automatic Computer*). Il s'agit du « *premier ordinateur à être commercialisé* »⁸

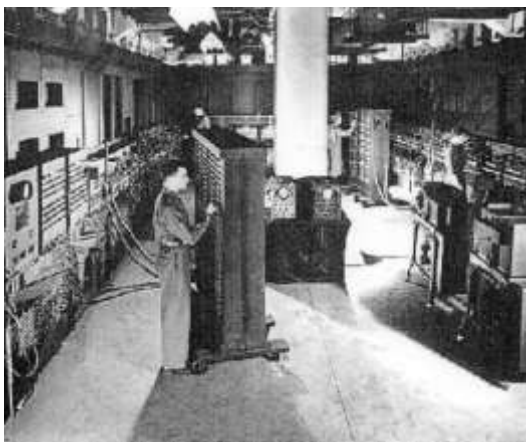


Figure 2: ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator).

Source : (Michael Kubo, Jaime Salazar, 2004 : 5)⁹

- 1948 : l'IBM présente publiquement l'IBM SSEC (*Selective Sequence Electronic Calculator*). Du point de vue d'IBM, il s'agit du premier vrai ordinateur. « *C'est un véritable monstre, pesant des tonnes, consommant beaucoup d'énergie électrique, mais qui calcule sans intervention humaine-une fois que les circuits ont été « programmés »* »¹⁰
- 1949 :
 - Une équipe de l'université de Manchester développe le Manchester Mark I sur la base de la SSEM (*Small-Scale Experimental Machine*).
 - Aux USA, la compagnie d'ordinateurs EMCC (*Eckert-Mauchly Computer Corporation*) conçoit le premier ordinateur bi-processeur : le BINAC (*Binary Automatic Computer*)
- 1951 :
 - La Compagnie des Machines Bull réalise son premier ordinateur : le Gamma 2, puis en 1952, elle commercialise le Gamma 3.

^a En cours de reconstruction, voir <http://www.tnmoc.org/special-projects/edsac>

- L'ordinateur Whirlwind 11 fabriqué au MIT^a par Jay Forrester, Ken Olsen et leur équipe, « *est le premier à utiliser un système à mémoire magnétique superpuissant* »¹¹

I-1-2-2. La deuxième phase (entre 1952 et 1960)

Près de dix ans après l'invention de l'ordinateur, les premiers ordinateurs à transistors apparaîtront parallèlement à l'invention de la microprogrammation en 1955 par Maurice Wilkes et au développement de plusieurs langages de programmation comme le Fortran^b (premier langage de programmation de haut niveau à être implémenté sur un ordinateur), suivi par les langages Lisp^c, Algol^d, Cobol^e et APL^f.

Nous comptons en 1955 plus de cent ordinateurs dans le monde. « *La plupart ont été construits et installés aux États-Unis et en Grande-Bretagne, où quelques-uns fonctionnent depuis la fin des années quarante ; les premières séries commerciales remontent à 1951* »¹²

En 1955, le terme "ordinateur" est proposé par le Professeur Jacques Perret de la Sorbonne. Ce terme existait déjà dans le Larousse avec comme sens "*celui qui met de l'ordre*". D'autres sources indiquent que le mot fut créé en 1953 par IBM, pour différencier les calculateurs disposant de l'architecture Von Neumann des autres ordinateurs.

La compagnie IBM produit en 1952 l'IBM 701 pour la défense Américaine, suivi en 1953 par l'IBM 650 (Figure 3). Il s'agit du premier ordinateur commercial en série qui sera également le premier ordinateur de nombreuses universités Américaines. Son successeur sera le 1620. En 1955, c'est l'IBM 704. En 1959, cette compagnie présente de nouveaux ordinateurs transistorisés, dont l'IBM 1401, une machine, orientée vers l'administration, la comptabilité ou le traitement de données.

^a MIT: Massachusetts Institute of Technology.

^b FORmula TRANslator, par John Backus.

^c LISt Processing inventé par John McCarthy (1958)

^d ALGORithmic Language, par un comité de mathématiciens américains et européens, dont John Backus, Peter Naur et Alan Perlis (1958)

^e COMmon Business Oriented Language (1959)

^f A Programming Language par Kenneth Iverson (1962)



Figure 3: L'IBM 650 au centre de calcul IBM, place Vendôme.

Source : (Pierre-E. Mounier-Kuhn, 1990 :42)¹³

D'autres ordinateurs de cette génération ont vu le jour en :

- 1955 : la SEA (Société d'Électronique et d'Automatisme) entame la construction et la mise en service des premiers ordinateurs français : le CUBA (Calculateur Universel Binaire de l'Armement), le CAB 1011 et le CAB 2000.
- 1957 : Au laboratoire Lincoln du MIT, le TX0 (*Transistorized Experimental Computer zero*) est créé sur la base du Whirlwind. Cette machine est considérée comme l'ancêtre des mini-ordinateurs (grande caractéristique de la génération suivante des ordinateurs)
- 1958 :
 - La Compagnie des Machines Bull a créé le Gamma 60, le premier superordinateur Français contenant plusieurs processeurs.
 - Seymour Cray^a lance le premier ordinateur commercial : le CDC 1604.

En 1957, le mot « informatik » fut créé par Karl Steinbuch. La première traduction française « informatique » fut utilisée pour la première fois en France en 1962 par Philippe Dreyfus, un des participants à l'élaboration du Harvard Mark I en 1944. Dreyfus a réuni les deux mots : « information » et « automatique » pour désigner le traitement automatique de l'information. Et ce n'est qu'en 1973 que le mot micro computer (micro-ordinateur) apparaît pour la première fois dans un article de la presse Américaine.

^a Le fondateur de l'entreprise américaine Cray Research en 1972.

I-1-2-3. La troisième phase (à partir de 1960 jusqu'au 1977)

Après les « mainframes » grande caractéristique des années passées, une deuxième catégorie d'ordinateurs devient accessible (à côté des mainframes), les 'minicomputers' (les mini-ordinateurs), facilitée par l'augmentation des performances.

En 1962, John Licklider^a devient directeur de l'Information Processing Techniques Office (IPTO) de l'ARPA : Advanced Research Project Agency (Agence des projets de recherche avancée), un nouvel organisme est créé pour financer la recherche en informatique. Le but de ce dernier est « *de redéfinir la manière dont les humains interagissent avec les ordinateurs, en recherchant des formes de démonstration interactive...* »¹⁴

C'est aussi le temps de 'time-sharing' (partage de temps) à l'exemple du projet MAC (Multi Access Computer) du MIT en 1961 qui a permis à plusieurs personnes de travailler sur un même ordinateur en même temps. L'année suivante, au Dartmouth College, le système d'exploitation DTSS (Dartmouth Time Sharing System) va être développé pour permettre à 32 personnes de se connecter simultanément sur un même ordinateur. Un autre exemple du système d'exploitation temps partagé est l'Unix-Time Sharing System créé en 1969. Plusieurs versions vont suivre les années prochaines.

D'autres langages de programmation ont été développés tels que le BASIC^b en 1964 et le PASCAL en 1970. C'est durant cette période aussi que le premier satellite de télécommunication est lancé (en 1962) et c'est en 1969 que la mission Apollo 11 dépose N. Armstrong sur la lune, à l'aide de deux ordinateurs GE 635 qui ont contrôlé le vol dans l'espace.

Les ordinateurs de cette génération sont les suivants :

- 1959 : Digital Equipment Corporation (DEC) crée le PDP-1 (*Programmed Data Processor*), le premier ordinateur commercial interactif. C'est sur cette machine que le premier jeu vidéo interactif a été développé (Le SpaceWare). En 1965, le DEC lance le mini-ordinateur PDP-8 et en 1970, le mini-ordinateur PDP-11.
- 1960 :
 - IBM lança l'IBM 1620 (scientifique). En 1961 : Le premier IBM 7030 Stretch est installé au Los Alamos National Laboratory (LANL). En 1964, elle annonça la série 360, considéré comme le premier ordinateur entièrement

^a Voir *infra*, titre: I-1-3. L'Internet.

^b Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code.

modulable (personnalisable), première gamme d'ordinateurs compatibles entre eux et première gamme aussi à combiner par conception le commercial et le scientifique. Différents modèles voient le jour de 1966 à 1977.

- La Société d'électronique et d'automatisme (SEA) commercialise la CAB500, calculateur scientifique remarquable.
- Le GE 225 présenté par GE, puis en 1964 le GE 600 et le GE 400. Le GE 115 sera annoncé en 1965 et le GE 58 en 1969.
- 1962 : La compagnie Bull lance le Bull Gamma 10.
- 1969 : Seymour Cray lance le super ordinateur CDC 7600 qui est une évolution du CDC 6600.



Figure 4: Le numéro de juillet 1974 de la *Radio Electronics magazine* :
« *Build The Mark-8: Your Personal Minicomputer* »

Source : <http://www.futurebots.com/cpu.htm>

C'est à partir des années 1970 que l'ordinateur devient accessible aux particuliers. Ainsi, l'apparition du microprocesseur va permettre d'avoir un ordinateur personnel « à la maison » en kit. Dans son numéro de juillet 1974, la *Radio Electronics magazine*, publie un article intitulé « *Build The Mark-8: Your Personal Minicomputer* » (Figure 4) qui décrit la construction soi-même du micro-ordinateur Mark-8. Avec la micro-informatique ou l'informatique personnelle, cette décennie va marquer un tournant majeur dans la culture informatique. Philippe Breton et Serge Proulx considèrent la micro-informatique comme « *l'innovation technique majeure qui va faire basculer le développement de l'informatique dans un nouvel esprit d'ouverture vers la communication* »¹⁵

En 1975, les premiers logiciels de traitement de texte seront développés.

En 1977, à Chicago, la première liaison téléphonique utilisant la fibre optique va voir le jour.

Les ordinateurs de cette génération sont les suivants :

- 1971 :
 - Commercialisation du premier micro-ordinateur MCS-4 basé sur un nouveau microprocesseur 4004 par Intel. Cette dernière met en vente le premier microprocesseur 8 bits (le 8008) en Avril 1972.
 - Commercialisation du Mitra 15 de la CII en France, mini-ordinateur à orientation temps réel.
- En 1972, Hewlett-Packard lance le mini-ordinateur HP 3000, qui fonctionne en multitâches temps réel et multi-utilisateur
- En 1973, François Gernelle crée le premier micro-ordinateur français, le *Miracl* conçu pour la société *R2E* qui sera racheté par *BGE*. Ce micro est basé sur le microprocesseur Intel 8008.
- 1974 : aux États-Unis, l'apparition de l'ordinateur en kit Scelbi-8H basé sur un Intel 8008.
- 1975 :
 - Commercialisation de l'*Altair 8800*, utilisant un processeur Intel 8080.
 - L'IBM 5100, machine disposant d'un clavier et d'un écran, qui nécessite simplement une prise de courant pour fonctionner.
- 1976 :
 - Cray Research Inc. Commercialise le super ordinateur le *CRAY I*, qui pouvait effectuer 100 millions d'opération par seconde.
 - Lancement du l'IMSAI 8080 par la société IMSAI. Le micro-ordinateur est basé sur le processeur Intel 8080 et utilise le système d'exploitation CP/M (Control Program for Microcomputers).
- 1977 :
 - Après l'Apple I, Apple Computer commercialise l'Apple II conçu par Steve Wozniak qui a fondé la société Apple en 1976 avec Steve Jobs. En 1977, ils lancent l'Apple II, puis l'Apple II Plus en 1979.
 - Avril : Présentation de l'ordinateur PET par Commodore Business Machines Inc.

- Août : Présentation de l'ordinateur TRS 80 par la division Radio Shack de Tandy. L'ordinateur est muni d'un processeur Z80, de 4 Ko de Rom, de 4 Ko de Ram, d'un clavier, d'un écran et d'un lecteur de disquettes.
- Commercialisation du micro-ordinateur DAI par la société Belge INDATA, considéré comme une véritable machine multimédia.
- 1978 :
 - Décembre : Présentation des ordinateurs personnels basés sur le processeur 6502A à 1.8 MHz : Atari 400 et Atari 800.
 - Digital Equipment Corporation lance le VAX 11/780, premier mini-ordinateur en technologie 32 bits.
- 1979 :
 - Juin : Lancement du TI 99/4 muni du processeur 16 bits TMS 9940 pr Texas Instruments. Le TI 99/4A, une version plus évoluée et munie d'un clavier mécanique est sortie en 1982.
 - Motorola lance le micro-processeur 68000 à 16 bits.

I-1-2-4. La quatrième phase (les années 1980)

« La décennie 1980 correspond à une autre révolution : la diffusion de l'ordinateur personnel ou PC. [...] Avec l'ordinateur personnel, l'informatique fait son entrée dans l'univers de la consommation de masse »¹⁶. Tout est en place pour que l'ordinateur devienne familial et commence à entrer dans les maisons. Désormais, les constructeurs vont entrer dans une course visant à rendre les ordinateurs plus performants et de plus en plus puissants. Cette décennie a vu le développement des logiciels de traitement de texte et des tableurs jusqu'à la commercialisation de Word et d'Excel ainsi que la première version de MS/DOS en 1982, puis de Microsoft Windows 1.0 en 1985. Dans la même année, Apple commercialise sa première imprimante laser Postscript avec un logiciel de mise en page qui va donner naissance au marché de la PAO (Publication Assistée par Ordinateur).

Les inventions de cette décennie sont résumées par compagnie dans ce qui suit :

- Dans les années 1980, **IBM** a sorti une série de mini-ordinateurs, la série 30 : 32, 34, 36, 38. Une troisième série a succédé à la série 30 : les AS/400. En 1981, elle lance son IBM 5150 Personal Computer équipé d'un processeur Intel 8088 à 4.77 MHz. En 1983, elle commercialise son IBM PC XT équipé d'un disque dur de 10 Mo et d'un

port série et tournant sous MS/DOS 2.0. En 1984, elle commercialise le PC AT, équipé du processeur 80286 à 6 MHz. En 1988, elle met en marché le mini-ordinateur AS-400.

- Février 1980 : **Acorn** annonce l'Atom, basé sur le processeur 6502 à 1 MHz. Il pouvait produire des graphiques en 256 x 192 ou en 128 x 192 en 4 couleurs.
- Février 1980 : **Sinclair** Research annonce le ZX 80, un micro-ordinateur basé sur le processeur NEC 780-1 à 3.25 MHz. En 1981, elle annonce le ZX 81, un micro-ordinateur basé sur le processeur Z80A. En 1982, elle lance son ZX Spectrum.
- Octobre 1980 : **Sharp** commercialise le Sharp PC 1211 : premier ordinateur de poche programmable en Basic.
- 1980 : **Onyx** présente le premier micro-ordinateur tournant sous Unix : Onyx C 8002 équipé d'un processeur Z8000.
- Avril 1981 : **Osborne** Computer Corporation commercialise l'*Osborne 1*, considéré comme le premier ordinateur transportable (11 kg.)
- 1981 : **Apple** commercialise l'Apple III, une évolution de l'Apple II munie d'un microprocesseur 6502A à 2 MHz. En 1983, elle présente le Lisa (Local Integrated Software Architecture) : un ordinateur personnel doté d'une interface graphique et est utilisable à la souris, à l'image de l'Apple Macintosh de Steve Jobs qui se présente au public en 1984, en disant "*Hello, I am Macintosh and I am glad to be out of that bag*". En 1984, la compagnie commercialise l'Apple IIc similaire à l'Apple IIe (développé en 1983) mais d'un design plus compact. En Septembre 1986 : Lancement de l'Apple IIgs, le successeur de l'Apple II. Dans la même année, Apple lance le Mac Plus : une version améliorée du Macintosh.
- 1981 : **CDC** sort le CYBER 205 après le CYBER 203 de 1979.
- Août 1982 : **Cray** annonce le Cray X-MP ([Figure 5](#)), le premier super-ordinateur multiprocesseur (2 ou 4 processeurs). En 1985, la commercialisation du CRAY 2, premier ordinateur multiprocesseur à dépasser la puissance de 1 Gflop (1 milliard de calculs en virgule flottante par seconde).

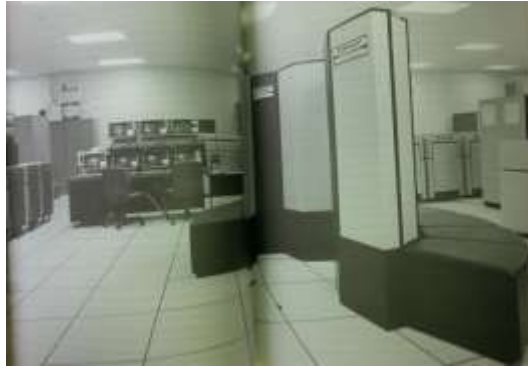


Figure 5: Super ordinateur Cray X-MD, Ohio Supercomputer Center.

Source: The Ohio State University, 1987, the Ohio State University photo archives.¹⁷

- Septembre 1982 : **Commodore** International commercialise le Commodore 64. En 1983, elle vend son millionième VIC 20. En 1985, elle commercialise le CBM 128. Dans la même année, elle présente l'Amiga 1000, connu par ses performances graphiques capables d'afficher des images en 4096 couleurs.
- 1982 : **Tangerine** commercialise l'ORIC 1, un ordinateur familial à 8 bits. Son successeur Oric Atmos est lancé en 1984, considéré ordinateur de l'année en France et meilleures ventes en Grande Bretagne et en France.
- Juin 1984 : **Motorola** annonce le M68020 : son nouveau microprocesseur 32 bits.
- 1984 : **Amstrad** commercialise le CPC 464 un ordinateur familial à 8 bits.
- Janvier 1985 : **Atari** présente l'Atari 130 ST et l'Atari 520 ST. En 1986, elle commercialise le 520 STf et le 1040 STf.

I-1-2-5. La cinquième phase (1990 – jusqu'à aujourd'hui)

Cette cinquième phase est marquée par une transition du hardware (l'ordinateur) au software (les logiciels) et plus tard encore vers les applications sur le web. L'ordinateur devient un instrument de communication dans une phase se caractérisant par la prolifération d'Internet et le progrès de l'intelligence artificielle « informatique » concurrente de l'intelligence humaine ; en 1997, le Deep Blue un ordinateur conçu par John von Neumann et ses collaborateurs (IBM) bat le champion du monde d'échecs Garry Kasparov par 3,5 à 2,5¹⁸. Nous notons aussi, le développement des versions de Windows à partir de Windows 3.0 en 1990 jusqu'au Windows 8.1 en 2013 avec une interface proche de celle des tablettes tactiles.

A partir de la fin des années 1990, l'avènement des Smartphones dont les ventes en 2011 ont dépassé celles des ordinateurs. Pareillement, en 2013, les ventes des tablettes tactiles ont dépassé celles des PC.

Cette phase a été marquée par la correction du problème du « bogue de l'an 2000 » (appelé *Y2K* dans le monde anglo-saxon), qui a affecté la majorité des ordinateurs. Ainsi l'apparition du format Open Document et du terme MOOC: Massive Open Online Course (Cours en ligne ouvert et massif)

- 1993 : Lancement du premier Pentium d'Intel.
- 1994 : Apple lance le Power Macintosh à base de processeur PowerPC. A partir de 1997, elle lance plusieurs Mac's jusqu'au le Mac OS X 10.9 Mavericks en 2013. En 2010, elle sort l'iPad.
- 1999 : Le Pentium III d'Intel.
- 2000 : IBM lance la série Z900, suivie par la série Z en 2005.

I-1-3. L'Internet

L'objectif premier d'Internet était de constituer un système de communication assurant un transfert rapide des données. Picon cite le système SAGE (le Semi Automated Ground Environment System) comme « *premier réseau d'ordinateurs conçu dans les années 1950 afin de coordonner la défense antiaérienne nord-américaine dans la perspective d'une frappe nucléaire soviétique* »¹⁹. A partir des années 1960, d'autres expériences ont été menées pour mettre les ordinateurs en réseau parrainées par la Defense Advanced Research Projects Agency, ou DARPA²⁰.

En 1962, au sein de l'ARPA, le directeur de recherches J.C.R. Licklider publie une série de notes décrivant et défendant sa vision d'un "*réseau galactique*" permettant à toute personne d'accéder à toute information, n'importe où elle se trouve. En 1966, Robert W. Taylor, troisième directeur de L'IPTO à l'ARPA, propose de fabriquer le premier réseau permettant de connecter entre eux les ordinateurs de recherche de différents lieux des Etats-Unis. Larry Roberts, du MIT, est embauché pour concevoir ce réseau²¹. L'usage premier, donc, de ce réseau était exclusivement militaire. Il « *trouve son origine dans le réseau Arpanet*^a

^a ARPANET : Advanced Research Projects Agency Network (Réseau du département des projets de recherche avancée) États-Unis.

développé dans les milieux militaires, à la fin des années 60 »²². En 1968, Lawrence G. Roberts nommé à l'ARPA et en collaboration avec des chercheurs définit la structure et les spécifications du futur réseau ARPANET.

Les années 1970 ont été marquées par l'apparition de la messagerie électronique, dont la première application a été réalisée par Ray Tomlinson, puis développée par Lawrence G. Roberts en 1972.

- 1970 : Création du réseau ALOHAnet précurseur d'Ethernet.
- Décembre 1970 : Le protocole de communication entre ordinateurs pour le réseau ARPANET appelé Network Control Protocol (NCP) est terminé par Le Network Working Group sous la direction de S. Crocker. Des ordinateurs furent rapidement branchés sur ARPANET et l'implémentation de NCP sur la période 1971-1972 permit le développement des premières applications.
- 1972 : Ecriture des premiers programmes de base pour la transmission et la gestion des messages de texte électroniques entre usagers –e. mail- pour le système ARPANET : il s'agit de SNGMSG et du READMAIL (par Ray Tolinson de Bolt, Beranek et Newman) et du RD (par Larry Roberts de l'ARPA) : « *Les concepteurs du réseau sont surpris de constater que le fait d'envoyer et de recevoir des messages de courrier électronique devient rapidement l'usage le plus important du réseau, phénomène qui prédit l'utilisation qui sera faite d'Internet vingt ans plus tard* »²³
- 1973 : Développement des principes de base d'Ethernet au centre de recherche de Palo Alto (Etats-Unis)
- 1973 : Mise au point de l'interface du réseau Ethernet par Bob Metcalfe.

Les années 1980 ont été marquées par l'adoption du protocole TCP/IP^a par l'Arpanet et qui sera la base d'Internet. Ainsi pour être à la hauteur de la croissance rapide du nombre d'utilisateurs, le DNS a été mis en place : « *Le Domain Name System remplace le système d'adresse de courrier électronique numérique et propose un ensemble de sept catégories d'adresse : .edu, .gov, .com, .mil, .org, .net, et .int.* »²⁴.

- 1982 : Mise en place du réseau EUnet (European Unix network) pour interconnecter les machines dans les pays européens.

^a Transmission Control Protocol/Internet Protocol.

Les années 1990 ont été marquées par l'invention du www : World Wide Web par Tim Berners-Lee au CERN (Centre Européen de Recherche Nucléaire : Suisse) qui s'est généralisé à partir de 1995²⁵. En 1993, le premier navigateur web Mosaic a permis pour la première fois de mettre « *Internet à la portée du grand public.* »²⁶. Depuis lors, plusieurs navigateurs ont vu le jour.

En 1969, le réseau comptait 4 nœuds (quatre universités aux USA). En 1971, le nombre a atteint 15, en reliant pour la première fois les côtes américaines Est et Ouest²⁷. Le nombre d'ordinateurs connectés au réseau a augmenté très rapidement, et ce n'est qu'à partir des années 1980 que sa croissance devient exponentielle²⁸. Le nombre d'ordinateurs connectés est passé d'une centaine à la fin des années 1970 à 1000 ordinateurs connectés en 1984, puis 10 000 en 1987, puis un million en 1992 pour atteindre 10 millions en 1996.

Internet est couramment utilisé dans nos vies quotidiennes attestant d'une vraie explosion dans le marché grand public. Les chiffres parlent de plus d'un milliard de sites web recensés en 2014. Mais en dehors des objectifs militaires, derrière ce réseau il y a l'information « *l'enthousiasme suscité par le Web trouve aussi son origine dans une particularité économique : l'information, quelle qu'elle soit, y est gratuite, d'accès libre.* »²⁹

En architecture, Internet a trouvé une grande adoption : « *L'informatique et Internet ont permis de former les véritables communautés virtuelles de travail sur le projet en réunissant sur ces réseaux les concepteurs, les responsables économiques et politiques, ainsi que les usagers* »³⁰. Ainsi, les différents intervenants dans un projet ont exploité les facilités offertes par l'Extranet ou (réseau interne étendu) où ils peuvent avoir accès aux documents relatifs au projet : « *L'industrie a aussi intégré l'Extranet. Aux États-Unis, il est appliqué à de petits et grands projets, pour la conception comme pour la construction. Selon un sondage récent, les sociétés qui maîtrisent l'Extranet (architectes, entreprises générales, promoteurs et maîtres d'ouvrage) ont enregistré une meilleure efficacité* »³¹

I-1-4. L'ère numérique : de l'informatique au numérique

Dans son livre *Culture numérique et architecture : une introduction*, Antoine Picon s'intéresse à l'itinéraire menant de la naissance de la société de l'information à l'avènement de la culture numérique. Il explique que la culture informatique a précédé la culture numérique. Picon utilise précisément le mot culture et écrit : « *D'un point sociologique ou anthropologique, le numérique peut être considéré comme une culture à cause des usages et rituels auxquels il correspond, parce qu'il influence nos conduites et nos représentations du monde.* »³²

Bien avant Picon, Nicholas Negroponte fondateur et directeur du Media Lab^a au MIT, dans son livre "*Being Digital*" (*L'homme numérique*) (1995), établit un tableau synoptique du "fait" numérique à travers les trois parties du livre ; il « *opposait l'âge de l'information à l'ère numérique. L'un reposait selon lui sur une consommation de masse anonyme, tandis que l'autre mobilisait les préférences individuelles.* »³³

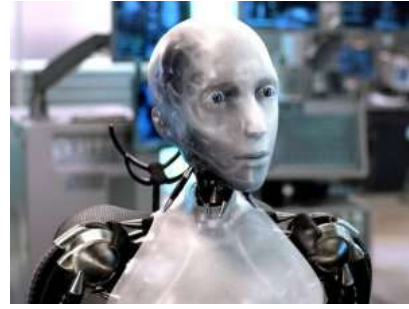
L'ère numérique est caractérisée par l'omniprésence des objets « connectés », des gadgets qui font partie de notre quotidien, des sites web et des fournisseurs d'information et de conseils en ligne, affectant de plus en plus nos façons de travailler, de penser et de nous distraire. La culture numérique est inséparable du progrès des interfaces homme-machine et étroitement reliée au virtuel qui a pris de la place face au physique « le tangible » mais qui perd de sa pertinence face à la prolifération de la réalité augmentée, où le virtuel est intégré dans le monde physique. Selon Picon : « *De nombreux aspects de la culture numérique contemporaine sont tributaires de cette hybridation.* »³⁴

Cette hybridation a été le résultat de repenser la relation homme-machine qui a donné naissance à l'émergence de la notion de « cyborg » : une hybridation de chair et de machine. Le cyborg très présent dans le cinéma dans des films comme : Terminator, Robocop, I,robot, qui ont pu décrocher des distinctions et récompenses et ont attiré un nombre très important de spectateurs.

^a Laboratoire des médias : un centre de recherche consacré à l'étude et l'expérimentation des futures formes de la communication humaine.



RoboCop (film), 1987



I, Robot (film), 2004.

Figure 6: Du cyborg au robot homme.

Le cinéma a bien profité de la réalité augmentée, le film Avatar, par exemple, a récolté un grand succès auprès du public. Picon donne d'autres objectifs à cette hybridation des deux registres (réel/virtuel) « *La réalité augmentée est en effet utilisée la plupart du temps afin de promouvoir les interactions sociales et de repenser l'espace public.* »³⁵. En architecture, cette notion est exploitée pour intégrer les usagers dans leurs espaces de vie futurs.



Avatar (film), 2009.

Figure 7: Exploitation de la réalité augmentée et des effets spéciaux.

Une autre notion a émergé ; la cybernétique ou le cyberspace (la science du contrôle et de régulation des organismes et des machines, également définie comme l'art du contrôle). Nous ne contentons plus de surfer sur Internet pour chercher l'information ou pour réserver, acheter, payer, ... il est devenu « le lieu » de nos rencontres et de nos relations sociales, académiques, ... (Facebook, LinkedIn, Academia, jeux en ligne, ventes en ligne, ...) : « *Nous considérons le cyberspace comme un lieu réel d'interaction pour les effets qu'il induit dans la vie des hommes, internautes ou pas. Ce nouveau terrain d'interaction, réalité en voie de construction permanente, peut être également le support pour des aventures oniriques et fantastiques, et dont leur influence dans la vie ordinaire ne peut pas être négligée.* »³⁶

Le mot cybernétique a été inventé en 1948 par Norbert Wiener qui s'intéresse à la question des relations entre homme et machine, « basé sur le mot grec *Kubernetes* –signifiant *timonier ou pilote*, et dont le mot *gouverneur* est aussi dérivé- pour exprimer l'idée fondamentale des processus de contrôle comme étant « l'art de gérer et de diriger des systèmes hautement complexes »³⁷. Ses recherches se basent sur une analogie entre le cerveau humain et l'ordinateur, les neurones et les bits³⁸. En 1954, le biologiste Ludwig von Bertalanffy, étend les principes de la cybernétique à une théorie générale des systèmes qui pourrait s'appliquer aux systèmes sociaux et économiques. « En considérant les systèmes –tels que le corps humain- en termes d'organisation et d'interaction entre les éléments qui se connectent pour former un tout – plutôt qu'en réduisant les systèmes à la somme des propriétés de leurs parties individuelles. »³⁹. Deux ans plus tard, l'ingénieur électronique Jay W. Forrester fonde le System Dynamics Group afin d'étudier les processus industriels tels que les systèmes cybernétiques gouvernés par de multiples boucles de feedback⁴⁰. La même année, la possibilité de concevoir des logiciels capables de simuler les processus de la cognition humaine a été discutée lors d'une conférence à Dartmouth University (États-Unis) : « C'est donc l'inauguration du domaine de l'intelligence artificielle basée sur la fabrication d'ordinateurs pouvant reproduire les structures de traitement de l'information du cerveau humain. »⁴¹

D'autres théoriciens s'ajoutent aux sus cités comme fondateurs de la cybernétique à l'exemple de Gregory Bateson, Steward Brand et Kevin Kelly. Ce dernier a publié en 1995 son ouvrage *Out of control* dans lequel « il décrit une écologie des machines émergentes : des environnements futurs dans lesquels tous les dispositifs sont des organismes capables de réagir aux stimuli et de communiquer avec d'autres machines ainsi qu'avec les humains. »⁴²

Le lien entre la cybernétique et l'architecture remonte aux années 1960, « où il s'est établi notamment en Angleterre et aux États-Unis, grâce à des figures comme Lionel March et Christopher Alexander, parmi bien d'autres. Les premières collaborations portaient sur l'analyse des problèmes architecturaux et urbains complexes, et sur la création d'environnements rapprochant utilisateur et ordinateur : elles ont marqué les débuts d'une nouvelle façon de penser les possibilités en architecture. »⁴³. Cette notion a eu un grand impact sur la production architecturale notamment dans le mouvement mégastructurel : « Les mégastructures accordent davantage d'importance aux circulations qu'aux composants

spatiaux élémentaires, une priorité qui n'est pas sans rappeler l'approche cybernétique de la complexité en termes de connexions entre des éléments relativement simples. »⁴⁴. Un autre impact a été soulevé « Comme le souligne Stanley Mathews, à l'époque, les plus récentes avancées en matière de cybertechnologie semblaient ouvrir un champ de possibilités infinies comme moyen de concilier « briques et mortier » avec les fonctions et programmes polyvalents et en perpétuelle évolution du projet. »⁴⁵

Entre 1960 et 1965, la première application directe de la cybernétique à l'architecture est née : le Fun Palace de Cedric Price⁴⁶ est considéré comme appartenant au mouvement mégastructurel. « Price avait espéré qu'un système de commande cybernétique autonome permettrait aux utilisateurs de façonner leurs propres environnements »⁴⁷. En plus de son projet l'Interaction Centre (1973), Cedric Price a conçu en 1976 le Generator considéré selon lui comme étant « le premier bâtiment intelligent au monde »⁴⁸. Le bâtiment est contrôlé informatiquement grâce à 2600 circuits informatiques⁴⁹. De telles tentatives sont considérées par Antoine Picon annonçant les recherches actuelles explorant les technologies numériques en architecture : « ... des concepteurs comme l'architecte anglais Cedric Price explorent notamment le potentiel de la cybernétique et de l'intelligence artificielle pour repenser les méthodes de conception. Leurs tentatives annoncent à bien des égards certaines des recherches menées aujourd'hui par des architectes engagés dans l'exploration des technologies numériques. »⁵⁰

En 1964, avec son ouvrage *Urban Dynamics*, Jay W. Forrester étend l'application de la cybernétique aux systèmes urbains, tentant de « simuler et de prédire le comportement des villes en les considérant comme des systèmes complexes de croissance et de décadence dans le temps, avec de multiples variables et de multiples boucles de feedback qui déterminent la viabilité et la durabilité du système. »⁵¹

Nous pouvons donner quelques exemples de projets de cette tendance, à l'image :

- Du pavillon américain de l'exposition universelle de Montréal (un dôme géodésique, 1967) ;
- De « L'environnement » créé pour le pavillon Pepsi à l'Expo d'Osaka en 1970 : le fog building (le bâtiment de brouillard) qui se résume en un nuage entourant le pavillon ;

- En 1986, l'architecte japonais Toyo Ito construit la tour des Vents qui n'est qu'une enveloppe d'une tour de ventilation préexistante, considérée comme la première tentative pour convertir l'environnement en information, « *C'est une sorte de boucle de feedback architecturale qui absorbe l'information sonore et physique et la retransmet sous forme d'information visuelle* »⁵² ;
- En 1998, le pavillon media a été conçu pour l'Expo 2001 sur le lac de Neufchatel, en Suisse avec comme thème le design immatériel. « *Grâce à l'aide des ingénieurs Passera et Pedretti, la structure du pavillon se développe comme un système de ténacité suspendu* »⁵³

En 1985, les recherches dans le Media Lab ont conduit à un nouveau domaine : la nanotechnologie. Cette dernière « *permet de fabriquer des réseaux d'information à l'échelle moléculaire par la transmission chimique (plutôt qu'électrique) de messages au travers de tubes de carbone macroscopiques fabriqués par les fullerènes^a* »⁵⁴. Dix ans plus tard, le laboratoire entame le projet : *Things that Think* visant l'intégration de l'informatique « *dans les objets communs qui nous entourent et qui ne sont ni des ordinateurs ni des dispositifs de télécommunication ; ceci, afin de créer des environnements matériels réactifs et intelligents.* »⁵⁵

En résumé, ces projets de cybernétique tendent à développer une nouvelle nature parallèle à la nature dont l'humain est originaire. « *Ainsi, l'écologie n'est pas un retour au naturel mais un stade technologique différent. Cette idée est clairement exprimée dans le travail d'architectes tels que Toyo Ito, mais elle explique aussi pourquoi les implications de la technologie de l'information ont été le mieux comprises par des penseurs « alternatifs » tels que Kevin Kelly ou Buckminster Fuller. Peu de gens, et encore moins d'architectes, connaissent cette version de l'histoire de la deuxième moitié du vingtième siècle.* »⁵⁶

^a Fullerènes : des structures de carbone fermées, en forme de cage.

Conclusion du chapitre

Dans ce premier chapitre, nous avons tenté de présenter un regard historique relatif à l'évolution de l'ordinateur, en commençant par les origines qui ont donné naissance de cette machine. Le besoin de traitement des données surtout pour les recensements a donné lieu aux calculateurs qui sont les ancêtres des ordinateurs actuels. Des calculateurs analogiques aux calculateurs électroniques, l'électricité a permis de motoriser les « anciens » calculateurs et de remplacer certains mécanismes. Dans ce chapitre, il a été souligné que l'invention de l'ordinateur est liée à l'émergence d'une société de l'information. Parallèlement à l'expansion de nouveaux moyens de communication, comme le téléphone, la radio, ...etc., favorisant la communication et même la télécommunication.

Les premiers ordinateurs apparaissent dans les années 1940, ils voient plusieurs générations jusqu'à atteindre la micro-informatique dans les années 1970. Ce développement a été favorisé par le contexte de la seconde guerre mondiale puis la guerre froide. À partir des années 1980, l'ordinateur devient de plus en plus rapide, bon marché et familial. Dès les années 1990, il se transforme d'un instrument de calcul vers un instrument de communication dans une décennie marquée par le grand développement d'Internet, de la toile et l'apparition d'une nouvelle expression : les TIC (technologies de l'information et de la communication).

Internet et réalité virtuelle inondaient les chroniques des années 1990, par conséquent, un nouveau vocabulaire voit le jour tel que l'utilisation de verbes comme « surfer » et « naviguer ».

Toute cette histoire a préparé un « environnement propice » à la naissance et au développement des outils et des logiciels mis au service de l'architecture, comme le présente le chapitre suivant.

Références

- ¹ **Spiro N. Pollalis** (Octobre - Novembre 1999), « CAO et communication en réseau-La circulation de l'information technique », IN *Techniques et architecture*, n° 445, p. 49.
- ² **Antoine Picon** (2010), *Culture numérique et architecture : une introduction*, éd. Birkhäuser, Basel, Switzerland, p. 9.
- ³ [Enligne] <https://archive.org/stream/scientific-american-1890-08-30/scientific-american-v63-n09-1890-08-30#page/n0/mode/2up>, (page consultée le 01-08-2015)
- ⁴ **Antoine Picon** (2010), *Culture numérique et architecture : une introduction*, éd. Birkhäuser, Basel, Switzerland, p. 26.
- ⁵ *Idem*, p. 27.
- ⁶ **Michael Kubo, Jaime Salazar** (2004), « Brève Histoire de l'âge de l'information » IN *Verb Matters*, p. 5.
- ⁷ **Antoine Picon** (2010), *Culture numérique et architecture : une introduction*, éd. Birkhäuser, Basel, Switzerland, p. 27.
- ⁸ *Idem*.
- ⁹ **Michael Kubo, Jaime Salazar** (2004), « Brève Histoire de l'âge de l'information » IN *Verb Matters*, p. 5.
- ¹⁰ **Jean C. Baudet** (2015), *Les plus grandes entreprises : Celles qui changèrent le monde*, éd. La boîte à Pandore, Paris.
- ¹¹ **Michael Kubo, Jaime Salazar** (2004), « Brève Histoire de l'âge de l'information » IN *Verb Matters*, p. 9.
- ¹² **Pierre-E. Mounier-Kuhn** (1990), « Genèse de l'informatique en France (1945-1965) » IN *Culture Technique*, n°21, p. 43.
- ¹³ *Idem*, p. 42.
- ¹⁴ **Michael Kubo, Jaime Salazar** (2004), « Brève Histoire de l'âge de l'information » IN *Verb Matters*, p. 10.
- ¹⁵ **Philippe Breton, Serge Proulx** (2000), *L'explosion de la communication*, éd. Casbah, Alger, p. 248.
- ¹⁶ **Antoine Picon** (2010), *Culture numérique et architecture : une introduction*, éd. Birkhäuser, Basel, Switzerland, p. 49.
- ¹⁷ **Greg Lynn** (2013), *Archéologie du numérique : Peter Eisenman, Frank Gehry, Chuck Hoberman, Shoji Yoh*, éd. Centre canadien d'architecture, Montréal, p. 58-59.
- ¹⁸ **Michael Kubo, Jaime Salazar** (2004), « Brève Histoire de l'âge de l'information » IN *Verb Matters*, p. 17.
- ¹⁹ **Antoine Picon** (2010), *Culture numérique et architecture : une introduction*, éd. Birkhäuser, Basel, Switzerland, p. 28.
- ²⁰ *Idem*, p. 48.
- ²¹ **Michael Kubo, Jaime Salazar** (2004), « Brève Histoire de l'âge de l'information » IN *Verb Matters*, p. 11.
- ²² **Jean-Michel Coget** (Avril 1997), « Le Web et l'architecte », IN *amc*, n° 79, p. 75.
- ²³ **Michael Kubo, Jaime Salazar** (2004), « Brève Histoire de l'âge de l'information » IN *Verb Matters*, p. 14.
- ²⁴ *Idem*.
- ²⁵ **Jean-Michel Coget** (Avril 1997), « Le Web et l'architecte », IN *amc*, n° 79, p. 75.
- ²⁶ **Michael Kubo, Jaime Salazar** (2004), « Brève Histoire de l'âge de l'information » IN *Verb Matters*, p. 16.
- ²⁷ *Idem*, p. 13.
- ²⁸ **Antoine Picon** (2010), *Culture numérique et architecture : une introduction*, éd. Birkhäuser, Basel, Switzerland, p. 48.
- ²⁹ **Jean-Michel Coget** (Avril 1997), « Le Web et l'architecte », IN *amc*, n° 79, p. 75.
- ³⁰ **Sabine Porada** (2001-2002), « Chantier de l'imaginaire. L'innovation architecturale et l'ordinateur » IN *EAV*, n° 7, p. 10.

- ³¹ **Spiro N. Pollalis** (Octobre - Novembre 1999), « CAO et communication en réseau-La circulation de l'information technique », IN *Techniques et architecture*, N° 445, p. 48.
- ³² **Antoine Picon** (2010), *Culture numérique et architecture : une introduction*, éd. Birkhäuser, Basel, Switzerland, p. 50-51.
- ³³ *Idem*, p. 9.
- ³⁴ *Idem*, p. 50.
- ³⁵ *Idem*, p. 54.
- ³⁶ **Federico Casalegno**, «Entre réel et virtuel : les nouvelles architectures dans la complexité de la co-évolution», [Enlignee] <http://www.mit.edu/~fca/papers/reeletvirtuel.pdf>, (page consultée le 01-08-2010)
- ³⁷ **Michael Kubo, Jaime Salazar** (2004), « Brève Histoire de l'âge de l'information » IN *Verb Matters*, p. 7.
- ³⁸ **Antoine Picon** (2010), *Culture numérique et architecture : une introduction*, éd. Birkhäuser, Basel, Switzerland, p. 28.
- ³⁹ **Michael Kubo, Jaime Salazar** (2004), « Brève Histoire de l'âge de l'information » IN *Verb Matters*, p. 9.
- ⁴⁰ *Idem*.
- ⁴¹ *Idem*.
- ⁴² *Idem*, p. 17.
- ⁴³ **Mirko Zardini**, « Archéologie du numérique – Quelques observations » IN **Greg Lynn** (dir.) (2013), *L'Archéologie du numérique : Peter Eisenman, Frank Gehry, Chuck Hoberman, Shoji Yoh*, éd. Centre canadien d'architecture, Montréal, p. 6.
- ⁴⁴ **Antoine Picon** (2010), *Culture numérique et architecture : une introduction*, éd. Birkhäuser, Basel, Switzerland, p. 38.
- ⁴⁵ **Mirko Zardini**, « Archéologie du numérique – Quelques observations » IN **Greg Lynn** (dir.) (2013), *L'Archéologie du numérique : Peter Eisenman, Frank Gehry, Chuck Hoberman, Shoji Yoh*, éd. Centre canadien d'architecture, Montréal, p. 6.
- ⁴⁶ **Michael Kubo, Jaime Salazar** (2004), « Brève Histoire de l'âge de l'information » IN *Verb Matters*, p. 9.
- ⁴⁷ **Mirko Zardini**, « Archéologie du numérique – Quelques observations » IN **Greg Lynn** (dir.) (2013), *L'Archéologie du numérique : Peter Eisenman, Frank Gehry, Chuck Hoberman, Shoji Yoh*, éd. Centre canadien d'architecture, Montréal, p. 6-7.
- ⁴⁸ **Frédéric Nantois** (Janvier 2001), « De Cedric Price à Bill Gates : les technologies de l'ordinateur », IN *Les cahiers de la recherche architecturale et urbaine*, n° 7, p. 32.
- ⁴⁹ *Idem*, p. 34.
- ⁵⁰ **Antoine Picon** (Novembre 2008), « Le projet au risque du numérique » IN *Le visiteur*, n° 12, pp. 96.
- ⁵¹ **Michael Kubo, Jaime Salazar** (2004), « Brève Histoire de l'âge de l'information » IN *Verb Matters*, p. 11.
- ⁵² *Idem*, p. 16.
- ⁵³ *Idem*, p. 18.
- ⁵⁴ *Idem*, p. 15.
- ⁵⁵ *Idem*, p. 17.
- ⁵⁶ *Idem*, p. 19.

I-2. CHAPITRE 2 : LE NUMERIQUE DANS LE CHAMP ARCHITECTURAL

Le chapitre précédent a présenté un aperçu historique du développement des ordinateurs qui a mis en évidence une évolution remarquable de leurs performances principalement en matière de résolution graphique des interfaces, offrant par conséquent, de grandes capacités pour le traitement des images et des rendus. Ce présent chapitre vient enchaîner par la présentation de l'intégration de cette « machine » en architecture. Nous consacrons la première partie à l'évolution de cette intégration par l'examen de l'apport de l'ordinateur en architecture et les différentes disciplines émergentes. Dans un second temps, nous abordons les théories et les tendances engendrées par cette intégration et qui ont donné à l'architecture plusieurs appellations. La troisième et dernière partie est réservée à la présentation de quelques projets des architectes connus et impliqués dans le numérique. Le chapitre est illustré par des photos de réalisations, matériaux et matériels appartenant à cette architecture.

I-2-1. L'informatique, le numérique et l'architecture : l'évolution

L'introduction de l'ordinateur en architecture est assimilée à une révolution comme celles créées par la perspective sous la Renaissance et par l'imprimerie. L'invention de la perspective au début du *Quattrocento* est considérée comme une grande révolution dans les techniques de représentation. A cette époque, elle était un moyen essentiel pour représenter le monde réel. Bertrand Lemoine en parle quand il donne son avis concernant l'informatique : « *elle incite peut être une révolution conceptuelle, comme l'ont fait la perspective sous la Renaissance ou l'axonométrie au XX^e siècle* »¹. Picon consolide cet avis tout en le plaçant dans un cadre plus global : « *L'utilisation de l'ordinateur afin de produire des formes nouvelles et spectaculaires ne constitue qu'un aspect d'une dynamique de beaucoup plus grande ampleur, de même que l'invention de la perspective à la Renaissance était liée à des questions plus vastes que la seule recherche de la régularité géométrique.* »² L'historien italien de l'architecture Mario Carpo estime que l'impact de l'informatique sur la théorie et la pratique architecturales est équivalent à celui de l'invention de l'imprimerie³. Tout au début, la construction a été « assurée » par communication orale, ainsi, l'invention de l'imprimerie au 15^e siècle par Johannes Gutemberg, va enrichir les moyens de communication de l'architecte : « *Au début du siècle, toute l'information spécifique était*

contenue sur une épure sans ambiguïté, elle comprenait souvent aussi le descriptif, le métré et servait de seule pièce de contrat. »⁴. Ceci sans omettre un célèbre passage dans Notre-Dame de Paris, dans lequel l'écrivain romantique du 19^e siècle Victor Hugo décrit un archidiacre comparant la cathédrale à un livre imprimé et déclarant : « Ceci tuera cela. Le livre tuera l'édifice »⁵ tout en optant pour l'explication que l'imprimerie tuera l'architecture « elle signifiait qu'un art allait détrôner un autre art »⁶, une puissance va succéder à une autre puissance.

Depuis l'intégration de l'ordinateur en architecture (les années 1960), Sabine Porada définit quatre phases essentielles pour cette intégration :

- 1^{ère} phase : il a joué le rôle d'outil de calcul ;
- 2^{ème} phase : un outil de dessin ;
- 3^{ème} phase : un outil de communication ;
- 4^{ème} phase : il a été intégré dans la conception comme outil de modélisation et d'expérimentation du projet.

Selon Porada, cet ordre a suivi le marché : «*Cette succession accidentelle d'outils a été imposée par l'ordre d'arrivée des logiciels sur le marché. Elle a provoqué une confusion dans l'enchaînement naturel des phases du processus de conception [...] La pédagogie a suivi des tendances similaires : l'apprentissage des outils de production devance l'enseignement des outils de conception.* »⁷. Mais actuellement, le cycle de vie d'un projet (de la conception à l'exploitation) tend à être entièrement couvert par l'ordinateur.

Quant à Alireza Razavi^a, il détermine trois phases essentielles depuis l'entrée de l'outil informatique en architecture jusqu'à 2008 :

- La première phase (années 1970 / début des années 1980), où l'outil a assisté le dessin.
- La 2^{ème} phase (les années 1990) : marquée par les grandes capacités de modélisation et de visualisation.
- La 3^{ème} phase (la première décennie du 21^e siècle) est caractérisée par un vrai partenariat avec la machine marquée par l'avènement de la conception architecturale digitale : « *la capacité des logiciels de modélisation programmables par algorithmes et les avancées de la fabrication numérique* »⁸

^a Pour en savoir plus sur ses projets et publications, voir le site web de son studio : <http://studiorazavi.com/>

Le virtuel évoqué dans le premier chapitre a joué un rôle important en architecture, Porada (en 2001) propose d'utiliser le concept d'expérimentation virtuelle et l'expérimentation assistée par ordinateur en parlant des différentes simulations et programmes de calcul : « *Il est temps de remplacer le concept de la pensée visuelle, qui animait la fin du XX^e siècle, par le concept d'expérimentation virtuelle. Quand les programmes de calcul des ambiances divers feront partie intégrante de l'environnement de conception, nous pourrions parler d'expérimentation assistée par Ordinateur.* »⁹. Sautereau (dans la même année) explique les vertus du virtuel : « *Le virtuel pose un défi à l'architecture. Il met le projet en situation de pur devenir ; il offre un champ illimité de possibles, une plasticité infinie pour la pensée comme pour les formes, une vitesse opérationnelle très grande, du provisoire d'une gratuité totale. Il est un potentiel pur de production d'espace. Le projet est en effet désormais modifiable, amendable, vérifiable immédiatement.* »¹⁰

Le premier projet entièrement élaboré sur écran est le projet d'Alain Sarfati qui a gagné le concours international d'idées de développement de la ville nouvelle de Melun-Sénart créée en région parisienne en 1987 : « *La géométrie des particules et des fractales, utilisée pour la première fois dans ce projet urbain, a été employé pour produire des représentations qui suggèrent l'ordonnancement de l'espace, sans déterminer l'architecture. D'autres outils mathématiques ont permis de programmer des installations aléatoires le long des axes, en donnant une direction aux développements probables sans les figer.* »¹¹

Greg Lynn, le leader des théoriciens de l'architecture numérique insiste sur le fait que l'ordinateur n'est pas étrange à l'architecture : « *En réalité, l'ordinateur ne représentait pas un outil étranger au design, mais plutôt une extension et une adaptation des nombreuses méthodes de conception qui ont émergé en même temps que s'effaçait un postmodernisme historiciste.* »¹². Ainsi, il précise que le numérique a toujours existé en architecture : « *Le numérique est bien connu dans le domaine et n'a jamais quitté l'architecture. Les premières maquettes numériques ont été réalisées par (et avec) des architectes dont la spécialité, par définition, est la description géométrique et la modélisation virtuelle d'objets physiques. Bien que certains de ces outils aient migré dans les industries de l'aérospatiale et du divertissement, ils ne se sont pas vraiment éloignés de l'architecture ; il n'y a pas eu lieu de procéder à leur réintroduction pour combler un fossé de génération créatif ou intellectuel.*

*Les outils numériques ont plutôt créé un fossé de curiosité intellectuelle entre l'histoire/la théorie et la conception. »*¹³

I-2-1-1. Le numérique en architecture

Le numérique agit sur le projet sur plusieurs plans, nous examinons quelques aspects dans ce qui suit :

a) Sur le plan formel

L'utilisation architecturale de l'ordinateur^a a généralement consisté en une recherche formelle qui a guidé à une nouvelle génération : « *For the guilty secret that always seems to haunt this new performative turn is that these new techniques are ultimately concerned primarily with the production of a new generation of architectural forms.* »¹⁴, ou un nouveau type d'architecture : « *Outre la création de supports visuels saisissants, le logiciel de CAO a favorisé l'apparition d'un nouveau type d'architecture. Des formes complexes, auparavant impossibles à envisager, peuvent désormais être modelées par des logiciels de CAO qui testent aussi leur ossature et leurs matériaux* »¹⁵. La recherche formelle est facilitée par les capacités génératives des logiciels : « *Il est aujourd'hui possible de donner une direction de recherche formelle à un logiciel de modélisation et de voir celui-ci produire quantité de modèles géométriques répondant à un ensemble de contraintes prédéfinies. La recherche formelle a pris un nouveau tournant avec la possibilité de générer des formes jusque-là impossibles à modéliser et/ou difficiles à visualiser.* »¹⁶. L'ordinateur a permis de générer de nouvelles formes inédites inimaginables sans y avoir recours : « *Un extraordinaire sentiment de puissance envahit tout architecte à qui les modeleurs de CAO (Conception Assistée par Ordinateur) donnent le moyen de générer des surfaces qu'il ne saurait absolument pas dessiner à la règle et au compas.* »¹⁷. Nous sommes arrivés même à penser que c'est l'ordinateur qui garantit la « constructibilité » des projets : « *D'où l'adage, maintes fois répété par des architectes lucides comme Alejandro Zaera Polo : rien ne se construit qui ne soit transposable sur Autocad.* »¹⁸

La généralisation de l'informatique a permis d'élargir considérablement le domaine des investigations formelles¹⁹ ; à partir d'un modèle numérique, plusieurs essais formels sont possibles et peuvent être réalisés. Les résultats arrêtés à un t de temps peuvent servir comme

^a Expression empruntée à Antoine Picon, 2010 : 62.

nouvelles sources d'inspiration formelle²⁰. La conception paramétrique illustre le mieux ces possibilités ; une fois le modèle terminé, le changement d'un paramètre influe directement sur la forme finale du projet. Plusieurs solutions sont envisageables et le concepteur n'a qu'à choisir celle la plus adéquate. Nous pouvons citer l'exemple du projet Off/Grid House^a de l'agence OTA^b, pour lequel, les concepteurs ont produit un catalogue de modèles numériques selon des procédés paramétriques, et ce afin d'évaluer et de comparer les différences formelles entre toutes les étapes de développement. Pour le design final, les formes qui répondent le plus aux exigences furent sélectionnées (Figure 8).

Opération	Variable	Valeur
Créer un Plan	Longueur	10' 10"
	Largeur	10' 10"
	Segments	1
Créer une Spline		
Ajouter Edit Poli		
Sélec. Polygones		
Extrusion le long de la Spline	Segments	20
	Quantité Extraite	-1.0
	Courbe de Conne	2.0
Symétrie	Axe	X
Ajouter Edit Poli		
Sélec. Polygones		
Pont	Segments	10
	Réglage	1.0
	Torsion 1	1.0
Plier	Angle	140.0
	Axe	Y
Tordre	Angle	227.0
	Axe	X
Affiner le maillage	Itérations	3

Opération	Variable	Valeur
Créer un Plan	Longueur	12' 10"
	Largeur	12' 10"
	Segments	4
Relaxer	Valeur	1.0
Itérations		3
Ajouter Edit Poli		
Sélec. les Sommets		
Chanfrein	Quantité	6"
Sélec. Polygones		
Pont	Segments	5
	Réglage	-3.0
	Obliquité	-6.0
Symétrie	Axe	X
Sphérisation	Pourcentage	28.0
Tordre	Angle	77.0
	Axe	X
Affiner le maillage	Itérations	3
Symétrie	Axe	Y
Bruit	Résistance X	-14' 0"
	Résistance Y	33' 2"
	Résistance Z	34' 6"

Opération	Variable	Valeur
Créer un Plan	Longueur	10' 10"
	Largeur	10' 10"
	Segments	5
Créer une Spline		
Ajouter Edit Poli		
Sélec. Polygones		
Extrusion le long de la Spline	Segments	16
	Quantité Extraite	0.85
	Courbe de Conne	4.0
Plier	Angle	142
	Axe	Z
Tordre	Angle	109.5
	Axe	Z
Etirer	Etirer	1.0
	Amplifier	-1.8
Symétrie	Axe	Z
	Axe	X
Etirer	Etirer	-0.4
	Axe	Z
Affiner le maillage	Itérations	3

Opération	Variable	Valeur
Créer une Spline	Rayon	6' 0"
	Segments	32
Créer une Spline		
Ajouter Edit Poli		
Sélec. Polygones		
Extrusion le long de la Spline	Segments	8
	Réglage	-2.0
Plier	Angle	213.0
	Direction	456.3
	Axe	Z
Tordre	Angle	239.0
	Obliquité	-12.0
Symétrie	Axe	X
	Axe	X
Affiner le maillage	Itérations	2
Copier	Quantité	3
Tourner	Quantité	-25.0
	Axe	XZ

Figure 8: Un exemple d'opérations effectuées sur la forme pour la production de catalogue de modèles numériques pour le projet Off/Grid House, Albuquerque, Nouveau-Mexique, 2010.

Source : (Dimitris Kottas, 2013 :13)²¹

^a <http://www.otaplus.com/project/off-grid-house/>

^b <http://www.otaplus.com/>

Quoique cette liberté de recherche formelle ait été critiquée par des théoriciens comme Antoine Picon : « *D'un point de vue stylistique, on a parfois suggéré que cette liberté conduisait à une sorte de baroque se caractérisant par le caractère dynamique des formes et l'importance accordée aux déformations géométriques* »²². Une recherche formelle –selon lui– visant sur le plan esthétique la quête de l'élégance plutôt que la recherche de la beauté. Nous pouvons donner comme exemple le projet du centre des arts vivants à Abu Dhabi (Figure 9), conçu par Zaha Hadid²³.

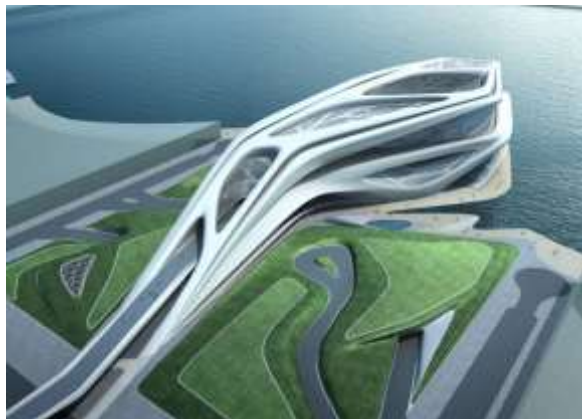


Figure 9: Le centre des arts vivants, Zaha Hadid Architects, Abu Dhabi. Travaux entamés en 2007.

Source : Le site web de Zaha Hadid²⁴.

L'ouvrage du Dimitris Kottas composé de deux livres : « *Architecture numérique : Nouvelles technologies* »²⁵ et « *Architecture numérique : Nouvelles applications* »²⁶ présente une exploration des projets de conception architecturale numérique avec des photographies en couleurs et textes explicatifs. Il peut donner une idée détaillée sur la recherche formelle dans cette architecture.

b) Sur le plan organisationnel

Le numérique joue un rôle important dans l'amélioration des possibilités de dessin et de sa production. Il est vite apparu qu'il garantit des économies appréciables dans les différentes phases d'élaboration d'un projet. Il permet de gérer plus de projets et de générer un remarquable gain de temps tout en facilitant la communication entre les différents intervenants d'un projet. Le dessin et l'édition se font sur écran d'une manière élégante et efficace assurant une grande précision, dans un aller-retour immédiat entre réflexion et

décision. Ajoutant à cela, des imprimantes et traceurs à haute résolution qui peuvent recevoir l'information à partir des bases de données et tracer sans intervention humaine.

Dans un article réservé au projet de la tour Eureka^a (Southbank, Melbourne) construite entre 2002 et 2006 par le cabinet FKAU, l'auteur présente ce projet comme « *un cas d'école dans l'utilisation d'un modèle numérique 3D de bâtiment. Celui-ci a été élaboré grâce aux fonctions les plus sophistiquées des versions 6 et 7 d'Archicad* »²⁷. L'auteur explique que l'informatique a affecté l'organisation même des équipes de travail. Cette organisation a suivi la répartition du projet : « *L'équipe se déployait sur les principales composantes du bâtiment, à l'image des documents qui seraient fournis : infrastructure, superstructure, socle, noyau, façade, équipements techniques, etc. Chacune de ces équipes devenait responsables d'un sous-ensemble du modèle 3D de l'ensemble de la tour.* »²⁸

c) Sur le plan fonctionnel et programmatique

À travers le phénomène de la « dématérialisation », le numérique ne peut laisser indifférents les programmes architecturaux et urbains, plusieurs espaces sont devenus inutiles après l'avènement de l'ordinateur et se sont déplacés vers Internet apportant « *une désertification des espaces réels* »²⁹, tels que les services administratifs et commerciaux de certains équipements remplacés par des alternatives virtuelles. De même, plusieurs activités ont pris place électroniquement^b à l'exemple de : e-commerce, e-Learning, e-archive, ...

Un des exemples de l'apport du numérique sur le plan fonctionnel est l'émergence du concept de la « maison intelligente » utilisant la technologie E-home ou la domotique. L'exemple le plus célèbre est celui de la « Maison branchée » de Bill Gates, conçue par l'architecte James Cutler et construite entre 1988 et 1996. La maison intelligente est « farcie » d'installations technologiques assurant l'automatisation de la construction commandée par un ordinateur qui surveille et contrôle la consommation d'électricité, d'eau, la température ambiante, les ouvertures, ... Cet ordinateur peut résoudre les anomalies fonctionnelles et organisationnelles en réponse à l'usage.

Le concept de la maison intelligente a été développé pour la première fois dans le Generator (1976-1980) de Cedric Price, considéré comme le premier projet du bâtiment intelligent.

^a Le plus haut gratte-ciel résidentiel d'Australie.

^b Voir par exemple à ce sujet : **Maurice Culot** (Février-Mars 2009), « De l'échoppe à eBay : Vitrites et devantures de boutiques » IN *Architecture intérieure CREE*, n°340, pp. 44-53.

Plusieurs logiciels ont été proposés pour résoudre le problème de l'allocation spatiale ; le livre de Quintrand et al. (1985), réserve une partie^a à ces logiciels proposés au début des années 1970, tels que LOKAT et CIMBLEZ qui -sur la base de contraintes (voir un nombre restreint)- proposent plusieurs solutions d'arrangement d'espaces et c'est au concepteur de choisir la meilleure parmi les résultats proposés par l'ordinateur.³⁰

I-2-1-2. Architecture assistée par ordinateur : Différentes disciplines

L'intégration de l'ordinateur en architecture a pris plusieurs appellations « XAO » qui sont devenues des disciplines. Nous examinons quelques-unes dans ce qui suit tout en évoquant les BIM et les maquettes.

a) DAO (Dessin assisté par Ordinateur)

« Le dessin par ordinateur a en effet changé la nature du dessin d'exécution, en abaissant son coût de production, et en permettant une automatisation partielle qui allège le caractère répétitif. »³¹. La DAO est une discipline permettant de produire, modifier et améliorer des dessins « traditionnels » avec un logiciel informatique facilitant l'exécution des commandes en utilisant des périphériques de saisie comme la souris et le clavier remplaçant les outils de dessin (crayon, té, équerre, ...). En DAO, nous ne pouvons pas réaliser automatiquement (à partir du dessin) des calculs, des coupes, des volumes, des rendus.

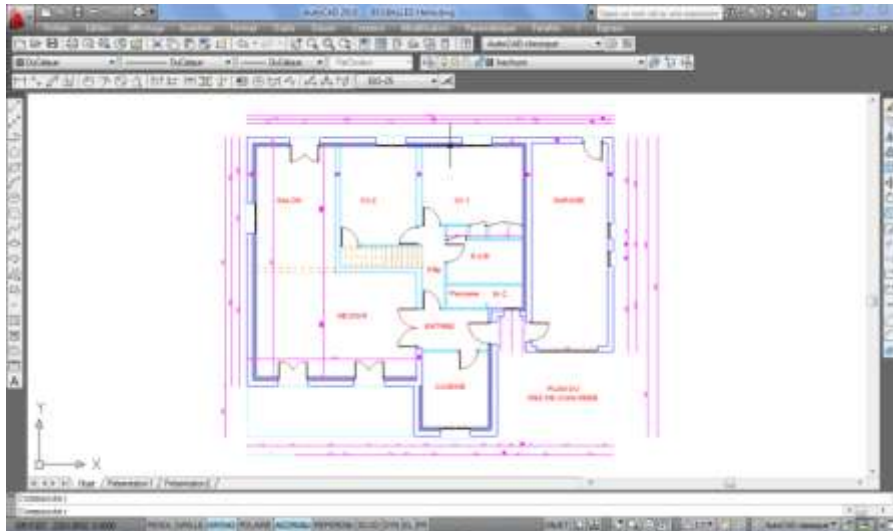


Figure 10: Dessin réalisé par AutoCad

Source : Travail réalisé par l'étudiante : Boualleg Hana, 2^{ème} année Master Management de Projets, FAU, Université Constantine 3 (2014-2015)

^a Voir dans ce livre de la page 39 à la page 48.

b) **CAO (Conception assistée par ordinateur)**

En anglais, on distingue Computer-Aided Design (CAD) et Computer-Aided Architectural Design (CAAD), en français CAO et CAAO : Conception Architecturale Assistée par Ordinateur. Cette discipline fait référence au processus dans lequel la conception est développée d'une manière bidimensionnelle (2D) ou en tant que modèle tridimensionnel (3D). Les dessins « conventionnels » peuvent être générés ou dérivés de ce modèle. *« Nous pouvons définir la Conception Assistée par Ordinateur (CAO) par l'ensemble des outils logiciels et des techniques informatiques qui permettent d'assister les concepteurs dans la conception et la mise au point d'un produit. »*³². Les outils de la CAO, selon une autre définition, peuvent englober même l'exécution du projet ; ils *« constituent la technologie principale dans le processus de conception architecturale (les représentations architecturales du projet qui englobent plans, coupes, élévations et perspectives). Ils décrivent la géométrie du bâtiment et peuvent être vus comme une grande base de données spatiale, qui contient les quantités et les matériaux exacts requis pour la construction d'un ouvrage »*³³

La CAO est utilisée par les architectes pour concevoir, développer, tester virtuellement et communiquer leurs projets (idées). Les logiciels y afférents peuvent produire des résultats différents : rendus, animations, simulations, métrés, calculs de masses et des inerties. Pour générer des projets dans la CAO, le dessin est réalisé à l'aide d'une souris et d'un clavier ou d'un stylo et d'une tablette graphique.



Figure 11: Laboratoire: Computer Aided Architectural Design (CAAD), ETH Zurich.

Différents matériels mis à la disposition des étudiants pour la CAO.

Source : Auteure, avril 2014.

La CAO est née aux États-Unis à la fin des années 1950 dans le cadre des programmes militaires, « *Ensuite, elle a pénétré le domaine de l'aéronautique civile, l'automobile, l'industrie informatique, l'architecture, le génie civil.* »³⁴. En 1960, elle a été mise au point pour quelques applications : « *Mise au point à l'origine, dans les années 1960, pour des applications commerciales dans les secteurs aéronautique et électronique* »³⁵. Nous pouvons citer la création du premier logiciel de CAO : le Sketchpad^a par Ivan Sutherland en 1963, pour lequel il a reçu le Prix Turing. Ce logiciel est considéré comme « *premier système graphique conversationnel permettant la représentation d'un projet sur un écran et le dialogue direct de l'homme avec la machine* »³⁶. Dans les années 1980, et suivant l'évolution de l'ordinateur -détaillée dans le premier chapitre de ce travail-, les logiciels deviennent accessibles : « *Avec la percée des ordinateurs personnels et la baisse consécutive du coût des postes de travail, les logiciels de CAO/DAO sont devenus dans les années 80 accessibles à un nombre croissant d'utilisateurs* »³⁷. AutoCad a pris de l'avance sur les autres logiciels : « *Autodesk et AutoCAD ont été les premiers logiciels CAO développés pour les ordinateurs en 1981* »³⁸.

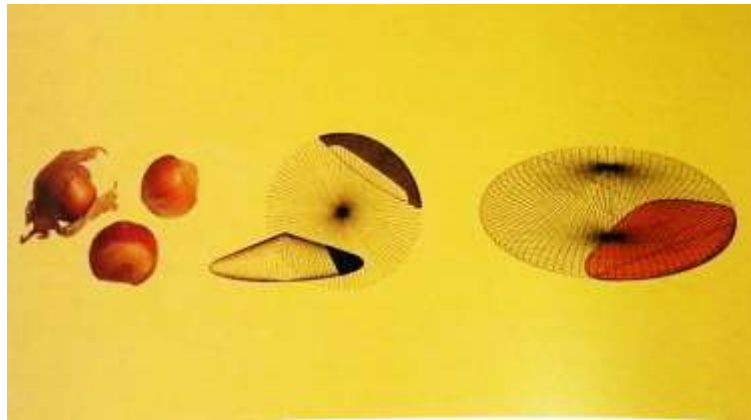


Figure 12: Conception assistée par Ordinateur du projet du Centre d'information du parc Hardwick, Durham, Royaume-Uni, Architecte : Design Engine (2006)

Source : (Laurraine Farrelly, 2008 :136)³⁹

^a Un programme développé dans le cadre de sa thèse de doctorat au MIT.

c) **FAO/CFAO (Fabrication assistée par ordinateur/Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur)**

En anglais CAD/CAM: Computer-Aided Design/Computer Aided Manufacturing

La CFAO couvre l'ensemble des outils informatiques et machines intervenant dans le processus d'élaboration d'un projet depuis la naissance du projet jusqu'à la fabrication. Elle implique la couverture de tout le processus par le numérique: « *Computer-controlled rolling machines can be used to bend steel, and computer-controlled welding machines can assemble steel components. The placement and alignment of parts on site is often carried out with laser positioning and surveying equipment, thereby extending the digital process into the construction process.* »⁴⁰. Les logiciels de la CFAO -apparue dans les années 1970- exploitent les informations produites par la CAO pour décrire les géométries utilisées dans la partie FAO afin de définir un parcours qui va diriger précisément le mouvement d'une machine-outil qu'elle doit l'exécuter exactement pour réaliser la forme dessinée. Ce parcours se résume dans un fichier appelé programme ISO ou blocs ISO.



Figure 13: Quelques réalisations à l'aide de la CFAO à l'école ETH Zurich.

Source : Auteure, avril 2014.

Le développement de cette discipline a permis aux architectes d'être en contact direct avec la construction, leur offrant la possibilité de réaliser/fabriquer leurs œuvres : « *Ainsi, ce développement a rouvert un débat qui a été depuis la Renaissance inhérent à l'architecture : la séparation entre le design et la construction, entre l'architecte et le constructeur. Comme l'affirme Alberti, le rôle de l'architecte consiste à dessiner, concevoir un bâtiment, non pas à le construire.* »⁴¹. Ce contact direct est exprimé à travers des logiciels qui font appel à « l'associativité » ou la conception associative⁴², visant une associativité pleine et entière entre conception et fabrication : « *L'associativité est le moyen logiciel de constituer le projet architectural en une longue chaîne de relations depuis les premières hypothèses de*

conception jusqu'au pilotage des machines qui pré-fabrique les composants qui viendront s'assembler sur le chantier. »⁴³. Ce nouveau concept a donné naissance à l'appellation « Architecture non-standard » développée dans les écrits de Patrick Beaucé et Bernard Cache, pour désigner une architecture produite numériquement « *un terme s'appliquant à la fois à la forme et aux pièces préfabriquées, non répétitives et souvent complexes qui permettent de la réaliser* »⁴⁴. Bernard Cache fait appel à la préfabrication et aux théories du 20^e siècle où régnaient les principes de fabrication en série d'éléments standards. Avec l'avènement de l'outil numérique, les préoccupations ont changé, ainsi, les formes générées à l'aide de cet outil nécessitent une technologie avancée pour leur production. Cet outil même permettra la préfabrication et l'obtention des éléments non-standards.

L'architecture non-standard repose sur le fait « *qu'il n'y a plus d'intermédiaire entre le concepteur et la machine. La modification d'un des parents originaires^a du projet doit déclencher la mise à jour de l'intégralité de la chaîne d'information automatiquement parce que l'intervention humaine est toujours sujette à erreur.* »⁴⁵

Dans la CFAO, nous parlons également de la robotisation qui est intégrée dans l'industrie du bâtiment, et nous pouvons citer l'exemple du système de mur modulaire appelé : Blobwall développé par Greg Lynn en 2007. Le mur est assemblé au moyen des robots offrant plusieurs configurations (Figure 14).



Figure 14: Le Blobwall de Greg Lynn, 2007.

Source : Site web de Greg Lynn⁴⁶.

La première utilisation du mot robot qui est dérivé du mot tchèque désignant « travail », remonte au début du 20^e siècle ; en 1917, Karel Capek (1890-1938) introduit le mot dans sa pièce de théâtre R.U.R (Rossum's Universal Robots). Depuis, cette industrie a connu un

^a Les parents originaires sont des éléments primitifs de construction.

grand essor ; un des plus grands salons de la robotique au monde est l'exposition IREX^a : International Robot Exhibition, à Tokyo, Japon, qui est un évènement international ouvert au grand public et dont la fréquence est biennale. L'exposition s'est tenue pour la première fois en 1974 et marquera sa 22^e exposition cette année (du 29 novembre au 2 décembre 2017).

Si nous nous tournons vers l'enseignement, beaucoup de projets ont été produits avec la CFAO. Nous pouvons citer quelques réalisations des étudiants de l'ETH (Figure 13) et l'exemple du pavillon insigne du festival « ZA11 Speaking Architecture » (Figure 15) conçu et construit à l'échelle réelle par des étudiants dans le cadre d'un workshop de design paramétrique et Fraisage CNC.

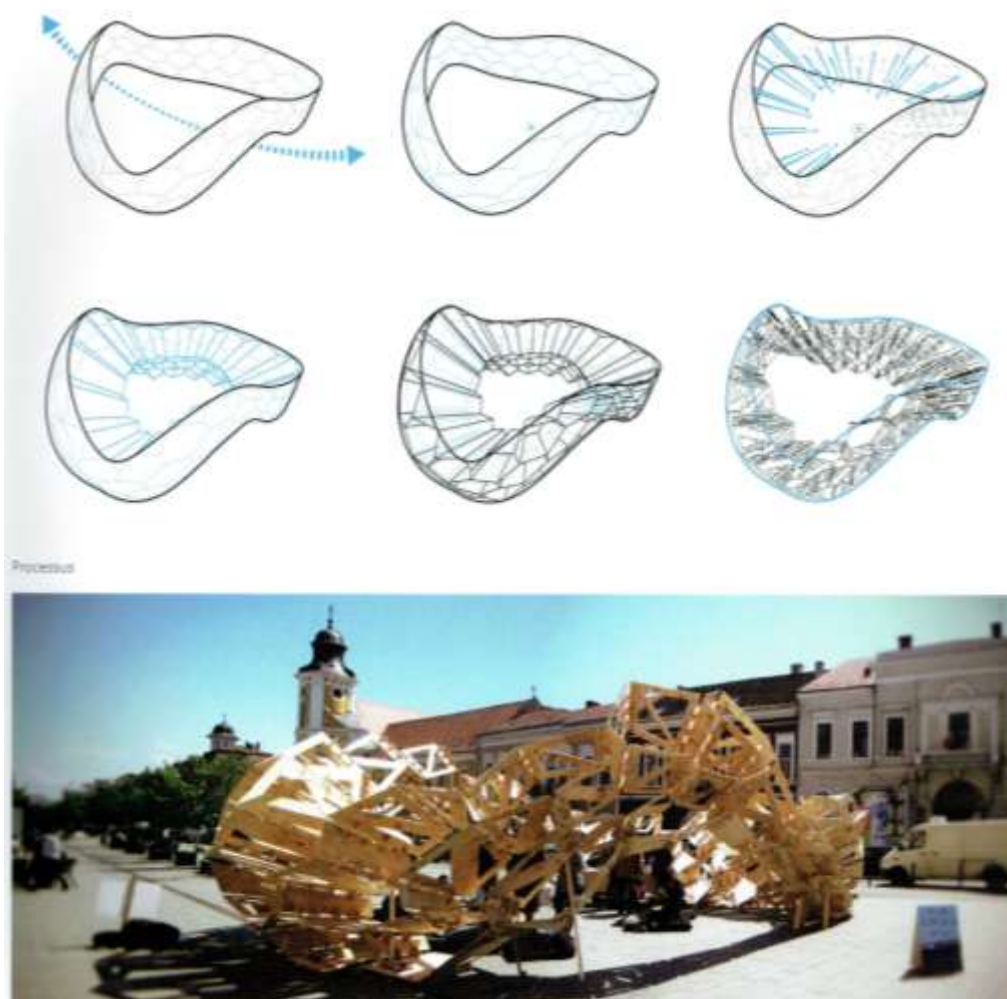


Figure 15: Pavillon CLJ02 :ZA11, Cluj, Roumanie, 2011

Source : (Dimitris Kottas, 2013 :28)⁴⁷

^a Le lien du salon : <http://biz.nikkan.co.jp/eve/irex/english/overview.php>

d) BIM (Building Information Modeling ou Building Information Model)

Le BIM correspond au processus de génération et de gestion des données d'un bâtiment le long de son cycle de vie. Il englobe les logiciels traitant la géométrie, les relations spatiales, l'information géographique, les quantités et les caractéristiques des différents lots d'un projet : « *Le modèle BIM (Building Information Modeling) organise une décomposition hiérarchisée d'un édifice suivant ses principes tectoniques, constructifs et techniques, avec comme support la maquette 3D. Les éléments constitutants, organisés en classes contiennent, outre leur propre description géométrique, des données techniques relatives à leur gestion, à leur quantification, etc.* »⁴⁸. Autrement dit, le principe du modèle BIM repose sur la gestion des données relatives au projet tout au long de son processus d'élaboration et d'exploitation, « *L'information, issue d'une donnée correcte et organisée, est le pivot du système.* »⁴⁹. Les logiciels utilisés facilitent les échanges d'informations et l'interopérabilité^a, à l'aide du format IFC (Industry Foundation Classes) qui combine les données géométriques et alphanumériques⁵⁰. Ce format utilisé communément par le BIM est un « *standard créé à la demande de l'IAI (International Alliance for Interoperability) afin d'améliorer l'interopérabilité des applications utilisées par les différents professionnels du bâtiment. Les données sont organisées sous forme de « classes d'objets » (les IFC), dans le but de les échanger sans perte d'information.* »⁵¹

Nous pouvons donner comme exemple le projet de la Fondation Louis Vuitton à Paris de l'architecte Frank Gehry (Figure 16), considéré comme un projet pionnier dans les BIM. Les échanges entre les différents intervenants du projet se faisaient au travers d'une maquette numérique instantanément accessible et manipulable à tous les stades du projet, que ce soit depuis Los Angeles où est installé Gehry, ou depuis Paris où se trouve le chantier.

^a L'interopérabilité est la capacité d'un système informatique à fonctionner avec d'autres systèmes sans restriction d'accès.

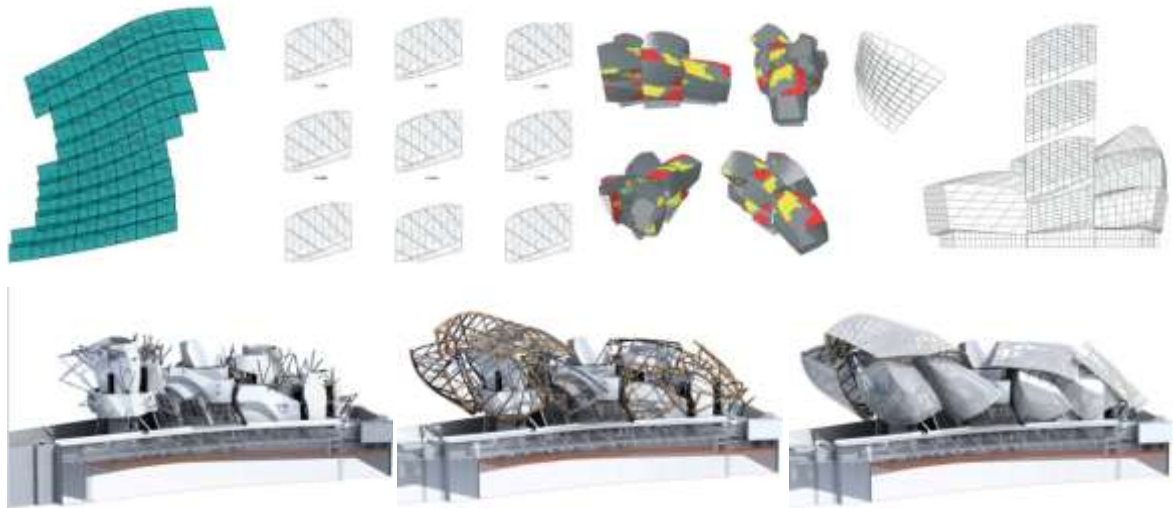


Figure 16: Utilisation du BIM à différentes échelles pour La Fondation Louis Vuitton, Paris, Architecte : Frank Gehry.

Source : en haut : (Dennis Shelden, 2009: 83)

En bas : Site web de la compagnie Gehry Technologies.⁵²

La construction d'une maquette BIM n'est pas aussi répandue parmi les architectes, selon Ehret, peu de projets connaissent ce niveau de maturité⁵³. Cette maquette « *se doit d'être entretenue au quotidien puisqu'elle est le centre des études, elle représente le document de développement central du projet.* »⁵⁴. Nous tenons à préciser la différence entre la maquette numérique et le BIM ; la maquette numérique paramétrique et renseignée est un support du BIM désignant tout le processus : « *Le BIM étant un processus de gestion de l'évolution des données et la maquette numérique l'un des outils principaux de création des données, les deux termes ne sont donc pas synonymes* »⁵⁵

e) **Conception et production des maquettes**

Les maquettes peuvent être virtuelles (voir CAO, CFAO, BIM) ou physiques en échelle réelle ou réduite (découpées au laser, fabriquées avec commande numérique par ordinateur (CNO) ou imprimées en trois dimensions (les imprimantes 3D)). Nous examinons quelques exemples de chaque catégorie.

En informatique, un modèle est une « *Représentation du système dans le but d'étudier le phénomène réel. Le modèle est en général une simplification de cette représentation qui ne tient compte que des aspects essentiels du fonctionnement du système, et négligeant les facteurs les moins influents* »⁵⁶. En architecture, Maudet donne la définition du modèle en se

référant au petit Larousse, le petit Robert et il retient la définition donnée par R. Leclercq qui se rapproche de la définition des informaticiens dans le sens de la simplification : « *On appelle ainsi (modèle) un ensemble d'informations ordonnées en un tout ou un objet connu et pouvant servir par sa similitude avec l'objet étudié à simplifier l'étude de cet objet* »⁵⁷. Cependant, cette définition est limitative car la maquette ne se limite pas seulement à la représentation du projet qui s'approche le plus de la réalité, non plus à la séduction par les matériaux, couleurs et éclairage ; en réalité, elle apporte une aide dans la génération des idées.

La maquette « traditionnelle » est apparue à partir du milieu des années 1900, où « *les architectes découvrirent les avantages des maquettes pour faire partager leurs idées et les mettre en forme. Antonio Gaudi, par exemple, est notamment célèbre pour son utilisation des maquettes pour mettre au point les formes complexes de La Sagrada Familia à Barcelone.* »⁵⁸. En dehors de cette maquette physique construite traditionnellement, nous nous intéressons aux maquettes produites à l'aide des logiciels CFAO, et qui sont les maquettes virtuelles et les maquettes produites en utilisant des machines et des techniques de production digitale^a. « *Les visualisations CAO donnent la capacité de créer des maquettes dont le réalisme est impressionnant ; elles laissent l'observateur choisir la façon dont il souhaite se déplacer dans un bâtiment. Les maquettes CAO peuvent être utilisées pour mettre au point des formes complexes au cours du processus de conception, rendant possible l'évolution des silhouettes et l'étude d'une grande variété de formes.* »⁵⁹



Figure 17: Étales d'utilisation de la maquette virtuelle dans un projet architectural :

Greenwich Media Suite, London, Architecte : Piercy & Co.

(Evolution de la maquette de gauche à droite)

Source : Site web de l'architecte.⁶⁰

Le livre *architectural modelmaking* (2010)⁶¹, consacre une partie bien explicite aux étales de production des maquettes en utilisant la CFAO avec plusieurs matériaux possibles. Ce

^a Voir *Infra*, Chapitre 5, titre: III-1-3-2. Technologies de production digitale.

que nous pouvons souligner, c'est que ces logiciels optent pour le processus CNC : Computerized Numerical Control, ou en français : CNO : fabrication avec Commande Numérique par Ordinateur, ainsi, les maquettes seront découpées ou gravées selon les documents CAO. Le livre *Digital processes: planning, design, production* (2011)⁶² et dans sa deuxième partie dédiée aux technologies de production numérique, réserve une grande partie aux différents types des processus CNC, tels que la découpe laser, la découpe au fil chaud...etc. Les auteurs détaillent pour chaque processus, les capacités de production, matériels et matériaux adéquats.

Un exemple de réalisation produite complètement selon la CFAO est la cafétéria mobile Rapid Type Pod conçue et fabriquée numériquement par OTA+ (Figure 18). Le modèle numérique a été réalisé par le logiciel 3Ds Max puis exporté dans le logiciel Grasshopper afin d'ajouter quelques détails relatifs à la fabrication CNC, « *et on envoya finalement l'ensemble de la matrice à la fraiseuse CNC pour le découpage des pièces. Le processus complet de fabrication de la cafétéria dura seulement une semaine.* »⁶³



Figure 18: La cafétéria mobile Rapid Type Pod (OTA+)

Source : Le site web d'OTA+. ⁶⁴

Un nombre important des universités mettent à la disposition de leurs étudiants des ateliers avec le nécessaire du matériel et matériaux relatifs à la conception et la production des maquettes, comme le cas de l'école ETH Zurich, visitée dans le cadre d'un stage en avril 2014. Un échantillon de matériaux disponibles dans cette école est présenté dans la Figure

19 et un exemple de maquettes réalisées à l'aide des technologies numériques dans la même école est dans la Figure 20.



Figure 19: Différents matériaux utilisés pour confectionner des maquettes à l'aide des technologies numériques, Laboratoire CAAD, ETH Zurich.

Source : Auteure, avril 2014.

Quelques exemples de réalisations de maquettes par les étudiants d'architecture en intégrant le numérique (fabrication numérique, structures paramétriques, systèmes modulaires, design interactif) sont disponibles dans le livre que nous avons évoqué plus haut pour la recherche formelle : Dimitris Kottas (2013) ⁶⁵.



Figure 20: Maquette réalisée à l'aide des technologies numériques, Laboratoire CAAD, ETH Zurich.

Source : Auteure, avril 2014.

Quoique l'impression 3D existe depuis les années 1980, elle n'a connu une vraie explosion qu'à partir de l'année 2010. L'impression 3D est définie comme « *une technologie qui permet de fabriquer ou d' « imprimer » des objets à l'aide d'une machine appelée*

imprimante 3D »⁶⁶. A partir d'un fichier numérique et en utilisant des matériaux spécifiques (plastique, métal, céramique, bois, acier, etc...), l'imprimante fabrique ou sculpte l'objet couche par couche ; le processus est appelé « *fabrication additive* » (*additive manufacturing*) »⁶⁷. Une deuxième catégorie d'imprimante 3D utilise la méthode soustractive.

En 2013, en Hollande, deux studios d'architecture proposent la construction de bâtiments en 3D. L'Universe Architecture propose l'appartement Landscape House^a à construire avec l'imprimante D-Shape^b, quant au Dus Architects, ils proposent une maison typique hollandaise à construire avec l'imprimante KameMaker^c (« constructeur de chambres » en hollandais). L'avenir de la 3D-construction est prometteur ; « *Enrico Dini, le créateur de la D-Shape, pense même qu'un jour, non seulement on imprimera des immeubles mais on sera aussi capable d'imprimer des sections urbaines entières...* »⁶⁸

Il est à préciser que nous ne nous intéressons pas dans ce travail aux autres dispositifs techniques, matériels et outils numériques appliqués au relevé facilitant la construction ou la reconstruction des modèles pour des domaines tels que la restauration et la gestion du patrimoine (le balayage laser par le scanner 3D laser, la photogrammétrie,)

I-2-2. Théories et tendances

I-2-2-1. Appellations multiples

Plusieurs appellations ont été données à cette architecture : Paul Ehret l'a appelé *iconographique*⁶⁹, mais parfois, il suffit d'ajouter *hyper-*, *cyber-*, ou même *trans-*⁷⁰. Cette dernière la « transarchitecture » a été annoncée la fin des années 1990 par Marcos Novak^d, considéré comme l'un des pionniers de la réalité virtuelle et connu pour son examen critique de l'espace virtuel comme lieu architectural et urbain, et ses travaux sur la conception générative. Son « transarchitecture » explore le pont entre les espaces virtuels et matériels (physiques), et est fondée « *sur les variations paramétriques et sur une inspiration néo-ou pour reprendre son terme allo- biologique, le préfixe allo désignant le radicalement autre.* »⁷¹.

^a Le site du projet Landscape House : <http://www.landscapehouse.nl/#home>

^b Le site de D-Shape : <http://www.d-shape.com/>

^c Le site de KameMaker : <http://3dprintcanalhouse.com/>

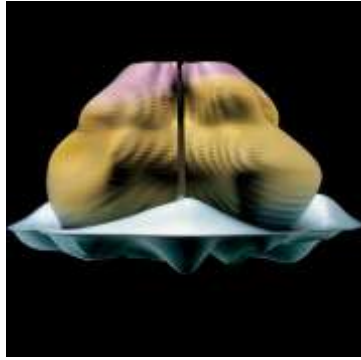
^d Professeur et directeur au TransLAB à l'Université de Californie, Santa Barbara.

Une autre appellation : *Architecture non-standard*^a qui revient à Bernard Cache, pour désigner toute production (ouvrages et pièces préfabriquées non répétitives) utilisant les technologies numériques. Frédéric Migayrou, le concepteur de l'exposition : *Architectures non-standard* au Centre Pompidou (2003-2004)^b explique dans un entretien que, pour l'architecture non-standard « *Il ne s'agit pas de créer de jolies formes sur des ordinateurs puis de les faire réaliser selon des techniques traditionnelles* »⁷² ; avec cette architecture, il faut quitter l'idée de la représentation. Il s'agit d'une architecture « pas standard du tout » se basant sur une théorie mathématique : la mathématique non-standard ; une notion apparue en 1961 avec les travaux du mathématicien Abraham Robinson. Cette mathématique non-standard « *est à la base de l'intelligence artificielle d'une part et d'autre part de la morphogenèse qui analyse les mutations de formes en biologie, en géographie ou en design* »⁷³. Elle touche toutes disciplines se basant sur les algorithmes ou plus précisément la programmation de scripts, notamment l'informatique. En architecture, ces algorithmes « *peuvent permettre de produire de beaux effets visuels, et également reconstituer rigoureusement les phénomènes. Tous les algorithmes sont utiles, mais chacun à une phase spécifique et précise de la conception.* »⁷⁴

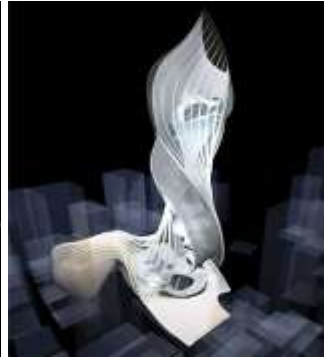
L'architecture non-standard « *va pouvoir produire industriellement des objets uniques. La révolution de demain sera l'économie du code pour les industriels. Pour faire un objet, soit il faut trois pages de code soit il faut cinq lignes, la simplification de l'écriture sera l'économie industrielle* »⁷⁵. C'est bien ici que se trouve le point fondamental de cette approche, dans un lien fort entre les technologies numériques de la conception et celles de la production.

^a Voir *Supra*, titre : FAO/CFAO (Fabrication assistée par ordinateur/Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur)

^b 12 équipes internationales d'architectes ont participé à cet événement : Asymptote, dECOI Architects, DR_D, Greg Lynn FORM, Kol/Mac Studio, Kovac Architecture, NOX, Objectile, Oosterhuis.nl, R&Sie, Servo et UN studio. Plus de détail sur le lien de l'évènement : <https://www.centrepompidou.fr/cpv/resource/cpBeKA/rRREoKn>



Embryological house,
1998
Greg Lynn FORM:
<http://glform.com/>



World trade center,
2002
Kovac architecture:
<http://www.kovacdesignstudio.com/>



son-O-house, son en breugel,
Holland, 2000-2004
NOX : <http://www.nox-art-architecture.com/>

Figure 21: Quelques participations à l'exposition : *Architectures non-standard*.

Source : Les sites web des compagnies.

Dans son livre *Algorithmic Architecture*^a Kostas Terzidis considéré comme le leader des algorithmes, « se fait l'avocat d'une utilisation plus poussée de l'ordinateur qui permettrait au raisonnement de l'architecte de se laisser contaminer par les procédures non-humaines de la machine. »⁷⁶ visant une transformation de l'architecture « en une pratique plus aventureuse, située à la frontière entre intuition et algorithmique. De l'animation à l'algorithmique : cette évolution représente pour Terzidis la condition d'une émancipation radicale de la pensée architecturale. »⁷⁷. D'autres recherches relatives aux algorithmes ont été menées par Benjamain Aranda et Chris Lasch, dont l'objectif selon eux « est de libérer l'architecture de conventions formelles gratuites afin de révéler ses fondations véritables. »⁷⁸

Les algorithmes s'inspirent d'un processus biologique connu sous le nom de *spéciation* qui se définit comme « un processus sélectif et adaptatif au moyen duquel le génome d'un organisme (la structure d'ADN sous-jacente à la morphologie), se dépend de sa nature « générique » et atteint un ordre supérieur de spécialisation (phénotype). Appliquée à l'architecture, la spéciation offre une série de termes et d'outils analytiques qui non seulement renforcent les interprétations traditionnelles de la typologie, mais proposent également un cadre pratique pour les obtenir : l'algorithmique. »⁷⁹

^a Kostas Terzidis (2006), *Algorithmic Architecture*, éd. Architectural Press, Londres.

D'autres appellations de cette architecture sont liées aux « procédures » de sa production, telles que « l'architecture paramétrique » basée sur les logiciels paramétriques de recherche de formes, qui –selon Szalpaj- (en parlant du projet Great Court conçu par Foster and Partners) « *allows designers to define form, apply loads, measure dynamic response, check the form against maximum displacements, as well as determining the structural member grid* »⁸⁰. Ces logiciels offrent à l'utilisateur la possibilité de créer des liens associatifs entre les formes générées, ainsi, ils atteignent un niveau d'intelligence plus élevé en les comparant aux logiciels de CAO « traditionnels »

Picon lui a associé le nom *numérique*, désignant toute production (en particulier du début de siècle) faisant usage de l'ordinateur dans une perspective expérimentale, tout en la distinguant des projets réalisés en se servant de l'ordinateur comme simple outil de dessin⁸¹. Lecourtois s'allie à Picon pour l'utilisation de l'appellation de *l'architecture numérique* qui « *est aujourd'hui largement utilisée pour parler de l'architecture des édifices ou des projets d'architecture dits conçus à l'aide de l'ordinateur* »⁸². Mais l'auteur se demande, même si cette définition fait consensus en architecture, que veut signifier « *conçus à l'aide de l'ordinateur* » ? Elle précise que « *L' « architecture numérique » serait toute architecture pensée, représentée, conçue, produite, construite avec des ordinateurs ou, plus précisément, en utilisant des actions informatiques de « Modélisation de l'architecture* »⁸³. Tout en définissant cette modélisation « *La « Modélisation de l'architecture » est, pour l'informaticien de l'architecture ou l'architecte usager d'informatique, entendue comme la production d'un modèle informatique de représentation d'un édifice ou d'un projet architectural* »⁸⁴. D'ailleurs l'auteur utilise le concept de « *conception architecturale assistée par la modélisation informatique* »⁸⁵.

Greg Lynn s'oppose à l'utilisation « sans fondement » du mot expérimental : « *Par manque de fondement théorique, les designers utilisant l'ordinateur ont commencé à décrire leur procédé comme « expérimental », sans présenter les hypothèses sur lesquelles ils se basaient, rendant impossible toute évaluation qualitative des résultats.* »⁸⁶. Il parle même des projets « accidents heureux » « *Alors qu'une variété sans raison était célébrée pour elle-même, sans critères théoriques, culturels, artistiques ou disciplinaires* »⁸⁷. Il positionne l'architecture numérique dans une vision plus large : « *Néanmoins, le « numérique » auquel nous faisons référence ne se définit pas par cet usage omniprésent de la technologie, pas*

plus que par le seul recours à la puissance de l'ordinateur dans la recherche d'une plus grande efficacité et d'une accélération du processus de production. Le « numérique » tel que nous l'entendons se définit par rapport à des idées et des projets expérimentaux sur une période bien déterminée, qui ont mené à un engagement actif envers la création et l'utilisation d'outils numériques pour atteindre des résultats autrement inaccessibles »⁸⁸.

I-2-2-2. Courants architecturaux

Antoine Picon fait le lien entre le déconstructivisme et l'architecture numérique : « Bien qu'un abîme semble séparer la violence déconstructiviste des formes lisses de l'architecture numérique contemporaine, ces dernières lui doivent l'ambition de se confronter de manière lucide aux conditions hétérogènes et souvent conflictuelles du projet. »⁸⁹. Rappelons que le modernisme a été succédé par une phase déconstructiviste au cours de laquelle le design, plutôt que la fonction, est maître. Au milieu des années 1980, les ambitions déconstructivistes basées sur une esthétique antifonctionnaliste émergent dans le monde entier.

Au début des années 1990, une prise de distance à l'égard du déconstructivisme, très remarquable surtout aux États-Unis, suscitée par l'ouvrage de Gilles Deleuze : *le pli*^a (*The Fold* en anglais), paru en 1988 qui a influencé beaucoup de concepteurs numériques et qui insiste sur « la possibilité d'envisager la complexité autrement que sous les espèces de la discontinuité et du conflit frontal. »⁹⁰

Après plusieurs années chez Peter Eisenman, pour lequel le livre a ouvert de nouvelles perspectives, Greg Lynn publie en 1993, un recueil d'articles dans un numéro spécial de la revue *Architectural Design* intitulé : *Folding in architecture* (le pli dans l'architecture), dans lequel Lynn présente son approche basée sur la recherche de nouvelles formes annonçant l'usage de l'ordinateur. Il « cherche à suggérer une alternative fondée, selon Lynn, sur « une transformation en douceur permettant une intégration intensive des différences au sein d'un système à la fois continu et hétérogène » »⁹¹. À partir du milieu des années 1990, Lynn « devient l'un des théoriciens les plus influents des nouveaux principes de conception qui semblent lui être associés »⁹². Il forge le terme blob^b et se transforme en « propagandiste enthousiaste de la machine »⁹³. « Gerg Lynn a su rapidement émerger en dehors du sillage

^a Gilles Deleuze (1988), *Le Pli : Leibniz et le Baroque*, éd. De Minuit, Paris.

^b Voir *Infra*, titre : La Blob architecture.

de F. O. Gehry. Il hérite d'un apprentissage effectué pendant de nombreuses années chez P. Eisenmann, un des pères de l'ère post-moderne en architecture, connu comme un grand théoricien. Il dispose par ailleurs d'un diplôme de philosophie.»⁹⁴.

Greg Lynn qui a enseigné à l'école d'architecture ETH de Zurich, est très connu par sa rédaction régulière des articles d'architecture ainsi que ses conférences, quant à sa production « architecturale »^a, elle est très souvent critiquée, selon Ehret : « Souvent décrié pour ses projets considérés comme formalistes, il est aussi critiqué du fait de sa production qui reste maigre. Il est malgré tout un des rares à avoir su théoriser ce que beaucoup appellent de manière quelque peu simpliste la recherche formelle. »⁹⁵.

Chronologiquement - d'après Picon- nous assistons à une architecture de diagrammes, illustrée le mieux à travers le projet du musée Mercedes-Benz de Stuttgart (**Figure 22**) conçu par l'agence UN Studio (Ben van Berkel et Caroline Bos) : « Cette orientation s'est renforcée avec leur proposition récente de considérer les diagrammes comme des cas particuliers de ce qu'ils appellent des « design models », des modèles de conception, c'est-à-dire des types génériques d'organisation spatiale définis indépendamment de toute considération économique, politique et sociale. »⁹⁶

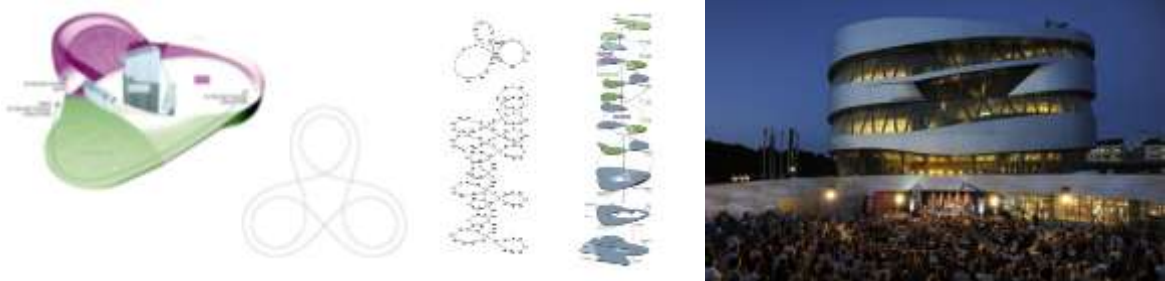


Figure 22: Le musée Mercedes-Benz, UN Studio, Stuttgart, 2006.

Source : Le site web de l'agence⁹⁷.

Contrairement à ce que Picon a avancé, d'autres architectes ont exposé leur intérêt aux diagrammes bien avant le Mercedes-Benz, tel que Peter Eisenman qui -en parlant du projet de square dans le Cannaregio, à Venise, un projet datant de 1978- explique sa démarche : « Tout ce que nous faisons avec ce projet était centré sur la composition, et moi je m'intéresse de près aux diagrammes. Nous nous demandions : « pouvons-nous obtenir un diagramme à partir d'une composition ? » Et le faire ensuite en trois dimensions ? »⁹⁸. Pour

^a Ses projets sont disponibles sur le site web : <http://glform.com/>

Eisenman, c'est le premier projet des diagrammes : « *Selon moi, le projet du Cannaregio allait le plus loin dans la pureté – je ne sais pas si vous voulez le qualifier de linguistique, mais je ne suis pas certain qu'il n'ait pas aussi été le début du procédé avec les diagrammes* »⁹⁹ tout en précisant : « *Je m'intéressais au diagramme, ce qui est autre chose, et au morphologique par opposition au typologique. Bien sûr, Rem Koolhaas s'intéresse au diagramme typologique. Ce qui m'importe, c'est le diagramme morphologique qui génère des formes.* »¹⁰⁰

Les premières utilisations architecturales de l'ordinateur ont donné des formes proches de celles exprimées par la modernité, mais dans les années suivantes, les recherches formelles ont essayé de rompre avec la modernité. Szalapj coïncide cette évolution avec les logiciels de la CAO: « *Early computer-aided design (CAD) systems allowed the expression of the rectilinearity and orthogonality often found in modernist architecture. More recent developments in digital representations of curved surfaces, however, have enabled support for more sculptural approaches. Digital technologies in contemporary architecture are therefore becoming more neutral in terms of the range of visual design expressions that they offer. Designers can now focus on exploiting computing environments for the purpose of digital exploration rather than for more presentation.* »¹⁰¹. Cette histoire vieille d'un demi-siècle (ou un peu plus) nous a donné un nouveau vocabulaire exprimé à travers quelques courants architecturaux tels que la Morphogenèse et la Blob architecture examinés dans les titres suivants :

a) **La Blob architecture**

En 1995, Greg Lynn introduit le terme « blob » l'équivaut du « goutte » ou « tâche » en anglais, pour désigner la blob architecture ou la blobitecture ou bien l'architecture de blobs. C'est aussi l'acronyme de Binary Large Object qui est « *une expression anglaise désignant un format de fichier contenant la description d'un objet géométrique ou multimédia* »¹⁰². Le terme a été forgé en référence aux logiciels de la CAO, plus précisément le metaball (Figure 23).

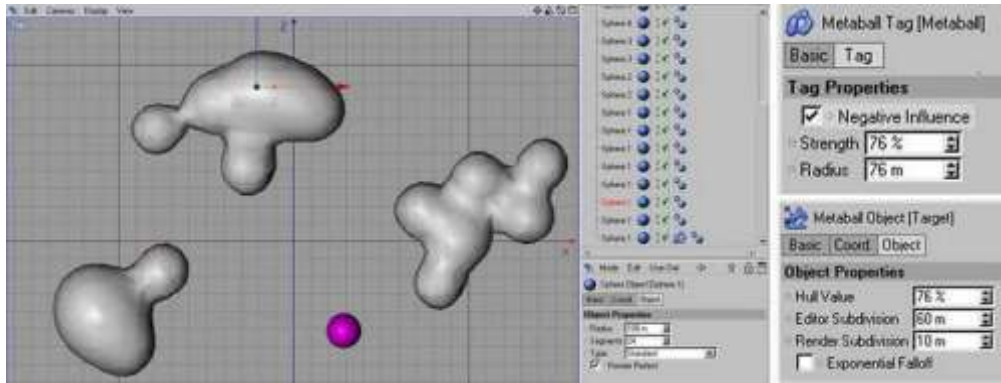


Figure 23: Les blobs dans le logiciel de dessin metaball.

Source : <http://dnarchi.fr/analyses/m-comme-metaballs/>

Ces blobs, structures amiboïdes et protoplasmiques, redéfinissent le langage architectural, et « *deviennent rapidement une réalité bâtie* »¹⁰³. Elles se caractérisent par des formes complexes, fluides et souvent arrondies ou biomorphiques basées sur des courbes de forme libre (splines). Aux débuts, Picon explique que « *Depuis les premiers pas de la conception assistée, toutes sortes de formes nouvelles et spectaculaires sont apparues sur les écrans. Certaines d'entre elles ont même commencé à transformer l'environnement bâti.* »¹⁰⁴. Quoique, ces dernières années, cette architecture a eu tendance à s'essouffler, mais « *les singularités topologiques ont conservé toute leur séduction.* »¹⁰⁵



La Kunsthaus de Graz, Autriche : Peter Cook et Colin Fournier, 2003, Autriche.

<http://www.arch2o.com/kunsthhaus-graz-peter-cook-and-colin-fournier/>



La gare routière: Amazing Whale Jaw, NIO Architecten, 2003, Hoofddorp, Pays-Bas.

<http://www.nio.nl/wordpress/brochure-the-amazing-whale-jaw/>

Figure 24: Quelques réalisations de la blobitecture.

Contrairement au déconstructivisme qui isole le volume par sa géométrie, les architectes de la blobitecture, Herzog et Meuron, Lars Spuybroek et Rem Koolhaas créent des volumes qui s'intègrent au paysage, aidés par les innovations en matière de matériaux et de techniques. Nous pouvons citer plusieurs projets de cette blobitecture :

- Fresh H2O Expo, par Lars Spuybroek, 1997, Neeltje Jans, Pays-Bas. Ce water pavillon est considéré comme le premier bâtiment de blobitecture.
- Experience Music Project, par Frank Gehry, 1999-2000, Seattle.
- The Sage Gateshead, par Foster + Partners, 2004, Gateshead.
- Bibliothèque de philologie, Université libre, par Foster + Partners, 2005, Berlin.
- Zlote Tarasy, par Jerde Partnership, 2007, Varsovie.
- Le magasin Selfridges de Birmingham.

Suite à l'avènement de la blobitecture, en 2001, Karel Vollers publie: *Twist & Build: Creating Non-orthogonal Architecture*^a, en explorant une variété des surfaces et volumes "torsadés" à travers des illustrations abondantes et en réservant une partie importante à la conception assistée par ordinateur.

b) La Morphogenèse

Etymologiquement, le mot « morphogenèse » est dérivé des mots grec « morphe » désignant forme et du mot « genesis » désignant création¹⁰⁶: «*The term « morphogenesis » is fast becoming one of the new buzz-words in progressive architectural circles. Used initially in the realm of biological sciences, the term refers to the logic of form generation and pattern making in an organism through processes of growth and differentiation. More recently it has been appropriated with architectural circles to designate an approach to design that seeks to challenge the hegemony of top-down processes of form making, and replace it with bottom-up logic of form finding. The emphasis is therefore on material performance over appearance, and on processes over representation*»¹⁰⁷

Les recherches en morphogenèse s'inspirent de la biologie: «*Biology provides one of the major sources of inspiration for research into morphogenesis in architecture. Nature operates largely through a logic of optimization, and can therefore offer important lessons*

^a Karel Vollers (2001), *Twist & Build: Creating Non-orthogonal Architecture*, éd. 010 Publishers, Rotterdam, 288 p.

for architects»¹⁰⁸, mais non seulement, elles se réfèrent à la nature, les chercheurs dans ce domaine confirment que l'informatique existe partout dans la nature: « *Rather it is to recognize that computation is everywhere in nature* »¹⁰⁹. La morphogenèse s'appuie sur le domaine de recherche du Biomimétisme (Figure 25) qui est « *the study of what we can learn by replicating the mechanisms of nature*»¹¹⁰. Pour aboutir à la fin que l'architecture peut imiter, se comporter ou reprendre un organisme vivant : « *La morphogenèse (développement des formes et des structures d'un organisme) est devenue le lieu de ralliement expérimental et académique. Si l'on convient que l'architecture se comporte comme un organisme vivant (et une démonstration subtile saura le démontrer) il est alors entendu que la forme architecturale peut être traitée comme une manifestation vivante des contraintes de celle-ci.* »¹¹¹

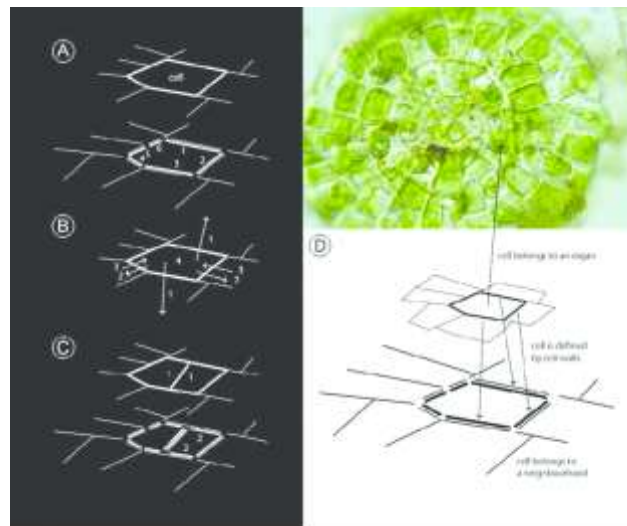


Figure 25 : Mimétisme à l'architecture cellulaire des plantes.

Source : (Stanislav Roudavski, 2009 : 360)¹¹²

Les architectes de ce courant se sont inspirés des travaux d'Antoni Gaudi et Frei Otto^a. Parmi ces architectes nous pouvons citer Mark Goulthorpe qui décrit son travail comme un « *post-Gaudian praxis* »¹¹³. La morphogenèse privilégie le processus sur la représentation et la performance sur l'apparence¹¹⁴. « *The difference, then, lies in the emphasis on form-finding over form-making, on bottom-up over top-down processes, and on formation rather than form.* »¹¹⁵. Leach explique et aspire plus de ce courant: « *Perhaps the real contribution of this new paradigmatic shift in architecture is not to privilege performance over appearance,*

^a L'architecte allemand Frei Otto a reçu récemment le prix Pritzker pour l'année 2015.

*but rather to overcome the false distinction inherited through postmodernism and reinforced to some extent by contemporary methods of construction that privilege the façade and conceal the underlying structural logic of a building, that appearance should be divorced from performance, that aesthetics should be divorced from function, that ornament should be divorced from structure.*¹¹⁶

Un numéro spécial d'*Architectural Design* a été consacré à la morphogénèse, portant l'intitulé : *Versatility and Vicissitude : Performance in Morpho-Ecological Design*^a. Quant à l'évolution historique de l'architecture numérique, et pour avoir une idée plus complète, nous proposons de consulter les différents numéros d'*AD, Architectural Design*, spécialement ceux parus à partir des années 1990. Un résumé des articles qui ont marqué l'architecture pour 20 ans sont regroupés dans un numéro spécial : *The digital turn in architecture 1992-2012*.¹¹⁷

I-2-3. Architectes impliqués dans le numérique : Exemples de projets

Nous présentons dans cette partie quelques projets distingués par le produit final et la méthode du travail, en se référant au projet *Archéologie du numérique*¹¹⁸, imaginé par le Centre Canadien d'Architecture (CCA) et qui a été mis sur pied par Greg Lynn. Un projet regroupant les archives de 25 projets réalisés entre la fin des années 1980 et le début des années 2000. Pour reconstituer ces projets, il était question de collecter et examiner des médias, enregistrements, logiciels ...etc. Le conservateur de ce projet, Greg Lynn, décrit ces projets des années 1980, qui ont utilisé un matériel « limité » : « *ce que j'ai trouvé le plus fascinant à propos de cette époque, c'est la perspicacité et l'intelligence avec lesquelles ces architectes ont abordé le numérique. Ni pionniers, ni cobayes, ni néophytes, Gehry, Eisenman, Hoberman et Yoh maîtrisaient incontestablement la technologie numérique disponible grâce à la force de leur vision créative et critique. Ils se sont appropriés de nouveaux outils comme autant de techniques de création et, dans de nombreux cas, ils ont transmis aux designers d'aujourd'hui une grande partie de cette intelligence à travers ces outils inventés par et pour eux* »¹¹⁹

^a Michael Hensel & Achim Menges (dir.) (2008), *Versatility and Vicissitude: Performance in Morpho-Ecological Design*, éd. John Wiley & Sons, 144 p.

Nous avons choisi Gehry et Eisenman pour présenter un exemple de leurs projets. Quelques parties de ce qui suit ont été puisées dans les entretiens confectionnés dans le cadre du projet sur-cité.

I-2-3.1. Frank Gehry^a

Gehry (1929-), d'origine canadienne, ouvre le cabinet Frank O. Gehry & Associates à Los Angeles en 1962, il se fait remarquer par ses travaux rejetant les restrictions du modernisme et les références historiques du postmodernisme, ainsi, il obtient le prix Pritzker en 1989. L'agence créée par Gehry est la première à utiliser des logiciels de l'aéronautique, en 2002 « Gehry Tech » a été fondé et le logiciel Digital Project fut commercialisé en 2004. Gehry a pu créer un style reconnaissable entre tous (Figure 26), par son usage novateur des matériaux et ses volumes si particuliers : « Aux yeux du grand public, F. O. Gehry apparaît comme le père d'une nouvelle ère »¹²⁰

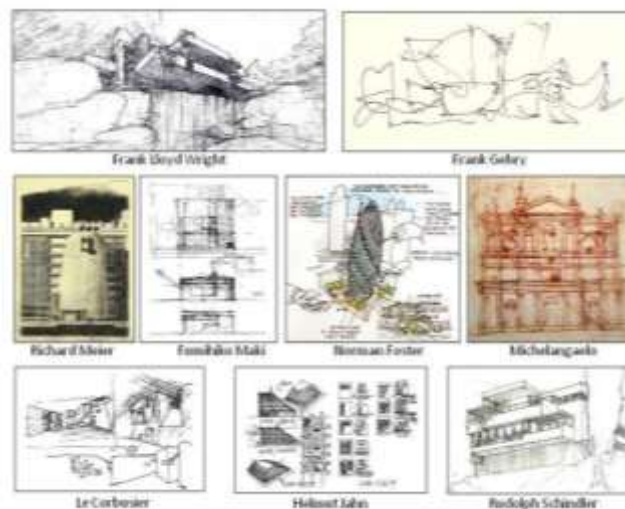


Figure 26 : Comparaison des traits de Gehry à ceux d'autres architectes.

Source : <https://sketchingjourney.com/2011/11/13/free-hand-sketching-architecture/amp/>

^a Le site de Gehry Technologies : <http://www.gehrytechnologies.com/>
Le site de Gehry Partners : <https://www.foga.com/>

Dans un entretien, Andrew Witt, un architecte au sein de Gehry Technology (GT) explique les besoins qui ont amené à la création de GT : « *Il s'est avéré qu'un transfert d'expertise depuis l'aéronavale répondait à nombres de défis posés d'où l'idée de chercher un logiciel capable d'intégrer non seulement une grande quantité d'informations mais également apte à des calculs géométriques poussés afin de fournir des possibilités « élastiques » de mise au point et ensuite de procurer des outils spécifiques pour paramétrer la fabrication. Enfin il était devenu nécessaire de centraliser cette information sur une seule plateforme afin d'être en mesure de contrôler la distribution des données et les modifications des différents intervenants* »¹²¹

Malgré que Gehry ne travaille pas avec l'ordinateur -d'après ses propos- : « *J'utilise un crayon pour dessiner et je fais des maquettes en trois dimensions. Je n'ai pas la capacité de faire de la conception directement à l'ordinateur* »¹²², il est d'après Lynn « *l'architecte qui possède le mieux le langage des surfaces et des motifs de panneaux découlant de la technologie numérique, et il est certainement le seul à diriger une importante entreprise de services numériques et de logiciels parallèlement à sa pratique de concepteur* »¹²³. En s'adressant à Lynn dans un entretien, Gehry explique ses premiers pas avec l'ordinateur : « *Si vous parlez de l'ordinateur et moi, je me suis beaucoup débrouillé sans lui jusqu'à il y a trois mois, environ, quand vous m'avez surpris...* »¹²⁴. Il précise : « *Je suis vierge ! Jusqu'à ce moment-là, je m'y refusais. Je poussais dessins et trucs jusqu'à leur extrême limite, puis je confiais tout ça à GT (Gehry Technologies) pour la production, la gestion, la construction et d'autres choses, mais pas plus tôt dans le processus de conception. Jusqu'au concours pour le National Art Musuem of China (NAMoC) à Beijing. Je l'ai fait simplement, sans même m'en rendre compte, et vous m'avez surpris ! Ha ! Vous avez dit : « Bravo ; je suis tellement content que vous ayez enfin franchi la ligne ! »* »¹²⁵



Figure 27 : Une partie du projet Le Poisson de Barcelone

A gauche : Maquette « physique » (Décembre 1994)

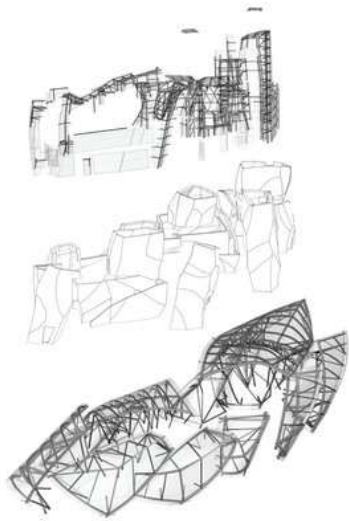
A droite : Maquette CATIA 3D de la même partie (Janvier 1995)

Source: (Greg Lynn, 2013: 166-169)¹²⁶

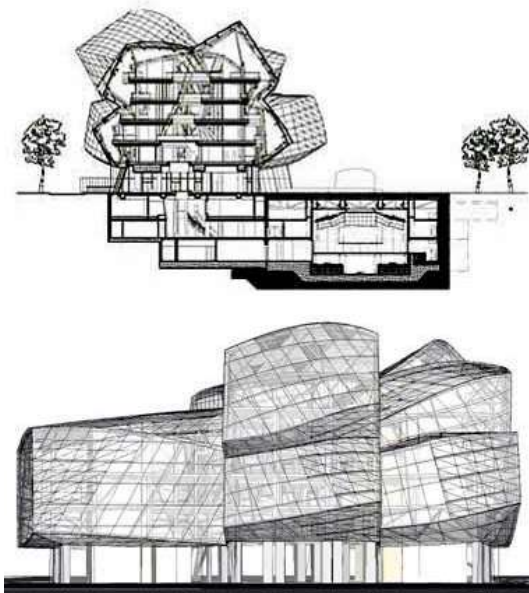
Quoique Gehry était insatisfait quant à la qualité des rendus présentés pour l’American Center (le projet qui a précédé le poisson de Barcelone) ; des rendus qualifiés selon lui comme horribles, sans âme et sans cœur¹²⁷. Mais, il opte finalement pour l’ordinateur ; le poisson de Barcelone en 1992 était le premier projet à utiliser le logiciel CATIA^a (Figure 27), suivi par le Guggenheim de Bilbao en 1997. Cependant, il confirme « *Après, plus moyen de retourner à ce qu’on faisait avant, parce que la précision que permet CATIA est irremplaçable* »¹²⁸. Les deux architectes Lynn et Gehry plaisantent concernant l’équerre ; Gehry en demandant à son assistante son équerre en T, elle a répondu : « *Que voulez-vous dire ?* » et Lynn qui réplique : « *Qu’est-ce qu’une équerre en T ? C’est une blague ?* »¹²⁹

Les figures suivantes présentent deux projets de cet architecte entre le travail sur ordinateur et le produit final (le projet réalisé).

^a CATIA : Computer Aided Three Dimensional Interactive Application : Suite logicielle développée par Dassault Systèmes au début des années 1980.



Fondation Louis Vuitton, Paris.



Projet Novartis, Bâle.

Figure 28 : Quelques projets de Frank Gehry.

Source : à gauche : <http://www.gehrytechnologies.com/>, à droite : Auteure.

I-2-3.2. Peter Eisenman^a

La compagnie Eisenman Architectes a été fondée par Peter Eisenman (1932-) en 1967. Bien que son style le place parmi les architectes du mouvement déconstructiviste, il tente à plusieurs fois de s'en démarquer.



Figure 29 : Représentation schématique d'une séquence d'ADN (détail), 1987.

Source : Fonds Peter Eisenman, Centre canadien d'architecture^b.

Le premier projet pour lequel il a intégré l'ordinateur est le Biozentrum (un centre de biologie) à Francfort : « Dans le cadre du projet soumis au concours du Biozentrum à Francfort, l'agence de Peter Eisenman a opté pour l'ordinateur afin de pouvoir mettre à l'échelle, positionner et répéter un langage de symboles d'acides aminés, d'abord dans un plan en deux dimensions et plus tard dans une perspective et des vues axonométriques réalisées de façon numérique »¹³⁰. D'après Greg Lynn¹³¹, même si Eisenman ne le savait pas, c'est à travers ce projet qu'il a inventé l'approche paramétrique de l'ordinateur (Figure 29). C'est ce que nous pouvons confirmer par le biais de cet entretien quand Eisenman explique le projet :

^a Le site de la compagnie Eisenman Architects : <http://www.eisenmanarchitects.com/>

^b <https://www.cca.qc.ca/en/events/3333/archaeology-of-the-digital>

Eisenman : « *Mais pour le Biozentrum, le simple fait de déplacer un élément était un défi de taille !* »

Lynn : « *Hé bien, c'est l'aspect paramétrique de la chose. On modifie un paramètre et les répercussions se font sentir tout au long de la chaîne.* »

Eisenman : « *Oui, mais je le répète, je ne le savais pas* »¹³²

Conclusion du chapitre

A l'issue de ce deuxième chapitre, la remarque générale en balayant l'histoire toute récente de l'architecture numérique est le fait qu'elle a commencé avec une recherche de la séduction et de la singularité en premier lieu avant de répondre aux exigences fonctionnelles, écologiques, environnementales, ... Certains architectes historiens se demandent si la complexité géométrique demeurera une caractéristique de cette architecture. Picon critique quelques résultats (projets) comme un retour au baroque, parfois il les assimile à un zoo géométrique, et songe à une substitution probable par le minimalisme : « *Les blobs ont déjà perdu une partie de leur séduction et un minimalisme numérique pourrait bien se substituer au baroquisme actuel.* »¹³³. Il évoque même l'impression du déjà-vu^a : « *Bien que les résultats sur lesquels elles débouchent fassent un peu figure de zoo géométrique en raison de leur diversité et de l'étrangeté de certaines des formes produites, les expérimentations morphologiques d'aujourd'hui n'en suivent pas moins certaines directions privilégiées, d'où l'impression de déjà-vu que l'on éprouve par moments lorsque l'on passe en revue des projets numériques en grand nombre.*»¹³⁴

Plusieurs projets d'architectes célèbres ont été critiqués bien qu'ils aient suscité un grand intérêt pour certains : « *La plupart des projets restent théoriques ou expérimentaux, provoquant de vives critiques mais aussi de l'euphorie* »¹³⁵. Le musée Guggenheim de Bilbao et l'auditorium Walt Disney de Los Angeles de Frank Gehry en font partie : « *Leurs surfaces gauches semblent en effet souvent dictées par le seul souci de la satisfaction visuelle immédiate.* »¹³⁶

C'est ce qui a caractérisé une première phase de l'histoire de l'architecture numérique, qui a été succédée par d'autres, où un nouveau vocabulaire a émergé : les scripts, les grammaires génératives, les algorithmes et les fractales parallèlement au développement des technologies

^a Voir *Infra*, Chapitre 5, titre : III-1-1-5. Les enseignants.

numériques, reflétant la conception paramétrique, algorithmique et répondant aux nouvelles disciplines telles que la CFAO.

Malgré toute cette évolution, quelques œuvres qui marquent le monde aujourd'hui sont le produit des architectes tels que Gehry et Eisenman que nous avons choisis pour présenter leurs projets. Des architectes qui se retrouvent impliqués dans le numérique « sans le savoir » ; des architectes connus à l'échelle mondiale mais peu familiers avec l'ordinateur. Picon se pose la question concernant le qualificatif de l'architecture numérique, en parlant des productions de tels architectes : « *L'imprécision du qualificatif est encore renforcée par le fait que de nombreuses agences qui ont joué un rôle pionnier dans l'acclimatation de l'ordinateur sont dirigées par des concepteurs peu familiers avec l'informatique. Au sein de ces agences, l'utilisation de logiciels souvent sophistiqués est le fait de jeunes architectes qui ont baigné très tôt dans la culture numérique. Dans quelle mesure doit-on considérer leur production comme numérique alors qu'elle reste dépendante des intuitions et des concepts de leurs employeurs ?* »¹³⁷

Références

¹ **Bertrand Lemoine** (Mars 1997), « Conception et informatique », IN *amc*, n° 78, p. 47.

² **Antoine Picon** (2010), *Culture numérique et architecture : une introduction*, éd. Birkhäuser, Basel, Switzerland, p. 55.

³ **Mario Carpo** (28 Sept - 1 Oct 2005), « The demise of the identical architectural standardization in the age of digital reproducibility » IN *First international conference on the histories of media art, science and technology*, Banff new media institute, Canada, p. 3.

⁴ **Lucien Kroll** (Octobre 1982), « Ordinateurs et systèmes constructifs », IN *AA*, n° 223, p. 15.

⁵ **Victor Hugo** (1988), *Notre-Dame de Paris*, éd. Librairie Générale Française, p. 280.

⁶ *Idem*, p. 281.

⁷ **Sabine Porada** (2001-2002), « Chantier de l'imaginaire. L'innovation architecturale et l'ordinateur » IN *EAV*, n° 7, p. 10.

⁸ **Alireza Razavi** (Décembre 2008), « Digital design » IN *Architecture intérieure CREE*, n° 339, p. 56.

⁹ **Sabine Porada** (2001-2002), « Chantier de l'imaginaire. L'innovation architecturale et l'ordinateur » IN *EAV*, n° 7, p. 13.

¹⁰ **Jacques Sautereau** (Janvier 2001), « Vers de nouvelles topologies », IN *Les cahiers de la recherche architecturale et urbaine*, n° 7, p. 7-8.

¹¹ **Sabine Porada** (2001-2002), « Chantier de l'imaginaire. L'innovation architecturale et l'ordinateur » IN *EAV*, n° 7, p. 11-12.

¹² **Greg Lynn**, « La fin du numérique « dans l'avenir » » IN **Greg Lynn** (dir.) (2013), *Archéologie du numérique : Peter Eisenman, Frank Gehry, Chuck Hoberman, Shoji Yoh*, éd. Centre canadien d'architecture, Montréal, p. 14.

¹³ *Idem*, p. 15-16.

- ¹⁴ **Neil Leach** (Juillet - Aout 2006), « Digital morphogenesis » IN *Archithèse*, n°4, p. 47.
- ¹⁵ **Laurraine Farrelly** (2008), *Techniques de représentation*, éd. Pyramyd, Paris, p. 137.
- ¹⁶ **Alireza Razavi** (Décembre 2008), « Digital design » IN *Architecture intérieure CREE*, n° 339, p. 56.
- ¹⁷ **Patrick Beaucé, Bernard Cache** (Juillet-Aout 2006), «Vers un mode de production non-standard » IN *Archithese*, n° 4, p. 50.
- ¹⁸ *Idem*.
- ¹⁹ **Antoine Picon** (2010), *Culture numérique et architecture : une introduction*, éd. Birkhäuser, Basel, Switzerland, p. 70.
- ²⁰ **Sabine Porada** (2001-2002), « Chantier de l’imaginaire. L’innovation architecturale et l’ordinateur » IN *EAV*, n° 7, p. 11.
- ²¹ **Dimitris Kottas** (2013), *Architecture numérique : Nouvelles technologies*, éd. LinksBooks, Barcelone, p. 13.
- ²² **Antoine Picon** (2010), *Culture numérique et architecture : une introduction*, éd. Birkhäuser, Basel, Switzerland, p. 72.
- ²³ *Idem*, p. 101.
- ²⁴ [En ligne] <http://www.zaha-hadid.com/architecture/abu-dhabi-performing-arts-centre/>, (page consultée le 30-08-2015)
- ²⁵ **Dimitris Kottas** (2013), *Architecture numérique : Nouvelles technologies*, éd. LinksBooks, Barcelone, 277 p.
- ²⁶ **Dimitris Kottas** (2013), *Architecture numérique : Nouvelles applications*, éd. LinksBooks, Barcelone, 263 p.
- ²⁷ **Collectif** (mars-avril 2003), « Architecture numérique : des outils pour le changement » IN *L’architecture d’aujourd’hui*, n°345, p. 129.
- ²⁸ *Idem*, p. 129-130.
- ²⁹ **Sabine Porada** (2001-2002), « Chantier de l’imaginaire. L’innovation architecturale et l’ordinateur » IN *EAV*, n° 7, p. 10.
- ³⁰ **Paul Quintrand, Jacques Autran, Michel Florenzano, Marius Fregier, Jacques Zoller** (1985), *La conception assistée par ordinateur en architecture*, éd. Hermes, Paris, p. 29.
- ³¹ **Spiro N. Pollalis** (Octobre - Novembre 1999), « CAO et communication en réseau-La circulation de l’information technique », IN *Techniques et architecture*, n° 445, p. 46.
- ³² **Khaled Assad Arrouk** (2012), *Techniques de conception assistée par ordinateur (CAO) pour la caractérisation de l’espace de travail de robots manipulateurs parallèles*, Thèse de doctorat en génie mécanique, École doctorale sciences pour l’ingénieur de Clermont-Ferrand, Université Blaise Pascal – Clermont II, p. 29.
- ³³ **Dalil Omar Hamani** (2005), *Un système d’information pour le bâtiment : Elaboration d’un modèle conceptuel de données pour les ouvrages façonnés en place issus de la production de bâtiment*, Thèse de doctorat en génie informatique et automatique, Faculté des sciences et techniques de Saint-Jérôme, Université Paul Cézanne Aix-Marseille III, p. 30.
- ³⁴ **Khaled Assad Arrouk** (2012). *Techniques de conception assistée par ordinateur (CAO) pour la caractérisation de l’espace de travail de robots manipulateurs parallèles*, Thèse de doctorat en génie mécanique, École doctorale sciences pour l’ingénieur de Clermont-Ferrand, Université Blaise Pascal – Clermont II, p. 30.
- ³⁵ **Laurraine Farrelly** (2008), *Techniques de représentation*, éd. Pyramyd, Paris, p. 132.
- ³⁶ **Paul Quintrand, Jacques Autran, Michel Florenzano, Marius Fregier, Jacques Zoller** (1985), *La conception assistée par ordinateur en architecture*, éd. Hermes, Paris, p. 14.
- ³⁷ **Jan Krebs** (2007), *Basics CAO/DAO*, éd. Birkhäuser, Basel, Switzerland, p. 8.
- ³⁸ **Laurraine Farrelly** (2008), *Techniques de représentation*, éd. Pyramyd, Paris, p. 132.
- ³⁹ *Idem*, p. 136.
- ⁴⁰ **Peter Szalajp** (Juillet - Aout 2006), « Digital reality » IN *Archithese*, n° 4, p. 58.
- ⁴¹ **Dimitris Kottas** (2013), *Architecture numérique : Nouvelles applications*, éd. LinksBooks, Barcelone, p. 10.
- ⁴² **Bernard Cache** (18-19 November 2004), « Après Jean Prouvé : le pliage numérique non-standard » IN *Devices of Design*, Colloquium & Roundtable Discussion, Canadian Centre for Architecture and the Fondation Daniel Langlois, pp. 52-57

- ⁴³ **Patrick Beaucé, Bernard Cache** (Juillet-Aout 2006), «Vers un mode de production non-standard » IN *Archithese*, n° 4, p. 54.
- ⁴⁴ **Antoine Picon** (2010), *Culture numérique et architecture : une introduction*, éd. Birkhäuser, Basel, Switzerland, p. 166.
- ⁴⁵ **Patrick Beaucé, Bernard Cache** (Juillet-Aout 2006), «Vers un mode de production non-standard » IN *Archithese*, n° 4, p. 55.
- ⁴⁶ [En ligne] <http://glform.com/environments/blobwall/>, (page consultée le 30-08-2015)
- ⁴⁷ **Dimitris Kottas** (2013), *Architecture numérique : Nouvelles applications*, éd. LinksBooks, Barcelone, p. 28.
- ⁴⁸ **Denis Derycke** (2012), « La complexité inhérente aux modèles numériques et le paradigme de la représentation architecturale : Brèves considérations sur les pratiques contemporaines » IN *Complexité(s) des modèles de l'architecture numérique : Actes du 5ème séminaire de conception architecturale numérique*, Éditions universitaires de Lorraine, Nancy, p. 160-161.
- ⁴⁹ **Annalisa De Maestri** (2017), *Premiers pas en BIM : L'essentiel en 100 pages*, éd. Eyrolles, Afnor, Paris, p. 2.
- ⁵⁰ *Idem*, p. 23.
- ⁵¹ *Idem*, p. 23-24.
- ⁵² [En ligne] <http://www.gehrytechnologies.com/en/>, (page consultée le 30-08-2015)
- ⁵³ **Paul Ehret** (Novembre-Décembre 2009), « Du virtuel au réel, virtuel ou réel » IN *Archistorm*, n°39, p. 65
- ⁵⁴ *Idem*.
- ⁵⁵ **Annalisa De Maestri** (2017), *Premiers pas en BIM : L'essentiel en 100 pages*, éd. Eyrolles, Afnor, Paris, p. 5
- ⁵⁶ **Amar Aissani** (2007), *Modélisation et simulation*, éd. OPU, Alger, p. 13.
- ⁵⁷ **Christian Maudet** (1972), *Méthodes scientifiques, modèles et simulation en architecture*, mémoire 3ème cycle, sous la direction de : M. Renier, M. Loix, M. Maroy, Unité pédagogique d'architecture n°6, éd. L'Institut de l'environnement, p. 47.
- ⁵⁸ **Laurraine Farrelly** (2008), *Techniques de représentation*, éd. Pyramyd, Paris, p. 118.
- ⁵⁹ *Idem*, p. 117.
- ⁶⁰ [En ligne] http://www.piercyandco.com/?page_id=81&album=2&gallery=34, (page consultée le 30-08-2015)
- ⁶¹ **Nick Dunn** (2010), *architectural modelmaking*, éd. Laurence King Publishing, London, 192 p.
- ⁶² **Moritz Hauschild, Rüdiger Karzel** (2011), *Digital processes: planning, design, production*, éd. Birkhäuser, Basel, 111 p.
- ⁶³ **Dimitris Kottas** (2013), *Architecture numérique : Nouvelles applications*, éd. LinksBooks, Barcelone, p. 32.
- ⁶⁴ [En ligne] <http://www.otaplus.com/architecture/rapid-type-coffee-cart/>, (page consultée le 12-03-2016)
- ⁶⁵ **Dimitris Kottas** (2013), *Architecture numérique : Nouvelles applications*, éd. LinksBooks, Barcelone, 263 p.
- ⁶⁶ **Benjamin & Matthieu Lavergne** (2014), *L'imprimante 3D : une révolution en marche*, éd. Favre, Lausanne, p. 13.
- ⁶⁷ *Idem*.
- ⁶⁸ *Idem*, p. 114.
- ⁶⁹ **Paul Ehret** (Février-Mars 2009), « Tout pour la beauté » IN *Archistorm (architecture + design + art)*, n°35, p. 60.
- ⁷⁰ **Sabine Porada** (2001-2002), « Chantier de l'imaginaire. L'innovation architecturale et l'ordinateur » IN *EAV*, n° 7, p. 11.
- ⁷¹ **Antoine Picon** (Novembre 2008), « Le projet au risque du numérique » IN *Le visiteur*, n° 12, p. 100.
- ⁷² **Sophie Roulet** (Novembre - Décembre 2003), « Révolution de l'espace » IN *Architecture Intérieure CREE*, n° 311, p. 112.
- ⁷³ *Idem*.
- ⁷⁴ **Sabine Porada** (2001-2002), « Chantier de l'imaginaire. L'innovation architecturale et l'ordinateur » IN *EAV*, n° 7, p. 12.

- ⁷⁵ **Sophie Roulet** (Novembre - Décembre 2003), « Révolution de l'espace » IN *Architecture Intérieure CREE*, n° 311, p. 114-115.
- ⁷⁶ **Antoine Picon** (2010), *Culture numérique et architecture : une introduction*, éd. Birkhäuser, Basel, Switzerland, p. 95.
- ⁷⁷ *Idem*, p. 96.
- ⁷⁸ *Idem*, p. 97.
- ⁷⁹ **Iain Maxwell & Dave Pigram**, « Typologies algorithmiques : vers un modèle opérationnel » IN **Dimitris Kottas** (dir.) (2013), *Architecture numérique : Nouvelles applications*, éd. LinksBooks, Barcelone, p. 188.
- ⁸⁰ **Peter Szalapj** (Juillet - Aout 2006), « Digital reality » IN *Archithese*, n° 4, p. 60.
- ⁸¹ **Antoine Picon** (2010), *Culture numérique et architecture : une introduction*, éd. Birkhäuser, Basel, Switzerland, p. 60.
- ⁸² **Caroline Lecourtois** (2012), « Préface » IN *Complexité(s) des modèles de l'architecture numérique : Actes du 5ème séminaire de conception architecturale numérique*, Éditions universitaires de Lorraine, Nancy, p. 3.
- ⁸³ *Idem*.
- ⁸⁴ *Idem*.
- ⁸⁵ *Idem*, p. 37.
- ⁸⁶ **Greg Lynn**, « La fin du numérique « dans l'avenir » » IN **Greg Lynn** (dir.) (2013), *Archéologie du numérique : Peter Eisenman, Frank Gehry, Chuck Hoberman, Shoji Yoh*, éd. Centre canadien d'architecture, Montréal, p. 11.
- ⁸⁷ *Idem*.
- ⁸⁸ **Mirko Zardini**, « Archéologie du numérique – Quelques observations » IN **Greg Lynn** (dir.) (2013), *Archéologie du numérique : Peter Eisenman, Frank Gehry, Chuck Hoberman, Shoji Yoh*, éd. Centre canadien d'architecture, Montréal, p. 6.
- ⁸⁹ **Antoine Picon** (2010), *Culture numérique et architecture : une introduction*, éd. Birkhäuser, Basel, Switzerland, p. 64.
- ⁹⁰ *Idem*.
- ⁹¹ *Idem*.
- ⁹² *Idem*, p. 65.
- ⁹³ *Idem*.
- ⁹⁴ **Paul Ehret** (Juillet-Aout 2007), « Vers une nouvelle pratique architecturale » IN *Archistorm*, n°26, pp. 70-71.
- ⁹⁵ *Idem*.
- ⁹⁶ **Antoine Picon** (2010), *Culture numérique et architecture : une introduction*, éd. Birkhäuser, Basel, Switzerland, p. 82.
- ⁹⁷ [En ligne] <http://www.unstudio.com/projects/mercedes-benz-museum>, (page consultée le 31-10-2015)
- ⁹⁸ **Greg Lynn** (dir.) (2013), *Archéologie du numérique : Peter Eisenman, Frank Gehry, Chuck Hoberman, Shoji Yoh*, éd. Centre canadien d'architecture, Montréal, p. 57.
- ⁹⁹ *Idem*.
- ¹⁰⁰ *Idem*, p. 57-58.
- ¹⁰¹ **Peter Szalapj** (Juillet - Aout 2006), « Digital reality » IN *Archithese*, n° 4, p. 56.
- ¹⁰² **Antoine Picon** (2010), *Culture numérique et architecture : une introduction*, éd. Birkhäuser, Basel, Switzerland, p. 67.
- ¹⁰³ *Idem*.
- ¹⁰⁴ *Idem*, p. 65.
- ¹⁰⁵ *Idem*, p. 68.
- ¹⁰⁶ **Neil Leach** (Juillet - Aout 2006), « Digital morphogenesis » IN *Archithèse*, n°4, p. 49.
- ¹⁰⁷ *Idem*, p. 44.
- ¹⁰⁸ *Idem*, p. 44-45.
- ¹⁰⁹ *Idem*, p. 45.
- ¹¹⁰ *Idem*.
- ¹¹¹ **Alireza Razavi** (Décembre 2008), « Digital design » IN *Architecture intérieure CREE*, n° 339, p. 58.

- ¹¹² **Stanislav Roudavski** (2009), « Towards Morphogenesis in Architecture » IN *International journal of architectural computing*, Issue 03, Volume 07, p. 360.
- ¹¹³ **Neil Leach** (Juillet - Aout 2006), « Digital morphogenesis » IN *Archithèse*, n°4, p. 45.
- ¹¹⁴ *Idem*, p. 44.
- ¹¹⁵ *Idem*.
- ¹¹⁶ *Idem*, p. 48.
- ¹¹⁷ **Mario Carpo** (dir.) (2013), *The digital turn in architecture 1992-2012*, *AD Reader*, éd. John Wiley and Sons Ltd, Bruxelles, 264 p.
- ¹¹⁸ **Greg Lynn** (dir.) (2013), *Archéologie du numérique : Peter Eisenman, Frank Gehry, Chuck Hoberman, Shoen Yoh*, éd. Centre canadien d'architecture, Montréal, 408 p.
- ¹¹⁹ **Greg Lynn**, « La fin du numérique « dans l'avenir » » IN **Greg Lynn** (dir.) (2013), *Archéologie du numérique : Peter Eisenman, Frank Gehry, Chuck Hoberman, Shoen Yoh*, éd. Centre canadien d'architecture, Montréal, p. 20.
- ¹²⁰ **Paul Ehret** (Juillet-Aout 2007), « Vers une nouvelle pratique architecturale » IN *Archistorm*, n°26, p. 70.
- ¹²¹ **Alireza Razavi** (Décembre 2008), « Digital design » IN *Architecture intérieure CREE*, n° 339, p. 57.
- ¹²² **Greg Lynn** (dir.) (2013), *Archéologie du numérique : Peter Eisenman, Frank Gehry, Chuck Hoberman, Shoen Yoh*, éd. Centre canadien d'architecture, Montréal, p. 28.
- ¹²³ **Greg Lynn**, « La fin du numérique « dans l'avenir » » IN **Greg Lynn** (dir.) (2013), *Archéologie du numérique : Peter Eisenman, Frank Gehry, Chuck Hoberman, Shoen Yoh*, éd. Centre canadien d'architecture, Montréal, p. 12.
- ¹²⁴ **Greg Lynn** (dir.) (2013), *Archéologie du numérique : Peter Eisenman, Frank Gehry, Chuck Hoberman, Shoen Yoh*, éd. Centre canadien d'architecture, Montréal, p. 33.
- ¹²⁵ *Idem*.
- ¹²⁶ **Greg Lynn** (dir.) (2013), *Archéologie du numérique : Peter Eisenman, Frank Gehry, Chuck Hoberman, Shoen Yoh*, éd. Centre canadien d'architecture, Montréal, 408 p.
- ¹²⁷ *Idem*, p. 30.
- ¹²⁸ *Idem*, p. 28.
- ¹²⁹ *Idem*, p. 34.
- ¹³⁰ **Greg Lynn**, « La fin du numérique « dans l'avenir » » IN **Greg Lynn** (dir.) (2013), *Archéologie du numérique : Peter Eisenman, Frank Gehry, Chuck Hoberman, Shoen Yoh*, éd. Centre canadien d'architecture, Montréal, p. 16.
- ¹³¹ **Greg Lynn** (dir.) (2013), *Archéologie du numérique : Peter Eisenman, Frank Gehry, Chuck Hoberman, Shoen Yoh*, éd. Centre canadien d'architecture, Montréal, p. 54.
- ¹³² *Idem*, p. 61.
- ¹³³ **Antoine Picon** (2010), *Culture numérique et architecture : une introduction*, éd. Birkhäuser, Basel, Switzerland, p. 10.
- ¹³⁴ *Idem*, p. 73.
- ¹³⁵ **Sabine Porada** (2001-2002), « Chantier de l'imaginaire. L'innovation architecturale et l'ordinateur » IN *EAV*, n° 7, p. 11.
- ¹³⁶ **Antoine Picon** (2010), *Culture numérique et architecture : une introduction*, éd. Birkhäuser, Basel, Switzerland, p. 74.
- ¹³⁷ *Idem*, p. 60.

Conclusion de la première partie

Le premier chapitre de cette partie a présenté l'informatique en quelques chiffres et en quelques dates jalons. Bien qu'en tant qu'architecte utilisateur, il n'est pas indispensable de connaître le fonctionnement interne d'un ordinateur, mais, il a été nécessaire de souligner et saisir le développement de cette machine ainsi que celui de certains de ses composants tels que : les processeurs, les cartes graphiques, les RAM, essentiels pour la visualisation, les rendus et le traitement d'images.

Il a été important aussi, –à notre humble avis-, de continuer le « récit » des événements dans un ordre chronologique selon lequel Internet et l'ère numérique ont été détaillés à la fin du chapitre. Nous tenons à préciser que si nous avons donné des exemples du cinéma en parlant du virtuel et de la réalité augmentée c'est dans le sens de notre constat évoqué dans la partie introductive relatif au fait que la technologie touche tous les domaines. Des films tels que : *Avatar* ou *Iron Man* ont été réalisés à l'aide du logiciel 3ds Max, un logiciel de modélisation, animation et rendu pour les projets d'architecture. Ce logiciel et d'autres vont être pris avec plus de détail dans la troisième partie de ce travail.

Le deuxième chapitre a présenté l'introduction de l'ordinateur dans le champ architectural. Cette intégration a été favorisée par plusieurs facteurs issus de notre premier chapitre et que nous pouvons résumer dans les points suivants :

- Le progrès remarquable en matière de puissance des ordinateurs, « en 10ans, la puissance a été environ multipliée par 10 »
- Le nombre et la qualité des logiciels ;
- La chute importante et continue des coûts des ordinateurs, imprimantes, scanners et autres périphériques.

Depuis les années 1960, plusieurs courants et disciplines ont émergé, mais les théoriciens ne parlent d'une vraie intégration qu'à partir des années 1990. Cette intégration a considérablement évolué parallèlement aux grands progrès du matériel et des technologies de production digitale pour atteindre la CFAO ces dernières années.

Cette architecture a pris plusieurs appellations, nous revenons sur l'appellation de **l'architecture numérique** et nous concluons que c'est une architecture caractérisée par des

formes complexes irréalisables sans avoir recours à l'ordinateur et aux technologies numériques. Cette recherche de formes doit se baser impérativement sur l'expérimentation. Nous tenons à préciser que vis-à-vis de cette définition liée aux technologies numériques et à l'expérimentation : domaine lacunaire en Algérie, nous nous contentons dans notre travail d'utiliser l'expression de **l'outil informatique** au lieu du numérique.

En plus des exemples de projets détaillés à la fin du 2^{ème} chapitre, toute cette partie a été illustrée par des photos des projets cités. Les sites web des agences ont été précisés, ainsi que des renvois vers des lectures pour plus de détails.

Ce cadre conceptuel nous a aidés à comprendre d'une part l'évolution de l'ordinateur, et d'autre part, son introduction dans le champ architectural. Il nous a permis de clarifier l'état actuel de cette intégration à l'échelle mondiale, quant à son état en Algérie, il sera examiné dans la troisième partie de ce travail. Mais avant cet examen, nous précisons notre choix méthodologique dans la partie suivante.

DEUXIEME
PARTIE

CHOIX MÉTHODOLOGIQUE

« La méthodologie est un outil de démonstration qui a pour finalité de confirmer ou d'infirmes les hypothèses »¹

DEUXIEME PARTIE : CHOIX METHODOLOGIQUE

Introduction de la deuxième partie

Après avoir présenté le cadre conceptuel qui a fondé notre recherche, cette partie a le souci de préciser notre objet d'étude et d'identifier la méthodologie de recherche. Dans le premier chapitre, la démarche est expliquée tout en précisant nos outils d'investigation, alors que dans le second une présentation des enquêtes et leur déroulement est mise en évidence.

Cette phase de l'enquête a pris la plus grande partie du travail, elle est importante à plus d'un titre ; elle a permis la collecte des sources de données à partir de trois catégories : les étudiants, les enseignants et les architectes praticiens.

II-1. CHAPITRE 3 : MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE

Ce chapitre se propose de présenter notre choix méthodologique qui est orienté en grande partie par la nature du thème. La méthodologie retenue se base sur l'étude de cas et l'expérimentation. Selon Robert K. Yin, Le point fort de l'étude de cas est le fait d'examiner le cas dans son contexte réel: « *Compared to other methods, the strength of the case study method is its ability to examine, in-depth, a "case" within its "real-life" context...* »²

II-1-1. La démarche

Notre démarche est classée en quatre phases :

II-1-1-1. Conceptualisation et théorisation

Dans un objectif d'une familiarisation avec le sujet, un travail théorique a pris place en amont, afin de comprendre les concepts et d'identifier les nouveautés qui voient quasi quotidiennement le jour et qui sont le résultat du développement rapide du numérique et ses technologies. Ce travail de conceptualisation et théorisation est en relation avec la conception et les différentes phases d'un projet architectural.

Il s'agit de situer le sujet dans son cadre conceptuel, à partir de l'exploration d'une bibliographie thématique à travers :

- La consultation des écrits touchant le thème ainsi que la manière avec laquelle il sera traité. A cet effet, une bibliographie variée concernant l'informatique, son évolution historique, le numérique, ses technologies, la conception architecturale, le dessin, la méthodologie, les questionnaires, ...a été consultée ;
- La participation à quelques journées nationales, séminaires et conférences internationaux organisés dans cette thématique (BIM, CAO, ...) ;
- Les formations et autoformations dans les logiciels ayant trait à cette thématique et la méthodologie adoptée (ex. Revit, MsProject, SPSS, R, Mind Mapping, ...) et ce dans un objectif de mieux maîtriser ces outils.

Les stages qui me sont offerts par mon université m'ont facilité cette tâche. Les activités effectuées dans le cadre de ces stages sont les suivantes :

1. Stage 1^{er} départ (Novembre 2008) au sein de l'Ecole Nationale Supérieure d'Architecture Paris-La-Villette^a ainsi que dans le laboratoire ARIAM-LAREA (Atelier de Recherche en Informatique et Modélisation-Laboratoire d'Architecturologie et de Recherche Epistémologique en Architecture)^b :
 - Recherche bibliographique ;
 - Séances de travail avec le directeur du laboratoire : Pr. François Guéna, ainsi quelques membres du laboratoire ;
 - Séminaire Master du pole AMC (Modélisations informatiques et espaces de conception) ;
 - Assistance aux cours de Licence : Techniques de représentation en informatique de l'architecture et Géométrie des projections-Morphologie des surfaces. Cours assurés par Dr. Dalil Hamani.
2. Stage 2^{ème} départ (Novembre 2010) au sein de l'Ecole Nationale Supérieure d'Architecture Paris-La-Villette :
 - Mise à jour de la bibliographie dans la bibliothèque et le centre de documentation de l'Ecole Paris-La-Villette et dans la cité d'architecture et du patrimoine Chaillot ;

^a <http://ensaplv.paris-lavillette.archi.fr/cms/>

^b <http://www.ariam-larea.archi.fr/>

- Discussions et séances de travail avec quelques enseignants de l'Ecole Paris-La-Villette.
3. Stage au niveau du laboratoire : Computer Aided Architectural Design [CAAD]^a, Institute of Technology in Architecture, Faculty of Architecture / ETH Zurich^b (Suisse), le mois d'Avril 2014 :
- Accès gratuit aux articles publiés en ligne mis à la disposition des étudiants de l'école ;
 - Séances du travail avec le directeur du laboratoire : Prof. Dr. Ludger Hovestadt, ainsi que des discussions avec les chercheurs du même laboratoire ;
 - Visite des ateliers de maquettes, de découpage et de robotique disponibles au niveau de l'école.
4. Stage au niveau du laboratoire : Le laboratoire AIICe – Laboratoire d'Informatique pour la Conception et l'Image en Architecture^c, Faculté d'Architecture La Cambre Horta ULB Bruxelles^d (Belgique), le mois de mars 2015 :
- Discussion et séances de travail avec le directeur du laboratoire : Dr. Denis Derycke ;
 - Recherche bibliographique dans la bibliothèque de la faculté.

II-1-1-2. Travail sur terrain (in situ)

L'enquête se résume à une collecte d'informations émanant de plusieurs sujets et de différentes sources. Selon la population cible, le mode de recueil de l'information et le choix de l'échantillon diffèrent. Une part importante de l'enquête a été élaborée au sein de quelques départements d'architecture, en contact direct avec les étudiants et les enseignants.

Il s'agit :

- D'un travail d'observation à mener à travers notre activité d'enseignement, l'assistance aux soutenances et aux présentations des travaux d'étudiants d'architecture pour constituer une opinion sur le thème traité ;
- Des questionnaires adressés aux étudiants des départements d'architecture ;

^a <http://www.caad.arch.ethz.ch/blog/>

^b <http://www.ita.arch.ethz.ch/index.php/en/chairs/computer-aided-architectural-design>

^c <http://archi.ulb.ac.be/recherche/clara/alice-0>

^d <http://www.ulb.ac.be/>

- Des questionnaires établis avec les enseignants de l'Atelier, vu l'importance de leur évaluation, afin qu'ils puissent émettre leurs avis ;
- Des entretiens menés avec les gérants des bureaux d'études ;
- De l'étude expérimentale menée avec un groupe d'étudiants en architecture.

II-1-1-3. Analyse des sources de données

Nous tenons à préciser que nous avons opté dans ce travail pour « sources des données » à la place des données, en se référant à l'ouvrage de Lessard-Hébert et *al.* : « *L'ensemble du matériel recueilli sur le terrain ne constitue pas en soi des données, mais des sources de données. Les notes de terrain, les enregistrements sur bande vidéo et les documents portant sur le site ne sont pas des données. Même les transcriptions d'entrevue ne sont pas des données. Tout ceci constitue du matériel documentaire à partir duquel les données doivent être construites grâce aux moyens formels qu'offre l'analyse.* »³

Après avoir vérifié s'ils sont correctement remplis, les questionnaires adressés aux étudiants et aux enseignants classés par établissement ont été numérotés, préparant le codage et la saisie des réponses sur SPSS (Statistical Package for the Social Sciences).

L'analyse des sources de données recueillies par le travail de terrain, a permis une mise en forme des résultats, dont la classification peut se présenter sous trois aspects :

- Une approche statistique utilisant SPSS, pour l'analyse des données numériques quantifiables : taux, répartitions, chiffres, etc., le plus souvent selon un système graphique facilitant la lecture. Les informations sont traitées selon le tri croisé (deux variables prises en compte simultanément) ou l'analyse multi variée (plusieurs variables prises en compte simultanément) ;
- Une approche qualitative exploitant les données recueillies par les entretiens et les réponses aux questions ouvertes dans les deux questionnaires, faisant appel à Nvivo ;
- Pour l'étude expérimentale : une grille d'observation, des fiches d'évaluation, des axes temporels, des tableaux de segmentation.

Le programme SPSS a été utilisé pour toute l'analyse statistique. Les variables quantitatives ont été décrites en retenant les moyennes. Les variables qualitatives ont été caractérisées en termes de proportions et de pourcentages. La corrélation entre deux variables qualitatives a

été évaluée en se servant du coefficient de corrélation de Spearman ou le Khi-deux, selon la mesure de la variable :

- Le coefficient de Spearman pour vérifier la corrélation entre deux variables ordinales ;
- Le Khi-deux, pour vérifier la corrélation entre :
 - Deux variables nominales ;
 - Une variable ordinale avec une variable nominale.

II-1-1-4. Interprétation des résultats

Cette phase correspond au recouplement, croisement, superposition et à la comparaison des résultats tirés de l'analyse. Il s'agit de la phase traitant ces résultats, confrontés toujours à une théorie, et dont le but est de tirer des recommandations.

II-1-2. Les outils d'investigation

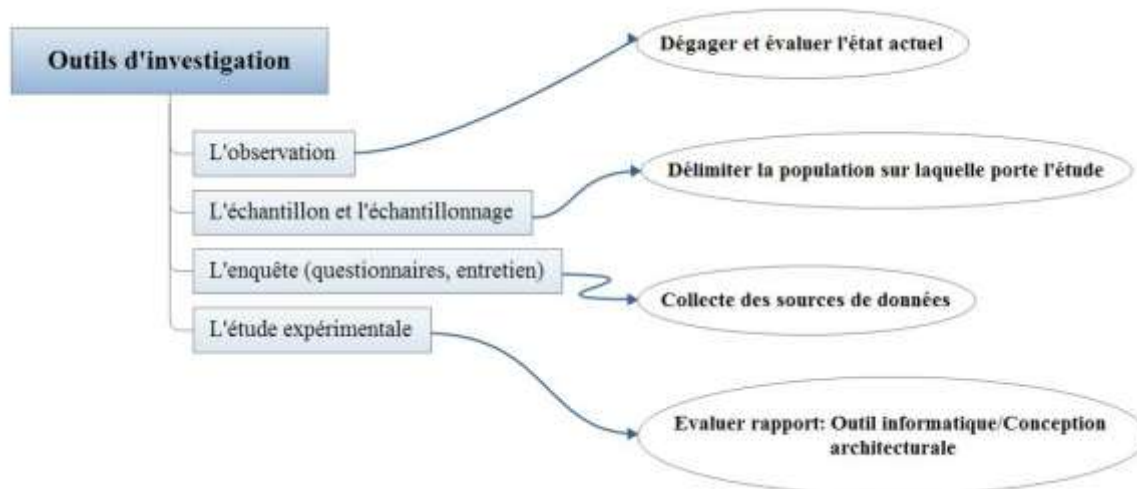


Figure 30 : Schéma précisant les outils d'investigation adoptés et leurs objectifs.

Source : Auteure.

L'opération de collecte des sources de données sur terrain est une étape importante dans notre recherche et qui a pris le plus de temps. Le choix des outils de collecte des sources de données s'est basé sur les indicateurs issus des hypothèses de notre étude et les différents

questionnements posés. Ces outils d'investigation (Figure 30) sont détaillés dans les titres suivants :

II-1-2-1. L'observation

D'une part, l'observation a donné naissance à ce travail et aux questionnements de la recherche. D'autre part, elle a été très utile au cours de l'enquête ; elle constitue un outil important pour identifier les outils utilisés par les étudiants et comment ils sont utilisés dans leurs projets. Elle vise à dégager et évaluer l'état actuel.

En outre, un guide d'observation a été confectionné pour l'étude expérimentale, servant de fond pour l'enregistrement instantané des faits (attitude, dessin, outils ...)

II-1-2-2. L'échantillon et l'échantillonnage

« La théorie mathématique des probabilités suppose que, pour connaître les événements qui peuvent survenir dans une population donnée (d'objets, de personnes, etc.), il est possible de n'étudier ou de n'interroger qu'une petite partie de celle-ci, à condition de respecter des règles rigoureuses de sélection de cette fraction de population, seules garanties de sa représentativité »⁴

Après la définition de nos objectifs, il est nécessaire de délimiter la population sur laquelle doit porter notre étude. Les sujets constituant notre échantillon ont été choisis en s'appuyant sur les hypothèses déjà élaborées, et en essayant de regrouper le maximum de variables qui nous permettent d'obtenir les informations nécessaires pour bâtir l'analyse. Par conséquent, notre échantillon est constitué de trois catégories : les étudiants, leurs enseignants d'Atelier et les bureaux d'études. Notre choix pour l'étude de cas a été porté sur quatre établissements d'enseignement d'architecture connus à travers l'Algérie et dispersés géographiquement (Oran, Alger, Constantine et Biskra). Donc, ce sont les étudiants de ces établissements, leurs enseignants et des architectes praticiens installés dans ces villes qui composent notre échantillon. La constitution exacte de l'échantillon, sera détaillée dans le chapitre suivant.

a) Les étudiants

En se référant à l'hypothèse posée au niveau du contenu de la formation (La formation en architecture / le cursus universitaire), nous avons ciblé deux systèmes d'enseignement.

- Pour le système (communément appelé) classique : le questionnaire a touché la 3^{ème}, 4^{ème} et 5^{ème} année et qui sont les années les plus appropriées et les mieux imbibées

de la formation. Un pourcentage de 10% de chaque année est pris en considération suivant la méthode probabiliste, où tous les éléments ont la même chance de paraître. Nous avons essayé, lors de l'échantillonnage de prendre un groupe au moins par section, sachant que chaque année est divisée en plusieurs sections suivant le nombre d'étudiants ;

- Pour le nouveau système LMD : nous avons ciblé la dernière année du cursus (la 2^{ème} année en Master). Cette année la plus imprégnée de la formation est considérée comme l'aboutissement et la synthèse des acquis de la formation. Un pourcentage de 10% est pris de chaque option.

Cette technique est appelée l'échantillonnage probabiliste par grappe (échantillonnage en grappes)⁵ qui entraîne la division de la population en groupes ou en grappes comme son nom l'indique. Pour notre cas, ce sont les années pour le système classique et les options pour le LMD. A l'intérieur de ces grappes, nous avons tiré notre échantillon à raison de 10% selon l'échantillonnage aléatoire où tous les éléments ont la même chance d'être choisis : « *L'intervention du hasard, dans ce type d'échantillonnage, n'est pas synonyme d'anarchie* »⁶. Pour ce faire, nous étions aidés par des collègues enseignants émanant des années visées, ce qui a donné plus de sérieux aux réponses avec un pourcentage élevé de réponses valides.

b) Les enseignants

Les enseignants d'Atelier (ou Projet dans le système LMD) des groupes d'étudiants questionnés (dans une seule année universitaire) dans les quatre établissements ont été ciblés.

c) Les architectes praticiens

Pour identifier les préférences des architectes praticiens impliqués quotidiennement dans les projets, un à trois bureaux d'études selon l'accessibilité à l'information ont été visés dans les quatre villes. L'avis des architectes expérimentés a été recueilli à travers un entretien directif et dont l'objectif est une compréhension perspicace de l'intégration de l'outil informatique dans un espace de travail qui connaît quotidiennement des projets à concevoir et des esquisses à confectionner.

II-1-2-3. L'enquête

L'objectif de notre enquête est de collecter des sources de données utiles pour trouver les éléments de vérification des hypothèses, par le biais d'informations qualitatives et quantitatives. La mise en œuvre de cette enquête consiste à la confection de questionnaires (adressés aux étudiants et aux enseignants) et l'entretien directif adressé aux architectes praticiens. Notons que ces outils ont été soumis à un nombre impair « d'experts » vérifiant leur *validité apparente* avant de passer à l'enquête pilote. Ces experts sont : le directeur de thèse, une enseignante universitaire en sciences sociales, une enseignante universitaire d'architecture spécialiste en méthodologie.

Ces outils ont été préparés, revus et mis en test réel. Pour cela, une pré-enquête a été menée pour tester la fiabilité du questionnaire avec les étudiants, avec les enseignants et l'entretien avec les architectes praticiens afin d'évaluer la durée de l'enquête, prendre contact avec les questionnés et évaluer le rapport entre enquêteur et enquêté.

Les outils de notre enquête sont les suivants :

a) Le questionnaire adressé aux étudiants**Le choix :**

Le choix a été porté sur le questionnaire à adresser aux étudiants de 3^{ème}, 4^{ème}, 5^{ème} et 2^{ème} année Master, qui sont –à notre avis- capables d'assimiler les questions et de répondre.

La conception du questionnaire :

Le questionnaire a traduit les préoccupations principales posées au niveau des hypothèses à travers :

- Des questions fermées qui laissent le choix au questionné entre deux modalités de réponses (oui/non), ou plus (choix multiples) ;
- Des questions semi-ouvertes où les principales réponses possibles sont prévues avec la possibilité d'ajouter des réponses libres ;
- Peu de questions ouvertes afin de recueillir l'avis des étudiants par le biais d'utilisation de leur propre vocabulaire.

Les questions ont été formulées dans un vocabulaire simple, avec une présentation claire. Le questionnaire se compose de cinq sections^a, chacune introduit un ensemble de variables à

^a Voir Annexe I : Les outils de l'enquête.

travers ses questions. Les intitulés des sections ne figurent pas sur le questionnaire distribué aux étudiants pour éviter toute influence possible. Le questionnaire a été rédigé en français et en arabe^a, distribué selon le choix des étudiants. Un texte d'introduction a été prévu au début du questionnaire.

Nous avons essayé de satisfaire ces points (critères) afin de limiter le nombre de refus de réponse et par conséquent garantir la pertinence des résultats obtenus.

Le pré-test :

Pour s'assurer de son bon fonctionnement, le questionnaire a été soumis à l'enquête pilote^b. Trois groupes ont participé à cette étape ; chacun appartenant à une année (3^{ème}, 4^{ème} et 5^{ème}) faisant partie de la population mère de la première enquête 2008-2009, dans l'institut d'architecture de Constantine. De la même manière, le questionnaire adressé aux étudiants en 2^{ème} année Master (vu que quelques questions ont été ajustées en fonction du système LMD) a été soumis à un groupe d'étudiants du département d'architecture de Constantine pour l'année universitaire 2014-2015.

L'objectif de l'enquête pilote est d'évaluer :

- Le degré de compréhension des questions posées ;
- La moyenne du temps pris pour répondre.

Par conséquent, cette étude pilote a donné lieu aux rectificatifs suivants :

- Quelques termes incompréhensibles ont été modifiés ;
- Quelques mots ont été mis en gras, pour attirer l'attention du questionné ;
- D'autres questions ont été ajoutées au questionnaire spécialement pour voir à quelle étape les étudiants utilisent l'outil informatique.

L'administration :

Ayant à l'esprit des préoccupations méthodologiques, il a été nécessaire d'expliquer le contenu du questionnaire aux enquêtés, ainsi que les objectifs du travail, dans un but d'obtenir des réponses aussi fiables que possible. Le questionnaire est d'administration directe ; j'ai veillé à me déplacer moi-même, de m'adresser à des groupes d'étudiants en atelier en train de travailler avec leurs enseignants, de me présenter en premier lieu, de lire et d'expliquer, de traduire parfois et d'impliquer même l'enseignant du groupe^c.

^a Voir Annexe I : Les outils de l'enquête.

^b Voir Annexe I : Les outils de l'enquête.

^c Voir *Infra*, Chapitre 4.

b) Le questionnaire adressé aux enseignants**Le choix :**

Pour cette catégorie, nous avons opté pour un questionnaire avec plus de questions ouvertes, en pensant que les sujets (les enseignants) constituent des sources importantes d'information, tout en comptant sur leur expérience.

La conception du questionnaire :

Le questionnaire est composé beaucoup plus de questions semi-ouvertes et ouvertes en le comparant au questionnaire adressé aux étudiants. Les questions sont réparties sur cinq sections, avec :

- Au début : un texte introductif expliquant le cadre du questionnaire, les objectifs de la recherche ; qui fait la recherche et l'utilité des réponses ;
- A la fin : des remerciements aux participants avec les coordonnées de l'enquêteur.

La 1^{ère} et la 2^{ème} section se composent de questions générales, faciles et attractives, tandis que les questions précises (pertinentes) et sensibles sont réparties sur les trois dernières sections. Chacune des sections traite un indicateur (ou plus) issus des hypothèses. Un tableau précisant cette relation entre les questions choisies et les hypothèses a été établi^a. De la même manière, un deuxième tableau a été confectionné précisant la correspondance des objectifs de la recherche avec les questions du questionnaire^b.

Le pré-test :

Le questionnaire a été mis en test réel par son envoi à 8 enseignants, mais 5 réponses seulement ont été reçues. Quelques questions ont été revues, corrigées ou réajustées, selon les remarques de l'enquête pilote, avant de retenir la version finale^c.

^a Voir Annexe I : Les outils de l'enquête, titre : Hypothèses et questions du questionnaire adressé aux enseignants.

^b Voir Annexe I : Les Outils de l'enquête, titre : Carte de correspondance (Matching) des objectifs de la recherche avec les questions du questionnaire adressé aux enseignants.

^c Voir Annexe I : Les outils de l'enquête.

L'administration :

Le choix a été porté pour le questionnaire électronique en se basant sur la catégorie à laquelle s'adresse ce questionnaire et pour des raisons pratiques (faisabilité et gain du temps), tout en pensant que les enseignants consultent leurs emails et répondent.

Le questionnaire a été conçu sur le net et envoyé via email aux enseignants des groupes d'étudiants questionnés pour l'année universitaire 2011-2012 avec un texte accompagnant et expliquant les objectifs de la recherche^a.

Quelques sites sur Internet offrant la possibilité de confectionner des questionnaires ont été examinés et d'emblée les sites payants ont été écartés. Une comparaison entre ces sites a été établie avant d'opter pour le site *Eval&GO*. Ci-dessous quelques remarques concernant les sites consultés :

- *SurveyMonkey*^b: quoique le site présente plus de liberté et de possibilités pour la modification du texte, sa version gratuite se limite à 10 questions seulement ;
- *Google Forms*^c: doté d'une interface simple et n'autorise qu'une seule participation par ordinateur ;
- *Qualtrics*^d: une bonne conception du questionnaire, une bonne présentation, mais il est limité quant à l'export des résultats, d'ailleurs il n'offre pas la possibilité d'exporter vers SPSS et présente des problèmes pour le fichier exporté vers Excel en format CSV (cellules fusionnés par exemple). Le questionnaire a été travaillé et déposé sur le site sur le lien ci-dessous, mais non exploité :

http://newqtrial2015az1.az1.qualtrics.com/jfe/form/SV_dgVhl6XKR1kuLFH

Finalement, nous avons opté pour *Eval&GO* et déposé notre questionnaire sur le lien suivant :

<http://app.evalandgo.com/s/?id=JTk5ciU5N2glOUY=&a=JTk5bSU5MW4IOTk=>

Eval&GO est un logiciel de sondage, d'enquête et de questionnaire en ligne fondé en 2010. Malgré l'aspect récent de cette application, le logiciel est puissant, facile et rapide. Nous avons seulement exploité les fonctionnalités gratuites qui autorisent la création de questionnaires et de questions en illimité avec une restriction sur le nombre de réponses. Une

^a Voir Annexe I : Les outils de l'enquête, titre : Le texte accompagnant l'envoi du questionnaire aux enseignants.

^b <https://fr.surveymonkey.com/>

^c <https://apps.google.com/intx/fr/products/forms/>

^d <https://www.qualtrics.com/fr/>

possibilité est offerte pour générer des rapports qui s'actualisent en temps réel facilitant l'analyse des réponses ainsi que leur export vers un fichier Excel. L'export vers SPSS est disponible seulement pour la version payante.

c) L'entretien avec les architectes praticiens

Le choix :

Ayant un échantillon restreint, constitué de responsables des bureaux d'études, nous avons supposé que les interviewés peuvent avoir une idée claire sur le sujet traité et sont aptes à réagir consciencieusement envers la problématique. Comme ils constituent une source importante d'information utile pour la thématique, nous avons opté pour l'entretien directif^a pour des raisons de gain du temps et d'efforts.

La conception de l'entretien :

Les questions confectionnées de l'entretien^b sont réparties sur trois sections avec une introduction au début et des remerciements à la fin. Une totale liberté a été donnée aux interviewés pour réfléchir et répondre : les experts, les académiciens et les spécialistes préfèrent ce type de questions, ne voulant pas être limités par des réponses précises (quoique l'entretien contienne les autres types de questions pour pouvoir évaluer leurs préférences en pourcentage).

L'administration :

Adressé aux responsables de bureaux d'études, face à face dans les quatre villes, après avoir établi un contact et pris un rendez-vous. Lors de l'entretien et dans leurs lieux de travail, nous avons profité pour prendre des notes (en dehors des questions posées) de tout ce qui nous a semblé important.

II-1-2-4. L'étude expérimentale

La phase de la **conception** est l'une des phases les plus critiques dans le processus d'élaboration d'un projet, c'est la phase de l'émergence des idées originales. Ces idées seront révisées ou développées pendant le reste du processus. Pour une meilleure compréhension

^a Voir Annexe I : Les outils de l'enquête.

^b Voir Annexe I : Outils de l'enquête.

de l'introduction de l'informatique dans le processus de conception et son impact probable sur la qualité conceptuelle des projets, un exercice a été confectionné et adressé à un échantillon de volontaires qui ont répondu favorablement à un appel à bénévoles^a affiché dans le département d'architecture de Constantine (lieu de notre travail). En plus de l'affichage, l'appel a été diffusé via le groupe d'étudiants du département sur le réseau social Facebook. Le contact a été gardé avec les participants par échange de mails.

L'étude expérimentale se compose de quatre parties : les préparatifs, l'exercice lui-même, l'analyse de l'activité de conception et l'évaluation des travaux des participants. Cette étude se voit importante pour extraire les moments clés de l'activité du concepteur : localiser le temps exact ou bien préciser la phase exacte dans laquelle l'étudiant fait recours à l'ordinateur, en se basant sur un guide d'observation. Notre intérêt porte beaucoup plus sur les outils et non pas sur le processus de conception lui-même. L'étude a pour but de clarifier ce que les questionnaires (l'approche quantitative) n'ont pas pu recueillir.

Plusieurs recherches se sont intéressées à l'étude de la conception architecturale et se sont orientées au déroulement du processus de conception, en se basant sur le protocol analysis ou comme le traduit Arrouf : « l'analyse des recueils d'observation »⁷. Cette méthode qui prend ses racines en 1960 avec la méthode d'introspection utilisée par les psychologues, voit un intérêt croissant des chercheurs pour étudier la manière dont le concepteur conçoit^b. Nous n'avons pris de cette méthode que le principe de segmentation de l'activité de conception, et nous l'avons adapté par la reprise de cette activité sur des axes temporels dans un premier temps, puis la segmentation de ces axes en sessions ou séquences.

Cette étude s'est inspirée de quelques travaux déjà engagés dans ce sens, à l'image du travail de Bilda & Gero (2005), portant l'intitulé : *Do we need CAD during conceptual design*⁸, se questionnant sur la nécessité d'utiliser des représentations externes dans les premières phases de la conception. En 2005, un article de Visser & Détienne est paru dans le SCAN05 : Séminaire de Conception Architecturale Numérique, dont le titre est : *Articulation entre composantes verbale et graphico-gestuelle de l'interaction dans des réunions de conception architecturale*⁹. Ce travail traite le comportement de trois architectes travaillant en collaboration lors d'une réunion pour la conception d'un projet.

^a Voir Annexe III : L'étude expérimentale.

^b Voir à ce sujet : **Abdelmalek Arrouf** (2012), *Vers une théorie scientifique de la conception architecturale. Contribution à l'épistémologie architecturale et à la modélisation de l'acte de concevoir*, éd. Editions Universitaires Européennes, Searbrüken, Allemagne.

Un travail similaire de Zhu, Dorta et De Paoli (2007)¹⁰ s'est intéressé à la qualité conceptuelle (créativité, adaptabilité) d'un résultat final produit avec différents outils : l'enquête comparative menée avec les étudiants a touché deux groupes de deux universités, chaque groupe a été réparti en deux sous-groupes. Il a été demandé à chaque sous-groupe de travailler le projet avec les outils CAO dans un laboratoire de CAO, tandis que le deuxième sous-groupe travaillera avec les outils traditionnels dans un atelier traditionnel. Notre exercice, par contre, qui s'est déroulé dans un des ateliers de la faculté d'architecture et d'urbanisme, a essayé d'assurer les conditions usuelles de travail des étudiants tout en leur laissant une liberté totale quant au choix des outils de travail. Il met en exergue la phase de conception en observant d'une part, comment les étudiants utilisent l'ordinateur et, d'autre part, à quel moment ils l'introduisent.

L'évaluation de la qualité conceptuelle est assurée par un jury d'enseignants du département en question qui ont une expérience dans l'enseignement d'Atelier. Cette évaluation est basée sur le produit (le dessin) à l'image de la recherche menée par Jean Charles Lebahar en 1983. Lebahar s'est interrogé sur la nature de l'activité de conception en se basant sur le produit (le dessin) : « *J.C. Lebahar entreprend une collecte d'information selon trois modes : l'observation de la pratique graphique ; l'application d'un guide d'entretien pendant, avant et après l'activité graphique, en demandant aux architectes d'indiquer leurs priorités ; l'analyse des documents graphiques selon leur ordre de production, leur quantité et leur mise en relation avec un problème spécifique.* »¹¹. Les critères d'évaluation ont été proposés selon nos lectures et discutés avec les membres du jury. L'évaluateur a la possibilité d'ajouter des commentaires personnels.

Le mode de recueil des données diffère d'une étude à une autre ; pour le travail de Zhu et *al.*, les étudiants ont eu 8 heures de travail et ils étaient appelés à enregistrer le progrès de chaque étape par la sauvegarde d'une copie de leurs dessins ou fichiers numériques. Ces étudiants ont été interviewés après l'expérience. Un autre travail de Leclercq, Mayeur et Darses (2007)¹², engagé par le laboratoire Lucid Group à l'université de Liège, qui a consisté aux observations de travail de cinq architectes professionnels utilisant une tablette-écran avec un stylo électronique. Les résultats de cette enquête ont été interprétés sur la base d'un enregistrement audio et vidéo. Les caméras ont été utilisées aussi pour le travail de Blida & Gero et de Visser & Détienne. Tandis que pour notre cas, et pour mettre les participants à l'aise, nous nous sommes contentés de l'observation et de la prise de photos. L'enregistrement du progrès a été transcrit par observation. Les données recueillies à travers

cette observation ont été complétées par des questionnaires adressés aux participants ; les mêmes questionnaires déjà distribués aux étudiants du système LMD dans la même année universitaire (2014-2015).

Nous tenons à préciser que les membres de jury n'ont pas eu regard aux questionnaires, l'évaluation se fait, donc, pour notre cas, sur la base du travail remis par l'étudiant et en son absence. D'autres études ont opté pour l'interview libre afin que les architectes expliquent leurs projets à l'exemple du travail mené en 1979 par Jane Darke (sociologue et enseignante d'architecture) qui s'est adressée aux architectes de cinq projets d'habitat¹³ ou le travail de Bendeddouch Assya en 1998 : « *On demande à l'architecte d'explicitement verbalement la démarche qui lui a permis de proposer une « solution » dessinée à partir d'un « problème » donné* »¹⁴.

Conclusion du chapitre

A travers ce chapitre, nous avons présenté notre choix méthodologique sur lequel se base notre travail. Pour atteindre nos objectifs, une démarche méthodique a été mise en place, exploitant plusieurs outils d'investigation et mêlant méthodes quantitatives et qualitatives. Afin de cerner le thème, il nous a semblé utile d'utiliser plusieurs outils facilitant le croisement d'informations émanant de plusieurs sources. La collecte de sources de données sur terrain a été conduite par l'observation et par la diffusion de questionnaires et entretiens, le tout conforté par une expérimentation. Les sujets ont été interrogés selon les modalités choisies ; les questionnaires ont été adressés aux étudiants et enseignants et les entretiens ont été menés avec les architectes praticiens. Une pré-enquête a précédé l'adoption de nos outils afin de nous assurer de la bonne compréhension des questions, leur neutralité et leur ordre chronologique.

Les données quantitatives recueillies de l'enquête seront exploitées en ayant recours au logiciel d'analyse statistique : SPSS facilitant la transformation des réponses (du texte) en graphes et tableaux. Pour l'analyse des réponses des étudiants, exprimant leurs choix en matière d'outils, nous avons fait appel au logiciel Nvivo, afin de classer les mots les plus utilisés par les étudiants.

Une étude expérimentale a été menée auprès des étudiants et dont l'objectif est d'observer à quel moment ils font appel à l'outil informatique et d'évaluer le rapport de cet outil avec la qualité architecturale.

Avant de présenter les résultats de nos enquêtes dans la troisième partie de ce travail, le chapitre suivant détaille l'échantillonnage et explique le déroulement des enquêtes.

Références

-
- ¹ **Faouzi Bouchaib** (2002), *Guide de méthodologie (15 règles méthodologiques, 30 réponses à 30 questions, techniques de l'enquête socio-économique, 2 illustrations méthodologiques)*, éd. Madani, Blida, p. 41.
- ² **Robert K. Yin** (2014), *Case Study Research: Design and Methods*, éd. SAGE Publications, Fifth Edition, 312 p.
- ³ **Michelle Lessard-Hébert, Gérald Boutin, Gabriel Goyette** (1997), *La recherche qualitative: fondements et pratiques*, éd. De Boeck Supérieur, p. 70.
- ⁴ **Hélène Y. Meynaud et Denis Duclos** (1998), *Les sondages d'opinion*, éd. Casbah, Alger, p. 53.
- ⁵ **Olivier Martin** (2009), *L'analyse de données quantitatives*, éd. Arman Colin, Paris, p. 20.
- ⁶ **Albert Davoine**, « *Les enquêtes : généralités sur les sondages, la population et l'échantillon* », [Enligne] <http://davoine.ca/cours/marketing/enquetes.htm>, (page consultée le 28-03-2012)
- ⁷ **Abdelmalek Arrouf & A. Bensaci** (Décembre 2006), « Modélisation du processus de conception, étude expérimentale du système compositionnel, instance conception » IN *Courrier du savoir*, Vol. 7, pp. 67-86.
- ⁸ **Zafer Bilda, John S Gero**. (June 20–22, 2005), “Do We Need CAD during Conceptual Design?” IN *Proceedings of the 11th International CAAD Futures Conference*, Vienna, Austria, pp. 155-164.
- ⁹ **Willemien Visser & Françoise Détienne** (2005), “Articulation entre composantes verbale et graphic-gestuelle de l'interaction dans des réunions de conception architecturale” IN *SCAN'05 : Séminaire de Conception Architecturale Numérique*, Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Paris-Val de Seine, Paris, pp. 49-57.
- ¹⁰ **Yi Zhu, Thomas Dorta and Giovanni De Paoli** (19-21 September 2007) « A comparing study of the influence of CAAD tools to conceptual architecture design phase” IN *EuropaIA.11 (Digital thinking)*, 11th international conference on design sciences and technology, Montréal-Québec-Canada, pp. 29-43.
- ¹¹ **Assya Bendeddouch** (1998), *Le processus d'élaboration d'un projet d'architecture*, éd. L'Harmattan, Paris, p. 20-21.
- ¹² **P. Leclercq, A. Mayeur et F. Darses** (2007), « Production d'esquisses créatives en conception digitale » IN *IHM 07*, actes de la conférence, Paris, 12-15 Novembre, pp. 175-182.
- ¹³ **Assya Bendeddouch** (1998), *Le processus d'élaboration d'un projet d'architecture*, éd. L'Harmattan, Paris, p. 19-20.
- ¹⁴ *Idem*, p. 19.

II-2. CHAPITRE 4 : DEROULEMENT DES ENQUETES

Comme énoncé plus haut, ce chapitre expose les enquêtes menées sur terrain se basant sur un échantillon. Après la présentation de la composition de cet échantillon selon les différentes catégories, il détaille l'étude expérimentale, qui nous éclaire sur le public cible, le contenu de l'exercice et ses différentes étapes. Mais en prélude, les caractéristiques de l'échantillon, les critères du choix et sa répartition seront expliqués.

II-2-1. Construction de l'échantillon

Nous avons eu recours à un échantillon composé de trois catégories : étudiants, enseignants et architectes praticiens.

II-2-1-1. Les étudiants

Dans le but de vérifier nos hypothèses et atteindre nos objectifs, notre échantillon constitué d'étudiants a été construit selon les étapes suivantes :

- Quatre établissements ont été ciblées avec une représentativité géographique (Département d'architecture et d'urbanisme de Constantine, Département d'architecture et d'urbanisme de Biskra, Département d'architecture d'Oran, Ecole polytechnique d'architecture et d'urbanisme d'Alger)^a ;
- Une prise de contact avec les chefs de ces établissements et quelques enseignants, par le biais des lettres d'introduction et des emails préparant et facilitant le déplacement ;
- Une fois sur place : des listes ont été récupérées des services de scolarité indiquant le nombre d'étudiants par année ;
- Nous avons, ensuite, opté pour les 3^{ème}, 4^{ème} et 5^{ème} années du système classique pour l'année universitaire 2011-2012 et la 2^{ème} année Master pour l'enquête 2014-2015 ;
- Un nombre représentant 10% de chaque année d'étude a été calculé ;
- Un groupe a été choisi par section pour le système classique et un groupe par option pour le système LMD ;
- Des groupes avec leurs enseignants ont été ciblés ;

^a Ces appellations des établissements sont celles de l'année universitaire 2011-2012.

- Une fois dans l'atelier : je m'adresse à l'enseignant en premier, en lui expliquant l'objet de la visite. Puis je m'introduis auprès des étudiants, afin de leur présenter les objectifs, de lire le questionnaire en arabe ou en français selon le choix des étudiants et de répondre aux probables questions ;
- Avant de partir : discuter l'heure de récupération des questionnaires avec des remerciements à l'enseignant et aux étudiants.

De la même manière, les deux enquêtes de 2008-2009 et 2009-2010 se sont déroulées dans le département d'architecture et d'urbanisme de Constantine.

Nous présentons la répartition de l'échantillon des étudiants selon les systèmes et les années universitaires :

a) Le système classique

L'enquête -touchant le système classique- s'est déroulée sur trois années universitaires et est constituée de 544 questionnaires répartis comme suit :

- **L'année universitaire 2008-2009** : le questionnaire a été adressé aux étudiants de l'institut d'architecture et d'urbanisme de Constantine selon l'échantillonnage représenté dans le tableau ci-dessous. En dehors du nombre retenu, trois questionnaires ont été rejetés.

Tableau 1: Répartition de l'échantillon d'étudiants sur les trois années d'étude.

Année universitaire 2008-2009 : le système classique.

Année	Effectif des étudiants	Echantillon
3 ^{ème} année	460	45
4 ^{ème} année	580	63
5 ^{ème} année	480	51
TOTAL	1520	159

Source : Le service de scolarité de l'institut d'architecture et d'urbanisme de Constantine, 2009.

- **L'année universitaire 2009-2010** : pour la 2^{ème} année universitaire consécutive, le questionnaire a été adressé aux étudiants du même institut (l'institut d'architecture et d'urbanisme de Constantine). En dehors du nombre retenu, deux questionnaires ont été rejetés.

Tableau 2: Répartition de l'échantillon d'étudiants sur les trois années d'étude.

Année universitaire 2009-2010 : le système classique.

Année	Effectif des étudiants	Echantillon
3 ^{ème} année	318	31
4 ^{ème} année	400	45
5 ^{ème} année	565	55
TOTAL	1283	131

Source : Le service de scolarité de l'institut d'architecture et d'urbanisme de Constantine, 2010.

- **L'année universitaire 2011-2012** : pour cette année universitaire, le questionnaire a été adressé aux étudiants des quatre établissements :
 - Le département d'architecture et d'urbanisme, Constantine;
 - Le département d'architecture et d'urbanisme, Biskra;
 - Le département d'architecture, Oran ;
 - L'école Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme, Alger.

Notons que pour cette année universitaire (2011-2012), 4 questionnaires ont été rejetés sur l'ensemble des questionnaires récupérés, donc, nous pouvons comptabiliser 254 questionnaires valides.

Tableau 3: Répartition de l'échantillon d'étudiants sur les trois années d'étude.

Année universitaire 2011-2012: le système classique.

Année		Département d'architecture et d'urbanisme, Constantine	Département d'architecture et d'urbanisme, Biskra	Département d'architecture, Oran	Ecole polytechnique d'architecture et d'urbanisme, Alger	TOTAL
3 ^{ème} année	Echantillon	18	09	13	07	47
	Effectif d'étudiants	154	86	117	64	421
4 ^{ème} année	Echantillon	25	14	23	44	106
	Effectif d'étudiants	248	142	163	319	872
5 ^{ème} année	Echantillon	26	22	23	30	101
	Effectif d'étudiants	265	223	210	290	988
TOTAL	Echantillon	69	45	59	81	254
	Effectif d'étudiants	667	451	490	673	2281

Source : Le service de scolarité de chaque établissement, 2012.

Au total, sur les trois années universitaires, nous pouvons comptabiliser un nombre de **544** questionnaires valides, appartenant au système classique répartis par année d'étude et par établissement comme le montre le Tableau 4, tiré du fichier de l'enquête sur SPSS.

Tableau 4: Répartition de l'échantillon d'étudiants sur les trois années d'étude.
(Les trois années universitaires et les quatre établissements)

Tableau croisé Année d'étude * Département/Ecole * Année universitaire de l'enquête
Effectif

Année universitaire de l'enquête			Département/Ecole				Total
			Département d'architecture et d'urbanisme de Constantine	Département d'architecture de Biskra	Département d'architecture d'Oran	Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme, Alger	
2008 - 2009	Année d'étude	3ème Année	45				45
		4ème Année	63				63
		5ème Année	51				51
	Total		159				159
2009 - 2010	Année d'étude	3ème Année	31				31
		4ème Année	45				45
		5ème Année	55				55
	Total		131				131
2011 - 2012	Année d'étude	3ème Année	18	9	13	7	47
		4ème Année	25	14	23	44	106
		5ème Année	26	22	23	30	101
	Total		69	45	59	81	254
Total	Année d'étude	3ème Année	94	9	13	7	123
		4ème Année	133	14	23	44	214
		5ème Année	132	22	23	30	207
	Total		359	45	59	81	544

Source : Auteure, travail sur SPSS.

b) Le système LMD

L'enquête touchant le système LMD, s'est déroulée durant l'année universitaire 2014-2015. Cette dernière représente l'année où Constantine recevait pour la première fois les 2^{èmes} années Master. Rappelons que cette enquête vise la vérification de notre hypothèse liée à la

formation d'architecture et son contenu. Par conséquent, le questionnaire a été adressé aux étudiants en 2^{ème} année Master (système LMD) dans les mêmes établissements :

- Le département d'architecture et d'urbanisme, Constantine;
- Le département d'architecture et d'urbanisme, Biskra;
- Le département d'architecture, Oran ;
- L'école Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme, Alger.

Tableau 5: Répartition de l'échantillon d'étudiants sur les trois années d'étude.

Année universitaire 2014-2015 : Le système LMD

Année		Département d'architecture et d'urbanisme, Constantine	Département d'architecture et d'urbanisme, Biskra	Département d'architecture, Oran	Ecole polytechnique d'architecture et d'urbanisme, Alger	TOTAL
2 ^{ème} année Master	Echantillon	29	29	27	16	101
	Effectif d'étudiants	257	217	240	156	870

Source : Le service de scolarité de chaque établissement, 2015.

Pour cette enquête de 2014-2015, aucun questionnaire n'a été rejeté. Le nombre d'étudiants questionnés (101) équivaut au nombre de questionnaires valides.

Au total et sur les quatre années universitaires, nous avons récupéré **645** questionnaires valides répartis comme le montre le Tableau 6 (ci-dessous) récapitulatif et regroupant la totalité de l'échantillon d'étudiants.

Tableau 6: Répartition de l'échantillon d'étudiants sur les trois années d'étude.
Le Classique et le LMD

Tableau croisé Année d'étude * Département/Ecole * Année universitaire de l'enquête
Effectif

			Département/Ecole				Total
			Département d'architecture et d'urbanisme de Constantine	Département d'architecture de Biskra	Département d'architecture d'Oran	Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme, Alger	
Année universitaire de l'enquête							
2008- 2009	Année d'étude	3 ^{ème} Année	45				45
		4 ^{ème} Année	63				63
		5 ^{ème} Année	51				51
	Total		159				159
2009- 2010	Année d'étude	3 ^{ème} Année	31				31
		4 ^{ème} Année	45				45
		5 ^{ème} Année	55				55
	Total		131				131
2011- 2012	Année d'étude	3 ^{ème} Année	18	9	13	7	47
		4 ^{ème} Année	25	14	23	44	106
		5 ^{ème} Année	26	22	23	30	101
	Total		69	45	59	81	254
2014- 2015	Année d'étude	2 ^{ème} année Master	29	29	27	16	101
		Total	29	29	27	16	101
Total	Année d'étude	3 ^{ème} Année	94	9	13	7	123
		4 ^{ème} Année	133	14	23	44	214
		5 ^{ème} Année	132	22	23	30	207
		2 ^{ème} année Master	29	29	27	16	101
	Total		388	74	86	97	645

Source : Auteure, travail sur SPSS.

Le département qui a bénéficié d'une enquête sur plusieurs années est celui de Constantine (Système classique : 2008-2009, 2009-2010, 2011-2012 et LMD : 2014-2015). Ce travail vise la comparaison verticale et veut vérifier une probable évolution tout en se référant à

l'hypothèse stipulant que pour l'étudiant concepteur, une corrélation significative entre l'utilisation de l'outil informatique et l'avancement dans les années d'étude^a devrait être apparente.

II-2-1-2. Les enseignants

Tableau 7: Répartition de l'échantillon d'enseignants sur les quatre établissements.

Établissement	Année d'étude	Nombre de groupes d'étudiants questionnés	Nombre d'enseignants de ces groupes	Nombre d'enseignants contactés		Nombre de réponses reçus	Nombre de questionnaires valides
				Par année	total		
Département d'architecture et d'urbanisme de Constantine	3 ^{ème} année	2	3	3	11	9	8
	4 ^{ème} année	3	3	3			
	5 ^{ème} année	5	5	5			
Département d'architecture de Biskra	3 ^{ème} année	1	1	1	5	7	7
	4 ^{ème} année	1	1	1			
	5 ^{ème} année	2	4	3			
Département d'architecture d'Oran	3 ^{ème} année	1	2	2	8	3	3
	4 ^{ème} année	1	2	2			
	5 ^{ème} année	4	4	4			
Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme, Alger	3 ^{ème} année	1	2	2	9	6	5
	4 ^{ème} année	3	4	4			
	5 ^{ème} année	4	4	3			
TOTAL		28	35	33	33	25	23

Source : Auteure.

^a Voir *Supra* ; Partie introductive, titre : 3-1. Le concepteur (étudiant architecte, architecte praticien)

Lors de notre enquête auprès des étudiants pour l'année universitaire 2011-2012, les enseignants des groupes d'étudiants déjà questionnés dans les quatre établissements ont été contactés et leurs coordonnées ont été récupérées. Un premier accord de principe a été émis afin d'envoyer le questionnaire électronique par email. Le lien du questionnaire confectionné sur le site *Eval&Go* accompagné d'un mail^a a été envoyé aux adresses électroniques récupérées. Malgré nos plusieurs tentatives et les rappels multiples envoyés, le nombre de réponses collectées est de 33 dont 23 seulement sont valides. Le détail du nombre d'enseignants par groupe d'étudiants et le nombre de réponses valides reçues par établissement sont présentés dans le Tableau 7.

Comme expliqué plus haut, nous avons reçu 33 réponses via le site dont 8 ont été vides^b. En vérifiant les 25 questionnaires et leur contenu, nous avons remarqué :

- Un questionnaire n'a reçu que deux réponses et a été par conséquent annulé ;
- Un deuxième questionnaire émanant d'un enseignant qui a seulement travaillé avec la 1^{ère} et la 2^{ème} année, un point qui ne correspond pas à nos objectifs, étant donné que nous avons questionné les étudiants à partir de la 3^{ème} année. Le questionnaire a été rejeté.



Figure 31 : La réception des réponses des enseignants sur le site.

Source : Le logiciel *Eval&Go*.

^a Voir Annexe I : Les outils de l'enquête.

^b Le logiciel considère que le questionnaire est rempli en passant d'une page à l'autre et en cliquant sur terminé dans la dernière page.

Au total, l'analyse s'est effectuée sur 23 questionnaires. Le logiciel *Eval&Go* a offert un premier travail fournissant les informations ci-dessous relatives au nombre de répondants et au temps de réponse par page. La réception de nos 23 réponses s'est étalée sur 17 semaines, comme la montre la [Figure 31](#). Quant au temps consommé pour remplir les pages, il est précisé dans la [Figure 32](#).



Figure 32 : Le temps moyen par page et le taux de remplissage du questionnaire adressé aux enseignants.

Source : Le logiciel *Eval&Go*.

Nous pouvons remarquer que les enseignants ont pris le plus haut pourcentage du temps pour remplir la 4^{ème} page consacrée à la section IV du questionnaire : Préférences personnelles, où il a été demandé au questionné de s'exprimer à propos des avantages et inconvénients de l'outil informatique. La page 6 a pris le plus bas pourcentage étant réservée aux remerciements et aux coordonnées de l'enquêteur.

II-2-1-3. Les architectes praticiens

Un premier objectif a été tracé conformément à nos hypothèses visant un choix varié des bureaux d'études en matière de génération, expérience, effectif, plan de charges, types de projets..., mais, malheureusement cet objectif n'a pas pu être atteint, essentiellement, suite à la non-coopération de plusieurs architectes qui n'ont pas répondu favorablement à nos appels téléphoniques et courriers électroniques.

L'objectif étant de recueillir l'avis des architectes praticiens et d'évaluer le produit de l'université par rapport à la réalité professionnelle, nous nous sommes contentés d'un à trois bureaux d'études dans les mêmes villes touchées par l'enquête auprès des étudiants et enseignants (Constantine, Biskra, Oran et Alger). Nous nous sommes adressés aux 12

bureaux d'études, mais nous avons questionné au total sept architectes praticiens (un architecte par bureau d'études)^a, répartis sur les villes comme indiqué dans le Tableau 8.

Tableau 8: Répartition de l'échantillon d'architectes praticiens sur les villes.

Ville	Nombre de bureaux d'études contactés	Nombre d'entretiens réalisés
Constantine	3	1
Biskra	3	3
Oran	3	1
Alger	3	2
TOTAL	12	7

Source : Auteure.

La durée de chaque entretien variait entre une heure et deux heures-et- demi. L'objectif étant d'obtenir l'information sur les points pertinents. L'opportunité a été donnée à l'interviewé de parler librement en précisant de temps en temps qu'il a déjà répondu à telle ou telle question.

II-2-2. L'étude expérimentale

Cette enquête s'est déroulée en 2015 dans le département d'architecture de Constantine. Les détails relatifs à cette enquête sont explicités dans les titres suivants :

II-2-2-1. Les préparatifs

Après l'affichage d'un appel à bénévoles^b et sa divulgation sur internet^c, un premier contact a été établi par email avec les « participants », recueillant leurs coordonnées et disponibilités. Des propositions ont été discutées avant d'opter pour la date de l'exercice^d. Mais, n'ayant pas reçu assez d'étudiants, l'exercice a été refait quatre mois après, avec plus de participants. Le détail des étudiants contactés et le nombre réel de participants^e est présenté dans le tableau ci-dessous.

^a Voir Annexe I : Les outils de l'enquête, titre : Liste des architectes interviewés.

^b Voir Annexe III : L'étude expérimentale.

^c Voir *Supra*, Chapitre 3.

^d Un exemple du texte envoyé aux participants est disponible en Annexe III : L'étude expérimentale.

^e Pour les noms des participants et l'année d'étude, voir Annexe III : L'étude expérimentale.

Tableau 9: Répartition des participants à l'étude expérimentale.

	Nombre d'étudiants qui ont formulé le vœu de participer	Nombre d'étudiants qui ont confirmé leur participation	Nombre réel des participants	Année d'étude des participants
1^{ère} expérience : Le 30-05-2015	7	5	4	1 ^{ère} année Master
2^{ème} expérience : Le 07-10-2015	8	6	6	1 ^{ère} et 2 ^{ème} année Master
TOTAL	15	11	10	

Source : Auteure.

Notons que pour la 2^{ème} expérience, une étudiante s'est présentée le jour même de l'exercice, voulant participer à l'exercice sans aucun contact préalable, en précisant qu'elle n'a pas ramené son ordinateur portable. L'étudiante a été autorisée à participer.

Un espace de travail (un atelier dans la faculté) a été préparé pour accueillir l'exercice. Un espace central a été réservé à la documentation relative au contenu de l'exercice, et au matériel de dessin (des feuilles de papier et de calque, des règles, gommages, crayons, crayons de couleur, papier adhésif, ...). Un coin pause-café a été prévu pour les participants, ainsi qu'une connexion Internet wifi mise à leur disposition (Figure 33).

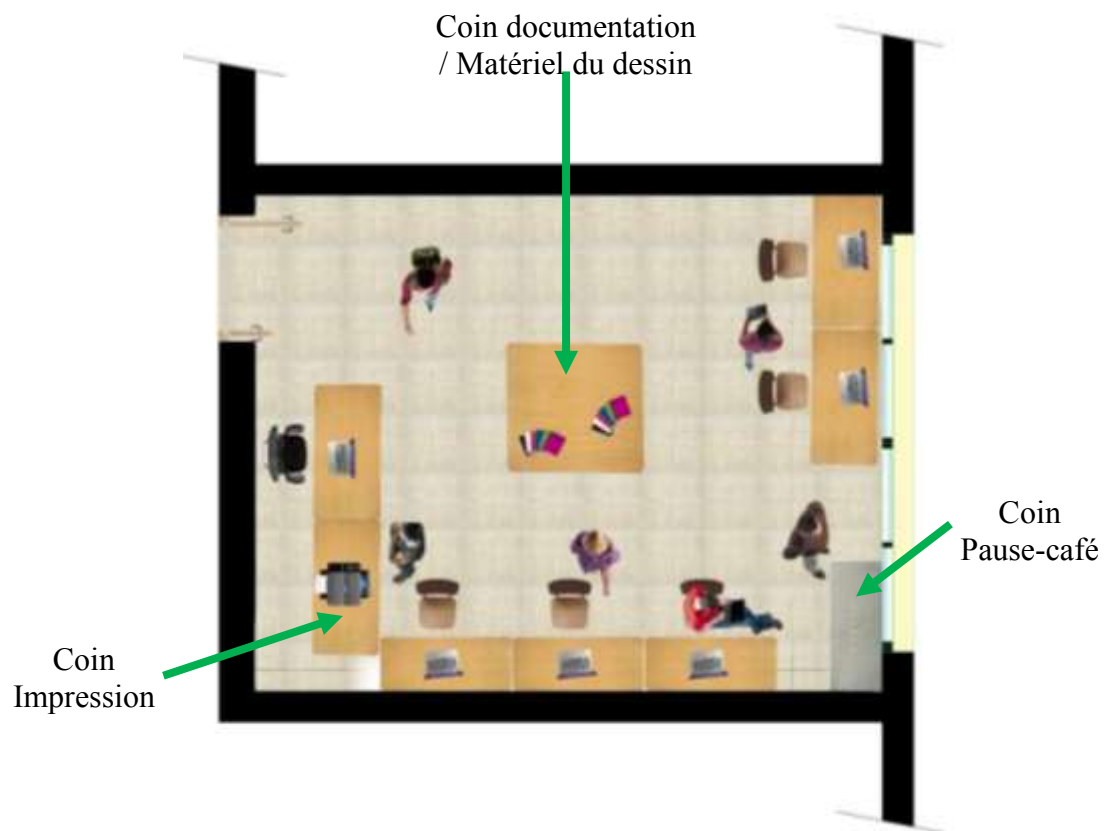


Figure 33 : Vue en plan de l’atelier réservé à l’expérimentation.

Source : Auteure.

II-2-2-2. Le déroulement de l’exercice

L’expérimentation a été menée en six étapes successives, résumées dans le tableau suivant :

Tableau 10: Etapes de l'expérimentation.

Etape	Objectifs	Supports	Durée moyenne entre les 2 expériences	Observations
1	Présentation du contexte de la recherche et les objectifs de l'exercice.	Verbalelement	10 mn	
2	Explication des variantes : - Le problème de conception à résoudre ; - Vérification de sa compréhension	Dossier remis individuellement aux étudiants : programmes, emprises du terrain, ... (papier et CD)	15 mn	
3	Explication des questionnaires adressés aux étudiants	Questionnaires imprimés sur papier	10 mn	A récupérer à la fin de l'exercice
4	Explication de ma tâche : observer, prendre notes et photos tout en les mettant à l'aise	Verbalelement	10 mn	
5	Exercice	Ordinateurs portables, papier, calque, feutres, crayons, gommes, crayons de couleur, revues, documentation électronique et en papier.	En moyenne : 4 heures et 38 minutes	Pause déjeuner à 12h.00 ou 12h.30 + pause-café à la guise de l'étudiant
6	Récupération des documents, fichiers numériques et questionnaires avec remerciements.		20 mn	

Source : Auteure.

II-2-2-3. Le Contenu de l'exercice

Le problème de conception à résoudre a été construit de façon à donner plus de liberté aux étudiants, consistant à un projet avec peu de contraintes. La forme du rendu n'était pas précisée, néanmoins, sur la documentation remise^a, il a été indiqué que le rendu consiste en toute pièce justifiant le parti pris. Les explications données aux étudiants stipulaient que le travail de conception devrait être arrêté une fois le sentiment d'avoir un résultat communicable atteint.

Nous avons essayé lors de l'élaboration des variantes de choisir des projets familiers avec les étudiants. Le choix -en matière de la faisabilité : contenu et année d'étude de l'étudiant- a été effectué après concertation avec quelques enseignants du département d'architecture de Constantine. Certains d'entre eux sont les évaluateurs du produit de cet exercice.

Pour la 1^{ère} expérience, il a été demandé aux étudiants de choisir entre deux variantes qui sont :

- 1^{ère} variante : Maison d'habitation individuelle ;
- 2^{ème} variante : Aire de repos et de service autoroutière.

Pour la 2^{ème} expérience, une autre variante a été rajoutée :

- 1^{ère} variante : Maison d'habitation individuelle ;
- 2^{ème} variante : Aire de repos et de service autoroutière ;
- 3^{ème} variante: Show-room automobile.

Les participants ont eu le contenu de l'exercice avec les différentes variantes et les terrains sur support papier et numérique (CD) avant d'entamer l'exercice (étape 2 dans le Tableau 10).

II-2-2-4. L'observation et le recueil de données

L'objectif étant le recueil d'informations par le biais de l'observation des attitudes de travail des étudiants, une grille d'observation a été préalablement confectionnée, ajustée et remplie sur place selon un ordre chronologique. Le temps consommé, la manière de travailler, les supports utilisés et les durées des différentes phases ont constitué les données de cette grille. Ainsi, toute information susceptible de contribuer à l'obtention d'éléments de

^a Voir Annexe III : L'étude expérimentale.

compréhension de nos questionnements a été notée^a. Des photos ont été prises parallèlement au travail des étudiants (Figure 34 et Figure 35).



Figure 34 : Photos de la 1^{ère} expérience.

Source : Auteure, 30-05-2015.



Figure 35 : Photos de la 2^{ème} expérience.

Source : Auteure, 07-10-2015.

Les participants avaient une liberté totale en matière de choix d'outils, de logiciels et de variantes. Les trois variantes proposées ont été traitées presque équitablement par les étudiants comme suit :

Tableau 11: Variantes traitées par les participants.

	Maison d'habitation individuelle	Aire de repos et de service autoroutière	Show-room automobile
1^{ère} expérience : Le 30-05-2015	2	2	/
2^{ème} expérience : Le 07-10-2015	1	1	4
TOTAL	3	3	4

^a Voir Annexe III : L'étude expérimentale, titre : La grille d'observation.

II-2-2-5. L'analyse de l'activité de conception

Les données transcrites dans la grille d'observation ont été reportées sur des axes temporels représentant graphiquement et dans un ordre chronologique les tâches effectuées par les étudiants et leurs durées en les reliant aux outils utilisés. Autrement dit, ces axes temporels retracent le déroulement de l'activité de conception pour chaque étudiant.

L'activité de chaque étudiant a été segmentée en séquences ou sessions en fonction de l'outil utilisé ; chaque changement d'outil marque le début d'un nouveau segment. Le temps alloué à chaque session a été quantifié et des tâches jalons ont été repérées sur ces axes identifiant le premier recours à l'ordinateur et la première utilisation du papier/crayon. Ces informations ont été résumées dans des tableaux.

II-2-2-6. L'évaluation

Les travaux remis par les participants ont subi un premier traitement effectué par nous-mêmes (mise en page et choix des couleurs) afin d'unifier le rendu préparant l'impression dans le même format^a. Ce travail vise une concentration des membres du jury sur la conception elle-même plutôt que les différences de présentation graphique. Le tirage unifié en Format A3 a été remis aux membres du jury constitué d'enseignants du département d'architecture de Constantine, accompagné d'un texte expliquant le contexte général de l'exercice et la grille d'évaluation^b.

En fonction de nos lectures et en collaboration avec quelques enseignants évaluateurs, des critères ont été confectionnés pour l'évaluation des travaux des participants. Une séance de travail a été réservée à chaque membre du jury pour expliquer l'exercice, ses objectifs et le mode d'évaluation. Les enseignants évaluateurs ont eu la liberté d'ajouter des commentaires supplémentaires.

Les critères retenus sont les suivants :

1. Complexité de la composition spatiale/fonctionnelle + esthétique ;
2. Réponse aux contraintes (programme, environnement, terrain, usagers, aspect ergonomique...);
3. L'originalité (solutions adoptées en matière d'idées, image, technique, ...);

^a Voir Annexe V : Les travaux des participants à l'étude expérimentale.

^b Voir Annexe IV : L'évaluation des travaux, titre : Texte remis aux évaluateurs

4. Maturité de l'idée,
5. Le rendu : moyens d'expression usités (pièces remises, qualité d'expression : croquis, coupes schématiques,)
6. Appréciation de l'évaluateur : commentaires, observations, ...

Le jury n'a évalué que le produit ; des dessins sur des planches A3, remises en l'absence du concepteur en se basant sur le fait que le dessin est un instrument de recherche et de clarification des idées et un outil de représentation de l'idée conceptuelle.

Conclusion du chapitre

Ce chapitre a présenté le déroulement de nos enquêtes pour lesquelles nous avons opté en se référant à un échantillonnage. Pour rappel, nous avons veillé à ce que notre échantillon soit le plus fiable possible en faisant appel à un maximum de critères émanant de nos hypothèses. Etudiants, enseignants et responsables des bureaux d'études composent notre population ciblée par les enquêtes. La construction de l'échantillon a été détaillée selon ces trois catégories. L'étude expérimentale avec les étudiants de Constantine vient ajouter une opportunité pour vérifier de près les attitudes de conception chez les étudiants.

Une interprétation des résultats de ces enquêtes sera présentée dans les cinquième et sixième chapitres menant à une meilleure compréhension de l'utilisation de cet outil informatique dans le contexte algérien.

Conclusion de la deuxième partie

Notre méthodologie ambitionne la compréhension de nos questionnements et la vérification de nos hypothèses. Elle favorise un croisement de données recueillies par différents modes de collecte et émanant de plusieurs sources.

Etudiants, enseignants et architectes praticiens ont été ciblés par nos enquêtes en mobilisant des outils d'investigation qui varient selon la catégorie. Les questionnaires ont été adressés aux étudiants et enseignants, tandis que les entretiens ont été menés avec les responsables des bureaux d'études.

Les étudiants : centre de notre intérêt, ont été les plus concernés par nos enquêtes : l'enquête de référence est celle déroulée en 2011-2012, s'adressant aux étudiants des 3^{èmes}, 4^{èmes} et 5^{èmes} années de l'ancien système (classique) dans quatre villes en Algérie : Constantine, Alger, Biskra et Oran.

Afin de vérifier notre hypothèse en relation avec le contenu de la formation en architecture, les deux systèmes d'enseignement ont été comparés en prenant les étudiants de la 5^{ème} année dans les quatre villes en 2011-2012 et voir la possibilité d'une différence avec les étudiants de 2^{ème} année Master en 2014-2015.

Le département d'architecture de Constantine a bénéficié de deux enquêtes antérieures en 2008-2009 et 2009-2010 offrant la possibilité de vérifier l'évolution à travers le temps. La Figure 36 explique la logique de nos enquêtes auprès des étudiants.

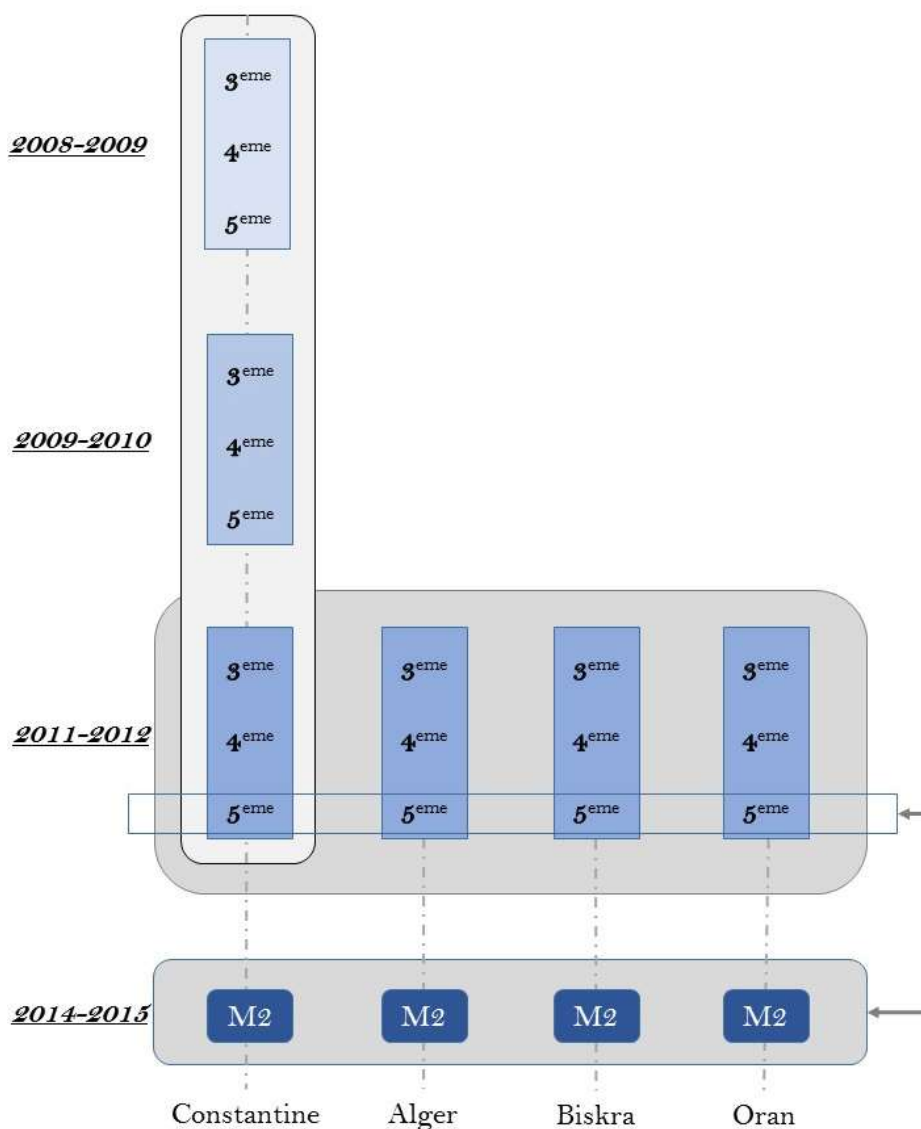


Figure 36 : Schéma expliquant la structure des enquêtes auprès des étudiants.

Source : Auteure.

Les sources de données recueillies à travers de multiples sources d’information et outils d’investigation permettent, nous l’espérons, de donner une validité à nos résultats de recherche présentés dans la partie suivante.

**TROISIEME
PARTIE**

**L'OUTIL INFORMATIQUE
EN ALGERIE : ETAT DES LIEUX
ET REALITES D'UTILISATION**

TROISIÈME PARTIE : L'OUTIL INFORMATIQUE

EN ALGERIE : ETAT DES LIEUX ET REALITES

D'UTILISATION

Introduction de la troisième partie

L'objet de cette partie est de présenter les résultats du travail de terrain sur deux volets (chapitres). Le premier est général, exposant un état des lieux de l'utilisation de l'outil informatique, d'une part, dans les projets d'Atelier dans les établissements étudiés, et d'autre part, dans la vie professionnelle, en s'adressant aux architectes praticiens. Nous faisons appel à l'avis des enseignants quant à l'utilisation de cet outil par leurs étudiants, dans un objectif de croisement d'informations. Le chapitre met en exergue les éléments positifs et négatifs influant cet état des lieux.

Quant au deuxième chapitre, il se préoccupe de préciser le moment et l'étape d'intégration de l'outil informatique dans le projet d'architecture, en se basant sur l'étude expérimentale. Il aspire à définir le rôle de cet outil dans le processus de conception et son impact probable sur la qualité architecturale.

III-1. CHAPITRE 5 : L'OUTIL INFORMATIQUE : ENTRE

L'ACADEMIQUE ET LE PROFESSIONNEL

Nous nous attachons dans ce chapitre à présenter l'état des lieux en matière d'utilisation de l'outil informatique dans les projets d'architecture en Algérie, en se basant sur nos enquêtes détaillées dans la partie précédente (choix méthodologique). Il s'agit d'apporter quelques éléments de réponse à nos questionnements et de vérifier nos hypothèses.

Pour exploiter la masse importante de données quantitatives collectées par le biais des enquêtes, nous avons opté pour le logiciel de traitement de données : SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) en vue d'analyse statistique. Les tests statistiques ont été

établis pour vérifier la corrélation entre les variables, en choisissant le coefficient de corrélation de Spearman ou le Khi-deux, selon la mesure de la variable^a.

III-1-1. Etat des lieux

Dans nos universités et dans la vie professionnelle, l'observation et l'expérience vécue m'ont permis de soulever un état actuel caractérisé par plusieurs questionnements posés aussi bien par les étudiants que par les enseignants et les architectes praticiens : « Quel est le rôle de l'outil informatique ? Quels sont ses inconvénients et ses avantages ? Qu'est-ce qu'il peut apporter « réellement » à l'architecture et aux étudiants en premier lieu ? ». Ce sont là quelques préoccupations « clés » qui nous intéressent dans ce travail. Un essai de déceler cet état des lieux est présenté dans ce qui suit sur la base de notre travail de terrain et à travers nos différents outils d'investigation. Le recours des étudiants à cet outil, l'avis des enseignants, d'une part et la situation dans les bureaux d'études, d'autre part, constituent les repères de cet état des lieux.

III-1-1-1. Etat de l'utilisation de l'outil informatique

Les résultats de l'enquête menée auprès des étudiants de l'année universitaire 2011-2012, nous montrent que leur recours à l'outil informatique dans les projets d'Atelier de l'année en cours dépasse au moins 65% par année d'étude (Figure 37). Le test statistique effectué par SPSS nous montre l'existence d'une corrélation significative entre les deux variables : l'utilisation de l'outil informatique et l'année d'étude (Sig<0,05, khi-deux=36,315)^b. Effectivement, en comparant les trois années d'étude concernées par notre travail, nous pouvons lire l'augmentation des réponses positives (Oui) par 31,07% en passant de la 3^{ème} à la 5^{ème} année (Figure 37). Cela est en étroite relation avec les objectifs de chaque année ; pour la 3^{ème} année, par exemple, où les étudiants sont appelés à concevoir plusieurs projets, le 1/3 d'eux n'utilise pas l'outil informatique.

^a Voir *Supra*, Chapitre 3, titre : II-1-1-3. Analyse des sources de données.

^b Voir Annexe II : L'analyse statistique.

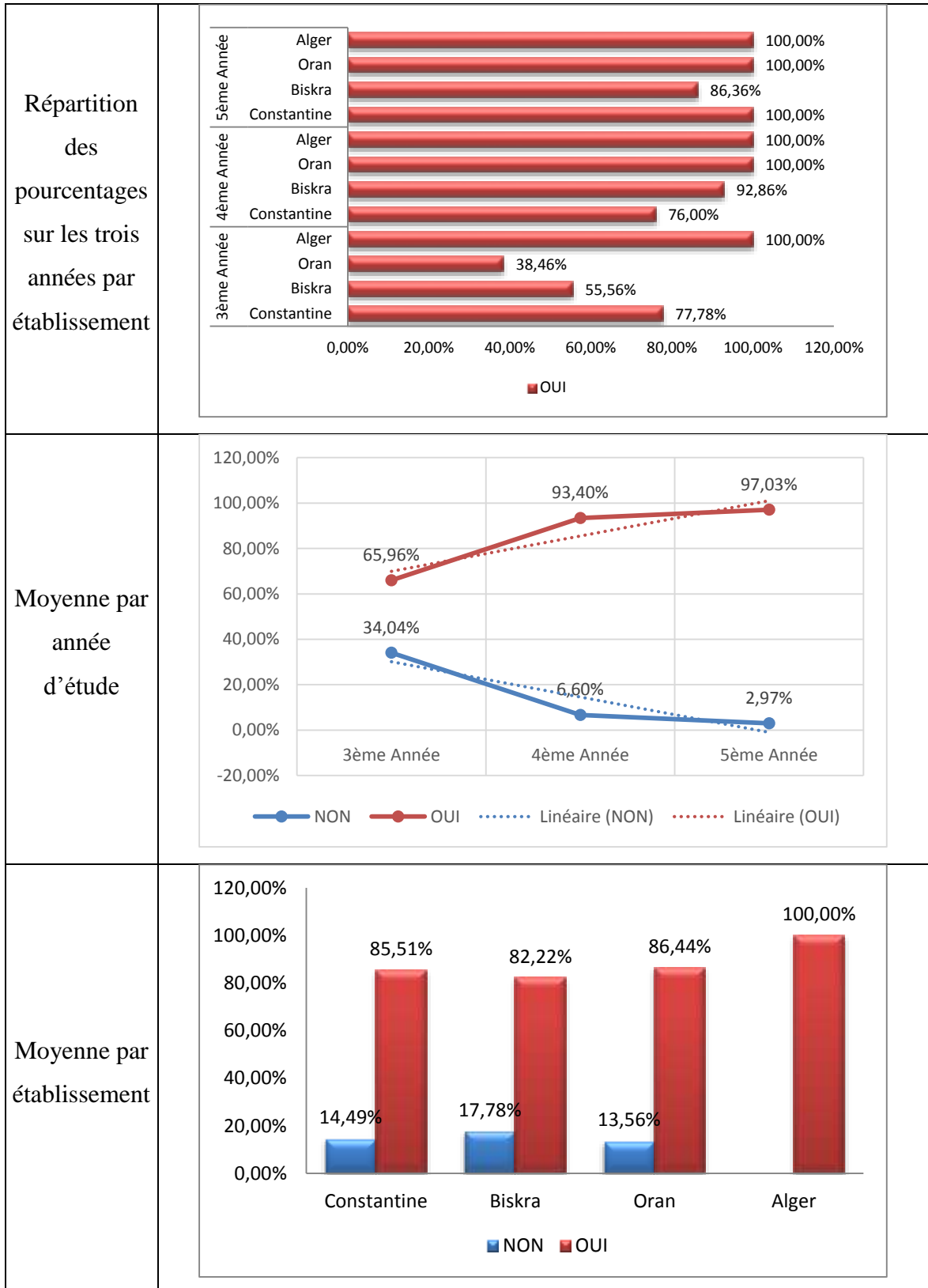


Figure 37: L'utilisation personnelle de l'outil informatique par les étudiants dans leurs projets d'Atelier de l'année courante.

Source : Auteure, Mai-Juin 2012.

Les quatre établissements concernés par l'enquête, présentent des moyennes proches quant à l'utilisation de l'outil informatique ; la moyenne des réponses par Oui est de 88,54%. Toutefois, l'EPAU est le seul établissement où nous pouvons noter une totale utilisation de l'outil informatique par les étudiants quelle que soit l'année d'étude. Le plus bas pourcentage entre les quatre établissements revient au département de Biskra avec 82,22% (quoiqu'il soit important).

Pour le département d'architecture de Constantine qui a bénéficié de plusieurs enquêtes, la moyenne d'utilisation de l'outil informatique a vu une augmentation de 38,97% à travers les trois années universitaires (Figure 38). Toutefois, nous tenons à préciser que la date de distribution des questionnaires a influé sur les réponses : l'enquête de 2008-2009 a été menée le mois de Janvier (une étape « à notre avis » précoce pour pouvoir vérifier l'utilisation de l'outil informatique dans la 3^{ème} et la 4^{ème} année) d'où les pourcentages élevés des réponses en Non.

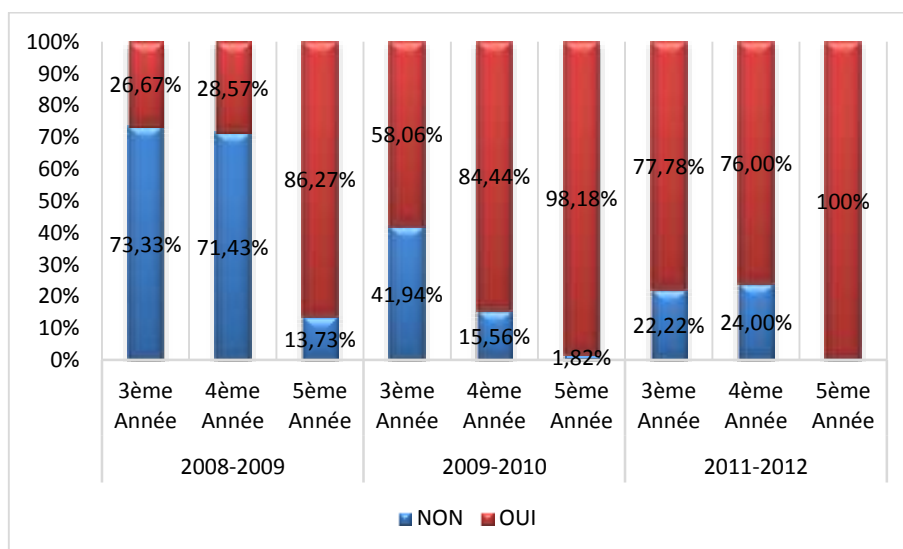


Figure 38: Evolution de l'utilisation personnelle de l'outil informatique par les étudiants dans leurs projets d'Atelier de l'année courante à Constantine.

Source : Auteure, Janvier 2009/Mai 2010/Mai-Juin 2012.

Parallèlement aux réformes, les universités algériennes connaissent de nouveaux horizons en s'ouvrant ces dernières années sur le système LMD (Licence-Master-Doctorat). Les quatre établissements concernés par notre enquête l'ont adopté dès ses premières années de lancement. Ce système a intégré sérieusement l'enseignement de l'informatique dans ses

différents paliers. Notre choix méthodologique a opté pour une enquête menée auprès des étudiants de ce système (la 2^{ème} année Master) en 2014-2015 dans les mêmes établissements. Une comparaison entre l'utilisation de l'outil informatique par les étudiants de fin de cycle –des deux années universitaires 2011-2012 (le système classique) et 2014-2015 (le système LMD) - est représentée dans la Figure 39. Les résultats ont donné des pourcentages presque identiques ; l'utilisation de l'outil informatique par les étudiants de fin de cycle ne diffère pas d'un système à un autre et ce malgré l'écart temporel entre les années universitaires.

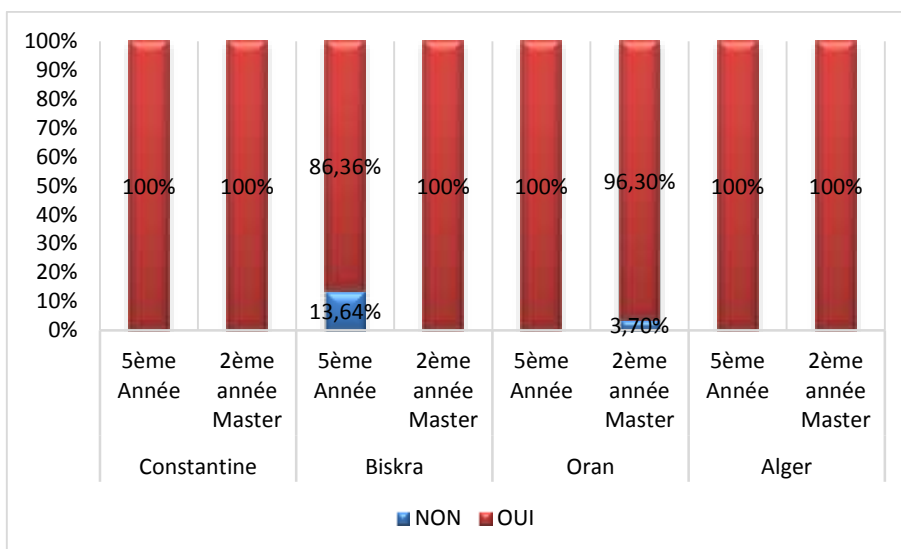


Figure 39: Utilisation personnelle de l'outil informatique par les étudiants de fin de cycle dans leurs projets d'Atelier de l'année courante.

Source : Auteure, Mai-Juin 2012/Mai-Juin 2015.

En comparant l'année d'aboutissement du cursus du département de Constantine dans les différentes années universitaires, nous pouvons remarquer à travers les résultats représentés dans la Figure 40 une différence négligeable entre les pourcentages en passant d'une année universitaire à une autre et ce, en tenant compte de la date de déroulement de la première enquête (2008-2009) comme expliqué plus haut.

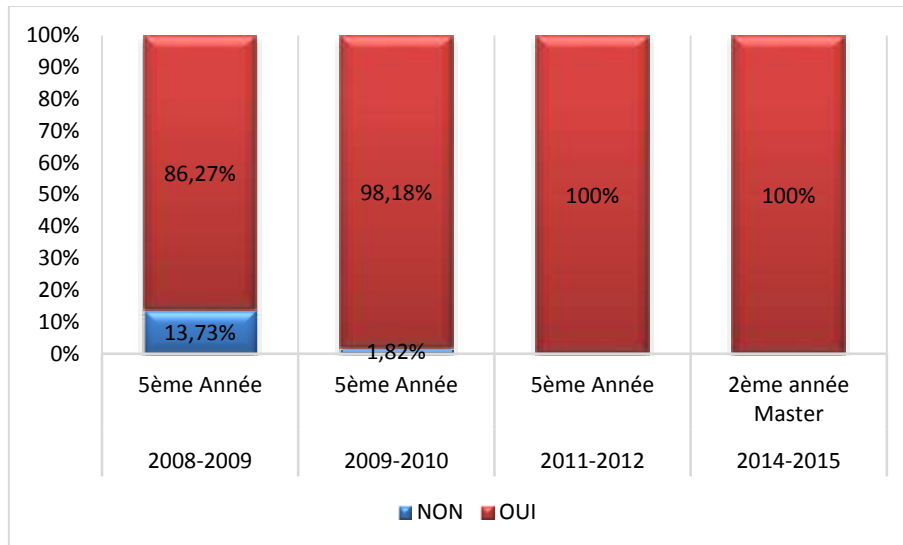


Figure 40: Evolution de l'utilisation personnelle de l'outil informatique par les étudiants de fin de cycle dans leurs projets d'Atelier de l'année courante à Constantine.

Source : Auteure, Janvier 2009/Mai 2010/Mai-Juin 2012/Mai-Juin 2015.

En vérifiant l'utilisation de l'outil informatique par les étudiants dans les années précédentes d'étude, l'analyse statistique nous montre -et de la même manière que les résultats dans la [Figure 37](#)-, l'existence d'une corrélation significative entre les deux variables : l'utilisation de l'outil informatique dans les années précédentes d'une part et l'année d'étude d'autre part ($\text{Sig} < 0,05$, $\text{khi-deux} = 44,264$)^a. La [Figure 41](#) montre que le pourcentage des réponses positives pour l'utilisation de l'outil informatique dans les années précédentes évolue parallèlement au passage d'une année à une autre. Mais, en examinant les réponses des étudiants de la 3^{ème} année, nous remarquons que plus de la moitié n'a pas utilisé l'outil informatique en Atelier dans les années passées de leurs études. Un point confirmé par les objectifs de la 1^{ère} et de la 2^{ème} année du système classique, et qui consistent en l'exercice au dessin à main levée et au dessin technique « manuel ».

La moyenne des réponses par Oui entre les quatre établissements est de 73,62% ([Figure 41](#)). Toutefois, Alger conserve la tête de classement et Biskra la queue, à l'image des résultats présentés dans la [Figure 37](#).

^a Voir Annexe II : L'analyse statistique.

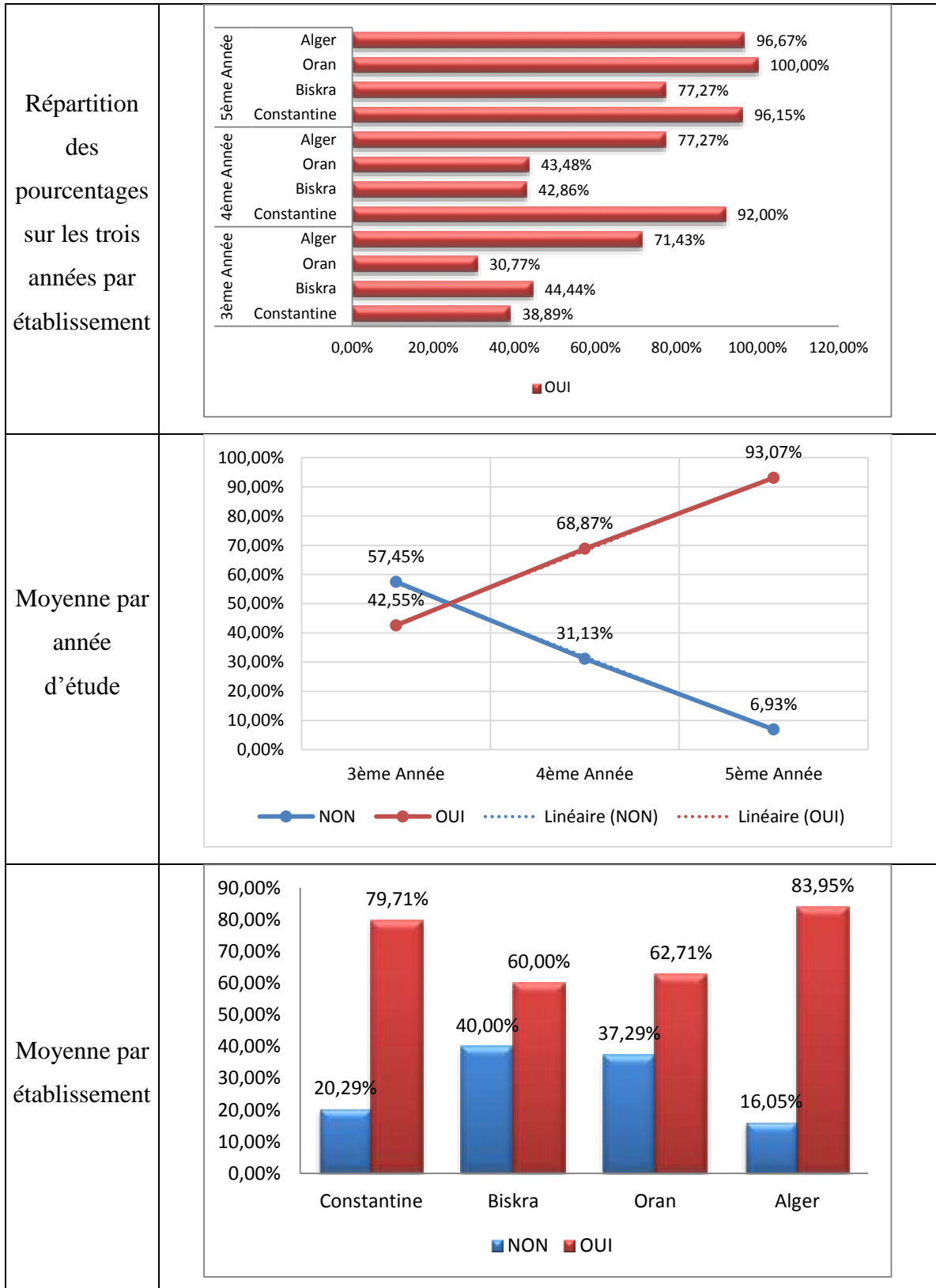


Figure 41: L'utilisation personnelle de l'outil informatique en Atelier par les étudiants dans les années précédentes d'étude.

Source : Auteure, Mai-Juin 2012.

Sur les trois années universitaires concernées par l'enquête, Constantine a vu une progression dans l'utilisation de l'outil informatique en Atelier dans les années précédentes de 31,91%. Un pourcentage proche de celui de l'augmentation de l'utilisation de l'outil informatique dans les projets de l'année courante présenté dans la [Figure 38](#).

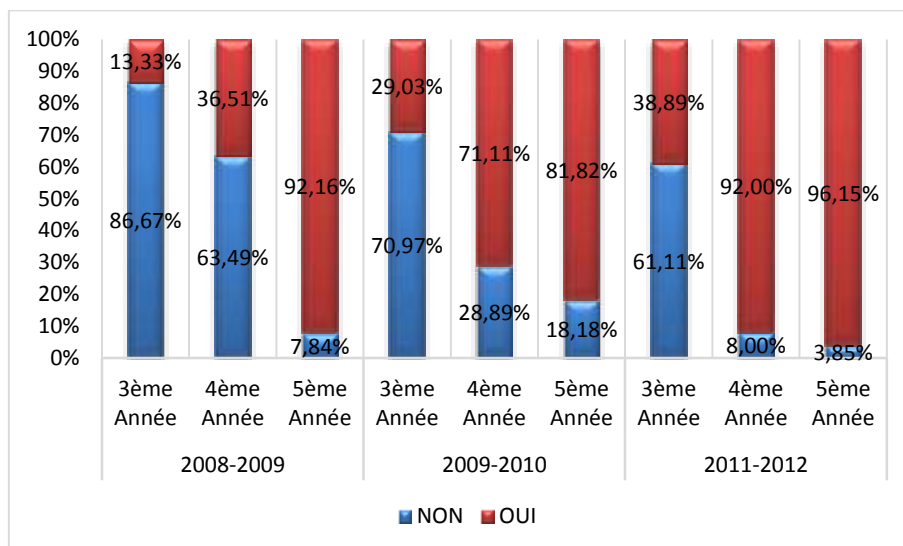


Figure 42: Evolution de l'utilisation personnelle de l'outil informatique par les étudiants dans leurs projets d'Atelier dans les années précédentes d'étude à Constantine.

Source : Auteure, Janvier 2009/Mai 2010/Mai-Juin 2012.

Une comparaison entre l'utilisation chez les étudiants de fin de cycle dans les quatre établissements est représentée dans la figure ci-dessous. Les résultats présentent des pourcentages très proches, à l'image de la [Figure 39](#), à l'exception du département d'architecture de Biskra qui présente le plus bas pourcentage pour les étudiants de fin de cycle du système classique. Un résultat venant confirmer les pourcentages de ce département dans la [Figure 37](#) et la [Figure 41](#).

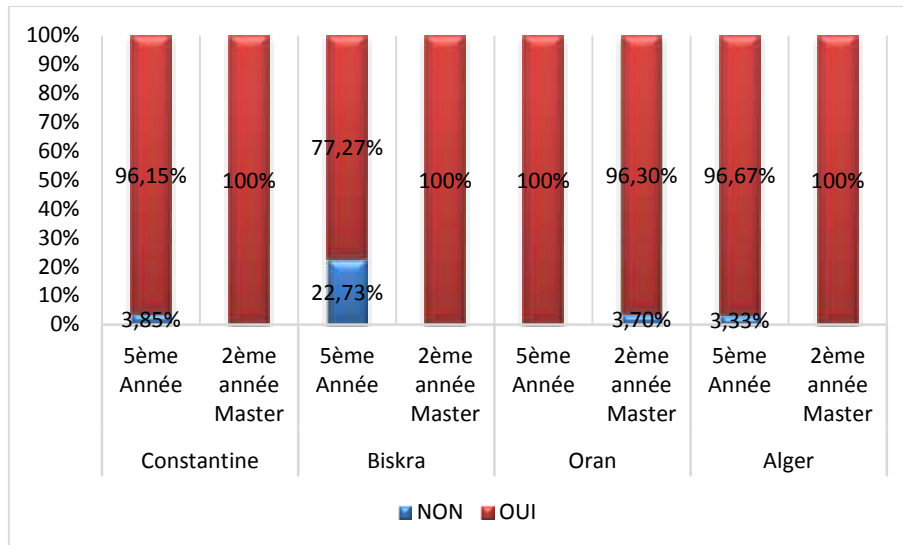


Figure 43: Utilisation personnelle de l'outil informatique par les étudiants de fin de cycle dans leurs projets d'Atelier dans les années précédentes d'étude.

Source : Auteure, Mai-Juin 2012/Mai-Juin 2015.

III-1-1-2. Le comment d'utilisation de l'outil informatique

Pour vérifier le degré de discernement des étudiants en matière d'utilisation de l'outil informatique dans leurs projets, une question a été intégrée dans le questionnaire^a qui leur était adressé afin d'apporter plus de précision. Les réponses sont comme suit :

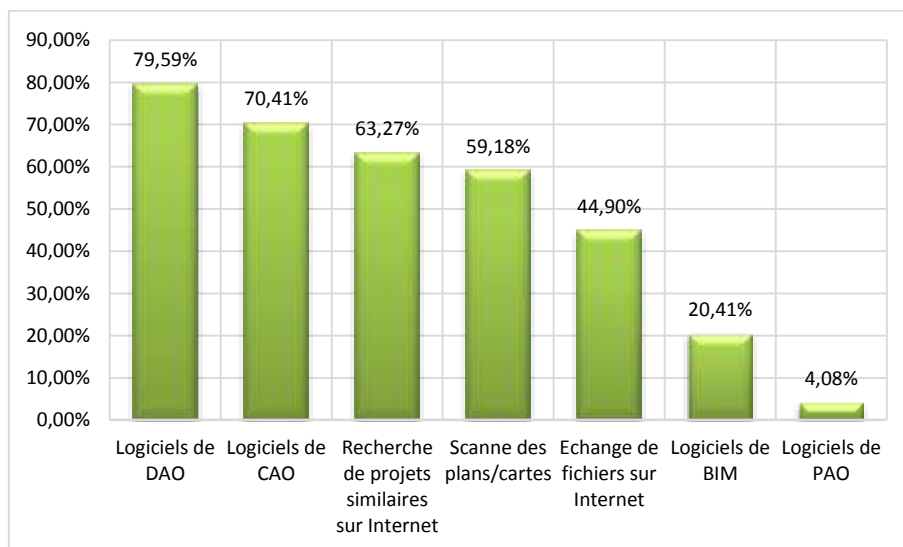


Figure 44: La signification de l'utilisation de l'outil informatique dans les projets chez les étudiants.

Source : Auteure, Mai-Juin 2015.

^a Voir Annexe I : Les outils de l'enquête.

La Figure 44 représente les pourcentages tels qu'ils ont été recueillis des questionnaires selon les modalités de réponse proposées initialement. Les réponses des étudiants correspondant à la modalité : « Autres » ont été groupées selon les catégories existantes ou de nouvelles catégories.

En se référant à l'objet de notre travail, nous ne considérons que les réponses relatives aux logiciels de CAO, DAO et BIM. Les logiciels de DAO comme modalité de réponse ont été observés chez 79,59% (taux de réponses multiples). Par conséquent, la majorité des étudiants considèrent que l'outil informatique équivaut aux logiciels de DAO. Ce résultat nous donne le premier indice révélant que les étudiants utilisent l'outil informatique principalement pour le dessin. Ce point sera confirmé par des réponses à d'autres questions détaillées dans le chapitre suivant^a. Un très faible pourcentage est réservé aux logiciels BIM, par méconnaissance ou aspect nouveau de cette discipline. Le pourcentage est confirmé par les résultats de la Figure 46 présentant que les BIM sont observés dans le 1/3 seulement des réponses (taux de réponses multiples).

Nous notons aussi, qu'à l'exception de la modalité de réponse : « Scanne des plans/cartes » (proposée par nous-mêmes), aucun étudiant n'a parlé des différentes technologies de production digitale, ce qui confirme que la compréhension de cet outil est limitée dans nos universités et qu'une meilleure compréhension et exploitation se voient nécessaires.

Concernant l'utilisation de cet outil et pour quelles tâches, Lucien Kroll a parlé -aux débuts des années 1980- d'une préhistoire obscure quant à l'utilisation de l'ordinateur : « *Elle aborde actuellement les architectes mais assez maladroitement. Elle sort à peine de son obscure préhistoire où elle n'avait pas pour ambition que de tracer bien proprement, éviter les fautes de dessins, calculer juste et surtout, pas de complication...* »¹. Les utilisations ont été simples pas complexes pour des « gens pas trop complexes » « *On se souvient que l'ordinateur appliqué à l'espace a d'abord été utilisé pour tracer des autoroutes, en calculer les coupes et les métrés et pour en présenter les perspectives [...] Aussitôt, il a été occupé à des calculs très compliqués de résistance de structures, de mécanique des sols, de fluides, d'équipements, d'organisation de proximités et de fonctions. Il ne touchait pas à l'architecture sauf pour quelques joueurs isolés. La CAO a été développée jusqu'à présent*

^a Voir *infra*, Chapitre 6, titre : III-2-2. Phasage d'utilisation de l'outil informatique.

pour servir les entreprises, les industries, un peu les géomètres (ce ne sont pas des gens trop complexes), les métreurs, les thermiciens, les ingénieurs civils, les calendriers... »²

Quant à nos étudiants et à travers notre travail d'enseignement et sur la base de nos enquêtes, nous pouvons dire que certains d'entre eux utilisent « maladroitement » l'outil informatique pour reprendre les propos de Kroll. Afin de vérifier ce point, des questions plus précises ont été adressées aux enseignants pour identifier les tâches pour lesquelles l'ordinateur est utilisé. Dans les modalités de réponse proposées aux enseignants, nous nous sommes intéressés plus précisément à la simulation et à l'optimisation comme tâches centrales de l'outil informatique « *the correct interpretation of simulation results is becoming a key qualification for future planners and designers* »³ tout en pensant que seul l'ordinateur peut assurer des simulations d'impact du bâtiment sur son environnement, de lumière, d'ombre, de ventilation, d'utilisation spatiale, de flux, ...en se basant sur les algorithmes « *Like mapping, simulation uses algorithms for preparing and processing information. With simulation procedures, complex systems and processes, such as flow behaviours, can be imitated in their progression, wich is in the most cases dynamic* »⁴. Les résultats ont donné que le 1/3 des enseignants questionnés confirment que leurs étudiants n'exploitent pas l'outil informatique pour faire des simulations. La modalité de réponse « Autres » n'a rien apporté de nouveau ; toutes les réponses transcrites correspondant à cette modalité (à l'exception d'une seule non identifiée) évoquent la simulation de la 3^{ème} dimension. C'est cette réponse proposée par les questionnés qui a pris le plus grand pourcentage. Entre les trois propositions de réponses proposées par nous-mêmes, il apparaît que 38,46% des étudiants utilisent l'outil informatique pour des calculs relatifs à l'orientation, l'ensoleillement, l'ombre (des bilans thermiques), tandis que les taux des deux autres réponses sont insignifiants. Les réponses collectées sont représentées dans la Figure 45.

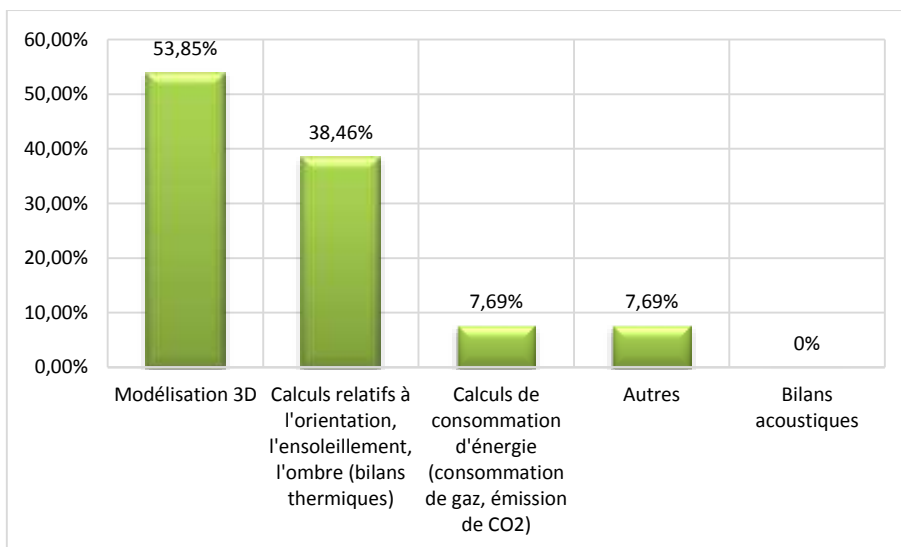


Figure 45: Les simulations pour lesquelles l'ordinateur est utilisé par les étudiants.

Source : Auteure, enquête enseignants, Février-Juin 2015.

Nous nous sommes adressés aux enseignants demandant des indicateurs clés qui peuvent nous révéler « la culture » des étudiants en matière de quelques concepts « à la page » et des différentes appellations de cette « nouvelle architecture »^a. Les résultats évoqués par les enseignants reflètent une méconnaissance flagrante de la part des étudiants qui ne sont pas à jour et une culture pauvre aidée par la non-actualisation des contenus de quelques matières telles que l'histoire de l'architecture. Par exemple, seulement la moitié des enseignants ont répondu que leurs étudiants connaissent/utilisent la morphogénèse et/ou la robotique.

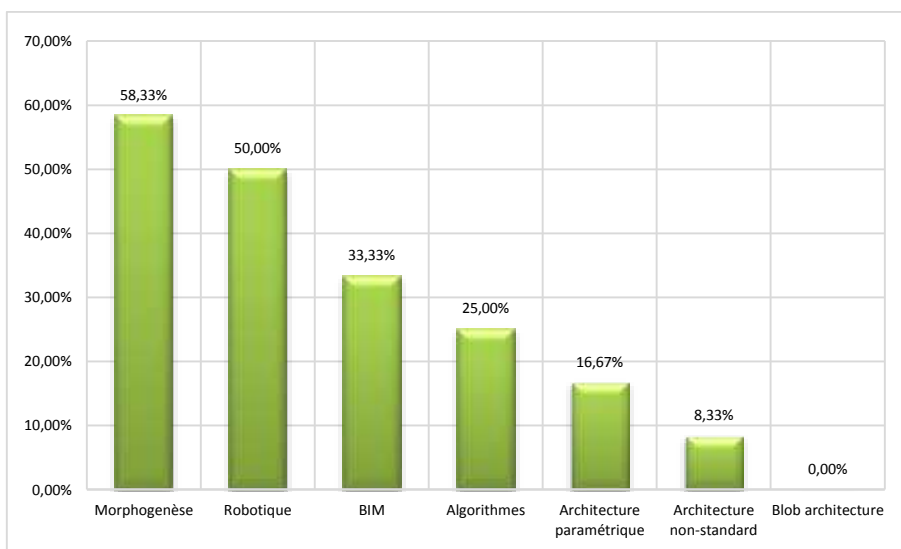


Figure 46: Connaissance/Utilisation de quelques concepts par les étudiants.

Source : Auteure, enquête enseignants, Février-Juin 2015.

^a Voir *Supra*, Chapitre 2, titre : I-2-2. Théories et tendances.

III-1-1-3. Autres intervenants

Les pourcentages élevés de l'utilisation de l'outil informatique observés dans les différentes années et établissements ne signifient pas que les étudiants réalisent personnellement -et sans aide- leurs travaux. L'enquête a montré qu'ils font appel aux services des bureaux d'études. En 2011-2012, cet appel est représenté par 32,28%^a des étudiants qui ont contacté les bureaux. Le pourcentage augmente tout en avançant dans les études (Figure 47). En fait, l'analyse statistique montre l'existence d'une corrélation significative entre les deux variables : le contact des bureaux d'études et l'année (Sig<0,05, khi-deux = 8,673)^b

Par ce contact, les étudiants veulent compenser quelques carences dans leurs projets. En plus, ils ont la certitude que le beau joue un rôle important dans l'approbation de ces projets, ils ont tendance à impressionner leurs enseignants et les membres des jurys d'évaluation par des tirages de haute qualité, de belles couleurs et des visites virtuelles attractives. Toutefois, il est à préciser, que dans notre analyse, nous n'avons pas considéré le tirage des plans comme faisant partie du contact des bureaux d'études, quoi qu'il revienne cher aux étudiants. Un étudiant a écrit : « *Le tirage de nos plans (de nos travaux) nous revient cher ; l'état doit mettre à notre disposition des tables traçantes pour une utilisation gratuite comme à Tlemcen* »^c.

^a 100% des réponses à cette question sont valides, 67,72% des réponses en NON.

^b Voir Annexe II : L'analyse statistique.

^c Questionnaire Etudiants, N° 422.

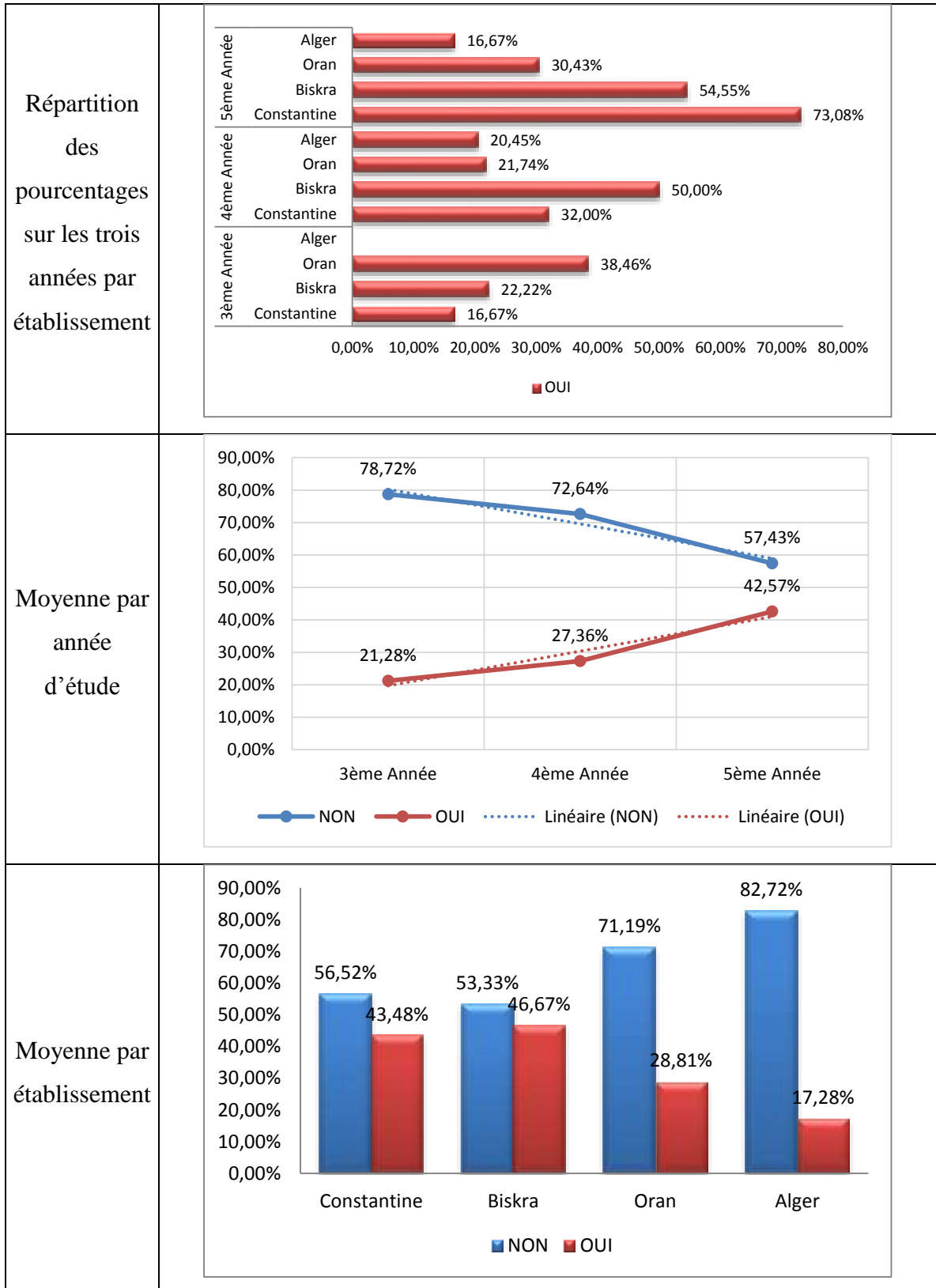


Figure 47: Pourcentage des étudiants qui ont contacté des bureaux d'études pour leurs projets

Source : Auteure, Mai-Juin 2012.

Le pourcentage obtenu des réponses positives (32,28% comme moyenne entre les trois années d'étude et les quatre établissements) est fallacieux ; il représente les projets réalisés en dehors de nos universités. Le pourcentage de Constantine pour la même année universitaire (2011-2012) est un peu élevé (43,48%), il a évolué en le comparant aux résultats des années universitaires précédentes (Figure 48). Pour la 1^{ère} enquête, il était de l'ordre de 34,39% (comme moyenne entre les trois années d'étude)⁵, en passant à 41,22% en 2009-2010.

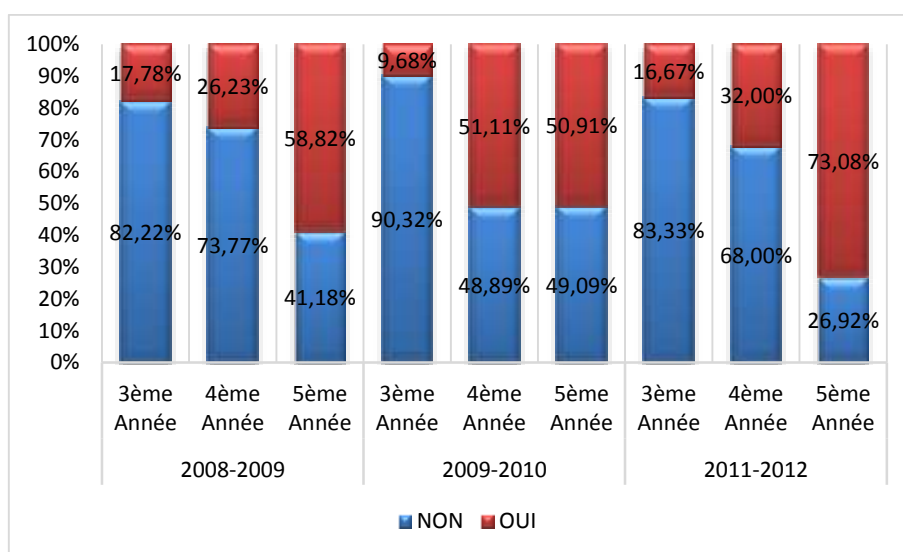


Figure 48: Evolution du contact des bureaux d'études établis par les étudiants de Constantine.

Source : Auteure, Janvier 2009/Mai 2010/Mai-Juin 2012.

Quant à l'EPAU, elle semble être la « moins tolérante » parmi les quatre institutions avec le pourcentage en Oui le plus bas (17,28%). En 3^{ème} année d'étude, aucun étudiant questionné à Alger n'a contacté un bureau d'études. Trois ans plus tard et dans le même établissement (EPAU), l'enquête nous a montré qu'aucun étudiant en Master 2 n'a contacté les bureaux d'études (Figure 49). Cela peut être justifié par l'évaluation dans cette école, étant donné que les membres des jurys sont externes à l'établissement.

Il est à noter que cette fois ci, le département de Biskra prend la tête de classement parmi les quatre établissements ; 46,67% de ses étudiants font appel aux bureaux d'études, alors qu'ils possèdent le plus bas pourcentage d'utilisation personnelle de l'outil informatique relativement aux trois autres établissements (Figure 37 et Figure 41). Cela nous a paru contradictoire à première vue, surtout, en croisant ces résultats avec la non-autorisation des

enseignants à l'utilisation de l'outil informatique en atelier (Figure 56). En fait, 35,56% des enseignants de Biskra n'autorisent pas l'utilisation de l'outil informatique en Atelier. En réponse, l'alternative choisie par ces étudiants est le contact des bureaux d'études, d'où le pourcentage élevé (c'est le plus grand pourcentage observé parmi les quatre établissements)

Un regard sur le système LMD et ses résultats (moyennes) nous montre qu'ils sont presque les mêmes que le système classique. La moitié des étudiants de fin de cycle ont confirmé ne pas contacter les bureaux d'études pour les deux systèmes (57,43% pour le système classique et 55,45% pour le LMD). Ceci dit, il est à noter les différences de choix entre les départements comme déjà mentionnées dans la Figure 47, et entre les deux systèmes à l'intérieur de chaque département aidé par l'écart temporel (trois ans entre les deux enquêtes). Mais, il nous semble que les étudiants de la dernière année d'enquête (2014-2015) ont tendance à se prendre en charge personnellement, présentant plus de maturité ; une enquête plus récente peut vérifier notre point de vue.

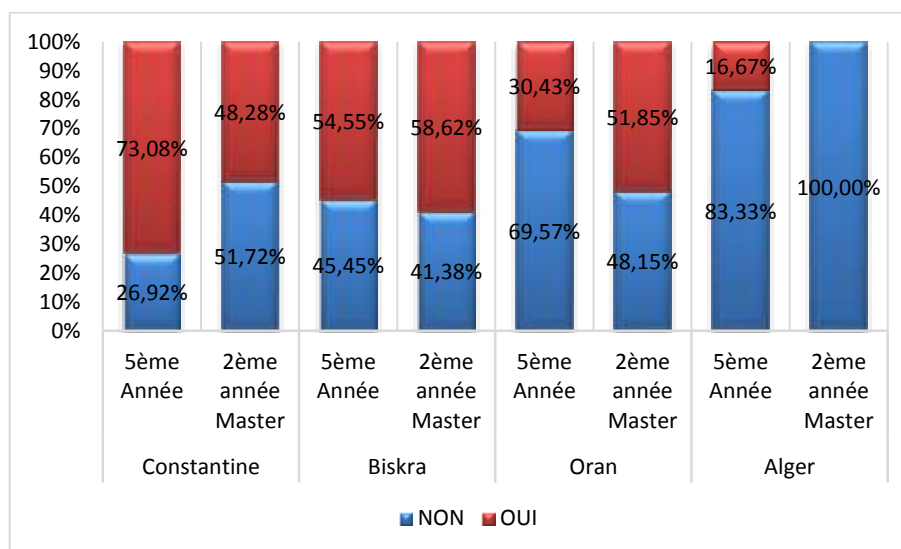


Figure 49: Contact des bureaux d'études par les étudiants de fin de cycle.

Source : Auteure, Mai-Juin 2012/Mai-Juin 2015.

Pour Constantine et en comparant l'année d'aboutissement du cursus dans les différentes années universitaires, les résultats représentés dans la Figure 50 présentent une non-stabilité de choix, à l'image de la Figure 48. Ces étudiants de fin de cycle n'ont pas les mêmes préférences à travers les quatre années universitaires. Les pourcentages changent et ne sont pas stables, ainsi, nous ne pouvons pas dire qu'il y a une évolution du contact des bureaux

d'études pour les étudiants de fin de cycle de Constantine sur les différentes années universitaires.

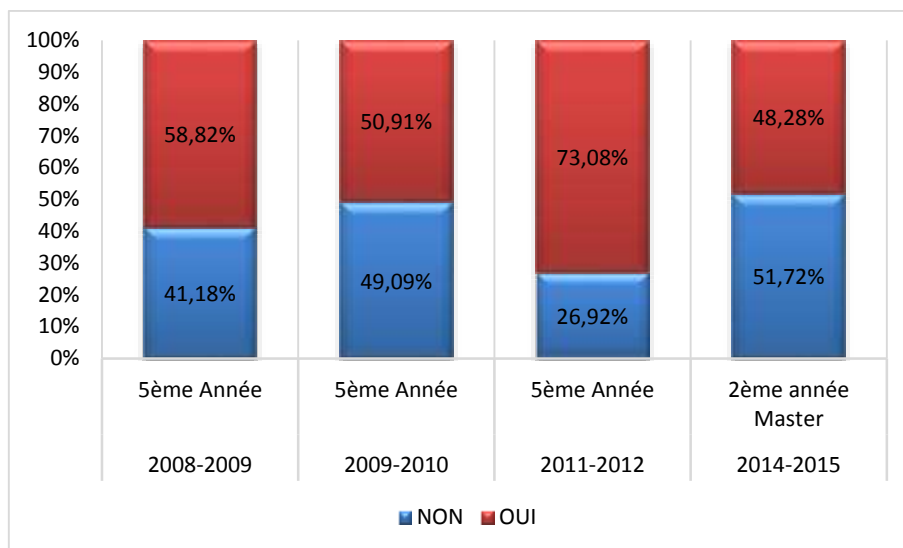


Figure 50 : Contact des bureaux d'études par les étudiants de la dernière année du cursus à Constantine.

Source : Auteure, Janvier 2009/Mai 2010/Mai-Juin 2012/Mai-Juin 2015.

En dehors des objectifs tracés pour chaque année et dont nous avons évoqué une partie plus haut, une remarque importante surgit concernant l'observation d'un pourcentage d'étudiants qui ont contacté des bureaux d'études pour leurs travaux en 1^{ère} année de formation (15,44% pour l'année universitaire 2011-2012) alors que l'un des objectifs primordiaux de cette année se résume dans l'entraînement de la main d'étudiant pour maîtriser les traits. Cela signifie que l'étudiant soit qu'il ne peut pas terminer et présenter son projet « tout seul » soit que les enseignants demandent des travaux dépassant ses capacités. La [Figure 51](#) illustre les années du contact des bureaux d'études pour chaque niveau, où nous pouvons constater que l'étudiant fait appel aux bureaux d'études dans toutes ses années de formation. Nous rappelons que nous ne parlons pas du tirage.

Les enseignants sont parfois surpris le jour d'affichage par des projets montrant une partie du produit réalisé en dehors de l'université. Un fait qui peut entraver l'évaluation objective des travaux. Ils sont conscients que les étudiants doivent être bien supervisés dans leurs projets jusqu'à l'affichage final. Une mission « difficile » le plus souvent avec les étudiants de la 5^{ème} année qui possède le plus haut pourcentage ([Figure 47](#)). Ces étudiants bénéficient d'un temps large avant la soutenance.

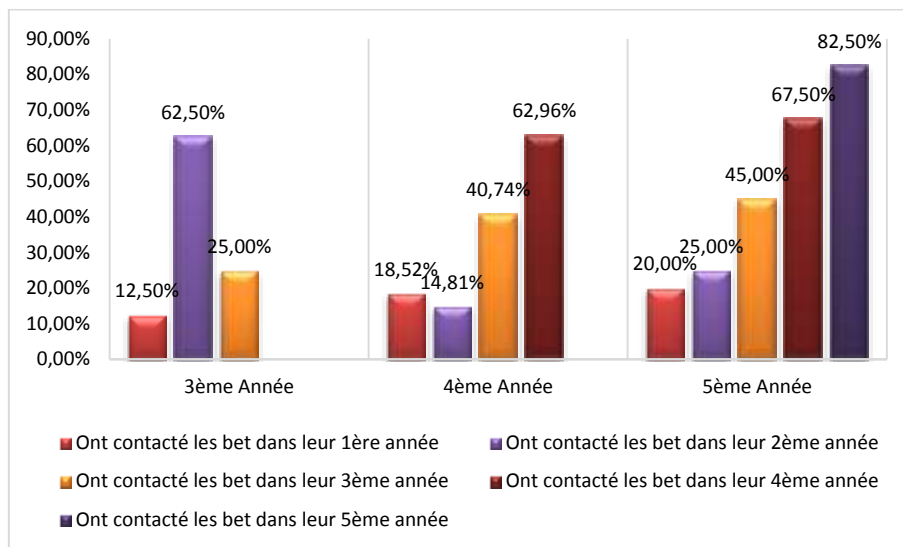


Figure 51 : Années du contact des bureaux d'études.

Source : Auteure, Mai-Juin 2012.

Pour les étudiants qui ont répondu NON au contact des bureaux d'études, il est intéressant de lire les remarques ajoutées par eux-mêmes à côté du NON exprimant une certaine fierté. Certains ont voulu confirmer la réponse en ajoutant : « *Je n'ai jamais contacté un bureau d'études* »^a, « *Jamais* »^b, « *Jamais, je fais tout seul* »^c, « *Non et jamais* »^d. Un autre a ajouté « *autonomie* »^e.

III-1-1-4. Prestations et dépenses

Contacté un bureau d'études pour un service quelconque engendre une dépense d'argent exprimée à travers les réponses, même si elles sont limitées. Le refus de réponse à cette question a affiché le taux le plus élevé parmi les questions du questionnaire adressé aux étudiants : 45,10% des étudiants concernés par la question dans les quatre années universitaires n'ont pas répondu pour une raison ou pour une autre (incompréhension de la question, incapacité d'estimer leurs dépenses, ...). La répartition des sommes dépensées dans les quatre années universitaires est représentée dans la figure ci-dessous. Pour un seul projet

^a Questionnaire Etudiants, N° 469, 470, 631 et 637.

^b Questionnaire Etudiants, N° 407, 493, 630 et 634.

^c Questionnaire Etudiants, N° 344

^d Questionnaire Etudiants, N° 635.

^e Questionnaire Etudiants, N° 249.

dans une année d'étude, 27,36% des étudiants dépensent plus que la moyenne de leur bourse d'étude annuelle.

Ces dépenses augmentent en passant d'une année à une autre. Effectivement, l'examen de Spearman^a nous montre qu'il y a une corrélation significative entre les deux variables : la somme dépensée et l'année d'étude (Sig<0,05). Et comme le coefficient de corrélation = 0,3, la corrélation est positive ; plus les étudiants avancent dans les études, plus ils dépensent.

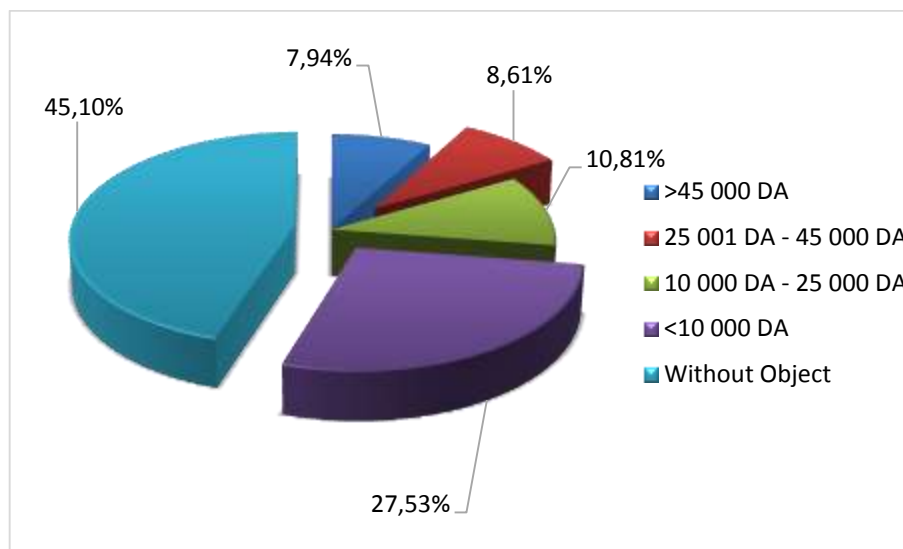


Figure 52 : Sommes dépensées par les étudiants pour les prestations fournies par les bureaux d'études.

Source : Auteure, Janvier 2009/Mai 2010/Mai-Juin 2012/Mai-Juin 2015.

Offrir de telles prestations est devenu un commerce connu qui entraîne beaucoup d'argent. De telles expériences ont été vécues à travers notre travail dans les bureaux d'études. Aux débuts des années 2000, cette activité considérée comme de la « sous-traitance » a fait survivre de nombreux bureaux d'études novices et qui n'avaient pas un plan de charges important. Cela sans parler de l'existence des « locaux » spécialisés exclusivement dans le tirage.

Quelques bureaux d'études offrent la possibilité de « saisir » et achever les dessins incomplets, de confectionner des 3D, des rendus et des visites virtuelles. L'enquête menée durant l'année universitaire 2011-2012, nous montre que les étudiants contactent les bureaux

^a Voir Annexe II : L'analyse statistique.

d'études beaucoup plus pour le rendu avec 29,94%^a. Une priorité pour l'ensemble des étudiants questionnés à travers les quatre années universitaires. En fait, c'est ce que nous avons pensé au début ; le rendu ou l'image de synthèse comme produit est très demandé, en se référant au postulat que l'informatique s'est introduite en force en architecture par la porte de production et confection de l'image. Les résultats issus du premier tri des réponses proposées dans le questionnaire ont confirmé notre idée. La Figure 53 présente un recensement brut des prestations fournies par les bureaux d'études.

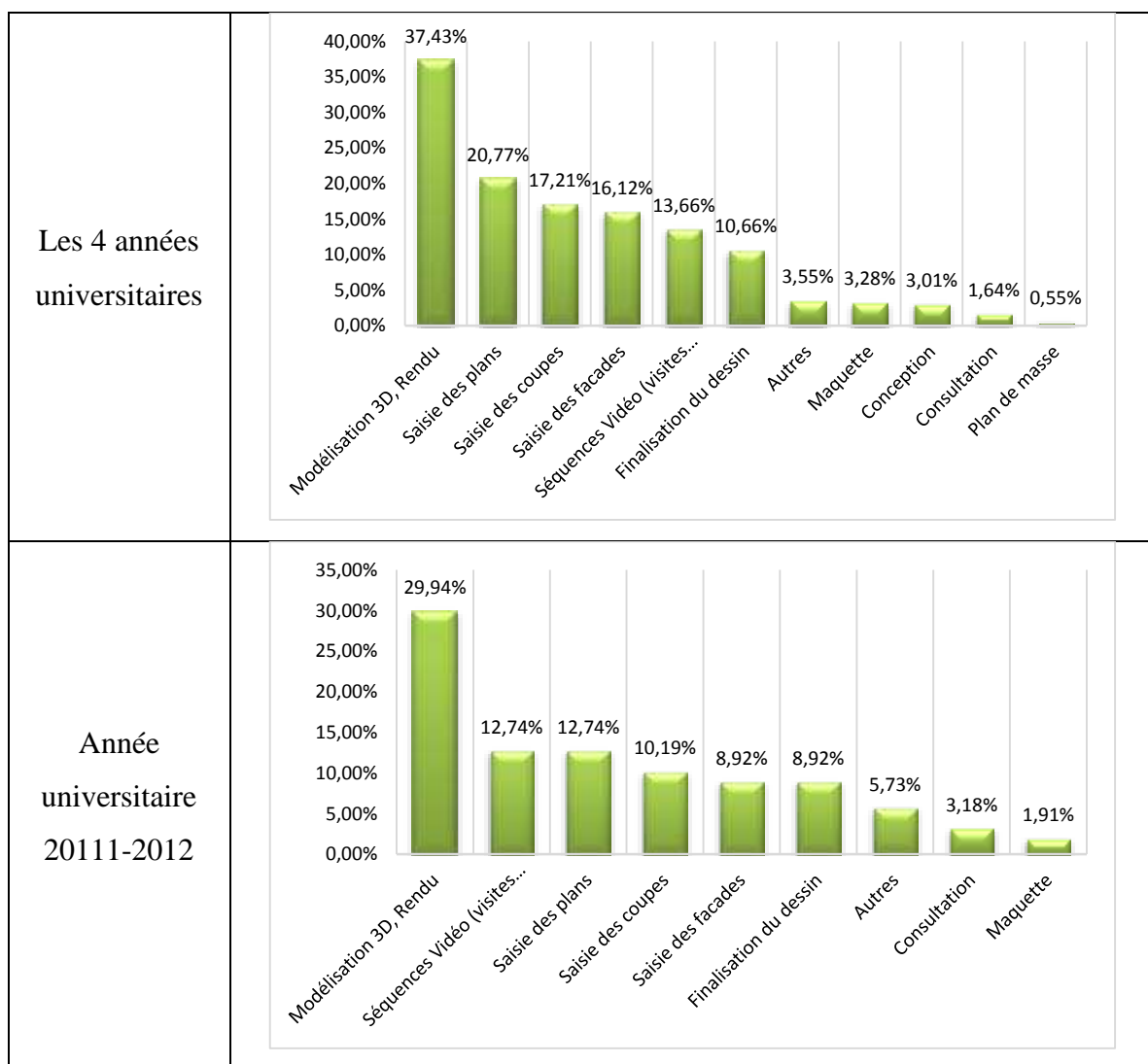


Figure 53 : Prestations fournies par les bureaux d'études.

Source : Auteure, Janvier 2009/Mai 2010/Mai-Juin 2012/Mai-Juin 2015.

^a La question a reçu 61,81% comme réponses valides, 37,01% non concernés par la question et 1,18% sans réponse

Dans une deuxième étape de tri, nous avons procédé comme suit :

- Examiner de près les modalités de réponse proposées dans le questionnaire ;
- Regrouper toute réponse relative à la saisie et à la finalisation du dessin dans la catégorie : « Dessin » ;
- Revoir les réponses relatives à la modalité « Autres », par le fusionnement des réponses ayant des pourcentages insignifiants ;
- Recalculer les nouvelles variables (catégories) : « Dessin » et « Autres » ;
- Recoder ces variables ;
- Puis refaire l'analyse pour la question en prenant en compte les nouvelles catégories.

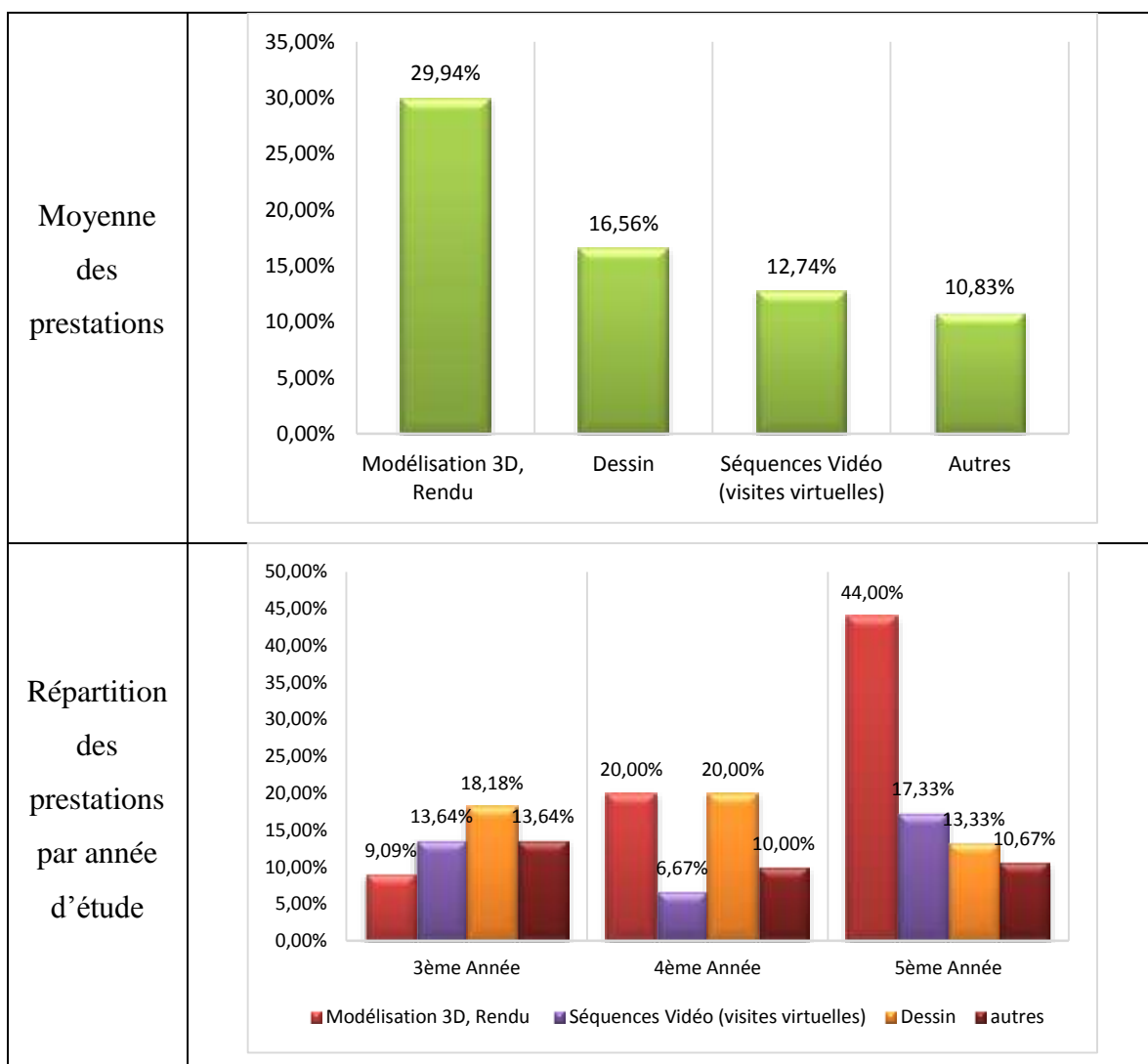


Figure 54 : Prestations fournies par les bureaux d'études (répartition revue).

Source : Auteure, Mai-Juin 2012.

Nous étions surpris de trouver que le pourcentage de la catégorie « Dessin » est important. Le dessin est la deuxième prestation demandée par les étudiants de 2011-2012 dans les quatre établissements (Figure 54). En 3^{ème} année, il a dépassé les autres prestations avec 18,18%. Le maximum est observé en 4^{ème} année au même pied d'égalité avec les images de synthèse. Ce n'est qu'en 5^{ème} année que ces dernières prennent de l'avance. La préoccupation alors, n'est plus « seulement » l'image ou le rendu ; le problème se situe plutôt au niveau du dessin. Et pour une deuxième fois, nous nous demandons si l'étudiant ne peut pas terminer son travail « tout seul » ou si les enseignants et/ou les programmes établis dépassent ses capacités.

En se référant aux résultats de l'année universitaire 2011-2012, nous pouvons dresser les remarques suivantes :

- Il apparaît que les coupes sont difficiles pour les étudiants ou du moins non prioritaires, un pourcentage égal à 10,19% (Figure 53) est -à notre avis- un peu élevé, et pourtant, ces coupes ne relèvent pas de la conception, ou au moins c'est ce que pensent les étudiants qui ne peuvent pas les « générer » à partir de la 3D comme ils réussissent à le faire pour les façades ;
- Les prestations et leur classement changent d'une année à une autre comme indiqué dans la Figure 54, selon les priorités et les objectifs tracés pour chaque année. A l'exemple de la cinquième année où le rendu est prioritaire, suivi par les séquences vidéo « utiles » pour la soutenance du PFE (Projet de Fin d'Etudes), puis le dessin.
- 10,83% d'étudiants concernés par la question ont contacté les bureaux d'études pour d'autres services tels que :
 - La consultation : cette modalité de réponse ne figure pas dans le questionnaire mais elle a été recensée suite aux réponses écrites des étudiants, elle marque un pourcentage de 3,18%, elle concerne les points suivants :
 - Le système structurel^a, « *Pour d'autres consultations éventuelles pour mon projet en termes de structure généralement* »^b;
 - Le détail de réalisation « *Détail* »^c, « *Détail de structure* »^d ;

^a Questionnaire Etudiants, N° 448.

^b Questionnaire Etudiants, N° 545.

^c Questionnaire Etudiants, N° 581.

^d Questionnaire Etudiants, N° 607.

- « *Des informations sur les logiciels* »^a a précisé un étudiant de 3^{ème} année d'Oran ;
 - Les exposés : « *Exposés d'atelier* »^b et « *Diaporama* »^c ;
 - Mise en forme des posters (avec Photoshop le plus souvent), « *Organisation du panneau* »^d
 - Quelques étudiants de la 5^{ème} année ont parlé du découpage laser^e, une des technologies digitales qui seront détaillées dans la fin de ce chapitre ;

Pour le système LMD, les étudiants des quatre établissements ont gardé les mêmes priorités que celles des étudiants de la 5^{ème} année du système classique. Une comparaison entre les prestations fournies par les bureaux d'études pour le compte des étudiants de 5^{ème} année du système classique en 2011-2012, et celles demandées par les étudiants de 2^{ème} année master du système LMD en 2014-2015, est représentée dans la Figure 55.

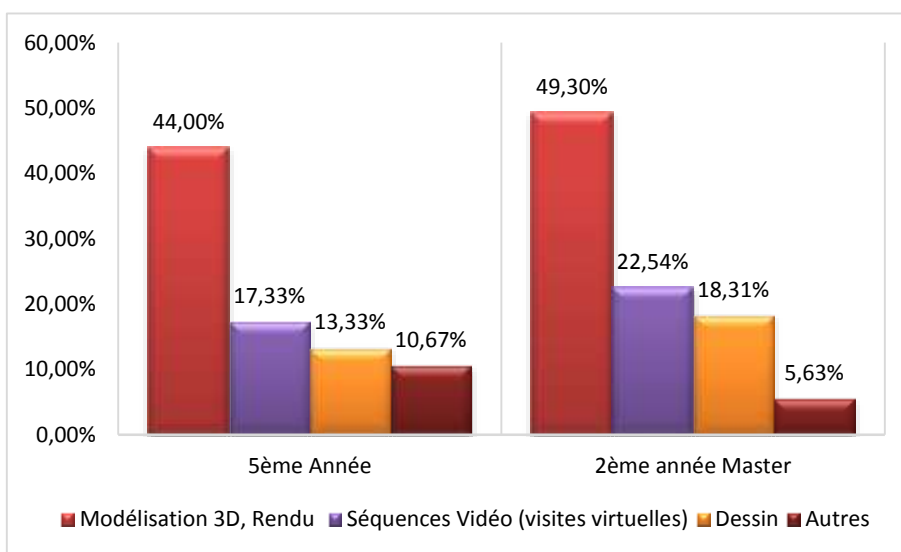


Figure 55 : Prestations fournies par les bureaux d'études pour le compte des étudiants de fin de cycle.

Source : Auteure, Mai-Juin 2012/Mai-Juin 2015.

^a Questionnaire Etudiants, N° 406.

^b Questionnaire Etudiants, N° 311 et 313.

^c Questionnaire Etudiants, N° 153.

^d Questionnaire Etudiants, N° 579.

^e Questionnaire Etudiants, N° 520 et 522.

Les prestations assurées par les bureaux d'études ont évolué parallèlement à l'évolution technologique et la maîtrise des logiciels :

- Il n'y avait pas de découpage laser en 2008-2009, cette réponse a été inscrite dans la modalité « Autres » par quelques étudiants à Alger en 2011-2012 ;
- Les séquences vidéo ont été absentes en 2008-2009 (0%) avant d'évoluer et atteindre 22,54% en 2014-2015 ;
- Inversement aux séquences vidéo ; la maquette « physique » marque un pourcentage très timide ; un outil qui est en train de perdre de sa valeur. En 2008-2009, nous pouvons lire un pourcentage égal à 9,26% pour disparaître en 2014-2015 (0%).

III-1-1-5. Les enseignants

Si nous nous orientons vers les enseignants d'Atelier, certains d'entre eux ne sont pas favorables à l'utilisation de l'outil informatique (comme nous l'avons déjà mentionné). Les étudiants ont été questionnés s'ils sont « autorisés » par leurs enseignants à utiliser un tel outil et leurs réponses sont représentées dans la Figure 56.

L'enquête de 2011-2012 montre que les enseignants sont favorables à l'utilisation de l'outil informatique sur l'ensemble des établissements et des trois années d'étude, 80,95% des étudiants questionnés ont répondu Oui à cette question, quoique les pourcentages varient d'une année à une autre et d'un établissement à un autre. En observant nos résultats, nous pouvons remarquer que les pourcentages augmentent tout en avançant dans les études. En effet, le test statistique confirme l'existence d'une corrélation significative entre les deux variables : l'autorisation de l'enseignant et l'année d'étude ($\text{Sig} < 0,05$) ($\text{Khi-deux} = 18,084$)^a. Les réponses par Non en 3^{ème} année représentent un pourcentage important (41,30%), ce qui est justifié de la part des enseignants par les objectifs de l'année et est reflété à travers les réponses des étudiants à l'utilisation de l'outil informatique dans l'année courante (Figure 37). Cette utilisation dans la 3^{ème} année affiche le pourcentage le plus bas entre les années d'étude (65,96%).

^a Voir Annexe II : L'analyse statistique.

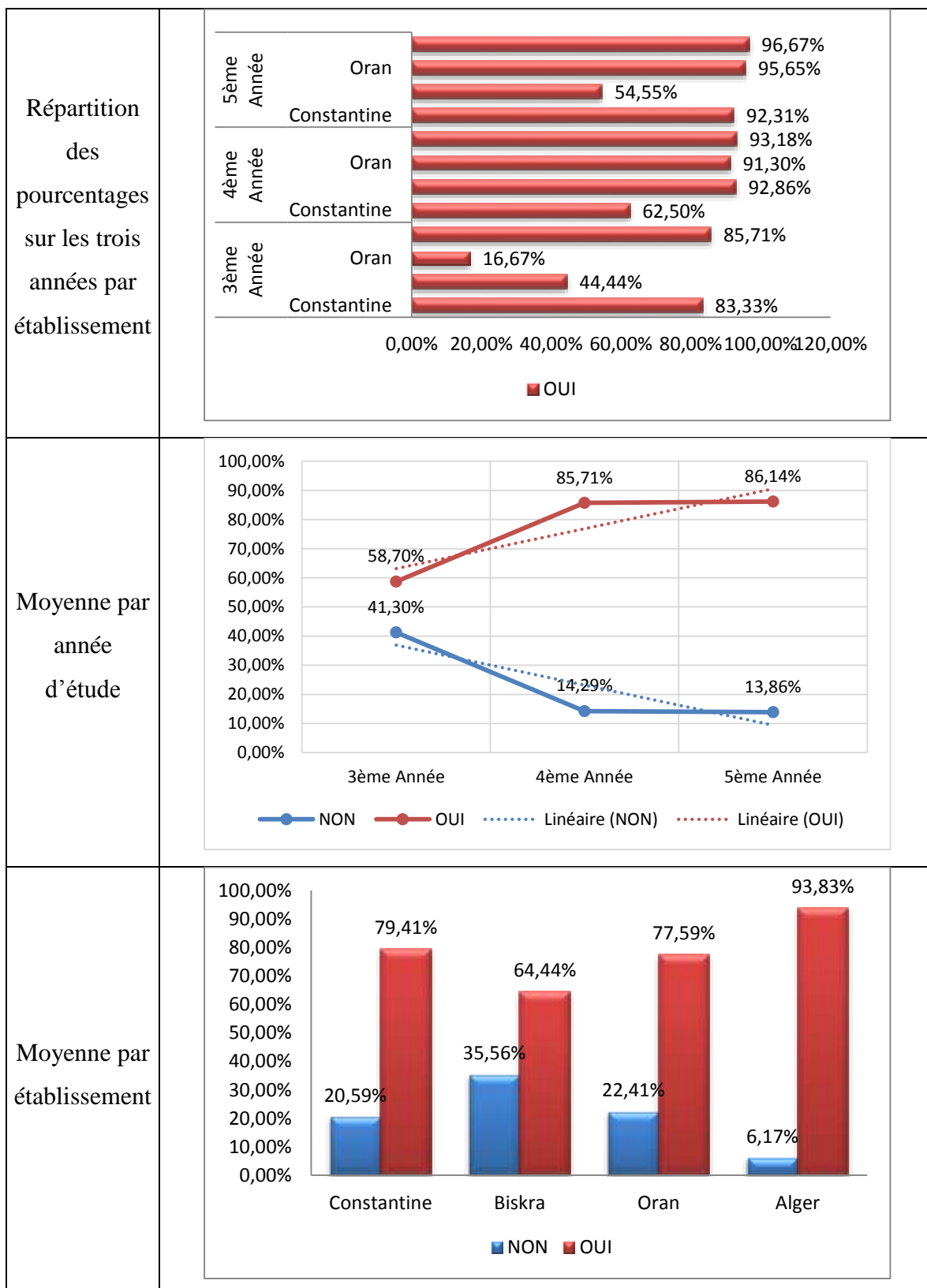


Figure 56 : « L'autorisation » d'utilisation de l'outil informatique en Atelier.

Source : Auteure, Mai-Juin 2012.

Les enseignants de l'EPAU sont les « plus tolérants » parmi leurs collègues des autres établissements, avec le plus bas pourcentage des réponses par Non (6,17%) appuyant l'utilisation unanime de l'outil informatique par leurs étudiants représentée dans la Figure 37. De la même manière, les enseignants de Biskra sont les « moins tolérants » avec la non-autorisation la plus élevée (35,56%) étayant le pourcentage le plus élevé des réponses par Non pour l'utilisation de l'outil informatique de leurs étudiants, représentée dans la Figure 37.

En conclusion, la Figure 56 confirme les résultats de la Figure 37 ; les réponses à l'utilisation de l'outil informatique à travers les trois années et dans les quatre établissements correspondent parfaitement avec les réponses d'autorisation des enseignants. L'analyse statistique confirme cette corrélation significative entre l'utilisation de l'outil informatique par les étudiants et l'autorisation de leurs enseignants (Sig<0,05, khi-deux = 62,977)^a

Notons que la question a été détaillée pour connaître à quelle phase du projet les enseignants autorisent l'utilisation de l'outil informatique. Quatre phases ont été proposées aux étudiants comme modalités de réponse (Analyse, esquisse, avant-projet et projet final). La phase analyse quoiqu'elle ne nous intéresse pas dans notre travail, a été maintenue dans la question. Pour ceux qui ont choisi uniquement cette réponse (analyse), leur réponse à la question filtre (autorisation de l'enseignant) a été considérée Non. Les résultats détaillés relatifs aux différentes phases montrent des pourcentages très bas, comme suit :

- 29,63% des répondants ont confirmé l'autorisation de l'outil informatique dans les quatre phases ;
- 7,87% l'utilisent à partir de la deuxième phase : esquisse ;
- 17,13% l'utilisent à partir de la troisième phase : avant-projet ;
- 13,43% l'utilisent uniquement dans la phase : projet final.

Après examen des réponses, il s'avère que cette autorisation n'est pas valable pour toutes les étapes du projet. L'esquisse comme phase est non concernée par cette autorisation. Ce dernier point relatif au phasage d'utilisation de l'outil informatique par nos étudiants sera pris avec plus de détail dans le chapitre suivant.

^a Voir Annexe II : L'analyse statistique.

En 2011-2012, le département le plus « restrictif » est celui de Biskra, même pour les étudiants de la 5^{ème} année. Ses enseignants sont divisés en deux groupes (avec des pourcentages qui se rapprochent) : ceux autorisant l'utilisation et autres l'interdisant. Trois ans plus tard, la situation a complètement changé dans ce département pour les étudiants de 2^{ème} année Master avec une autorisation unanime à 100% (Figure 57)

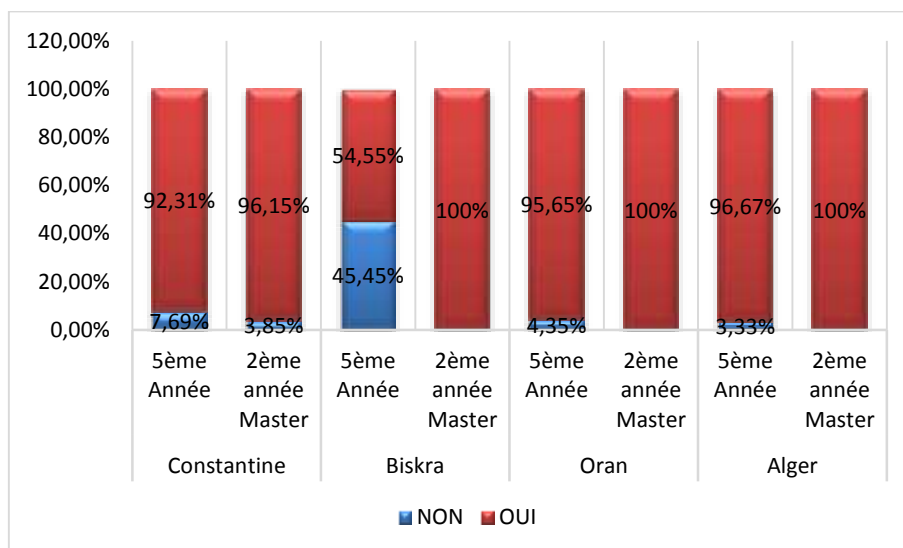


Figure 57 : « L'autorisation » d'utilisation de l'outil informatique en Atelier pour les étudiants de fin de cycle.

Source : Auteure, Mai-Juin 2012/Mai-Juin 2015.

Quant au département de Constantine qui a bénéficié de plusieurs enquêtes, c'est l'utilisation de l'outil informatique en 4^{ème} année qui pose problème entre les enseignants et les étudiants. Le 1/3 des enseignants de la 4^{ème} année d'études (en moyenne entre les trois années universitaires) préfèrent que leurs étudiants confectionnent le détail à la main (Figure 58).

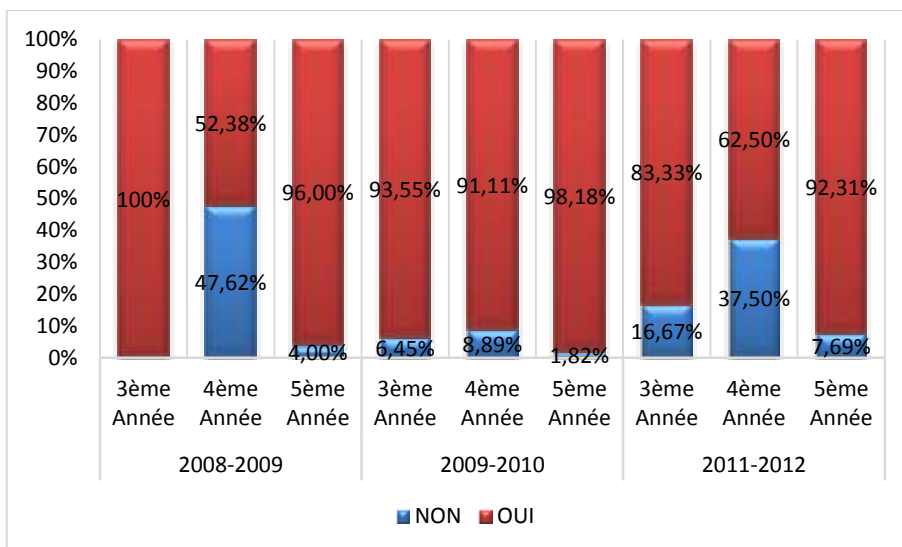


Figure 58 : Evolution de « l'autorisation » d'utilisation de l'outil informatique en Atelier pour les étudiants de Constantine.

Source : Auteure, Janvier 2009/Mai 2010/Mai-Juin 2012.

Pour les étudiants de fin de cycle du même département, les pourcentages sont presque stables et identiques sur les quatre années universitaires (Figure 59).

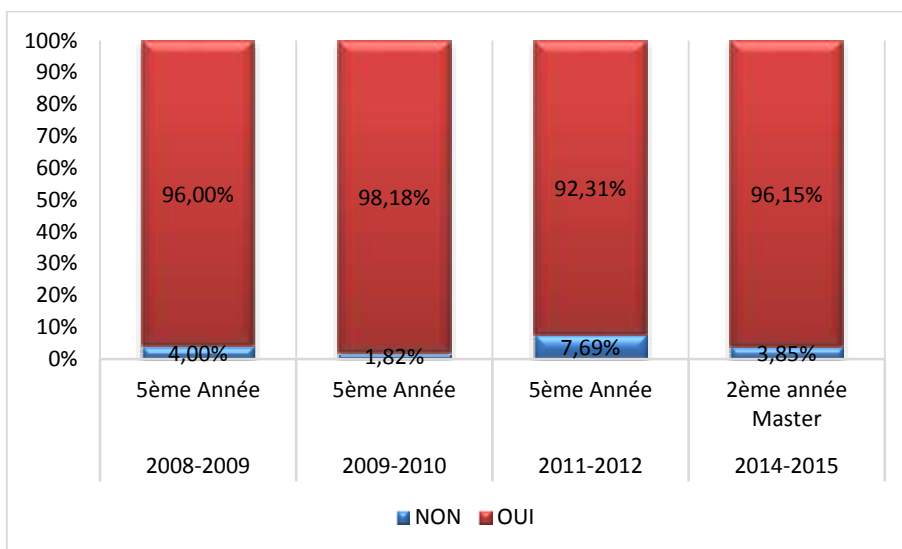


Figure 59 : Evolution de l'autorisation des enseignants pour la dernière année du cursus à Constantine.

Source : Auteure, Janvier 2009/Mai 2010/Mai-Juin 2012/Mai-Juin 2015.

Les remarques marginales ajoutées par les étudiants à côté des réponses à cette question (l'autorisation des enseignants) ont attiré notre attention :

- A côté de la réponse Non : un étudiant a écrit “*malheureusement*”^a ;
- A côté de la réponse Oui : un étudiant a ajouté “*with difficulty*” et un autre a écrit « *pas par tous* »^b en parlant des enseignants.

En s’orientant vers les enseignants, ils ont confirmé à travers l’enquête auprès d’eux que l’utilisation de l’outil informatique dans le processus d’un projet architectural ne dépend pas de leur « autorisation » : 78,95% de ces enseignants (taux de réponses multiples) laissent l’initiative à leurs étudiants (Figure 60). Le 1/3 seulement affirme que l’utilisation est suggérée par la démarche pédagogique. D’autres enseignants ont préféré répondre autrement : « *C’est un outil incontournable* »^c

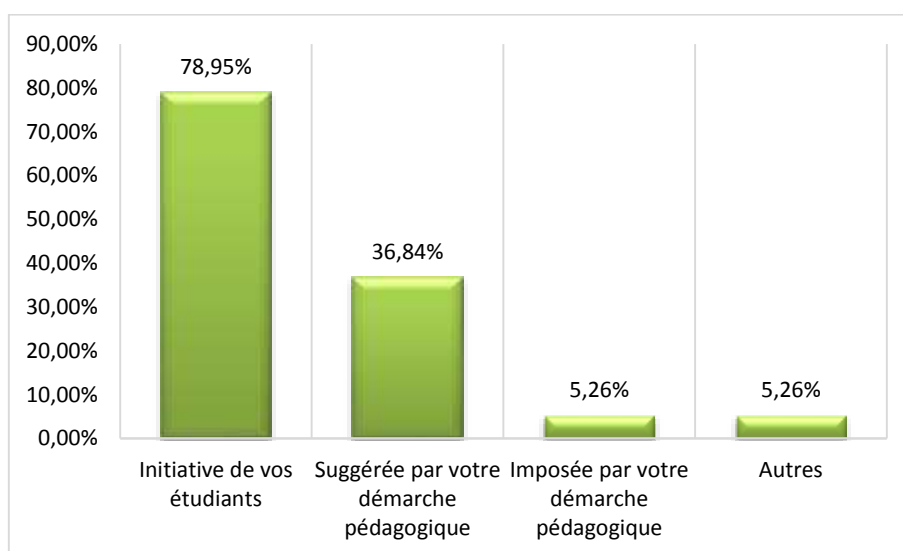


Figure 60 : L’utilisation de l’outil informatique dans le processus d’un projet.

Source : Auteure, enquête enseignants, Février-Juin 2015.

Ces enseignants sont en moyenne (entre les quatre établissements) à 60,87% formés en CAO-DAO-BIM. L’analyse statistique nous montre la non-existence d’une corrélation significative ($\text{Sig} > 0,05$) entre la formation de l’enseignant en CAO-DAO-BIM et son grade^d,

^a Questionnaire Etudiants, N° 211.

^b Questionnaire Etudiants, N° 422.

^c Questionnaire Enseignants, N° 1.

^d Voir Annexe II : L’analyse statistique.

d'une part, et d'autre part entre la formation et son âge^a. Les enseignants se forment dans cet outil tout âge confondu ; les pourcentages des réponses positives se rapprochent comme indiqué dans la Figure 61. Notre enquête infirme l'hypothèse^b stipulant que les enseignants de « l'ancienne génération » sont figés dans une vision classique et ne sont pas à jour en matière de formation en CAO-DAO-BIM.

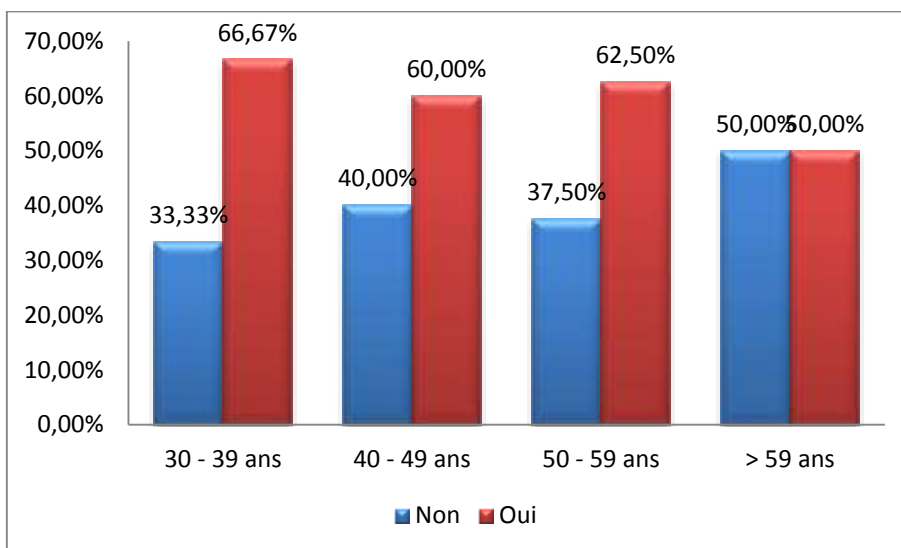


Figure 61 : Formation des enseignants en CAO-DAO-BIM.

Source : Auteure, enquête enseignants, Février-Juin 2015.

A l'image des étudiants, les enseignants ne se forment pas dans leurs lieux du travail, la plus grande partie se forme à titre personnel. Les enseignants qui ont choisi « Autres » ont précisé que la formation a pris lieu lors de la graduation « *dans mes études d'architecture* »^c ou de la post-graduation « *ma post graduation* »^d. Certains d'entre eux ont évoqué et encouragé l'initiative de l'EPAU offrant la possibilité aux enseignants de se former in situ (dans l'école).

^a Voir Annexe II : L'analyse statistique.

^b Voir *Supra*, Partie introductive, titre : 3. hypothèses et cadre de la recherche.

^c Questionnaire Enseignants, N° 11.

^d Questionnaire Enseignants, N° 1.

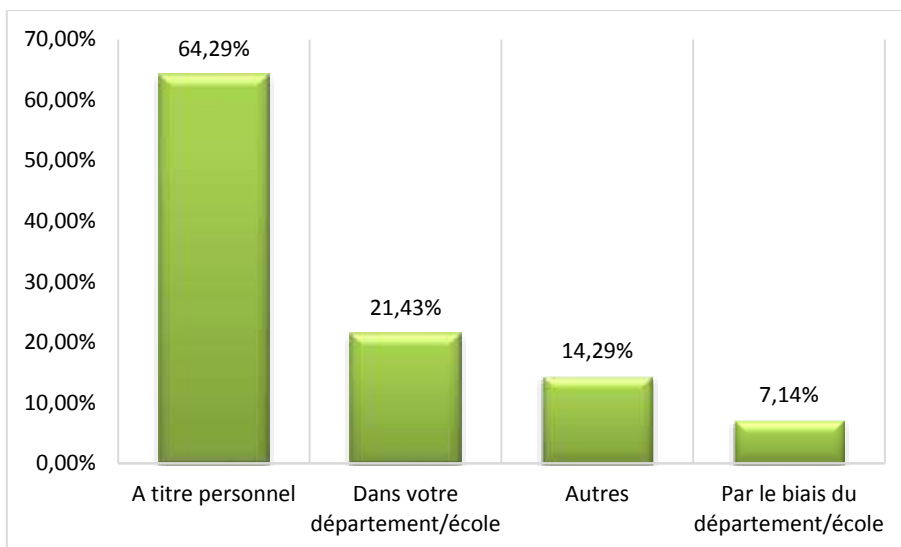


Figure 62 : Lieu de formation des enseignants.

Source : Auteure, enquête enseignants, Février-Juin 2015.

Mais que pensent réellement ces enseignants de l'outil informatique dans le projet architectural ? Nous avons vu plus haut qu'ils se divisent en deux parties : une « pro-technique » avec l'outil, convaincue de son importance et nécessité d'utilisation. Quant à la deuxième, elle s'oppose à la technique en faisant l'éloge du dessin comme explique Bourbonnais : « *Il s'établit alors une discrimination de principe selon laquelle les techniques analogiques deviennent acceptables, tandis que les techniques numériques sont à bannir parce qu'elles ne permettent pas de saisir « l'essence » de la conception, qui se trouve dans le dessin, et plus particulièrement dans la correspondance de la main (du trait) et de la pensée.* »⁶

Une catégorisation des avantages et des inconvénients de l'outil informatique recensés à travers l'enquête auprès des enseignants est proposée dans ce qui suit sur la base d'une transcription de leurs réponses :

a) Les avantages :

- **La gestion du temps :** effectivement un des avantages de l'informatique réside dans les facilités qu'elle offre pour partager et modifier rapidement tout en évitant l'exécution des tâches répétitives :
 - « *Rapidité d'exécution* »^a

^a Questionnaire Enseignants, N° 2.

- « *Je l'ai dit plus haut, je n'ai jamais étudié l'outil informatique, par conséquent, je ne connais pas d'avantage autre que celui de la rapidité d'exécution (dessin)* »^a
- « *Prise en charge de plus de détails dans le projet en raison de la facilité d'exécution du dessin, la capitalisation des données est plus importante, gain du temps dans l'état d'avancement (prise en charge des remarques après les corrections)* »^b
- « *Le gain du temps dans le travail graphique, la possibilité et la facilité du feed-back* »^c
- « *Simplifier les tâches surtout dans la phase esquisse, réduction de temps fournis à plus que 50%* »^d
- « *Gagner du temps, lors d'une modification, on n'est pas obligé de revenir au point de départ, pouvoir créer ou générer plusieurs variantes* »^e

- **Une meilleure qualité de représentation :**

- « *Pouvoir utiliser de meilleurs graphismes, finitions couleurs, textures, etc...* »^f;
- « *L'outil informatique aide beaucoup plus à améliorer la qualité graphique* »^g ;

- **Une amélioration des « modes traditionnels » de conception offrant une complexité formelle :**

- « *Lorsqu'il est bien maîtrisé, il permet de produire une architecture de qualité* »^h ;
- « *Moins de restriction dans la phase conception concernant la plastique du projet. Il permet de compenser les faiblesses de l'étudiant dans la dimension spatiale du projet* »ⁱ ;

^a Questionnaire Enseignants, N° 7.

^b Questionnaire Enseignants, N° 3.

^c Questionnaire Enseignants, N° 13.

^d Questionnaire Enseignants, N° 14.

^e Questionnaire Enseignants, N° 22.

^f Questionnaire Enseignants, N° 22.

^g Questionnaire Enseignants, N° 15.

^h Questionnaire Enseignants, N° 4.

ⁱ Questionnaire Enseignants, N° 10.

- « *Indéniablement, il y a à soulever l'impact positif de l'outil informatique en matière de gain de temps, de perfectionnement et de maîtrise de l'aspect complexe de l'approche conceptuelle lors de l'apprentissage du projet architectural* »^a
- « *Aller vers des solutions architecturales complexes* »^b
- **Les simulations, les multiples variantes, plusieurs choix, l'aide à la décision :**
 - « *Utile pour la simulation et la vérification de différentes solutions : en tant qu'outil d'aide à la décision* »^c ;
 - « *Possibilité de plusieurs variantes et choix de conception* »^d ;
 - « *La possibilité de maîtriser les ambiances du projet* »^e
- **L'imagination, la créativité :**
 - « *La possibilité d'élargir le champ d'imagination et de créativité par la manipulation de l'outil informatique et par les possibilités qu'il offre : modification, transformation et autres* »^f ;
 - « *Amélioration de la conception et créativité* »^g

Les avantages et leurs priorités exprimés par les enseignants d'Atelier ont été confirmés par les réponses à une question vérifiant la première utilité de l'outil informatique (Figure 63). Les enseignants pensent (même si cette finalité n'est pas atteinte par leurs étudiants) que la première utilité de l'outil informatique est l'amélioration de la créativité avec un pourcentage égal à 30,43%. En 2^{ème} lieu, ils ont choisi l'amélioration de la qualité graphique (21,74%). D'autres enseignants ont préféré jumeler plusieurs réponses : « *je ne vois pas pourquoi on doit choisir une seule réponse au moment où les réponses 1,2 et 4 sont possibles à la fois* »^h, en parlant de : l'amélioration de la qualité graphique, l'amélioration de la conception et l'amélioration de la créativité. Un autre enseignant a écrit : « *Rapidité* »ⁱ .

^a Questionnaire Enseignants, N° 21.

^b Questionnaire Enseignants, N° 22.

^c Questionnaire Enseignants, N° 5.

^d Questionnaire Enseignants, N° 14.

^e Questionnaire Enseignants, N° 13.

^f Questionnaire Enseignants, N° 19.

^g Questionnaire Enseignants, N° 11.

^h Questionnaire Enseignants, N° 22.

ⁱ Questionnaire Enseignants, N° 2.

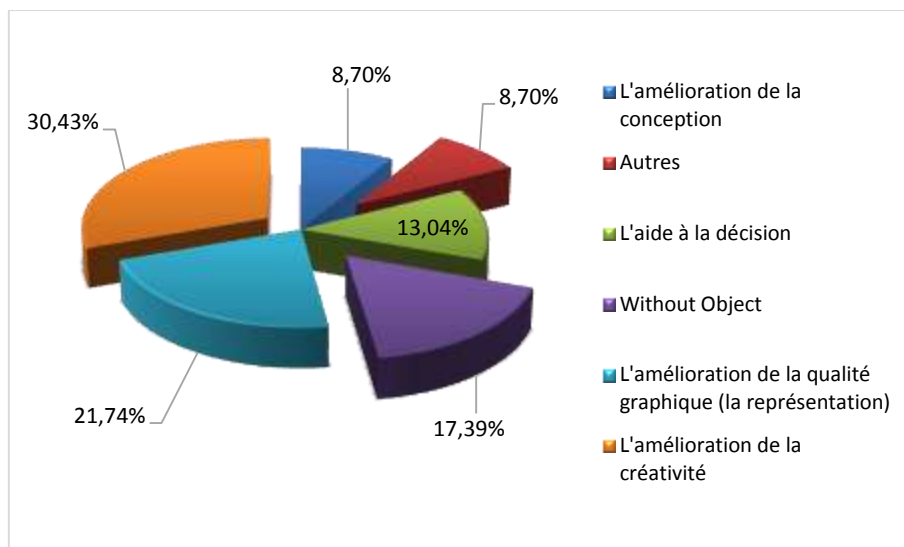


Figure 63 : Première utilité de l'outil informatique d'après les enseignants.

Source : Auteure, enquête enseignants, Février-Juin 2015.

b) Les inconvénients

Les motifs justifiant la non-autorisation de l'outil informatique par les enseignants sont étayés par les inconvénients de cet outil cités par eux-mêmes, et résumés dans les points suivants :

- **L'absence de sensibilité** : le projet architectural est devenu un objet réduit à son caractère technique et fonctionnel, mettant de côté la dimension artistique et symbolique. Certains enseignants se demandent comment une machine avec un « simple » programme technique peut produire une architecture humaine. Un avis partagé par quelques architectes dans le monde. En 1997, Lemoine a écrit : « *La richesse et la sensibilité d'un rendu ne peut être traduite par l'informatique, qui implique presque toujours une certaine pauvreté de représentation.* »⁷, il continue en donnant l'avis d'un responsable d'une agence qui confirme que « *l'informatique se situe clairement du côté du bâtiment plus que de l'architecture.* »⁸. Plus récemment, Gehry est du même avis, il explique en évaluant un travail d'un architecte : « *Il n'a pas pu transmettre, par le biais de l'ordinateur, sa sensibilité artistique au bâtiment terminé. Voilà ce qui manque, selon moi ; c'est ce chaînon manquant que j'ai toujours ressenti.* »⁹ :
 - « *Uniformisation de la conception, absence de la dimension artistique* »^a ;

^a Questionnaire Enseignants, N° 2.

- « *Limite parfois la réflexion, lorsque l'outil n'est pas bien maîtrisé, le projet semble très technique sans charge symbolique* »^a ;
 - « *Il me semble que le problème majeur demeure la limitation des champs des possibles dans la création. Il peut être restrictif par rapport à une approche formelle, psychologique de l'espace, là où la sensibilité de l'architecte intervient nécessairement* »^b ;
 - « *Imagination limitée et basée sur la performance du logiciel utilisé, limitation de performance artistique* »^c
- **Le problème d'échelle** : En CAO-DAO-BIM, nous dessinons les projets à l'échelle réelle 1:1, par conséquent, les enseignants ne peuvent pas visualiser la totalité du projet sur un écran. Ils sont du même avis de Picon que « *la notion d'échelle se trouve remise en cause. Le monde numérique, le monde de la complexité fractale et des images cliquables et zoomables est un monde sans échelle. Sur les écrans d'ordinateur, les formes flottent sans dimension a priori, et cette prise de distance à l'égard des systèmes de mesure traditionnels finit par influencer la pratique concrète du projet.* »¹⁰. L'expérience montre que la probabilité de sous-estimer l'échelle existe pour un travail qui se fait exclusivement sur écran. Pour remédier à ce problème, les enseignants exigent la correction sur papier, comme explique un répondant : « *Cependant, et dans un souci de permettre aux apprenants de palper concrètement les solutions aux situations problèmes inhérentes à chaque projet, il y a lieu de signaler que les corrections des projets ne sont pas généralement entreprises sur micro, mais beaucoup plus sur papier après tirage des plans saisies* »^d ;
- « *Perte de temps « pour les étudiants débutants », mauvaises surprises de rendu après impression (graphisme et échelle)* »^e
- **Le déjà-vu** : les projets se ressemblent, ils n'ont pas d'identité constituant un produit architectural universel :
- « *Produire une architecture déjà vue sans grande innovation (copier-coller)* »^f ;

^a Questionnaire Enseignants, N° 3.

^b Questionnaire Enseignants, N° 8.

^c Questionnaire Enseignants, N° 22.

^d Questionnaire Enseignants, N° 21.

^e Questionnaire Enseignants, N° 22.

^f Questionnaire Enseignants, N° 4.

- **L'aspect limitatif, restrictif** : en se basant sur le fait que l'ordinateur ne peut résoudre que le problème tel qu'il lui a été posé, certains enseignants pensent que la machine n'apporte aucune aide à l'étudiant, au contraire, elle limite ses capacités :
 - « *L'utilisation exclusive de l'outil informatique pour un usage graphique qui risque l'acquisition de conditionnements et de réflexes de facilité et éluderont les possibilités de proposer des solutions architecturales et des formes innovantes* »^a ;
 - « *L'outil informatique limite l'imagination créative chez l'étudiant* »^b ;
 - « *إذا كانت هذه الوسيلة تتحكم في الطالب وليس العكس (حيث أنها تحد من إبداعه الشخصي)* »^c ;
- **La non-maîtrise de la part des étudiants** :
 - « *Difficulté de respecter la réalité du terrain* »^d ;
 - « *La rapidité de produire de mauvais projets (mauvaise qualité), la possibilité de cacher des vices de conception et de construction (échelle, superposition de niveau altimétrique, cotations, etc.)* »^e ;
 - « *La non-maitrise, le copier-coller* »^f ;

Cependant, la divergence d'opinion chez les architectes est prépondérante dans le monde. Il y a ceux qui préfèrent encore l'utilisation du crayon et des esquisses à main levée, et il y a ceux qui croient que l'ordinateur oblige l'architecte à être plus architecte que jamais : « *on serait tenté d'affirmer que contrairement aux craintes qui subsistent encore à son égard, l'ordinateur oblige les architectes à être plus architectes que jamais. Il les force en effet à fixer enfin ce qui a longtemps constitué la tâche aveugle de la théorie : le processus de projet et les stratégies dont il fait l'objet* »¹¹

Les enseignants ne nient pas les avantages de l'ordinateur pour la présentation graphique, les possibilités de modification, l'impression avec différentes échelles, mais ils reprochent aux étudiants le recours complet à l'ordinateur dans la phase de conception, ce qui peut éliminer la créativité individuelle. Ils expliquent que les étudiants sont devenus des

^a Questionnaire Enseignants, N° 13.

^b Questionnaire Enseignants, N° 15.

^c Questionnaire Enseignants, N° 11.

^d Questionnaire Enseignants, N° 1.

^e Questionnaire Enseignants, N° 4.

^f Questionnaire Enseignants, N° 14.

prisonniers de l'outil, leurs projets se conditionnent par les programmes et les logiciels disponibles sur le marché. Ainsi, il n'y a plus de compétences classiques en matière de capacités artistiques, dessin à main levée et maîtrise des traits.

III-1-1-6. Les bureaux d'études

Les bureaux d'études en Algérie se sont « informatisés » depuis l'avènement de l'ordinateur en suivant l'évolution technologique. Dès les débuts, l'ordinateur n'était pas l'apanage des grands bureaux d'études ; pour les grands comme pour les petits bureaux, pour les novices comme pour les anciens architectes, l'existence de l'ordinateur dans le bureau était indispensable. D'après l'enquête menée auprès des responsables des bureaux d'études dans quelques villes en Algérie, l'outil informatique a été introduit dans leurs projets depuis le début des années 1990, avec l'apparition d'AutoCad et d'ArchiCad. Actuellement, ils utilisent une variété de logiciels pour les différentes tâches, à l'image de ce que nous avons recensé par le biais de l'enquête auprès des étudiants. Les bureaux sont dotés du matériel nécessaire (ordinateurs, imprimantes, photocopieurs, scanners, traceurs, ...)

La majorité des responsables interviewés pensent que l'adoption de cet outil est une nécessité, ci-dessous leurs avis :

- « *C'était une exigence du promoteur Hasnaoui pour le projet 1000 logements à Sidi Bel Abbes* »^a
- « *Une nécessité, pour l'avancement des travaux, pour les avantages de l'outil informatique* »^b
- « *Une nécessité (productivité)* »^c
- « *C'était un choix en 1990, mais actuellement une nécessité pour fournir au client un travail avec une bonne qualité graphique* »^d
- « *Une nécessité* »^e

En examinant les travaux d'un architecte connu comme Frank Gehry, qui a expliqué lors d'une interview avec Greg Lynn comment il a été amené à utiliser l'ordinateur dans son agence. Sa première utilisation était pour résoudre un problème du dessin d'un escalier en forme d'escargot, et à partir de ce moment, il a commencé son travail avec Dassault

^a Entretien Architectes praticiens, N° 6.

^b Entretien Architectes praticiens, N° 7.

^c Entretien Architectes praticiens, N° 4.

^d Entretien Architectes praticiens, N° 5.

^e Entretien Architectes praticiens, N° 1 et 2.

Systemes : « *Et une fois qu'on avait commencé, il n'y avait pas de possibilité de revenir en arrière* »¹². Les interviewés justifient le recours à l'informatique par les délais très courts alloués à la remise des projets imposés par la maîtrise d'ouvrage. Cela sans nier la précision, la rapidité, le gain énorme de productivité et les images de synthèse fortement sollicitées et valorisées, et dont le rôle important est de convaincre le maître d'ouvrage et « vendre » le projet.

Il a été remarqué que les responsables des bureaux d'études, qu'ils soient formés ou pas en CAO-DAO-BIM, n'interviennent pas directement sur écran pour leurs projets, ou ils interviennent rarement. Ils ont une préférence pour le travail et la correction sur papier. Nous notons que la formation n'a pas un lien avec l'âge ; à l'image de nos résultats avec les enseignants ; les architectes praticiens se forment dans cet outil tous âges confondus.

Par contre, ces architectes qui n'arrivent pas à « s'acclimater », obligent leur personnel à maîtriser l'outil, c'est une condition pour le recrutement. Tous les employés des bureaux d'études concernés par l'enquête maîtrisent l'outil informatique. Le responsable d'un bureau d'études à Alger^a pense même que les architectes finissent par dessiner car ils peuvent gagner mieux leur vie que les architectes concepteurs.

L'introduction de l'outil informatique dans les projets a affecté l'organisation et les méthodes de travail dans les bureaux d'études. Les interviewés ont des méthodes différentes concernant le déroulement du travail (concours ou nouveaux projets) et l'introduction de l'outil informatique, comme suit :

- Une équipe (ou une seule personne généralement le responsable) qui travaille à la main (principalement pour la conception) et une équipe qui travaille sur ordinateur à laquelle revient la tâche de saisir les projets déjà conçus à la main. C'est le cas fidèle d'un bureau d'études à Constantine où la conception est confiée à une seule personne (le responsable du bureau) quant aux autres, ils s'occupent de la matérialisation de l'idée
- Les architectes dans un bureau d'études à Oran et un autre à Alger discutent la conception collectivement. Après, chacun s'occupe d'une tâche par la suite, même les tâches peuvent être dissociées.

^a Entretien Architectes praticiens, N° 4.

- Les interviewés d'un autre bureau à Alger et un à Biskra ont répondu que les deux cas de figure sont possibles en fonction du temps disponible ou « *ça dépend de l'échelle du projet* »^a ;
- Dans un 2^{ème} bureau à Biskra, et pour un concours, chaque architecte traite et présente sa proposition, avant de choisir une ou combiner plusieurs.

Malheureusement, nous n'avons pas remarqué la possibilité d'une conception collaborative d'un même projet sur le même fichier numérique avec l'intervention de plusieurs personnes ; un concept né dès la fin des années 1990 « *L'élaboration collective du projet permet aux concepteurs de différentes disciplines de collaborer simultanément sur une même base de données, en traitant les informations et en ajoutant des éléments immédiatement visualisables.* »¹³

Le principe existe dans un des bureaux d'études interviewés à Alger^b mais pas pour la phase de conception : le responsable a mis en place un système informatique pour la gestion de son bureau (regroupant un nombre important d'employés) facilitant l'accès et la correction des documents. Le gérant insiste sur le suivi et la traçabilité de l'information. Le bureau est constitué de trois services, il ne sous-traite aucune tâche, tous les profils existent et travaillent en symbiose à l'aide de la plateforme.

Tous les architectes interviewés ont intégré l'outil informatique dans leur pratique mais pas pour la conception ; les réponses suivantes se sont répétées : « *Après la phase esquisse* »^c, « *Après la conceptualisation* »^d, « *Quand l'idée est claire* »^e, pour « *La mise au propre de la conception* »^f. Un des interviewés a précisé : « *Quand l'idée est mûre et le projet est né, alors on traite le reste des phases avec les logiciels...* »^g. Il explique qu'il commence le travail avec un plan du terrain et un crayon « *Pour les premières étapes j'utilise le calque et le crayon* »^h. C'est le cas de tous les interviewés, ils utilisent le crayon « *la main et le crayon* »ⁱ pour les premières idées, ils corrigent sur papier, puis retour à « la saisie ».

^a Entretien Architectes praticiens, N° 3.

^b Entretien Architectes praticiens, N° 5.

^c Entretien Architectes praticiens, N° 7.

^d Entretien Architectes praticiens, N° 4.

^e Entretien Architectes praticiens, N° 3.

^f Entretien Architectes praticiens, N° 5.

^g Entretien Architectes praticiens, N° 2.

^h Entretien Architectes praticiens, N° 2.

ⁱ Entretien Architectes praticiens, N° 3.

Un des interviewés s'est clairement prononcé : « *Je suis contre la conception en CAO* »^a. Les architectes praticiens interviewés restent non convaincus de l'impact positif de l'outil informatique sur la qualité conceptuelle des projets tant que « *L'esquisse se fait à main levée* »^b. Ils continuent à concevoir à la main, le travail manuel reste l'outil privilégié de la conception. D'une manière générale, pour ces interviewés, l'apport de l'informatique se situe donc au niveau de la représentation graphique du projet. Mais, il y a un aller-retour entre l'ordinateur et le papier : pour corriger des plans ou des 3D imprimés sur papier. Selon leur avis, l'outil ne peut pas remplacer la réflexion^c, et ne peut pas faire un travail artistique^d. Mais, ils n'ont pas le même avis concernant la question si l'outil informatique se substituera prochainement à tous les moyens de représentation et de conception architecturale. Malgré cela, ils ne peuvent se passer de l'outil dans leurs bureaux. Les réponses étaient :

- « *Non* »^e, « *Non, impossible* »^f et « *Impossible, les projets sont sur ordinateurs* »^g ;
- Un interviewé a répondu non et a expliqué : « *on ne peut pas aller à l'encontre de l'évolution technologique* »^h ;
- Un autre a répondu « *Théoriquement c'est possible mais dans la pratique Non, nous ne pouvons pas trouver des dessinateurs à la main par exemple* »ⁱ

Deux responsables de bureaux d'études ont répondu autrement. Le premier a répondu non, et il a ajouté :

"إذا كانت آجال المسابقات أطول سيكون من الممتع التصميم باليد مباشرة"^j

Le deuxième aspire à travailler avec les diplômés des beaux-arts^k, partageant un avis d'un responsable d'une agence interviewé en 1997 : « *Même si on peut moduler l'épaisseur des traits, un plan dessiné à la machine est souvent violent et déplaisant à lire. Pour ma part, je refuse de jouer à l'informaticien et je rêve encore de conditions idéales de production pour continuer à dessiner à la main* »¹⁴

^a Entretien Architectes praticiens, N° 6.

^b Entretien Architectes praticiens, N° 3 et 7.

^c Entretien Architectes praticiens, N° 5.

^d Entretien Architectes praticiens, N° 1.

^e Entretien Architectes praticiens, N° 5.

^f Entretien Architectes praticiens, N° 6.

^g Entretien Architectes praticiens, N° 7.

^h Entretien Architectes praticiens, N° 2.

ⁱ Entretien Architectes praticiens, N° 4.

^j Entretien Architectes praticiens, N° 3.

^k Entretien Architectes praticiens, N° 1.



Figure 64 : La vie avant l'avènement des logiciels CAO-DAO-BIM.

Source : <https://www.quora.com/How-designing-was-done-before-autocad>

Ceci dit, les responsables des bureaux d'études veulent être à jour en matière d'évolution technologique. Ils ont quelques projets futurs pour développer et optimiser l'usage de la CAO-BIM, tels que « Relier les micros non plus par câble mais par wifi, acheter une photocopieuse A0 »^a, « Investir sur une GED (Gestion Electronique des Documents) qui est une PF (plateforme) qui assure une politique qualité au sein du BET. Cette dernière garantie qu'il n'y a pas de décalage entre l'outil et l'employer »^b et un système efficace pour la gestion des archives : "نبحث عن نظام فعال لحفظ الأرشيف"^c

III-1-2. Facteurs contribuant

Plusieurs points aidant la prolifération de l'utilisation de l'outil informatique en Algérie. Parmi eux, nous examinons trois éléments pertinents dans ce qui suit :

III-1-2-1. Effondrement des coûts

L'utilisation de l'outil informatique s'est renforcée à travers l'effondrement en quelques années du coût des postes informatiques. Actuellement, le prix approximatif d'un ordinateur portable est de l'ordre de 45000 DA (pour un Core i3) à 60000 DA (pour un Core i5).

Les étudiants en architecture tiennent à avoir un ordinateur pour leurs travaux. Ils les ramènent en Atelier pour consultation avec les enseignants. Les résultats des quatre enquêtes

^a Entretien Architectes praticiens, N° 5.

^b Entretien Architectes praticiens, N° 5.

^c Entretien Architectes praticiens, N° 3.

nous montrent^a qu'à part 11 étudiants (ce qui représente 1,71%), le reste possède au moins un ordinateur de bureau ou un ordinateur portable. Plus précisément, chaque étudiant possède un ordinateur portable et tous les deux étudiants possèdent un ordinateur de bureau. A ajouter que tous les étudiants de fin de cycle questionnés en 2011-2012 et 2014-2015 ont un ordinateur de bureau ou un ordinateur portable et ce dans les quatre établissements (Figure 65)

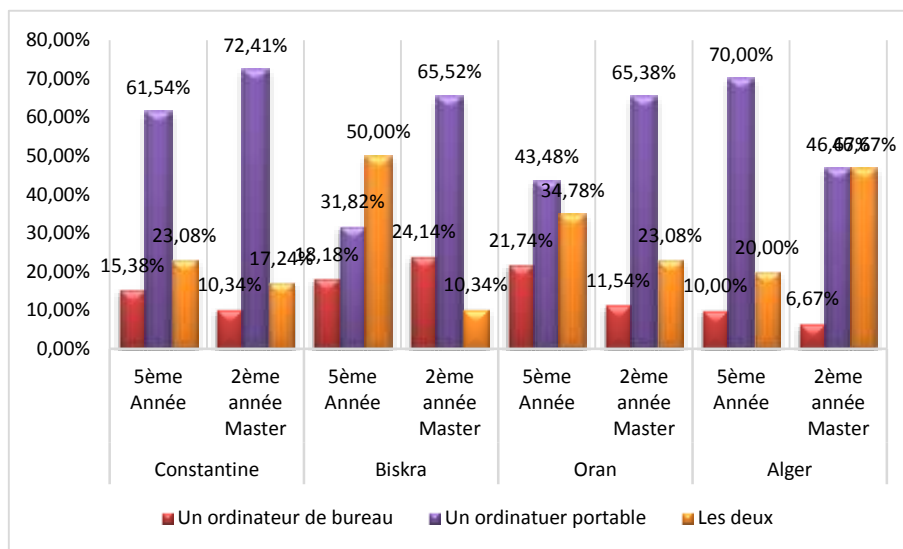


Figure 65 : Possession d'ordinateurs par les étudiants de fin de cycle.

Source : Auteure, Mai-Juin 2012/Mai-Juin 2015.

Sur les 4 enquêtes, nous pouvons aussi remarquer que les étudiants optent de plus en plus pour les ordinateurs portables. Le pourcentage s'est élevé de 52,83% en 2008-2009 à 85,86% en 2014-2015, contrairement à la possession des ordinateurs de bureau, pour laquelle le chiffre a diminué de 67,30% à 35,35% pour les mêmes années respectives.

L'enquête montre que sur la totalité des étudiants questionnés en 2011-2012, il y a seulement un étudiant qui ne possède pas un ordinateur. Ce pourcentage de non-possession d'ordinateur a diminué pour le département de Constantine, en passant de 4,40% en 2008-2009 à 1,45% en 2011-2012 pour atteindre 0% en 2014-2015. Pour le même département, le pourcentage de possession d'un ordinateur portable s'est élevé de 52,83% en 2008-2009 à 89,66% en 2014-2015, contrairement à la possession d'ordinateur de bureau pour laquelle le chiffre a diminué de 67,30% à 27,59%.

^a La question a reçu 99,69% comme réponses valides et 0,31% sans réponse (2 étudiants)

III-1-2-2. Multiples possibilités de formation

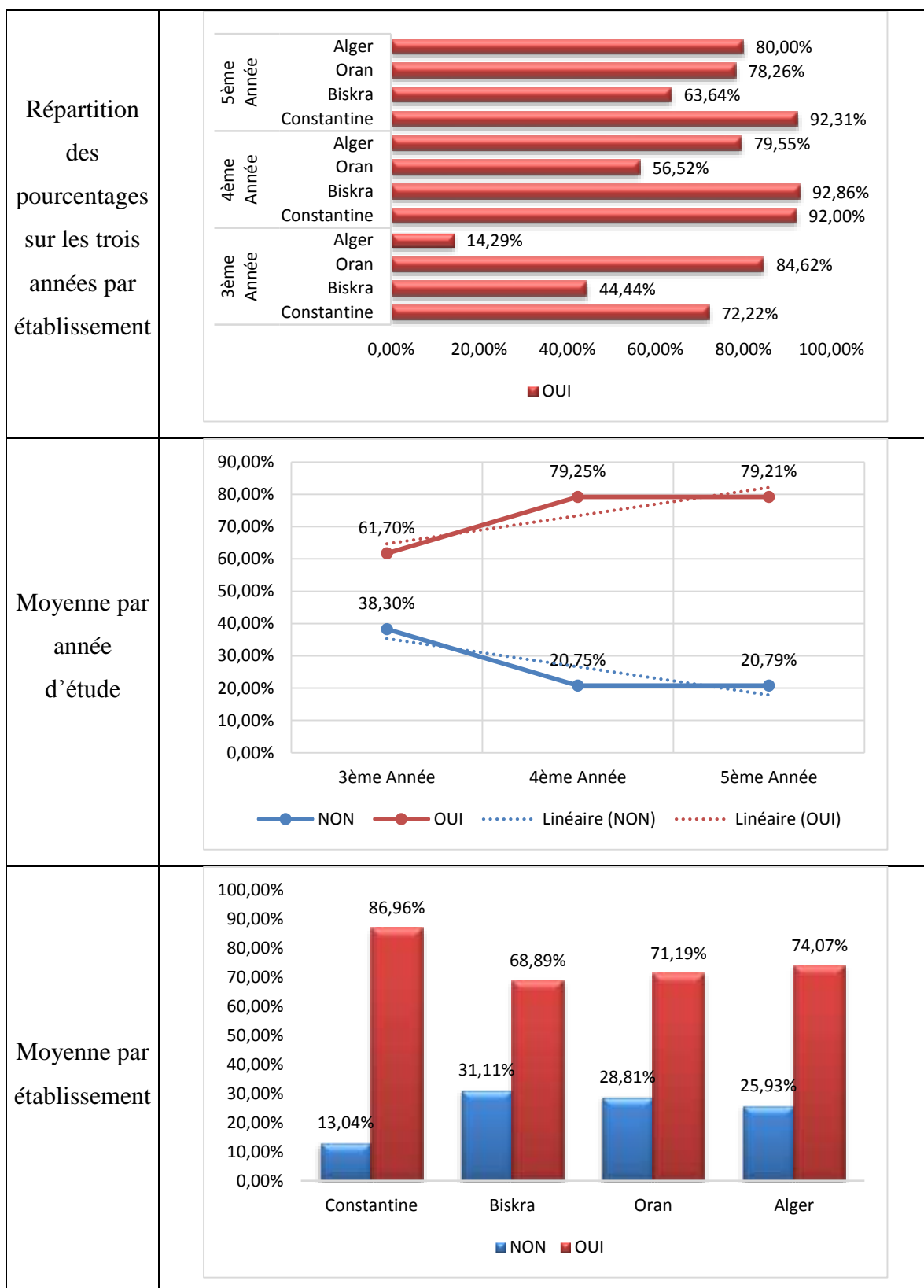


Figure 66 : Formation des étudiants dans les logiciels CAO-DAO-BIM.

Source : Auteure, Mai-Juin 2012.

Sur les quatre enquêtes^a, le pourcentage des étudiants qui se sont formés dans les logiciels CAO-DAO-BIM est égal à 80,62%. Pour le département de Constantine qui a bénéficié d'enquêtes antérieures, ce pourcentage a augmenté de 73,89% (comme moyenne) en 2008-2009 à 86,96% en 2011-2012 (Figure 67). Ceci, en fait, n'est pas loin du pourcentage des autres établissements dans la même année universitaire : la moyenne entre les quatre est de 75,98% (Figure 66). Le pourcentage augmente en passant d'une année à une autre. Plus l'étudiant avance dans ses études, plus il développe l'intérêt vers telle formation. L'analyse statistique confirme l'existence d'une corrélation significative entre la formation et l'année d'étude (Sig<0,05, khi-deux = 6,447)^b (pour l'enquête 2011-2012)

Biskra possède le pourcentage le plus bas des étudiants formés en CAO-DAO-BIM, correspondant aux pourcentages les plus bas en utilisation de l'outil informatique (Figure 37) et en autorisation de son utilisation par les enseignants (Figure 56).

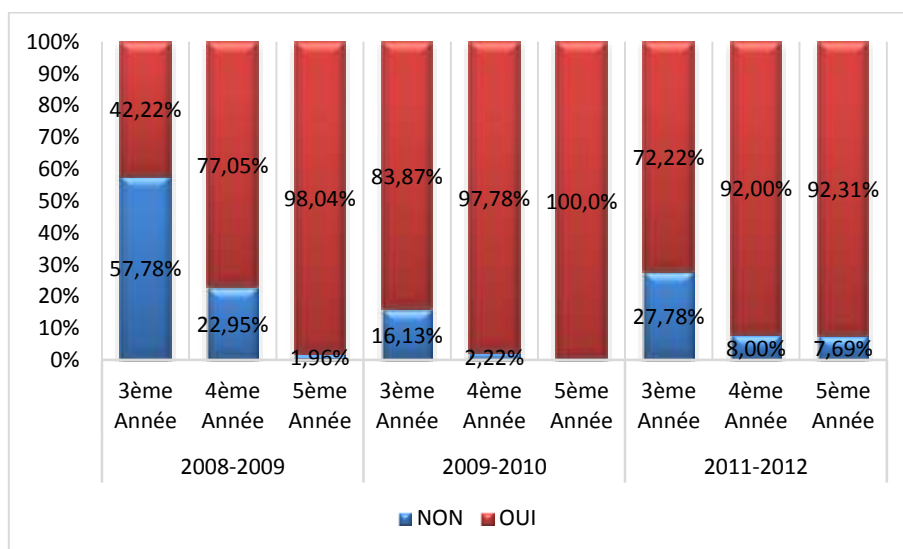


Figure 67 : Evolution du nombre d'étudiants formés en CAO-DAO-BIM à Constantine.

Source : Auteure, Janvier 2009/Mai 2010/Mai-Juin 2012.

L'enquête menée en 2014-2015 a touché les étudiants de la 2^{ème} année Master dans les mêmes établissements. La formation des étudiants de fin de cycle en CAO-DAO-BIM dans

^a La question a reçu 99,69% comme réponses valides et 0,31% sans réponse (= 2 étudiants)

^b Voir Annexe II : L'analyse statistique.

les deux années universitaires 2011-2012 et 2014-2015 est représentée dans la figure ci-dessous, montrant des pourcentages qui se rapprochent entre les deux systèmes.

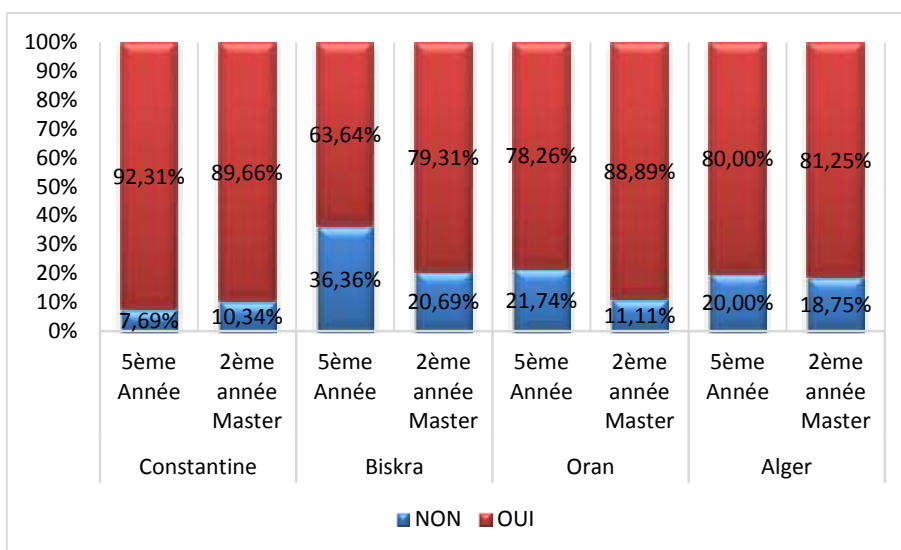


Figure 68 : Nombre d'étudiants de fin de cycle formés en CAO-DAO-BIM.

Source : Auteure, Mai-Juin 2012/Mai-Juin 2015

Sur la totalité des étudiants formés en 2011-2012, seulement 21,93% ont eu leur formation à l'université. Le pourcentage restant est réparti entre l'autoformation et la formation en dehors de l'université (Figure 69). Un point négatif engendrant un écart entre le niveau des étudiants et une incapacité de contrôler le savoir acquis en dehors des classes. Même Les étudiants réclament –à travers le questionnaire- la formation à l'intérieur de l'université : « je propose que les formations qui ont une relation avec notre formation soient enseignées dans l'université pour que tous les étudiants aient le même niveau, il y a un problème économique (les formations sont très chères en dehors du département) »^a

^a Questionnaire Etudiants, N° 308.

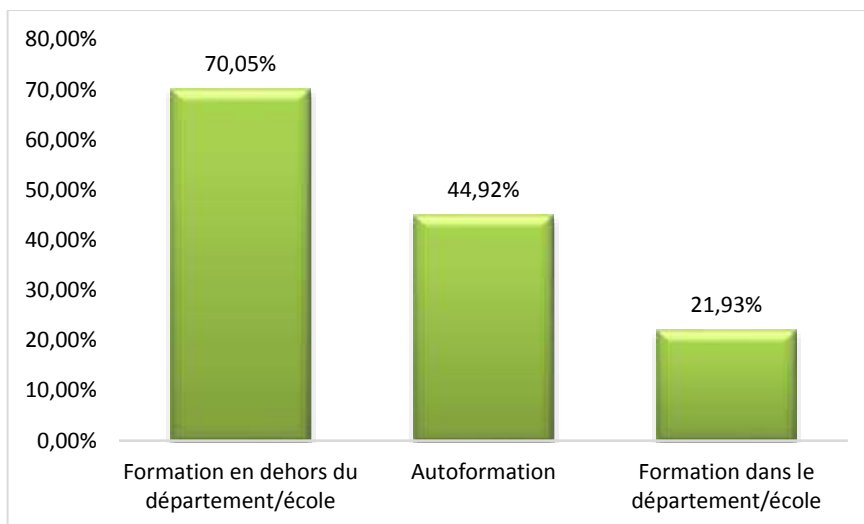


Figure 69 : Lieu de formation des étudiants pour les quatre établissements.

Source : Auteure, Mai-Juin 2012.

Il apparaît que le système LMD offre plus de possibilités d'enseignement relatif aux logiciels de CAO-DAO-BIM à l'intérieur de l'établissement en le comparant au système classique (Figure 70). Même si certains étudiants pensent que cet enseignement ne répond pas à leurs attentes ; un étudiant en 2^{ème} année Master a ajouté à côté de sa réponse concernant la formation dans le département/école : *“mais une formation limitée, personnellement, Je n'ai pas appris beaucoup de choses”*^a. Et c'est probablement pour cette raison que les étudiants du LMD continuent à se former à l'extérieur de l'université (les pourcentages à l'intérieur et en dehors de l'établissement sont presque égaux).

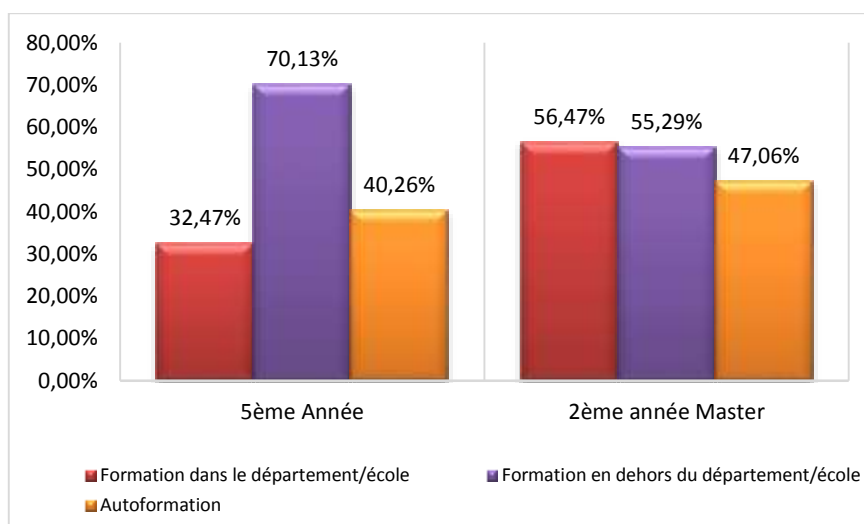


Figure 70 : Lieu de formation des étudiants de fin de cycle dans les quatre établissements.

Source : Auteure, Mai-Juin 2012/Mai-Juin 2015.

^a Questionnaire Étudiants N° 621.

III-1-2-3. Accès facile aux logiciels

A l'heure actuelle, de nombreux logiciels mis au service de l'architecture existent sur le marché ; l'offre est grande et riche : « *Les logiciels se sont peu à peu adaptés à la demande du marché professionnel de l'architecture. Ils sont devenus d'un usage plus facile, plus intuitifs, et intègrent mieux les contraintes propres au travail architectural* »¹⁵. Le rôle des logiciels est important, certains théoriciens arrivent même à lier l'évolution de l'architecture avec les logiciels ; « *il est intéressant d'observer que l'évolution de l'architecture digitale au cours des 15 dernières années suit exactement la courbe de développement des logiciels de modélisation et d'animation.* »¹⁶. Notons qu'une offre gratuite est possible dans le domaine des partagiels (shareware) et des gratuiciels (freeware).

Les logiciels CAO-DAO-BIM sont utilisés pour plusieurs tâches, entre autres, pour permettre le dessin et l'édition rapides, la génération de formes et de volumes, le calcul (surfaces, volumes, quantitatifs, estimatifs), la simulation des effets, l'évaluation des performances du bâtiment (diagnostic de performance énergétique, ...) certains assurent un réalisme époustoufflant, des navigations en temps réel...etc.

Les étudiants d'architecture en Algérie tiennent à se former dans ces logiciels dans un but d'améliorer leurs compétences au cours de leur cursus visant à bien se préparer pour leur future carrière professionnelle. Ils sont pleinement conscients que la maîtrise de l'outil informatique est un critère important pour décrocher un poste de travail. Cela a été confirmé par le biais de nos entretiens auprès des responsables des bureaux d'études.

L'enquête a montré qu'ils utilisent une variété de logiciels. La Figure 71 illustre qu'AutoCAD a été choisi par les étudiants avec 93,75% en 2011-2012. Bien que « *Le choix d'un système de CAO/DAO dépende de nombreux facteurs : l'offre de fonctions spécifiques (adaptées à l'architecture), les qualités particulières d'utilisation et d'application, le coût du logiciel et du matériel informatique approprié.* »¹⁷, la situation dominante d'AutoCad en Algérie est due à la large adoption du logiciel par l'ensemble des administrations, bureaux d'études et entreprises. Il est à l'échelle mondiale l'un des premiers logiciels développés pour les ordinateurs : « *Autodesk et AutoCAD ont été les premiers logiciels CAO développés pour les ordinateurs en 1981* »¹⁸. A Constantine, c'est le logiciel le plus répandu depuis le début des années 1990, où le Centre d'Etudes et de Réalisations en Urbanisme de Constantine (l'URBACO) a acheté le logiciel et a formé ses employés qui, à leur tour, ont formé plusieurs architectes et étudiants.

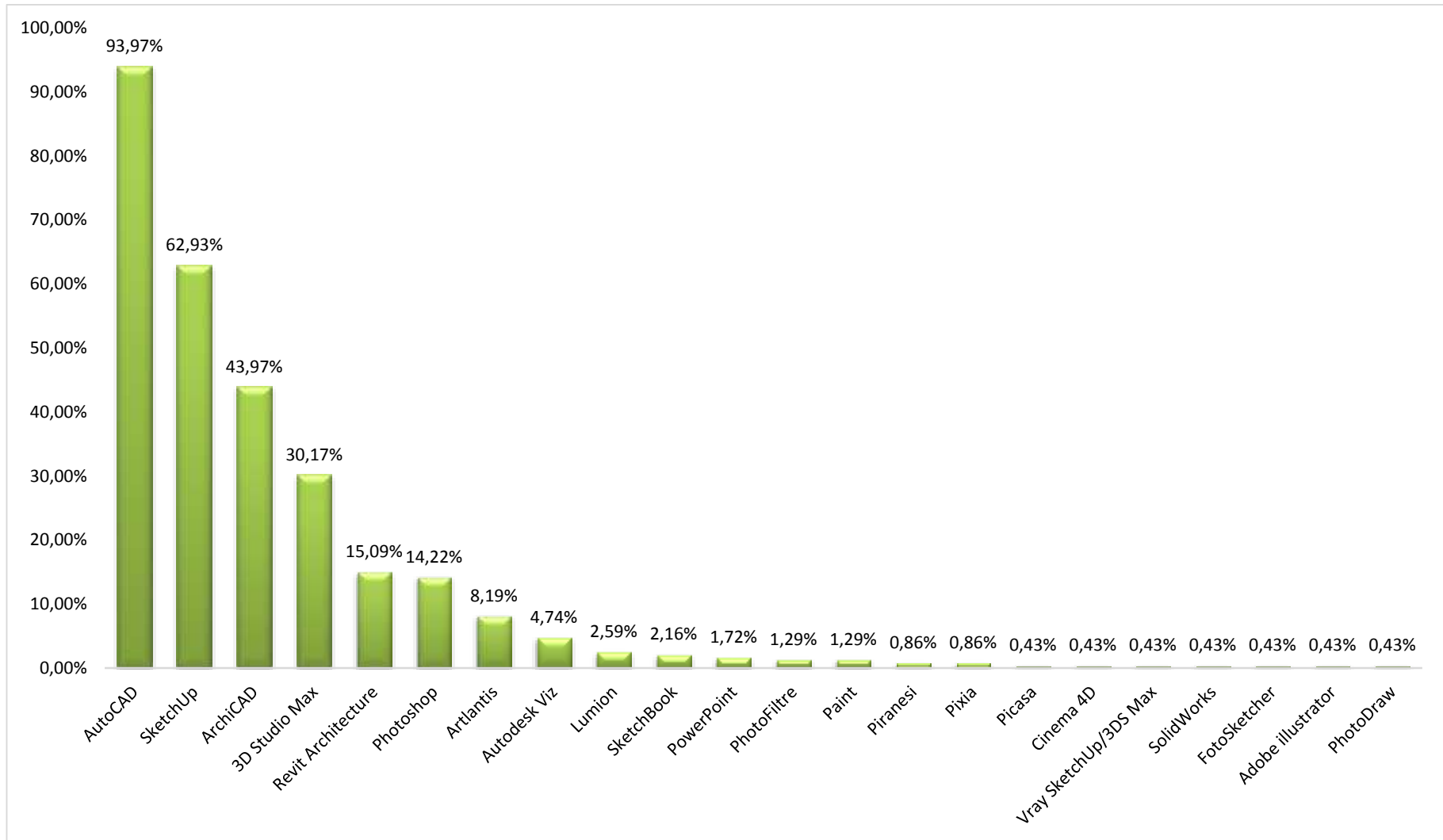


Figure 71 : Logiciels utilisés par les étudiants dans les quatre établissements.

Source : Auteure, Mai-Juin 2012.

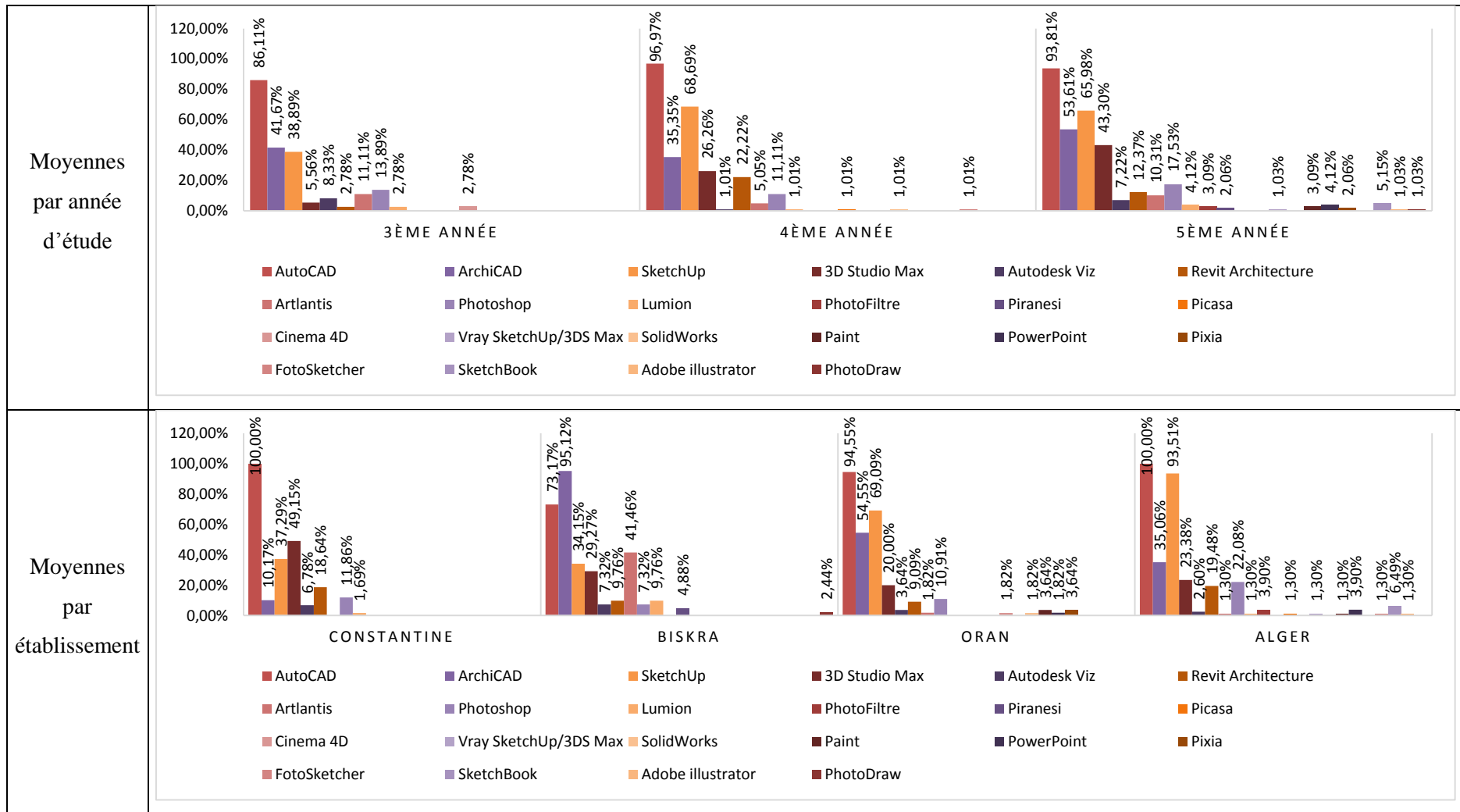


Figure 72 : Logiciels utilisés par les étudiants répartis selon l'établissement et l'année d'étude.

Source : Auteure, Mai-Juin 2012.

Dans la même année universitaire, les choix ne sont pas identiques dans les quatre établissements (Figure 72). AutoCad domine à Constantine et à Alger, avec une utilisation égale à 100%, puis à Oran avec 94,55%. Tandis que les étudiants de Biskra ont une préférence pour ArchiCad avec 95,12% puis AutoCad en 2^{ème} position. SketchUp vient en deuxième position pour Alger et Oran. Quant à Constantine c'est 3ds Max (49,15%). Les pourcentages de ce dernier ne dépassent pas dans les autres établissements 29,27% (le plus haut pourcentage observé à Biskra après Constantine). Artlantis figure à Biskra en 3^{ème} position, avec un pourcentage égal à 41,46%, alors que les autres établissements possèdent des pourcentages très négligeables de ce logiciel.

Le nombre d'étudiants utilisant les logiciels en 3^{ème} année est très peu, leurs réponses représentent 15,52% de la totalité des réponses, ce n'est qu'en 4^{ème} et 5^{ème} que nous observons des pourcentages élevés. En fin de cycle, les étudiants présentent des choix similaires (Figure 73), pour les deux systèmes, les trois premiers logiciels en tête de liste sont les mêmes (AutoCad, SketchUp et ArchiCad). L'utilisation de 3D Studio Max a régressé en 2014-2015. D'autres logiciels ont apparu dans cette année tels que : Cinema 4D, InDesign et Blender.

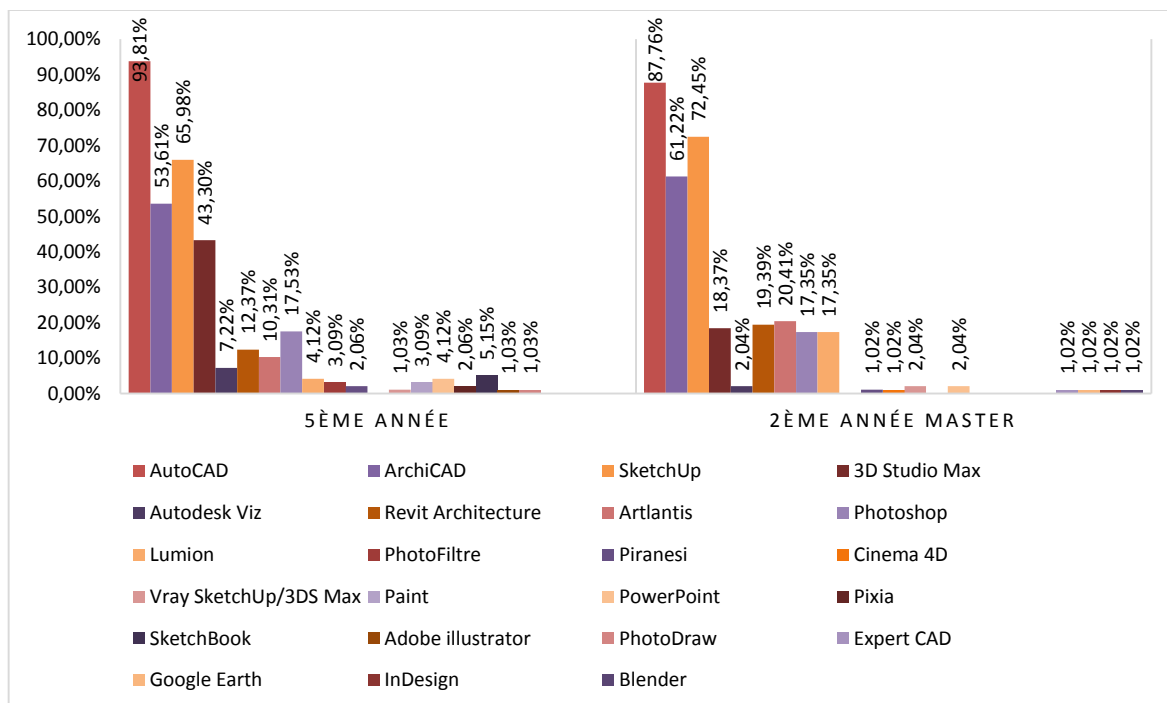


Figure 73 : Logiciels utilisés par les étudiants de fin de cycle dans les quatre établissements.

Source : Auteure, Mai-Juin 2012/Mai-Juin 2015.

Cette évolution de choix est clairement lisible pour le département de Constantine à travers les différentes enquêtes et est représentée dans la [Figure 74](#), montrant de nouveaux logiciels en passant d'une année universitaire à une autre et reflétant la volonté des étudiants d'être à jour en matière de logiciels. Vray, par exemple, n'existait pas en 2009, il apparaît comme choix des étudiants en 2014^a.

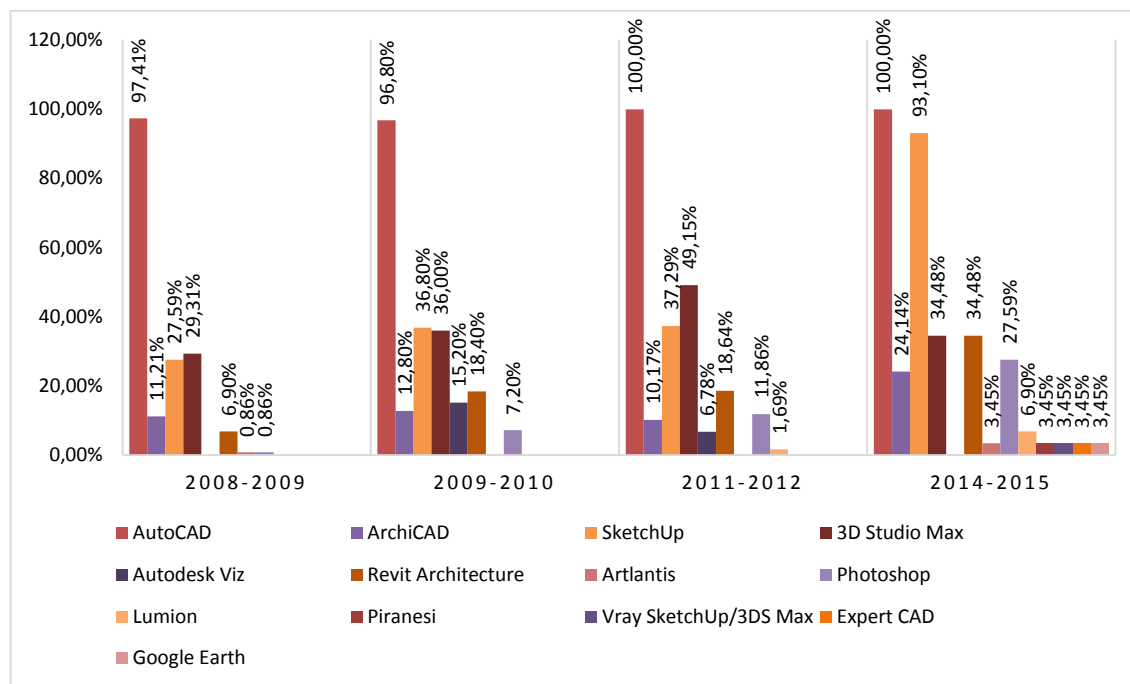
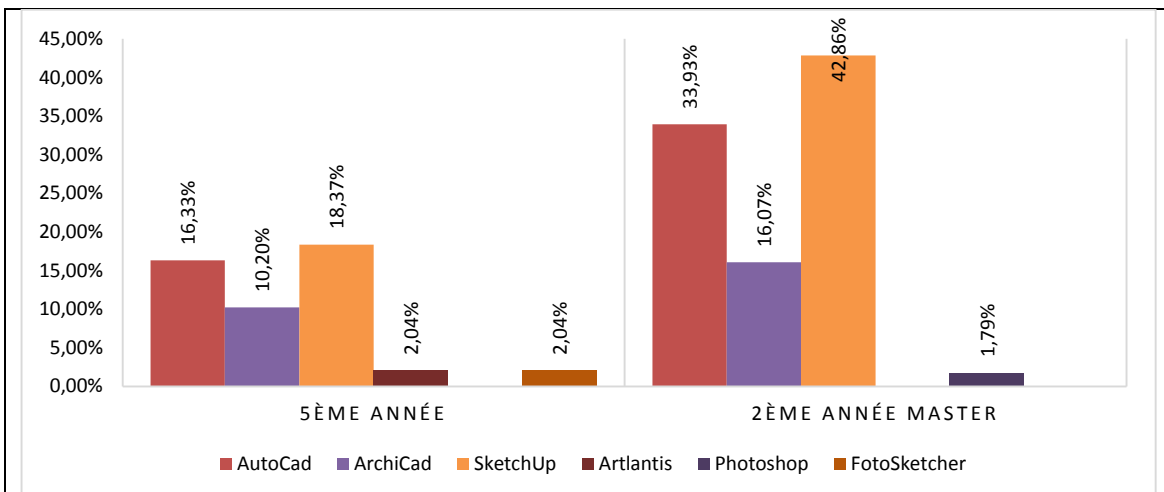


Figure 74: Evolution de l'utilisation des logiciels par les étudiants de Constantine.

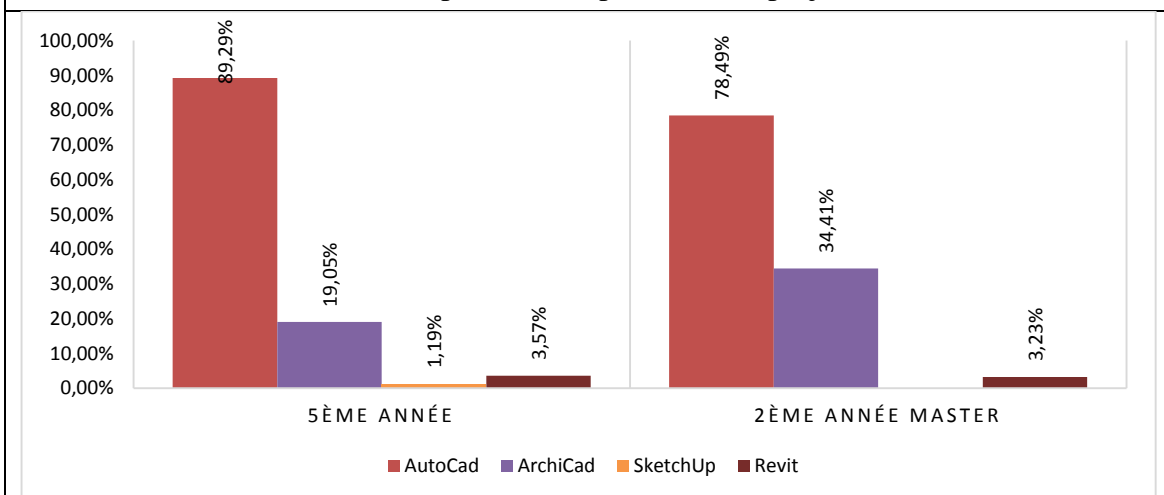
Source : Auteure, Janvier 2009/Mai 2010/Mai-Juin 2012/Mai-Juin 2015.

Les étudiants ont détaillé leurs choix et ont ajouté d'autres logiciels en répondant à la question précisant quel logiciel est utilisé pour quelle tâche ([Figure 75](#)). Dans ce qui suit, nous examinons les choix des étudiants de fin de cycle (étant les plus matures) dans les quatre établissements :

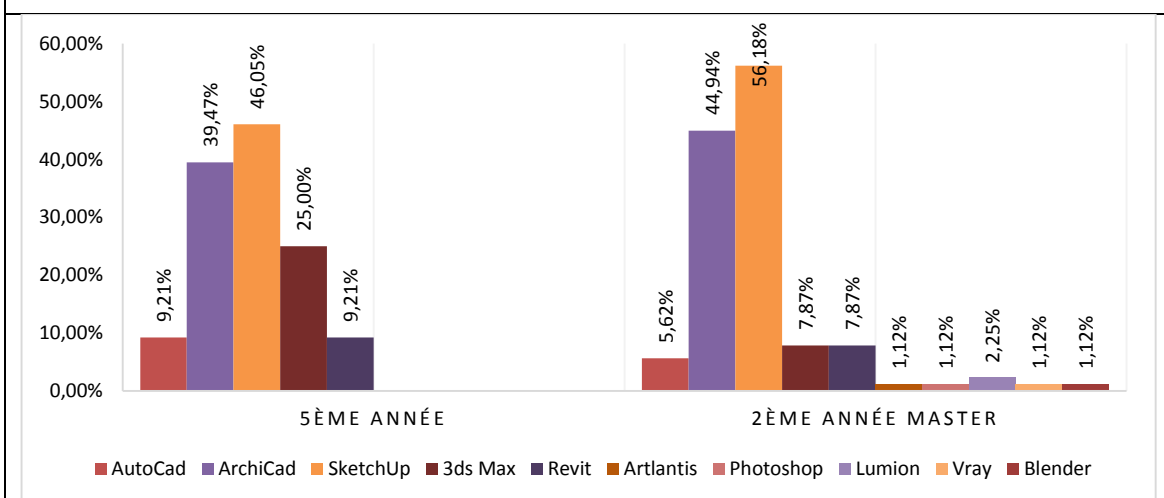
^a Voir l'année de sortie des logiciels dans le tableau 12 ci-dessous.



La conception (idées primaires du projet)



La 2D



La 3D

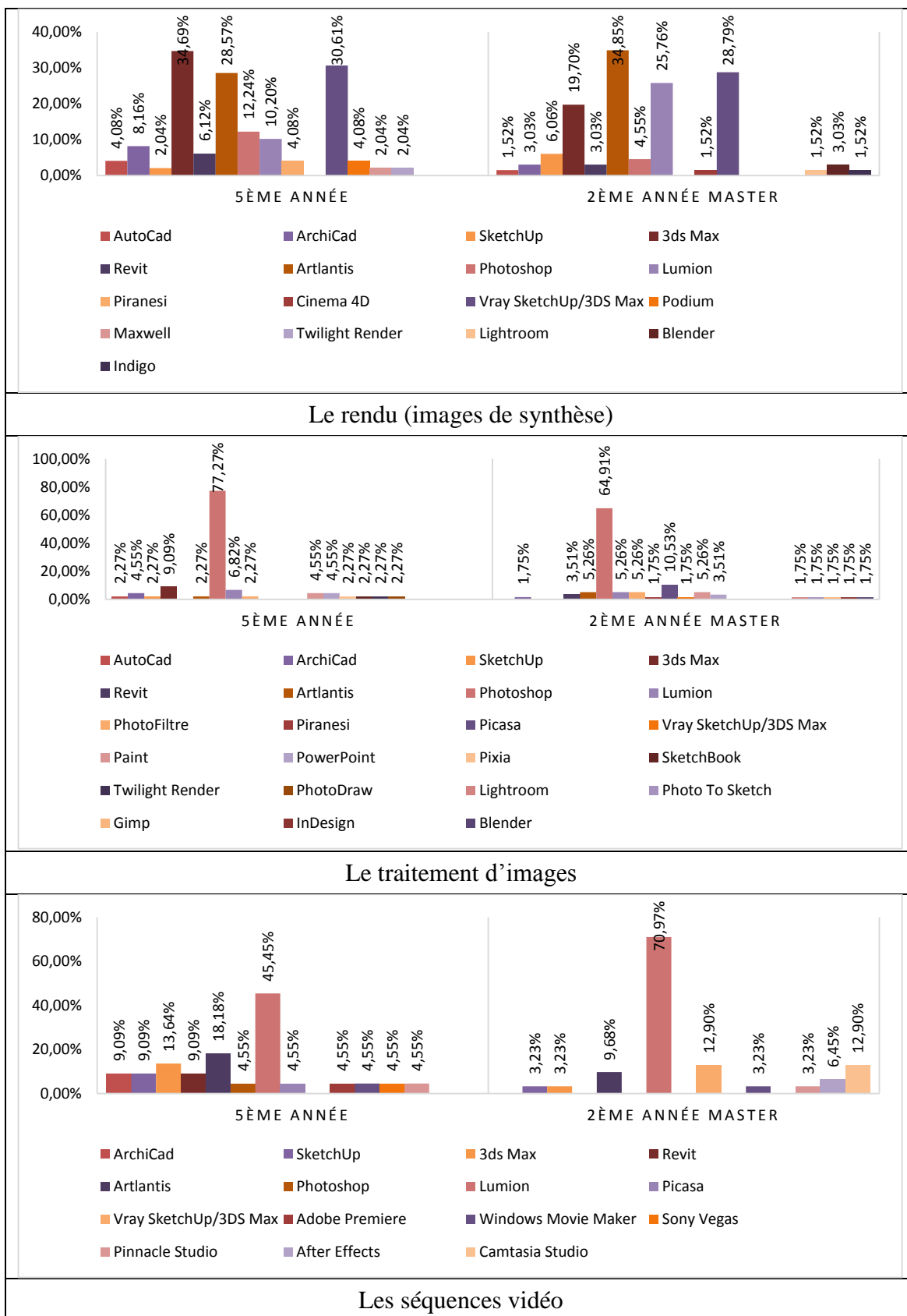


Figure 75 : Répartition des logiciels sur les tâches pour les étudiants de fin de cycle dans les quatre établissements.

Source : Auteure, Mai-Juin 2012/Mai-Juin 2015.

La conception

Il est à noter que peu d'étudiants ont répondu à cette question « provoquante » relative aux logiciels utilisés pour la conception et la recherche d'idées primaires. En 2011-2012 : 56,69% des réponses sont manquantes, représentant les étudiants :

- Qui n'ont pas voulu répondre ;
- Ou qui pensent probablement que cette tâche n'est pas concernée par les logiciels ;
- Ou qui n'utilisent aucun logiciel pour la conception ;
- Ou bien qui ne trouvent pas de logiciels appropriés pour la conception.

Sur ceux qui ont répondu, il est à préciser que la main/le crayon et la maquette n'ont pas été proposés comme modalité de réponse (comme notre question concerne les logiciels). Ils étaient ajoutés par les étudiants sous la modalité Autres. Le crayon a été largement favorisé comme choix pour la conception avec 45,45% en 2011-2012 et 40,31% comme moyenne entre les étudiants de fin de cycle. La maquette « physique » proposée par quelques étudiants risque de perdre sa place, malgré qu'elle reste l'outil de travail privilégié pour certains architectes comme Gehry. Pour lui, le travail de conception s'effectue physiquement sur la base d'une maquette. Une fois réalisée, il sculpte le volume jusqu'à ce qu'il donne satisfaction au maître. Les plans découlent ainsi du volume réalisé.

Entre les logiciels, SketchUp a été choisi en tête de liste par les étudiants de fin de cycle pour la conception vu les facilités qu'il offre. En 2^{ème} position vient AutoCad puis ArchiCad en 3^{ème}. Cet ordre est identique pour les deux systèmes.

La 2D

Comparant à la première tâche (la conception), le pourcentage des réponses valides est important pour la question de la 2D représentant 87,62% des étudiants de fin de cycle. AutoCad a été choisi par les étudiants de tous les établissements en 2011-2012 et 2014-2015 pour la confection des dessins en 2D. En 2^{ème} position vient ArchiCad avec un écart important. Pour ces étudiants, SketchUp et Revit représentent des pourcentages insignifiants.

La 3D

Pour la création de modèles 3D, les étudiants (toutes années confondues des deux dernières enquêtes) utilisent SketchUp comme 1^{er} choix. En 2^{ème} position, ils ont choisi ArchiCad.

Quelques étudiants de fin de cycle ont mentionné la maquette avec 1,22% seulement. Pour Lumion, Vray et Blender ils sont des choix récents pas assez connus en 2012.

Le Rendu

Les choix varient pour le rendu, puisqu'un cocktail de logiciels a été recensé. La 5^{ème} année opte pour 3ds Max, Vray puis Artlantis. Quant à la 2^{ème} année Master, c'est Artlantis, Vray puis Lumion. Il est à noter que le 3ds Max a perdu son « charme » dans les années récentes et ce pour plusieurs tâches. Il a cédé sa place à des logiciels plus récents tels que Vray et Lumion qui n'étaient pas très connus en 2012.

Piranesi, Podium, Maxwell, Twillight Render ont été choisis par les étudiants de la 5^{ème} année, quelques années plus tard, ils se sont substitués par Cinema 4D, Lightroom, Blender et Indigo par les étudiants de la 2^{ème} année Master.

A partir de cette tâche (le rendu), les pourcentages de réponses valides diminuent pour les étudiants de fin de cycle. Pour le rendu 56,93% sont des réponses valides.

Le traitement d'images

Pour cette tâche, les réponses valides représentent la moitié seulement. Les étudiants n'arrivent pas tous à faire cette tâche. D'autres décident de la laisser pour la dernière année ; un étudiant de la 4^{ème} année a précisé « *Not yet* »^a

Similairement au rendu, les étudiants utilisent une panoplie de logiciels pour le traitement d'images, ils sont de l'ordre de 23 choix pour la fin de cycle. Photoshop reste le préféré pour créer et retoucher les images et ce pour toutes les années (Figure 75).

La vidéo

Peu d'étudiants de fin de cycle arrivent à faire les séquences vidéo : 26,24% de réponses valides reflète la non maîtrise de cette tâche. Lumion prend la tête pour le montage des vidéos pour toutes les années. Pour la 2^{ème} année Master, il a été choisi à raison de 70,97%.

^a Questionnaire Etudiants, N° 503.

Une description succincte des quatre premiers logiciels utilisés par les étudiants est présentée dans ce qui suit, quant à la présentation technique de tous les logiciels utilisés par les étudiants, elle est résumée dans le Tableau 12.

a) AutoCAD

« Disponible dans le monde entier, AutoCAD est un logiciel de dessin standard utilisé par de nombreux architectes et ingénieurs qui le considèrent comme leur logiciel de base. »¹⁹. C'est le préféré des étudiants, l'idéal pour le dessin et la représentation.

b) SketchUp

« Sketchup, le logiciel dédié à l'esquisse 3D, a fait table rase des outils et autres paramètres qui alourdissent la CAO »²⁰. SketchUp est choisi de la part des étudiants pour son aspect intuitif, léger et facile. Il est considéré comme « un vrai jeu d'enfant »²¹, c'est le logiciel le plus utilisé pour la conception et la 3D d'après l'enquête menée auprès des étudiants de fin de cycle : « Sketchup garde l'aspect d'une esquisse, avec une dose de flou et d'imprécision »²²

Les étudiants l'associent à Google Earth pour une visualisation de leurs projets dans le cadre réaliste en utilisant des plans de masse et topographie réelles : « Google SketchUp peut être utilisé pour construire et modifier, rapidement et facilement, des maquettes tridimensionnelles. S'il est associé à Google Earth, SketchUp permet de positionner les maquettes sur site en utilisant les coordonnées géographiques réelles de celui-ci et de les envoyer aux collaborateurs du projet par Google 3D Warehouse. »²³

c) ArchiCAD


ArchiCAD est le logiciel le plus utilisé à Biskra que ce soit à l'université ou chez les professionnels (les bureaux d'études). Les étudiants suivent la chaîne de production du bâtiment, comme nous l'avons mentionné plus haut. Le logiciel est utilisé pour sa capacité de générer des dessins 2D à partir des modèles 3D. Il vient en 2^{ème} position pour la 2D et la 3D d'après l'enquête auprès des étudiants de fin de cycle : « A l'origine, ArchiCad permettait uniquement de réaliser des maquettes tridimensionnelles ; désormais, il comprend une fonctionnalité permettant de produire des dessins en deux dimensions. Il peut être associé à un logiciel supplémentaire pour créer des finitions de matériaux réalistes et des survols de projets »²⁴

d) 3D Studio Max

Très utilisé dans le rendu pour son choix varié des matériaux et des couleurs, les images de synthèses et les visites virtuelles (caméras) après avoir travaillé la 3D dans un autre logiciel. Il permet la visualisation en temps réel des textures et des effets de lumière. « *Des logiciels de rendu, comme Artlantis ou Autodesk 3D Studio Max, travaillent avec d'autres logiciels de dessin pour créer des finitions de matériaux et de couleurs saisissantes sur les maquettes.* »²⁵

Tableau 12 : Recensement des logiciels d'architecture utilisés par les étudiants dans leurs projets.

Logiciel	Groupe d'éditeur/développeur	Année de sortie	Système d'exploitation	Format d'enregistrement	Format d'interface	Application principale
3ds Max (3D Studio MAX)	Autodesk	1990	Windows / Mac OS	3ds	ai, asc, ase, dwg, dxf, fbx, iges, obj, prj, rc, sat, shp, skp, stl, wrl, wrz, formats d'image et de film	Modélisation, animation et rendu 3D
	Site web: https://www.autodesk.fr/products/3ds-max/overview					
After Effects	Adobe Systems	1993	Windows / Mac OS			Animation, effets spéciaux, édition vidéo, composition
	Site web: http://www.adobe.com/fr/products/aftereffects.html					
Alia Sketch / Sketchbook Pro	Autodesk	2004	Windows / Mac OS	ai	Formats d'image	Illustrations, esquisse
	Site web: https://www.sketchbook.com/?locale=fr					
Allplan architecture	Nemetschek	1984	Windows	ndw	3dm, 3ds, a4d, c4u, dwg, dxf, ifc, iges, skp, u3d, wrl	Toutes les phases
	Site web: https://www.allplan.com/fr/produits/allplan-architecture/					
ArchiCad	Nemetschek	1984	Windows / Mac OS	pln	3ds, atl, c4d, dgn, dwg, dwf, dxf, eps, epx, fact, ifc, ifcxml, lp, obj, pdf, plt, sat, sgi, skp, u3d, wrl, formats d'image et formats mixtes	Toutes les phases, modélisation, texturage, rendu, visualisation 3D
	Site web: https://archicad.fr/					
Atlantis	Abvent		Windows / Mac OS		dwf, obj, fbx, plug-ins dxf, dwg et 3ds	Rendu, animation,

						visites virtuelles
	Site web: https://artlantis.com/					
AutoCad architecture	Autodesk	1982	Windows / Mac OS / Linux	dwg	3ds, adsk, dwf, dwfx, dwg, dws, dwt, dxb, dxf, dxx, ifc, LandXML, mdb, mwx, pdf, plt, sdf	Toutes les phases, modélisation, texturage, rendu, visualisation 3D
	Site web: https://www.autodesk.com/products/autocad-architecture/overview					
Blender ¹ 	Fondation Blender	1995	Windows / Mac OS / Linux	blend	3ds, ac, dae, eps, fig, flt, dec, lwo, map, md2, mot, ms3d, obj, dxf, ps, slp, stl, svg, vrml, x3d, xsi	Animation 3D, modélisation, rendu
	Site web: https://www.blender.org/					
Cinema 4D	Nemetschek	1993	Windows / Mac OS / Linux	C4d	3dmf, 3ds, ai, bva, bvh, dae, dem, dwg, dxf, eps, fbx, iges, lw, mon, ndw, obj, pln, rib, rpc, stl, swf, vwx, wrl, wrz	Modélisation, visualisation 3D, texturage, animation et rendu 3D
	Site web: https://www.maxon.net/fr/produits/cinema-4d/cinema-4d/					
Google Earth	Google	2001	Windows / Mac OS / Linux / Android / iOS			Visualisation de la terre
	Site web: https://www.google.com/earth/					
Illustrator	Adobe Systems	1987	Windows / Mac OS	ai	ai, dxf, dwg, eps, fvg, pdf, svg, swf, formats d'image	Illustrations vectorielles
	Site web: http://www.adobe.com/fr/products/illustrator.html					

¹ Logiciel libre, Open source.

InDesign	Adobe Systems	1999	Windows / Mac OS			Mise en page, PAO
	Site web: http://www.adobe.com/fr/products/indesign.html					
Lumion						3D Temps Réel
	Site web: https://lumion.com/					
Maxwell Render	Next Limit Technologies	2006	Windows / Mac OS / Linux		Plug-ins Windows : 3ds Max, Rhino, Solidworks, SoftimageXsl, plug-ins Os x et Windows: Maya, Lightwave, Cinema 4D, Form Z, ArchiCAD	rendu photoréaliste
	Site web: http://www.nextlimit.com/maxwell/					
Microsoft PhotoDraw	Microsoft	1999	Windows	mix	mix, dxf, cgm, eps, fpx, pcd, pct, pict, drw, mic, pcx, psd, wpg, formats d'image	Image vectorielle, imagerie raster
	Site web:					
Photoshop	Adobe Systems	1988	Windows / Mac OS / Linux / Android / iOS	psd	Formats d'image	Edition image matricielle
	Site web: https://www.adobe.com/products/photoshop.html					
Revit Architecture	Autodesk	1999	Windows	rvt	rvt, dwg, dwf, dxf, 3ds, ifc, dgn, sat, gbXML	Toutes les phases, modélisation, texturage, rendu, visualisation 3D
	Site web: https://www.autodesk.com/products/revit-family/architecture					

SketchUp	Google	2000	Windows / Mac OS	skp	3ds, dae, dem, ddf, dwg, dxf, eps, epx, fbx, kmz, obj, pdf, vrm, wrl, xsi, formats d'image	Esquisse 3D, modélisation, visualisation
	Site web: http://www.sketchup.com/fr					
SolidWorks	Dassault Systèmes	1996	Windows	slddrw	dxf, dwg, parasolid, iges, step, acis, stl, u3d, vrm, 3dxml, catia	Ingénierie mécanique, design industriel
	Site web: http://www.solidworks.fr/					
Vray	Chaos Group	1997	Windows / Mac OS / Linux			Visualisation, rendu 3D réalistes
	Site web: https://www.chaosgroup.com/					

Source : Auteure.

Bien que nous notions l'existence de plusieurs logiciels CAO-DAO-BIM, ces derniers utilisent les mêmes principes de base, et grâce à la normalisation des formats de fichiers (ex. dxf^a). Nous assistons à une grande facilité d'échange et de partage des fichiers entre les logiciels.

Certains logiciels existants sur le marché ont été créés il y a plus de 30 ans. Ceci n'est pas synonyme de qualité, mais d'obsolescence. Les éditeurs se chargent de l'amélioration de leurs produits surtout en se basant sur les forums et remarques soulevés par les utilisateurs. Un autre point à préciser pour les logiciels d'architecture c'est qu'ils sont « orientés objet », c'est-à-dire chaque trait dessiné représente un composant du projet de la construction (escaliers, fenêtres, murs, ...)

III-1-3. Réticences et obstacles

L'élément le plus important freinant la bonne intégration du numérique en architecture réside dans la maîtrise de la totalité du processus numérique, ou ce que Baucé et Cache appellent « *la culture de la production numérique* »²⁶ que ce soit dans le milieu universitaire ou professionnel. Si nos étudiants essayent d'être à jour en matière de logiciels et de technologies numériques, la pratique est autre chose ; la chaîne de production du bâtiment n'adhère pas à leurs ambitions. Nous pouvons résumer ces entraves dans les deux points suivants :

III-1-3-1. Politique d'enseignement

Nous nous sommes adressés aux enseignants leur demandant l'existence au niveau de leurs établissements d'une politique d'enseignement encourageant l'utilisation de l'outil informatique, spécifiant l'année à partir de laquelle l'outil est utilisé et dans quelle phase du processus. Les enseignants questionnés se sont répartis en deux groupes : ceux confirmant l'existence d'une telle politique : 47,37% et ceux l'infirant : 52,63%.

Même si l'établissement ne dispose pas de politique appropriée, presque les deux tiers des enseignants ont répondu qu'une discussion de l'utilisation de l'outil informatique existe dans l'établissement, avec un pourcentage égal à 73,68%, mais nous précisons que ces discussions n'obéissent pas à un règlement précis instauré par l'établissement. Ces discussions prennent

^a Drawing eXchange Format

lieu principalement lors des comités pédagogiques. Certains enseignants ont voulu préciser que ces discussions peuvent prendre lieu lors des « *Jury PFE* »^a.

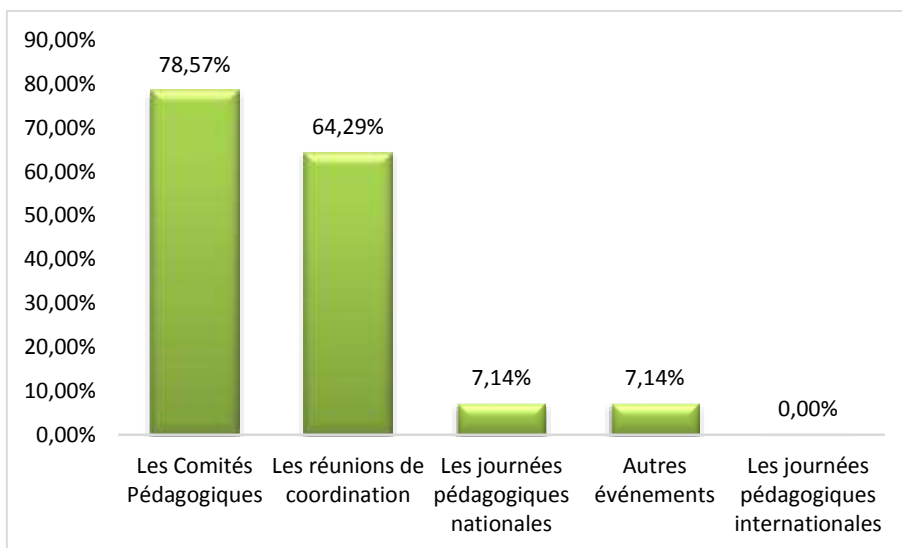


Figure 76 : Discussion de l'utilisation de l'outil informatique par les enseignants.

Source : Auteure, enquête enseignants, Février-Juin 2015.

III-1-3-2. Technologies de production digitale

Nos universités ne sont pas équipées en matériel facilitant l'intégration du numérique dans les projets, à l'image de ce que nous avons pu constater au niveau de l'école ETH Zurich, où les étudiants disposent d'ateliers de découpage (Figure 77) intégrant le processus CNO^b, ou des imprimantes 3D, ou bien des hangars de robotique^c (Figure 78). Ceci facilite le contact direct de l'étudiant avec les différents matériaux et matériel et permet l'expérimentation à l'aide de ces machines (fraiseuse, découpage laser, bras mécanique assembleur, ...). Il assure également une intégration entre conception et production.

Nos laboratoires de recherches ne peuvent malheureusement acquérir de telles technologies numériques vu leurs prix élevés. Beaucoup de matériel existe, cependant, sur le marché qui peut insérer l'étudiant dans l'univers du numérique tels que le photogrammètre, le scanner laser ou la multitouch Drafting Table for Architects & Designers^d.

^a Questionnaire Enseignants, N° 2.

^b Voir *Supra*, Chapitre 2, titre : I-2-1-2. Architecture assistée par ordinateur : Différentes disciplines.

^c L'ETH est équipée de robots depuis 2005.

^d <http://www.arch2o.com/multitouch-drafting-table-for-architects-designers-ideum/>

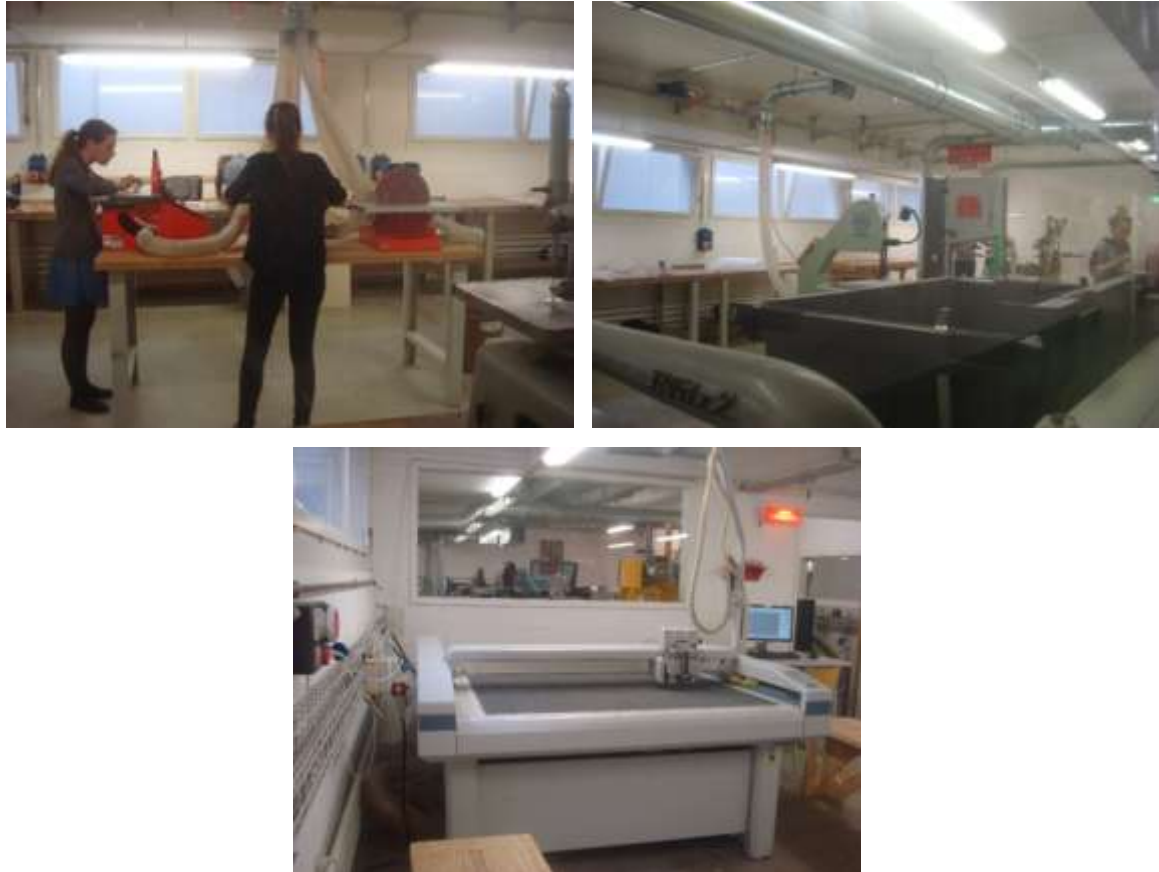


Figure 77 : Différents types de découpage et matériel correspondant, Laboratoire CAAD, ETH Zurich.

Source : Auteure, Avril 2014.



Figure 78 : Hangar des robots, ETH Zurich.

Source : Auteure, Avril 2014.

Mais, même si l'université arrive à assurer un certain matériel performant, nous nous demandons si la pratique peut suivre ce progrès. Beaucé et Cache se sont interrogés sur ce point : « *A quoi sert également de développer une associativité entre conception et fabrication si, dans la pratique, donneurs d'ordre et producteurs ne parviennent pas à établir des relations qui permettent d'exploiter positivement la continuité du flux d'information ?* »²⁷

Conclusion du chapitre

Ce chapitre a présenté l'état des lieux de l'utilisation de l'outil informatique en Algérie en se référant à trois départements et une école d'architecture. Le travail sur terrain a montré une grande adoption de la part des étudiants de cet outil dans leurs projets d'architecture. Une évolution de l'utilisation a été observée à travers les années d'études et les années universitaires. L'outil qui devient « *self evident* » est parfois mal utilisé et a remplacé un des outils de communication les plus importants pour l'architecte qui est la maquette « physique ».

Il a été constaté que l'ordinateur et ses outils ne sont pas exploités pour faire des simulations, il est beaucoup plus orienté vers le dessin. Malheureusement, certains étudiants « sous-traitent » quelques tâches de leurs projets au niveau des bureaux d'études et dépensent de grandes sommes pour des tâches coûtant chères telles que les visites virtuelles captivantes. Contrairement à nos attentes, il s'avère que l'objet de la sous-traitance en partie est le dessin, une tâche qui nous semble être déjà maîtrisée en 1^{ère} et 2^{ème} année du cursus.

L'enquête menée auprès des enseignants nous a permis de comprendre leurs avis et de recenser les avantages et les inconvénients d'une telle utilisation. Ces enseignants d'atelier sont, d'une façon générale, favorables à l'intégration de cet outil dans les projets, quoique nous soulevions un certain pourcentage qui est contre l'utilisation « abusive » de l'outil, spécialement dans les premières phases du projet.

Quant aux bureaux d'études, les interviews récoltées ont mis en évidence que le milieu professionnel vit la même situation que l'université, puisque déjà le personnel de ces bureaux est constitué de gradués de l'université. En d'autres termes, si les bureaux d'études ont adopté l'outil informatique dans leur pratique, il n'est pas consacré à la phase de conception. Ils continuent à favoriser le crayon et le papier pour les premières phases du projet. Ce qui

paraît contradictoire, ils exigent que leur personnel maîtrise l'outil : le staff déjà initié en CAO-DAO-BIM avec pratique intensive est fortement convoité.

Dans la deuxième partie du chapitre, nous avons évoqué quelques facteurs favorisant l'utilisation de l'outil informatique dans nos universités et dans le milieu professionnel. Nos étudiants, aidés par l'accès facile aux logiciels mis au service de l'architecture et adaptés au matériel informatique (dont son développement a été présenté dans le premier chapitre de la première partie), ne s'en privent pas.

Un recensement de tous les logiciels utilisés par les étudiants et leurs tâches correspondantes a été établi. D'après l'enquête, nos étudiants sont à jour quant aux logiciels, mais malheureusement, les universités manquent de technologies digitales qui peuvent booster cette utilisation. Un autre point traité et qui -à notre avis- constitue un vrai obstacle à la bonne utilisation se résume en l'absence d'une politique d'enseignement relative à l'intégration de l'outil informatique dans les projets des étudiants.

Nous soulignons que l'utilisation « up to date » des logiciels n'est pas en faveur de la conception ; les étudiants et les architectes praticiens conservent leurs crayons et papiers pour cette phase, optant ainsi pour ce que nous avons appelé « la méthode traditionnelle ».

Ce chapitre a été, donc, pensé comme un état des lieux de l'utilisation de l'outil informatique, confectionné sur la base de notre travail sur terrain (les différentes enquêtes). Nous avons essayé de toucher quelques-uns de nos objectifs tracés au début de ce travail et ce en matière de :

- L'évaluation de l'ampleur de l'utilisation de l'outil informatique par les étudiants et les architectes praticiens dans quelques villes en Algérie ;
- Du recensement des avantages et faiblesses ;
- L'inventaire des logiciels utilisés ;
- L'identification des obstacles empêchant une meilleure utilisation.

D'autres points qui peuvent répondre au reste des objectifs relatifs à l'intégration de l'outil informatique dans le processus de conception architecturale seront pris avec plus de détail dans le chapitre suivant.

Références

-
- ¹ **Lucien Kroll** (Octobre 1982), « Ordinateurs et systèmes constructifs » IN AA, n° 223, p. 11.
- ² *Idem.*
- ³ **Moritz Hauschild, Rüdiger Karzel** (2011), *Digital processes: planning, design, production*, éd. Birkhäuser, Basel, p. 22.
- ⁴ *Idem*, p. 18.
- ⁵ **Ouafa Saighi, Mohamed Salah Zerouala** (21-23 February 2012), "Information technology utilization in architectural engineering: a field study at the department of architecture and urbanism: Constantine" IN *CAAD / INNOVATION / PRACTICE* [6th International Conference Proceedings of the Arab Society for Computer Aided Architectural Design (ASCAAD 2012)], College of architecture engineering and design, the Kingdom University, Manama (Kingdom of Bahrain), pp. 155-156; 273-284.
- ⁶ **Sébastien Bourbonnais** (2014), *Sensibilités technologiques : expérimentations et explorations en architecture numérique 1987-2010*, Thèse de doctorat, Université Paris-Est, p. 12.
- ⁷ **Bertrand Lemoine** (Mars 1997), « Conception et informatique », IN *amc*, n° 78, p. 49.
- ⁸ *Idem.*
- ⁹ **Greg Lynn** (2013), *Archéologie du numérique : Peter Eisenman, Frank Gehry, Chuck Hoberman, Shoji Yoh*, éd. Centre canadien d'architecture, Montréal, p. 33.
- ¹⁰ **Antoine Picon** (Novembre 2008), « Le projet au risque du numérique » IN *Le visiteur*, n° 12, p. 99.
- ¹¹ *Idem*, p. 100.
- ¹² **Greg Lynn** (2013), *Archéologie du numérique : Peter Eisenman, Frank Gehry, Chuck Hoberman, Shoji Yoh*, éd. Centre canadien d'architecture, Montréal, p. 27.
- ¹³ **Spiro N. Pollalis** (Octobre - Novembre 1999), « CAO et communication en réseau-La circulation de l'information technique », IN *Techniques et architecture*, n° 445, p. 46.
- ¹⁴ **Thomas Vivier** (Février 1997), « La souris ou la main » IN *amc*, n°77, p. 90.
- ¹⁵ **Bertrand Lemoine** (mars 1997), « Conception et informatique » IN *amc*, N° 78, p. 46.
- ¹⁶ **Alireza Razavi** (Décembre 2008), « Digital design » IN *Architecture intérieure CREE*, n° 339, p. 56.
- ¹⁷ **Jan Krebs** (2007), *Basics CAO/DAO*, éd. Birkhäuser, Basel, Switzerland, p. 86.
- ¹⁸ **Laurraine Farrelly** (2008), *Techniques de représentation*, éd. Pyramyd, Paris, p. 132.
- ¹⁹ *Idem*, p. 137.
- ²⁰ **Florian Mascaro** (Mai - Juin 2004), « L'esquisse numérique » IN *Architecture intérieure CREE*, n° 314, p. 130.
- ²¹ *Idem.*
- ²² *Idem*, p. 130-131.
- ²³ **Laurraine Farrelly** (2008), *Techniques de représentation*, éd. Pyramyd, Paris, p. 137.
- ²⁴ *Idem.*
- ²⁵ *Idem.*
- ²⁶ **Patrick Beaucé, Bernard Cache** (Juillet-Aout 2006), « Vers un mode de production non-standard » IN *Archithese*, n° 4, p. 55.
- ²⁷ *Idem.*

III-2. CHAPITRE 6 : L'OUTIL INFORMATIQUE : MEDIUM GRAPHIQUE OU OUTIL DE CONCEPTION ?

Tel que nous l'avons mis en évidence dans la conclusion du chapitre précédent, nous nous intéressons dans ce présent chapitre à l'intégration de l'outil informatique dans les projets architecturaux, à travers notamment l'exploitation des résultats de l'étude expérimentale. Nous prenons soin de distinguer quand et comment l'outil est intégré dans le processus de conception architecturale. Les entretiens et les questionnaires adressés aux étudiants, enseignants et architectes praticiens sont utilisés pour étayer nos résultats.

Trois parties composent ce chapitre ; la première aborde le choix des étudiants d'architecture en matière d'outils et explicite leurs préférences quant à la conception et la représentation graphique des projets. Dans la deuxième, nous nous intéressons au processus de conception étudié et analysé par le biais de l'étude expérimentale. La manière de travail des étudiants et l'outil utilisé constituent le contenu de cette partie dans un essai d'éclairer le phasage d'utilisation de l'outil informatique. Dans la troisième partie, nous nous orientons vers le produit des participants à l'étude expérimentale et son évaluation par un jury d'enseignants, qui nous permettra – à la fin du chapitre- de jeter un coup d'œil sur la qualité architecturale et son rapport avec l'utilisation de l'outil informatique.

III-2-1. Différents choix en matière d'outils pour la conception et la représentation graphique des projets

Nous nous sommes adressés aux étudiants à travers les questionnaires, leur demandant de préciser leurs préférences en matière d'outils pour la conception et la représentation graphique de leurs projets d'Atelier. Ces préférences ont été appuyées par leurs propres réponses à la question libre demandant l'explication de leurs choix. Sur la base d'une transcription des réponses, un travail a été effectué par le biais du logiciel NVivo afin de chercher et classer la fréquence des mots utilisés par les étudiants. Le logiciel affiche tous les mots utilisés, mais pour une question de pratique, nous avons choisi les mots les plus itératifs et nous avons limité nos tableaux présentés ci-dessous à un minimum de 3 répétitions.

III-2-1-1. Pour la représentation graphique

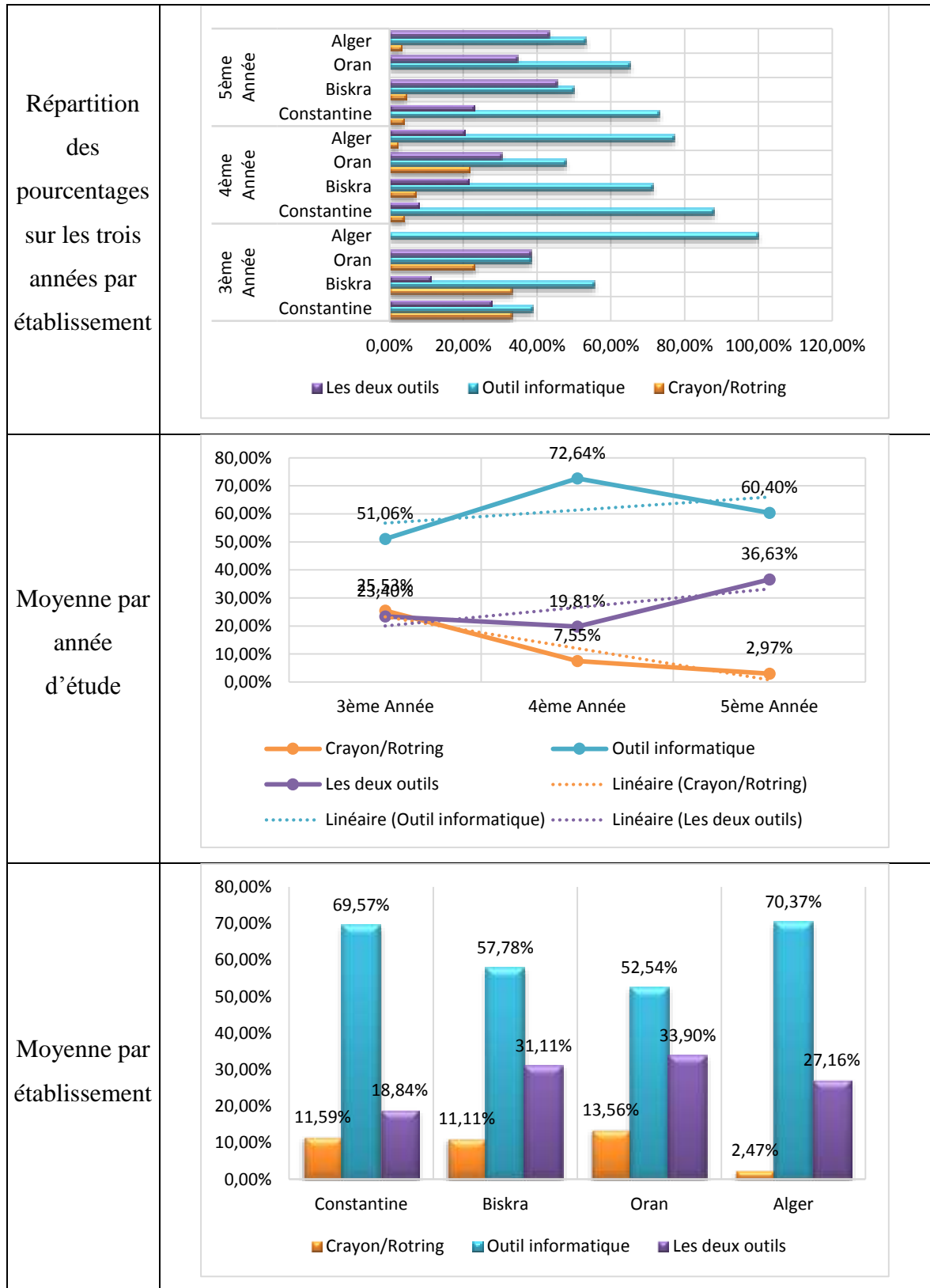


Figure 79 : Le choix des étudiants pour la représentation graphique de leurs projets.

Source : Auteure, Mai-Juin 2012.

Les résultats représentés dans la Figure 79 nous montrent qu'en 2011-2012, l'outil informatique (utilisé tout seul) est le premier choix des étudiants pour la représentation^a des projets : 63,78% comme moyenne entre les quatre établissements et les trois années d'étude. Les quatre établissements présentent le même ordre du choix, même si les pourcentages ne se ressemblent pas : la 1^{ère} place est pour l'outil informatique, en 2^{ème} les deux outils, puis en dernier le crayon. Alger conserve sa place en tête de liste avec le plus haut pourcentage de l'outil informatique (70,37%) comme premier choix de ses étudiants pour la représentation.

En comparant les années d'étude, la 3^{ème} année possède le plus haut pourcentage du crayon (25,53%). L'outil informatique domine en 4^{ème} année (72,64%), quant à la 5^{ème} année, le plus haut pourcentage revient au choix des deux outils (36,63%). Cela, nous semble, conforme aux objectifs de chaque année et qui sont respectivement : la conception de plusieurs projets en 3^{ème} année, le détail en 4^{ème} année et le projet final en 5^{ème}. Mais, en examinant les résultats du département d'architecture de Constantine sur deux années universitaires, nous remarquons qu'ils ne suivent pas cette logique ; l'utilisation de l'outil informatique pour la représentation graphique prime dans les trois années d'étude (à l'exception de la 3^{ème} année en 2009-2010) (Figure 80). Dans la même figure et en comparant l'année d'aboutissement du cursus sur les différentes années universitaires, nous observons que l'ordre des choix est maintenu dans les trois années universitaires. Les priorités des étudiants de fin de cycle à Constantine sont les mêmes : l'outil informatique est le premier choisi par les ¾ de questionnés. Le crayon « utilisé seul » a disparu en 2014-2015 chez les étudiants de 2^{ème} année Master de Constantine et d'Alger (Figure 81).

^a 100% des réponses à la question d'outil préféré pour la représentation graphique sont valides.

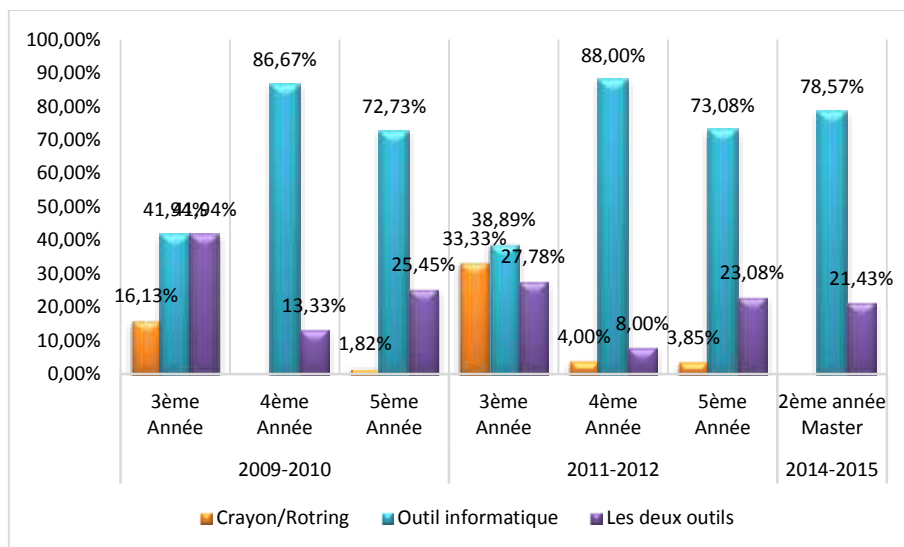


Figure 80 : Le choix des étudiants de Constantine pour la représentation graphique de leurs projets dans trois années universitaires.

Source : Auteure, Mai 2010/Mai-Juin 2012/ Mai-Juin 2015.

Une comparaison entre le choix des étudiants de fin de cycle dans les quatre établissements est représentée dans la figure ci-dessous confirmant la dominance de l'outil informatique. Les résultats nous montrent -cette fois ci- que Constantine a pris la tête de liste avec le choix de l'outil informatique comme premier outil pour la représentation des projets par ses étudiants de fin de cycle avec 73,08% pour le système classique et 78,57% pour le LMD. Pour le département de Biskra, la moitié de ses étudiants de fin de cycle ont choisi l'outil informatique (c'est le plus bas pourcentage observé entre les quatre établissements). Pour ce même département, nous remarquons un retour de ses étudiants de 2^{ème} année Master vers le crayon (14,81% est le plus haut pourcentage observé parmi les étudiants de fin de cycle)

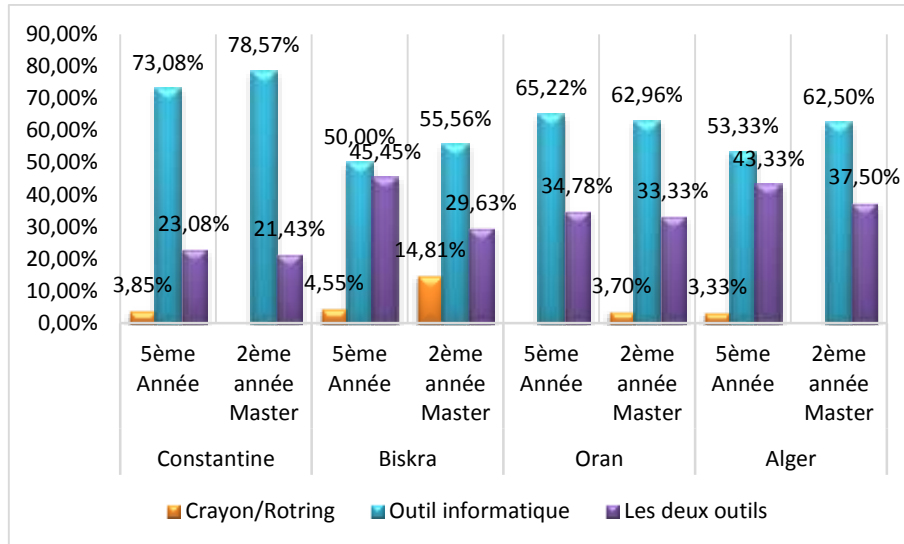


Figure 81 : Le choix des étudiants de fin de cycle pour la représentation graphique de leurs projets.

Source : Auteure, Mai-Juin 2012/Mai-Juin 2015.

Dans ce qui suit, nous présentons quelques réponses « citations » des étudiants expliquant leurs choix pour la **représentation graphique** (selon l'ordre des choix), en se référant aux mots identifiés par le logiciel *NVivo* :

a) **L'outil informatique**

Tableau 13: Fréquence des mots utilisés pour expliquer le choix de l'outil informatique pour la représentation graphique des projets.

Mot	Nombre	Pourcentage pondéré (%)	Mots similaires
rapide	63	4,58	rapidité, vitesse, rapidement, gagner, gagne, gain
facile	41	2,89	facilité, facilite, faciliter
propre	38	2,68	propreté, propres
précis	34	2,4	précision, précise
meilleure	18	1,27	meilleur, mieux, meilleurs
qualité	16	1,13	

rendu	15	1,06	rendus
présentable	12	0,84	présente, présenter, présentation
fini	11	0,77	finition, finie
claire	10	0,7	clair, clairs
détail	8	0,56	détaillé, détails
exact	8	0,56	exacte, correcte
pratique	8	0,56	
belle	5	0,35	beau, beauté
efficace	5	0,35	l'efficacité
finalisation	5	0,35	finaliser, finalise
lisible	5	0,35	
dimension	4	0,28	dimensionnelle, dimensions
phase	4	0,28	l'étape
maîtrisable	3	0,21	maîtrise, maîtrisé
professionnelle	3	0,21	professionnel

Source : Travail effectué sur NVivo, Auteure^a.

Les avantages multiples de l'outil informatique ont appuyé le choix des étudiants, le Tableau 13 montre en premières lignes des adjectifs relatifs à l'outil et qui se sont répétés dans les réponses des étudiants : la rapidité (le gain du temps)^b, l'efficacité^c : « *Puisqu'il est efficace et rapide* »^d, « *Très rapide et efficace* »^e, la facilité^f : « *Pour faciliter le travail* »^g, « *Parce que l'utilisation de l'outil informatique est facile et rapide* »^h. La propretéⁱ, la précision^j : « *Car il est plus précis et pour gagner du temps* »^k et la qualité^l : « *Car il donne une meilleure qualité (proche de la réalité)* »^m. La clartéⁿ « *Plus clair, plus net et surtout pour gagner du*

^a Correspondance des mots similaires effectuée par l'auteure.

^b Questionnaire Etudiants, N° 181, 210, 311, 313.

^c Questionnaire Etudiants, N° 526.

^d Questionnaire Etudiants, N° 226.

^e Questionnaire Etudiants, N° 242.

^f Questionnaire Etudiants, N° 194, 222.

^g Questionnaire Etudiants, N° 554.

^h Questionnaire Etudiants, N° 163.

ⁱ Questionnaire Etudiants, N° 181.

^j Questionnaire Etudiants, N° 205, 514.

^k Questionnaire Etudiants, N° 162.

^l Questionnaire Etudiants, N° 311, 313.

^m Questionnaire Etudiants, N° 498.

ⁿ Questionnaire Etudiants, N° 181.

temps »^a. Professionnel : « *Rendu propre, rapide, professionnel* »^b, « *Je préfère l'utilisation de l'outil informatique parce qu'il est professionnel* »^c. Pratique : « *C'est plus pratique* »^d, « *Plus pratique, surtout pour les éléments répétitifs* »^e. L'exactitude : « *Parce que c'est plus facile et exact* »^f parfait même ! « *L'outil informatique plus propre et parfait* »^g

Un étudiant de la 4^{ème} année à Constantine a ajouté « *bien sûr* » devant son choix et a expliqué « *Parce qu'il est moins fatigant et plus exact et élégant* »^h. Quelques réponses ont parlé du fait que l'outil informatique n'est pas fatigant : « *L'outil informatique est plus précis et moins fatigant et plus rapide (ça permet d'éviter les efforts inutiles)* »ⁱ

Certains étudiants n'ont pas caché leurs carences : « *L'outil informatique a un rendu plus raffiné (pour moi, je ne maîtrise pas le graphisme au crayon)* »^j, « *Outil informatique plus maîtrisé que le dessin à la main* »^k, « *L'outil informatique est plus maîtrisable et plus explicite* »^l

D'autres ont préféré répondre par une comparaison entre les deux outils : « *La représentation graphique par l'outil informatique est plus propre que la représentation au crayon* »^m, « *Plus belle que la représentation du crayon/rapido* »ⁿ, « *Il est plus explicite que le crayon* »^o, « *Plus précis que le crayon* »^p

^a Questionnaire Etudiants, N° 161.

^b Questionnaire Etudiants, N° 243.

^c Questionnaire Etudiants, N° 580.

^d Questionnaire Etudiants, N° 215.

^e Questionnaire Etudiants, N° 513.

^f Questionnaire Etudiants, N° 204.

^g Questionnaire Etudiants, N° 596.

^h Questionnaire Etudiants, N° 211.

ⁱ Questionnaire Etudiants, N° 422.

^j Questionnaire Etudiants, N° 475.

^k Questionnaire Etudiants, N° 616.

^l Questionnaire Etudiants, N° 641.

^m Questionnaire Etudiants, N° 187.

ⁿ Questionnaire Etudiants, N° 241.

^o Questionnaire Etudiants, N° 310.

^p Questionnaire Etudiants, N° 378.

b) Les deux outils**Tableau 14:** Fréquence des mots utilisés pour expliquer le choix des deux outils pour la représentation graphique des projets.

Mot	Nombre	Pourcentage pondéré (%)	Mots similaires
artistique	6	0,98	
préfère	6	0,98	préférable
rapide	5	0,82	rapidité, الاسراع
explications	4	0,65	explicite, expliquer
précision	3	0,49	précisé
qualité	3	0,49	
technique	3	0,49	

Source : Travail effectué sur NVivo, Auteure^a.

Nous tenons à préciser que nous ne parlons pas ici de l'aller-retour entre l'outil informatique et le crayon, mais plutôt de l'utilisation simultanée des deux outils. Les réponses des étudiants pour ce choix ont soulevé l'aspect artistique du crayon pour les croquis et l'aspect technique de l'outil informatique : « *L'utilisation du crayon est artistique, l'utilisation de l'informatique pour représenter le détail* »^b, « *L'outil informatique pour la précision du rendu, le crayon pour le côté artistique* »^c, « *Les représentations graphiques faites à main levée reflètent la valeur artistique du concepteur, quant à l'outil informatique, il met en avant la qualité de représentation et de rendu (mise en page et forme)* »^d, « *Le crayon donne un aspect plus artistique et chaleureux alors que les logiciels sont plus professionnels* »^e.

Voici d'autres réponses des étudiants :

- « *Schéma de principe et la perspective au crayon et les autres en outil informatique* »^f
- « *L'outil informatique pour les plans, les coupes et les façades, et le crayon pour les croquis* »^g

^a Correspondance des mots similaires effectuée par l'auteure.

^b Questionnaire Etudiants, N° 170.

^c Questionnaire Etudiants, N° 609.

^d Questionnaire Etudiants, N° 635.

^e Questionnaire Etudiants, N° 645.

^f Questionnaire Etudiants, N° 277.

^g Questionnaire Etudiants, N° 279.

- « *En associant les deux outils, on obtient un projet très explicite* »^a
- « *Les deux sont complémentaires* »^b
- « *La texture du crayon sur le papier canson a un bel effet, l'outil informatique nous donne plus de liberté dans les couleurs et textures* »^c
- « *La 2D par le crayon (plans, coupes, ...), mais la 3D par l'outil informatique* »^d
- « *Le crayon est utile pour les schémas, croquis, et les plans, coupes sont plus simples avec les logiciels* »^e
- « *Informatique : travail propre et conventionnel. Crayon : dessins vivants* »^f
- « *Rendus et plans avec logiciels, crayon pour schémas et croquis* »^g

Une réponse étonnante d'un étudiant en 4^{ème} année, qui n'a pas caché comment il travaille en choisissant les deux outils : « *Je travaille en autoCad et puis je fais le repassage avec le rapido* »^h

c) Le crayon

Pour le dernier choix des étudiants, le nombre de répétition des mots n'a pas atteint 3 (pour le tableau de fréquence). Les réponses des étudiants ont souligné l'aspect artistique et sensible du crayon : « *Pour assurer une bonne lecture et avoir un côté artistique* »ⁱ. Certains ont parlé de leurs préférences : « *J'aime le travail manuel* »^j et d'autres de leurs carences : « *Parce que le terme informatique je ne le maîtrise pas beaucoup et il est difficile pour moi* »^k, cet étudiant a répondu non à l'utilisation de l'outil informatique dans l'année courante et dans les années passées.

^a Questionnaire Etudiants, N° 438.

^b Questionnaire Etudiants, N° 439.

^c Questionnaire Etudiants, N° 563.

^d Questionnaire Etudiants, N° 581 et 582.

^e Questionnaire Etudiants, N° 631.

^f Questionnaire Etudiants, N° 636.

^g Questionnaire Etudiants, N° 642.

^h Questionnaire Etudiants, N° 230.

ⁱ Questionnaire Etudiants, N° 610.

^j Questionnaire Etudiants, N° 305.

^k Questionnaire Etudiants, N° 373.

III-2-1-2. Pour la conception

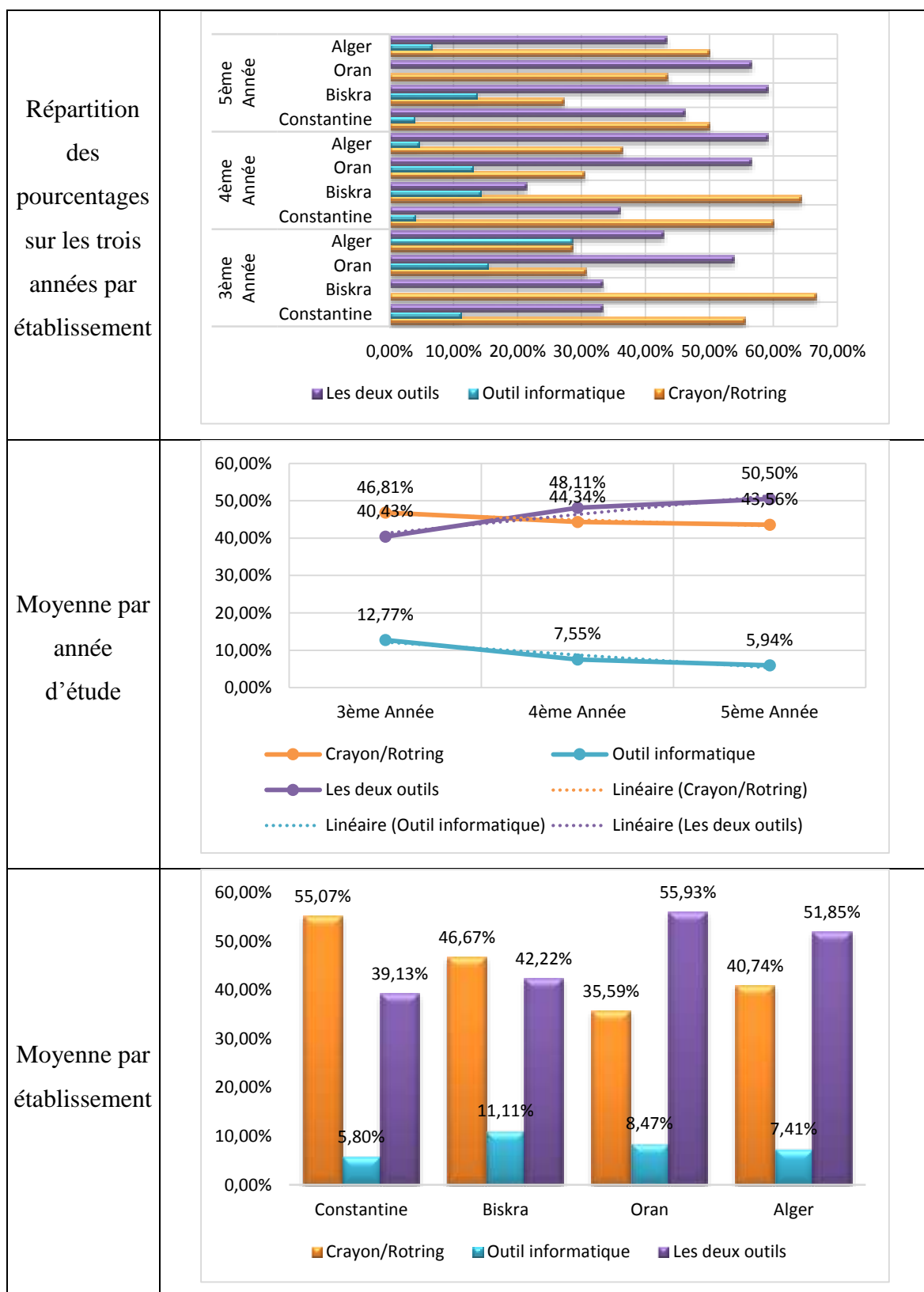


Figure 82 : Le choix des étudiants pour la conception de leurs projets.

Source : Auteure, Mai-Juin 2012.

En 2011-2012, pour concevoir^a, le crayon (utilisé tout seul) et l'utilisation des deux outils « se disputent » la première place dans les quatre établissements et à travers les différentes années d'étude (en moyenne : 44,49% pour le premier choix et 47,64% pour le deuxième). En observant les moyennes par établissement et par année d'étude dans la Figure 82, nous remarquons que les plus « grands » pourcentages dépassent légèrement la moitié des réponses (55,93% est le plus grand pourcentage observé). L'utilisation de l'outil informatique seul pour la conception semble être insignifiante quelle que soit l'année d'étude et l'établissement (7,87%)

L'ordre des choix n'est pas le même dans les quatre établissements. Le crayon est favorisé par les étudiants de Constantine et Biskra pour la conception, tandis que les étudiants d'Oran et d'Alger préfèrent l'utilisation des deux outils. En consultant le graphique représentant la moyenne par année d'étude (Figure 82), la 3^{ème} année est la seule année où le pourcentage du crayon utilisé tout seul dépasse l'utilisation des deux outils. Ceci dit, la différence entre le premier et le 2^{ème} choix n'est pas grande.

La Figure 83 montre que les préférences des étudiants de Constantine n'étaient pas les mêmes en 2009-2010. Les étudiants de la 5^{ème} année du cursus de cette année universitaire ont privilégié l'outil informatique pour la conception, même le pourcentage de cet outil dans la 4^{ème} année est important. Tandis que l'ordre des choix est maintenu en 2011-2012 et les pourcentages sont proches de ceux des autres établissements. L'utilisation du crayon « seul » prime en 2011-2012 et l'utilisation des deux outils domine en 2014-2015 pour les étudiants de 2^{ème} année Master.

^a 100% des réponses à la question d'outil préféré pour la conception sont valides.

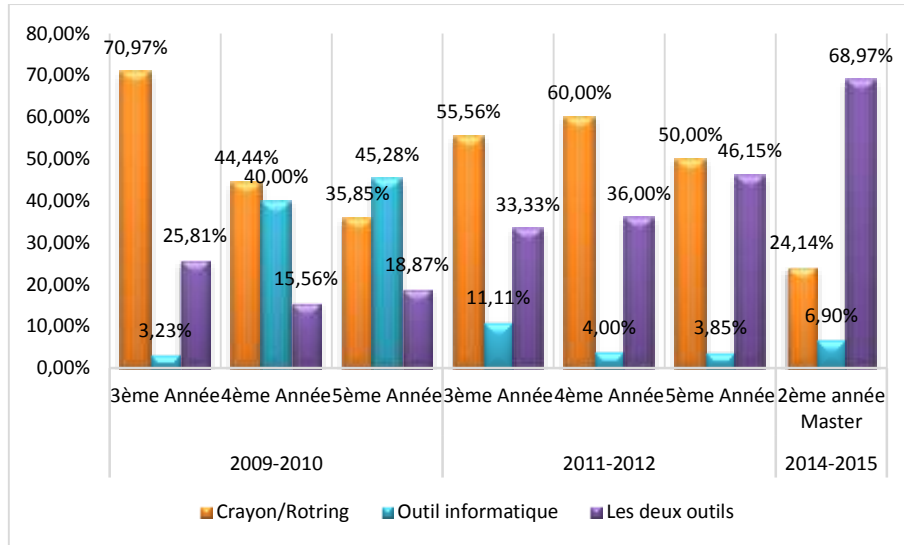


Figure 83 : Le choix des étudiants de Constantine pour la conception de leurs projets dans trois années universitaires.

Source : Auteure, Mai 2010/Mai-Juin 2012/Mai-Juin 2015.

Dans les quatre établissements, les étudiants de fin de cycle du système LMD ont opté pour l'utilisation des deux outils pour la conception et parfois avec des écarts importants par rapport au crayon, comme c'est le cas des départements de Constantine et d'Oran. L'outil informatique comme choix pour la conception a disparu chez les étudiants de la 5^{ème} année d'Oran et de la 2^{ème} année Master d'Alger (Figure 84)

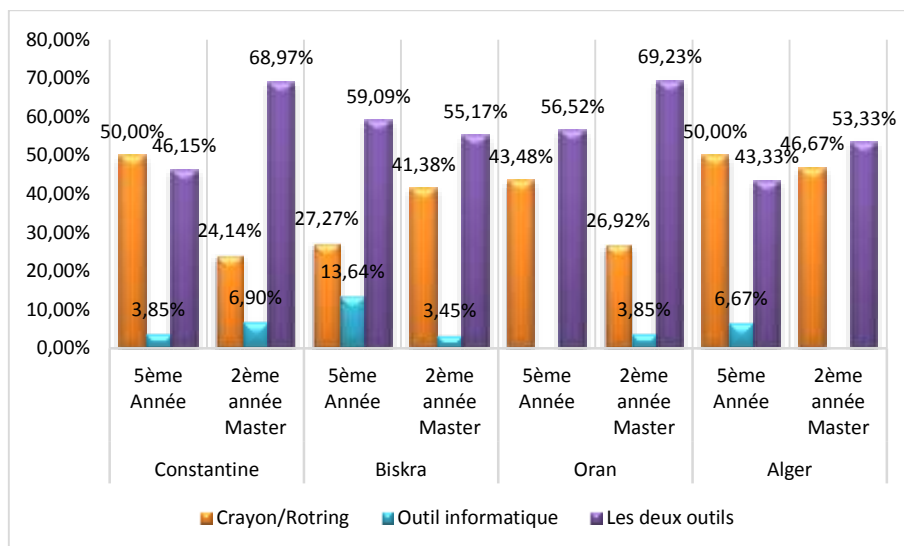


Figure 84 : Le choix des étudiants de fin de cycle pour la conception de leurs projets.

Source : Auteure, Mai-Juin 2012/Mai-Juin 2015.

Dans ce qui suit, nous présentons quelques réponses « citations » des étudiants expliquant leurs choix pour la **conception** (selon l'ordre des choix), en se référant aux mots identifiés par le logiciel *NVivo* :

a) **Les deux outils**

Tableau 15: Fréquence des mots utilisés pour expliquer le crayon pour la conception des projets.

Mot	Nombre	Pourcentage pondéré (%)	Mots similaires
L'idée	31	2,83	idées, idée, الفكرة
puis	18	1,64	ensuite, après
forme	8	1,63	formalisée, formes, géométrie, traits, lignes
premières	13	1,18	première, primaire, premiers, primaires, الأولى
commence	11	1	Commencer, commençons, démarrer, départ, البداية, début
facile	9	0,81	Faciliter, facilement, facilite
phase	9	0,81	l'étape, المرحلة, étape, étapes
développer	8	0,73	
travail	8	0,73	travaille
liberté	8	0,72	Libre, libère, libérer, حرية
finition	7	0,64	finitions
précision	7	0,64	précise
vient	7	0,64	va
finaliser	7	0,63	finalisation, finalise, final
logiciel	7	0,63	autocad, l'autocad, sketchup
temps	6	0,55	
organigrammes	6	0,54	schémas, croquis, dessins, d'esquisse, esquisses
gagner	5	0,46	
propre	5	0,45	propres
rapide	5	0,45	rapides

surfaces	5	0,45	dimensionnement, mesures, surface
aide	4	0,36	
d'expression	4	0,36	d'exprimer, exprimer, m'exprime
réflexion	4	0,36	réfléchir
créer	3	0,27	création
d'imagination	3	0,27	imagination
espaces	3	0,27	l'espace, spatiales

Source : Travail effectué sur NVivo, Auteure^a.

Les étudiants qui ont choisi les deux outils ont justifié leurs choix par le travail du *va et vient* entre le crayon/la main et l'ordinateur, la fréquence élevée des mots tels que *commencer, puis, ensuite, finaliser,...* reflètent ce choix : « Pour l'esquisse (réflexion), j'utilise le crayon, et l'outil informatique pour la finalisation (c'est un va et vient entre le crayon et l'outil informatique »^b, « C'est un travail de va et vient entre l'ancien et le nouveau et chacun dicte des solutions »^c, « Le crayon puis l'ordinateur ensuite un va et vient »^d

D'autres étudiants expliquent que l'outil informatique est utilisé pour *développer* la première idée (les premières lignes) réalisée avec le crayon : « L'idée se fait toujours au crayon. Quand l'idée est formalisée l'outil informatique peut la développer »^e, « Je commence par le rapido, après je développe l'idée par l'outil informatique »^f, « Pour qu'on puisse développer l'idée »^g, « Je préfère utiliser le crayon pour dessiner la première idée puis l'outil informatique pour la développer »^h, « Une combinaison entre les deux qui permet de développer l'idée et la conception d'une façon très efficace »ⁱ, « Toujours une conception commence par un geste lié au crayon, puis l'idée se développe avec l'outil informatique »^j.

Certains étudiants ont parlé des capacités de l'outil informatique en matière de calculs et de visualisation : « Le crayon permet la liberté d'expression et l'outil informatique aide à

^a Correspondance des mots similaires effectuée par l'auteure.

^b Questionnaire Etudiants, N° 279.

^c Questionnaire Etudiants, N° 290.

^d Questionnaire Etudiants, N° 503.

^e Questionnaire Etudiants, N° 186.

^f Questionnaire Etudiants, N° 232.

^g Questionnaire Etudiants, N° 314.

^h Questionnaire Etudiants, N° 340.

ⁱ Questionnaire Etudiants, N° 401.

^j Questionnaire Etudiants, N° 533.

optimiser les calculs (précision) »^a, « Je préfère le crayon pour obtenir l'idée et j'utilise l'outil informatique pour déterminer les mesures »^b, « On utilise le crayon pour les premières idées et pour gagner du temps on simule avec l'outil informatique »^c, « L'esquisse se fait à la main, ensuite, on bascule sur AutoCad pour une meilleure maîtrise des surfaces »^d, « L'outil informatique aide à la conception pour les formes complexes et plus de précision »^e, « L'idée vient plus facilement en crayonnant, par contre, les détails sont plus simples sur ordinateur (pour modifier, corriger) »^f

b) Le crayon :

Tableau 16: Fréquence des mots utilisés pour expliquer le crayon pour la conception des projets.

Mot	Nombre	Pourcentage pondéré (%)	Mots similaires
idées	57	3,66	l'idée, idée, الفكرة, d'idées, idéation
liberté	27	1,86	Libre, libres, libère, libérer
rapide	12	0,83	rapidité, rapidement, rapidos, حرية
facile	10	0,7	facilement, facilite, facilité, سهولة
d'imagination	10	0,69	d'imaginer, imagination, imaginer, l'imagination
maîtrise	7	0,48	maîtriser
propre	7	0,48	
sens	7	0,48	الاحساس
premières	6	0,42	premiers, primaire, primaires
aide	5	0,35	m'aide, aident
concrétiser	4	0,28	concrétisant, concrétise
création	4	0,28	créer
d'expression	4	0,28	d'exprimer, exprime, exprimer
limite	4	0,28	limité
réflexion	4	0,28	التفكير

^a Questionnaire Etudiants, N° 196.

^b Questionnaire Etudiants, N° 382.

^c Questionnaire Etudiants, N° 487.

^d Questionnaire Etudiants, N° 542.

^e Questionnaire Etudiants, N° 581.

^f Questionnaire Etudiants, N° 644.

schématiser	4	0,28	schémas, schématiquement
créativité	3	0,21	créative
explicatifs	3	0,21	expliquer, l'expliquer
m'inspire	3	0,21	m'inspirer, s'inspirer
base	3	0,21	
maniable	3	0,21	

Source : Travail effectué sur NVivo, Auteure^a.

Les étudiants ont justifié leurs réponses par le fait que le crayon est la *base* de la conception architecturale : « *La base de la conception architecturale c'est le papier et le crayon* »^b, il donne plus de *liberté* au concepteur : « *Avec le crayon je suis plus libre* »^c, « *On est plus libre* »^d, « *C'est l'outil qui nous donne plus de liberté* »^e, « *الفكرة التصميمية بقلم الرصاص لأنه يعطي أكثر حرية* »^f

Il *inspire* les étudiants : « *Parce qu'il me donne la liberté pour esquisser, m'aide à m'inspirer* »^g, et aide à enrichir leur *imagination* « *Pare que le crayon donne beaucoup d'imagination, mais l'outil informatique limite les idées* »^h, « *Facilité d'imagination* »ⁱ.

Selon ces étudiants, le crayon laisse émerger les *idées* : « *Le crayon fait sortir l'idée de base* »^j, « *Les premières idées viennent avec le crayon* »^k, « *Donner des idées* »^l, « *Les premières idées viennent avec le crayon* »^m

Une part des étudiants expliquent que le crayon est un outil *classique* et ils l'utilisent par *habitude* : « *C'est la manière classique de mener la conception d'un projet* »ⁿ, « *C'est toujours le classique, c'est l'habitude* »^o.

^a Correspondance des mots similaires effectuée par l'auteure.

^b Questionnaire Etudiants, N° 187.

^c Questionnaire Etudiants, N° 212.

^d Questionnaire Etudiants, N° 216.

^e Questionnaire Etudiants, N° 246.

^f Questionnaire Etudiants, N° 374.

^g Questionnaire Etudiants, N° 211.

^h Questionnaire Etudiants, N° 510.

ⁱ Questionnaire Etudiants, N° 233.

^j Questionnaire Etudiants, N° 288.

^k Questionnaire Etudiants, N° 254.

^l Questionnaire Etudiants, N° 335.

^m Questionnaire Etudiants, N° 254.

ⁿ Questionnaire Etudiants, N° 287.

^o Questionnaire Etudiants, N° 410.

c) **L'outil informatique****Tableau 17:** Fréquence des mots utilisés pour expliquer le choix de l'outil informatique pour la conception des projets.

Mot	Nombre	Pourcentage pondéré (%)	Mots similaires
facile	12	4,7	facilite, facilité, facilement
rapide	12	4,7	rapidité
temps	8	3,14	
gagner	5	1,96	gagne, gain
pratique	3	1,18	
propre	3	1,18	
modification	3	1,17	Modifications, corrections
précis	3	1,17	précision

Source : Travail effectué sur NVivo, Auteure^a.

Nous pouvons remarquer que le mot « idée » est absent de ce tableau, contrairement aux deux tableaux précédents où le mot est classé en premier (Tableau 15 et Tableau 16). Dans les réponses étayant le choix de l'outil informatique, les étudiants ont réitéré ses avantages tels que *la précision*^b, *le gain du temps*^c, *la propreté*^d, *l'efficacité*^e. Ils ont parlé de ses facilités de *proposition* et de *modification* de la conception : « *Plus facile, plus rapide, possibilité de changer de conception sans avoir à tout refaire* »^f, « *L'outil informatique est mieux, car il donne la possibilité de faire le retour facilement s'il y a des fautes et il est plus facile que le travail au crayon* »^g, ou bien la prise de décision : « *Parce qu'il est plus rapide par rapport au crayon et au même temps je peux prendre des décisions au niveau de ma conception* »^h.

D'autres ont parlé de son utilité pour les formes complexes : « *L'outil informatique aide à la conception pour les formes complexes et plus de précision* »ⁱ. Très peu d'entre eux ont

^a Correspondance des mots similaires effectuée par l'auteure.

^b Questionnaires Etudiants, N° 201, 209, 224, 225.

^c Questionnaires Etudiants, N° 208, 213, 218, 259, 260, 436, 603.

^d Questionnaires Etudiants, N° 218, 234, 235.

^e Questionnaires Etudiants, N° 226, 236.

^f Questionnaire Etudiants, N° 466.

^g Questionnaire Etudiants, N° 546.

^h Questionnaire Etudiants, N° 398.

ⁱ Questionnaire Etudiants, N° 581.

parlé de l'aide à l'imagination que peut apporter l'outil : « *Pour améliorer l'imagination* »^a,
« *Plus rapide, plus propre, aide l'imagination* »^b

III-2-1-3. Première réaction

Afin d'identifier quel outil est utilisé en premier pour concevoir, les étudiants ont été questionnés par rapport à leur première réaction pour entamer un projet (en matière d'outil). La majorité a préféré le travail à main levée ; les deux tiers (au moins) d'étudiants par département confirment cette attitude. En moyenne entre les années et les départements le chiffre est égal à 90,12% d'étudiants qui optent pour le crayon et le papier comme premier acte de conception pour l'année universitaire 2011-2012. (Figure 85)

Contrairement à nos attentes, le département de Biskra présente le plus bas pourcentage du papier et crayon (75,00%) (Quoiqu'il soit important) parmi les quatre établissements. Pour rappel, c'est le département qui possède :

- Le plus bas pourcentage de l'utilisation personnelle de l'outil informatique (82,22%) ;
- Le plus haut pourcentage relatif au contact des bureaux d'études (46,67%) ;
- Le plus bas pourcentage pour l'autorisation des enseignants de l'utilisation de l'outil informatique en Atelier (64,44%) ;
- Le plus bas pourcentage pour la formation des étudiants dans les logiciels CAO-DAO-BIM (68,89%)

Les étudiants de Biskra montrent une préférence pour le papier et le crayon, mais le ¼ veut travailler avec l'outil informatique (Figure 85), c'est le plus haut pourcentage observé parmi les quatre établissements et qui concorde avec les résultats représentés dans la Figure 82 où Biskra possède le plus haut pourcentage pour le choix de l'outil informatique utilisé « seul » pour la conception : 11,11%.

^a Questionnaire Etudiants, N° 242.

^b Questionnaire Etudiants, N° 239.

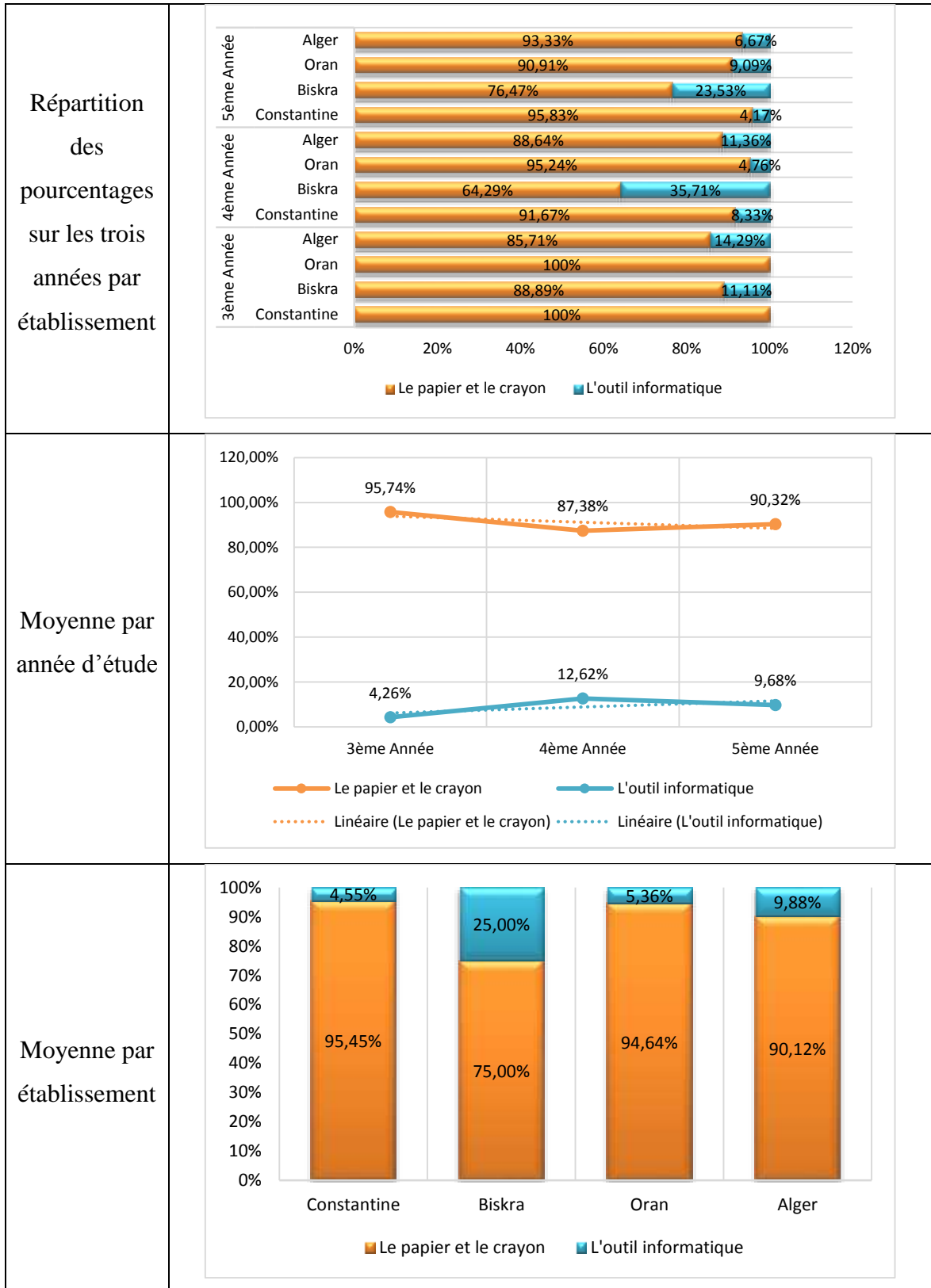


Figure 85 : Première réaction des étudiants pour concevoir.

Source : Auteure, Mai-Juin 2012.

Pour Constantine et dans les trois années universitaires, la dominance du crayon est remarquable avec une augmentation des pourcentages en 2011-2012 (Figure 86)

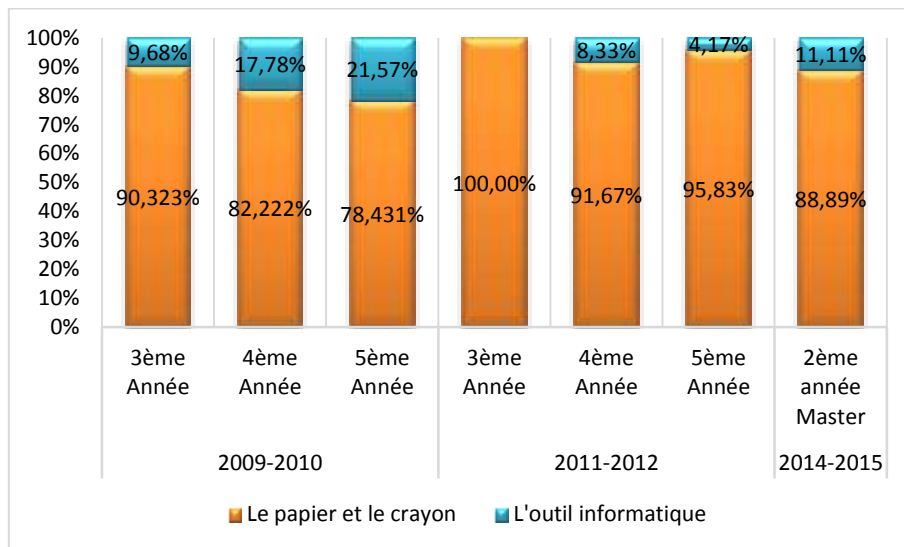


Figure 86 : Première réaction des étudiants de Constantine pour concevoir dans trois années universitaires.

Source : Auteure, Mai 2010/Mai-Juin 2012/Mai-Juin 2015.

Pour les étudiants de fin de cycle et à l'exception du département de Biskra, les autres établissements présentent des pourcentages très proches (Figure 87), similaires, d'ailleurs, aux résultats représentés de la Figure 85. Les étudiants de fin de cycle de Biskra, par contre, ont choisi l'outil informatique comme première réaction pour concevoir avec 22,87% comme moyenne.

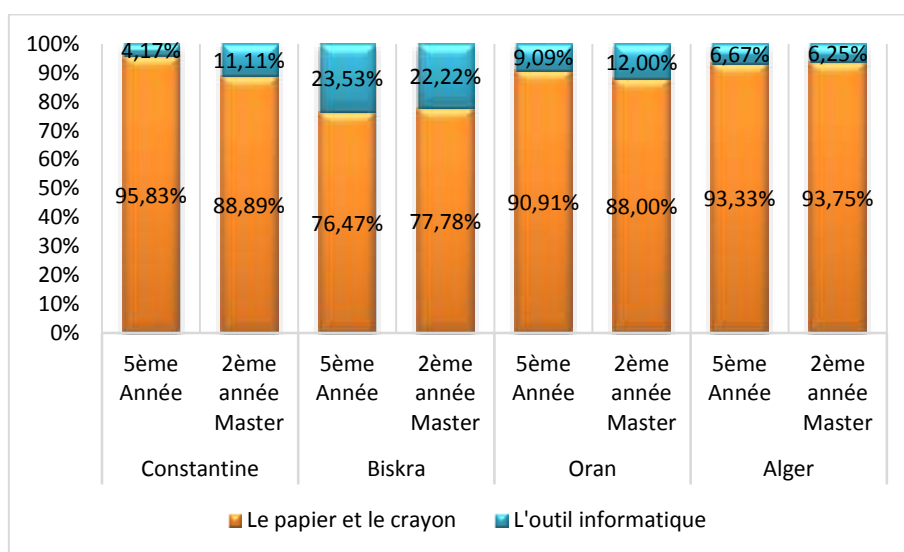


Figure 87 : Première réaction des étudiants de fin de cycle pour concevoir.

Source : Auteure, Mai-Juin 2012/Mai-Juin 2015.

D'un autre côté, nous avons demandé aux enseignants, à travers quel support leurs étudiants expliquent les premières propositions. Les résultats représentés dans la Figure 88 viennent confirmer les réponses des étudiants : 77,78% des réponses ont opté pour des dessins à main levée.

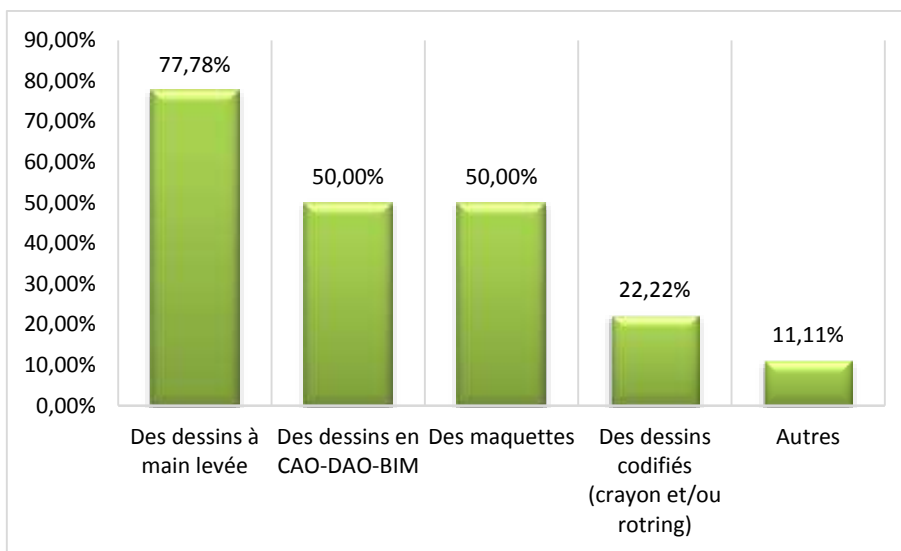


Figure 88 : Explication des étudiants de leurs premières propositions.

Source : Auteure, enquête enseignants, Février-Juin 2015.

En nous intéressant à la conception, nous avons recensé le nombre de réponses des étudiants optant pour un seul outil pour les deux questions relatives à la conception et à la première réaction. Les résultats ont montré une préférence pour le crayon pour les étudiants des deux systèmes (classique et LMD) :

- En 2011-2012 : 41,98% des étudiants questionnés optent pour le crayon pour les 2 questions, alors que seuls 2,88% choisissent l'outil informatique ;
- En 2014-2015 : 32,26% des étudiants questionnés en 2^{ème} année Master optent pour le crayon pour les 2 questions et juste 2,15% pour l'outil informatique.

En voulant vérifier les tendances de choix des étudiants, nous avons refait les mêmes calculs, mais cette fois-ci, pour les trois questions visant le recensement des réponses qui ont choisi un seul outil pour la représentation graphique, la conception et la première réaction. Les résultats ont montré des pourcentages très minimes reflétant un privilège pour des choix variés :

- En 2011-2012 : 7,87% des étudiants questionnés optent pour le crayon pour les 3 questions, et 2,76% pour l'outil informatique ;

- En 2014-2015 : 2,97% des étudiants questionnés en 2^{ème} année Master optent pour le crayon pour les 3 questions et 0,99% pour l'outil informatique.

Voici ci-dessous quelques-unes de leurs réponses :

Le crayon pour les trois questions :

- Un étudiant en 3^{ème} année^a a répondu pour la représentation graphique : « *La représentation avec le crayon nous permet de toucher les espaces* » et pour la conception : « *A mon avis, le crayon c'est la base de la conception architecturale* »
- Un autre^b a justifié pour la conception : « *Car le crayon donne l'image qui est dans la tête* », et pour la représentation graphique : « *Car avec le crayon, tu te sens à ton projet* »
- Un étudiant en 2^{ème} année master^c a précisé : « *Puisque quand j'utilise le crayon je donne plus de liberté à mon cerveau à imaginer et à ma main à esquisser avec plus d'idées* » et « *À mon avis, l'architecte c'est lui qui peut prendre le crayon et dessiner ses idées plutôt projeter son image mentale sur papier* »
- « *Plus de liberté, plus d'originalité* »^d
- « *Je pense personnellement que le crayon est plus maniable et laisse place à beaucoup d'imagination et liberté loin d'une trame régulière* »^e
- « *Je me sens plus libre* »^f

L'outil informatique pour les trois questions :

Le choix de l'outil informatique comme réponse pour les trois questions a été justifié par la précision^g, le gain du temps^h, l'efficacitéⁱ

- « *Plus rapide, plus propre, aide l'imagination* »^j;
- « *Parce que c'est un outil qui nous permet d'élaborer plusieurs propositions en peu de temps et la modification de la conception est facile* »^k.

^a Questionnaire Etudiants, N° 184.

^b Questionnaire Etudiants, N° 306.

^c Questionnaire Etudiants, N° 584.

^d Questionnaire Etudiants, N° 423.

^e Questionnaire Etudiants, N° 425.

^f Questionnaire Etudiants, N° 598.

^g Questionnaire Etudiants, N° 209.

^h Questionnaire Etudiants, N° 218, 436 et 603.

ⁱ Questionnaire Etudiants, N° 236.

^j Questionnaire Etudiants, N° 239.

^k Questionnaire Etudiants, N° 532.

III-2-2. Phasage d'utilisation de l'outil informatique

Nous avons essayé de vérifier de près quand et comment l'outil informatique est intégré dans le processus de conception par le biais de l'enquête expérimentale. Pour rappel, notre étude expérimentale se résume à un exercice de conception réalisé par des étudiants bénévoles, pour lesquels, nous avons essayé d'assurer les conditions nécessaires du travail^a dans un des ateliers du département d'architecture de Constantine

L'expérimentation se constitue de six étapes comme déjà expliquées dans le quatrième chapitre. L'exercice lui-même a pris une moyenne de 4h 38 mn. Les étudiants ont été appelés à arrêter l'exercice une fois le produit suffisamment communicable et à remettre ce produit sous le format dont ils ont l'habitude d'utiliser.

III-2-2-1. L'observation

Sur la base d'observation des participants en train de travailler, une grille a été remplie selon les horaires d'observation^b. La prise de notes a été effectuée selon des écarts de temps entre 10 et 15 min (maximum) selon le contexte. Cette grille d'observation a constitué la base du travail pour l'analyse et l'interprétation des données.

Pour chaque étudiant, un axe temporel a été tracé reprenant les activités de l'étudiant. Les axes représentent, donc, graphiquement le déroulement temporel de l'activité de conception (selon l'ordre chronologique) et sont constitués d'une succession de tâches en précisant pour chacune : son début, sa fin et le support utilisé.

Il est à préciser qu'une combinaison non linéaire des étapes constitue le processus (Le retour en arrière, le va-et-vient par exemple), mais notre choix a été porté sur le linéaire par rapport au temps.

Les axes temporels des participants aux deux exercices confectionnés à l'aide de *MindView 5.0*^c, sont représentés dans les figures suivantes (Fig. 89-97). Les travaux ont été codés selon le numéro de l'exercice et un numéro donné au participant (EX1-E2, par exemple, veut dire le participant/étudiant n° 2 au 1^{er} exercice). Le travail de l'étudiante qui s'est présentée à l'exercice sans ramener son ordinateur EX2-E2^d n'a pas été pris en considération dans cette partie.

^a Voir *Supra*, Deuxième partie : Choix méthodologique

^b Voir ANNEXE III : L'étude expérimentale.

^c Un logiciel de mind mapping qui offre la possibilité de créer des lignes de temps.

^d Voir ANNEXE V : Les travaux des participants à l'étude expérimentale.

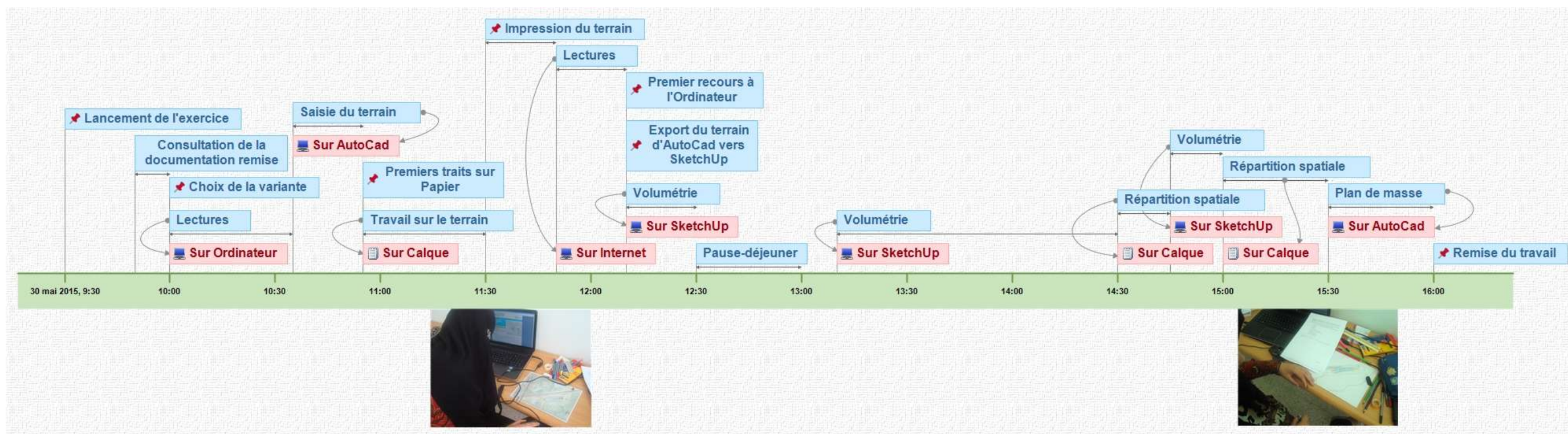


Figure 89 : Axe temporel reprenant l'activité de conception de l'étudiante : EX1-E1 (Aire de repos et de service autoroutière)
 Source : Auteure.

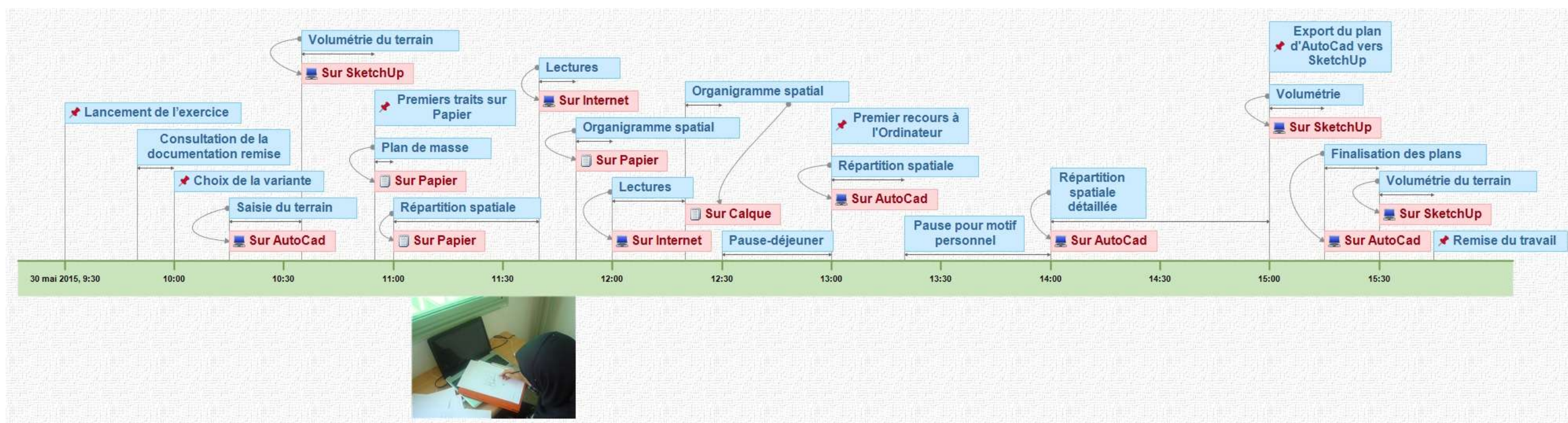


Figure 90 : Axe temporel reprenant l'activité de conception de l'étudiante : EX1-E2 (Maison d'habitation individuelle)
 Source : Auteure.

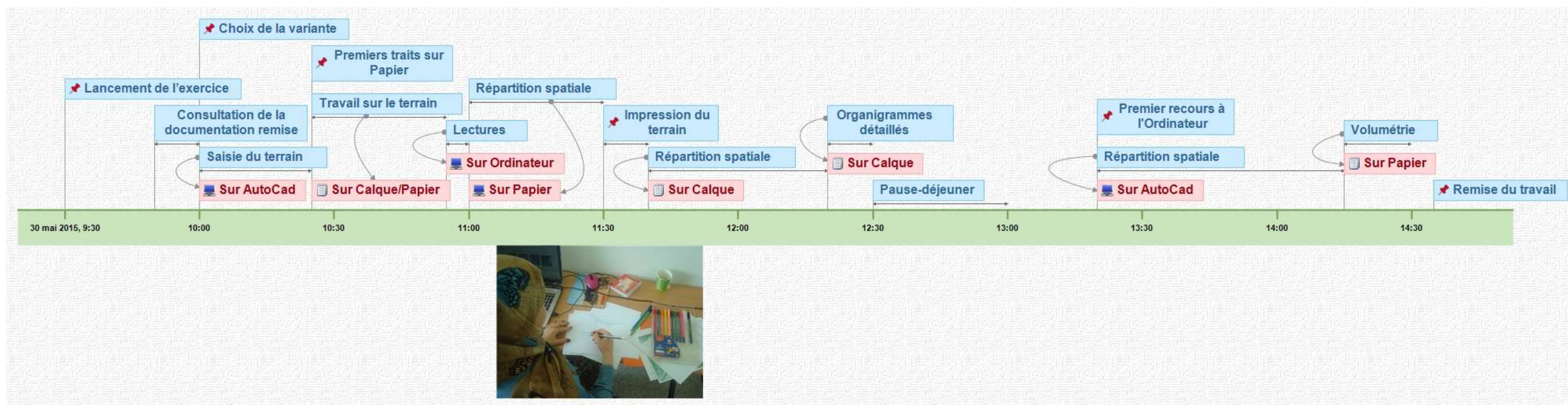


Figure 91 : Axe temporel reprenant l'activité de conception de l'étudiante : EX1-E3 (Maison d'habitation individuelle)

Source : Auteure.

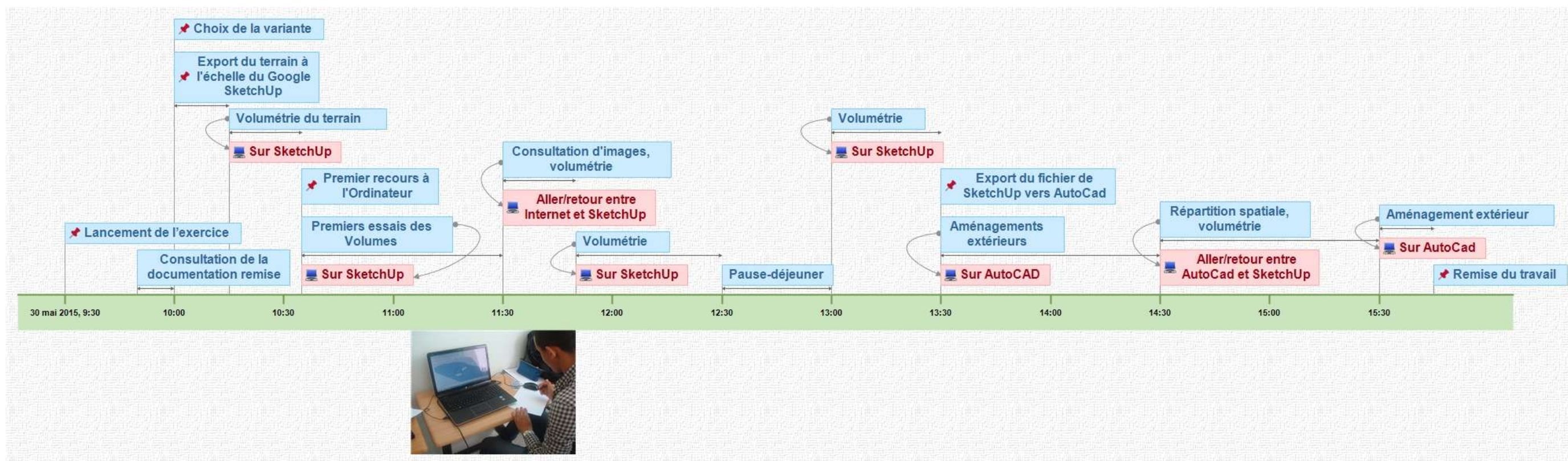


Figure 92 : Axe temporel reprenant l'activité de conception de l'étudiant : EX1-E4 (Aire de repos et de service autoroutière)

Source : Auteure.

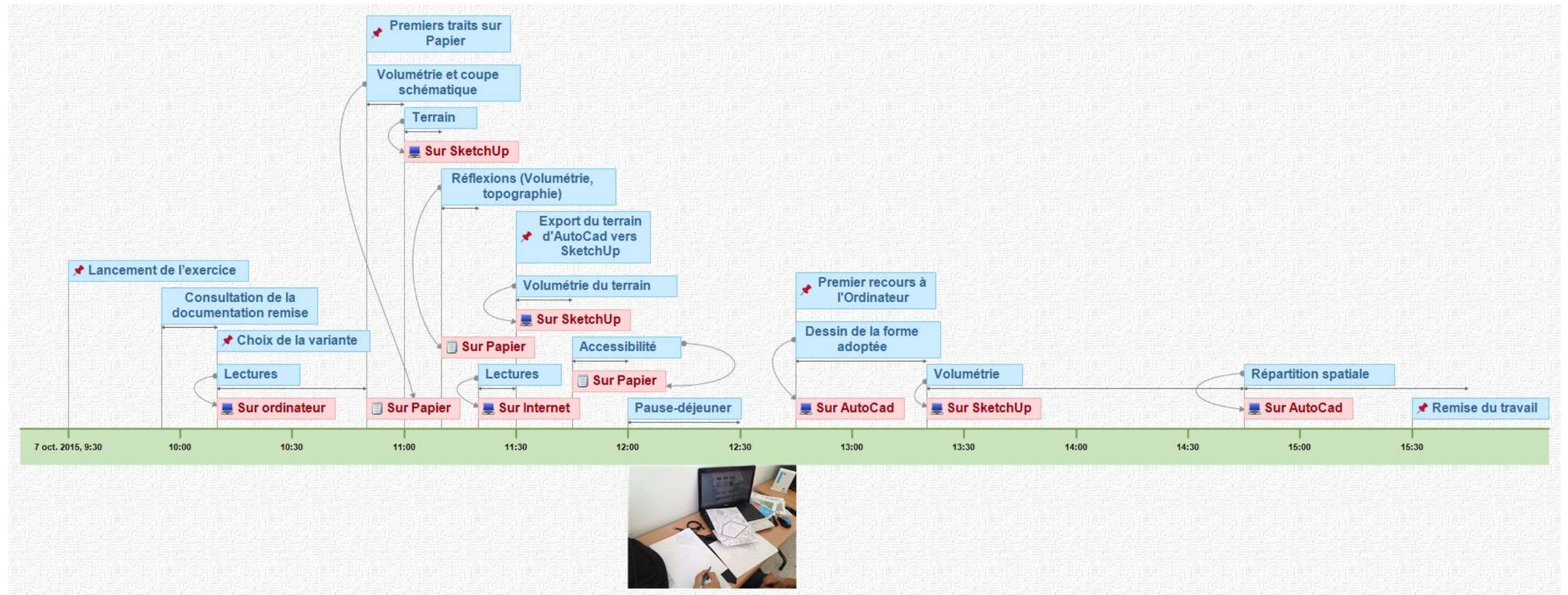


Figure 93 : Axe temporel reprenant l'activité de conception de l'étudiant : EX2-E1 (Show-room automobile)
 Source : Auteure.

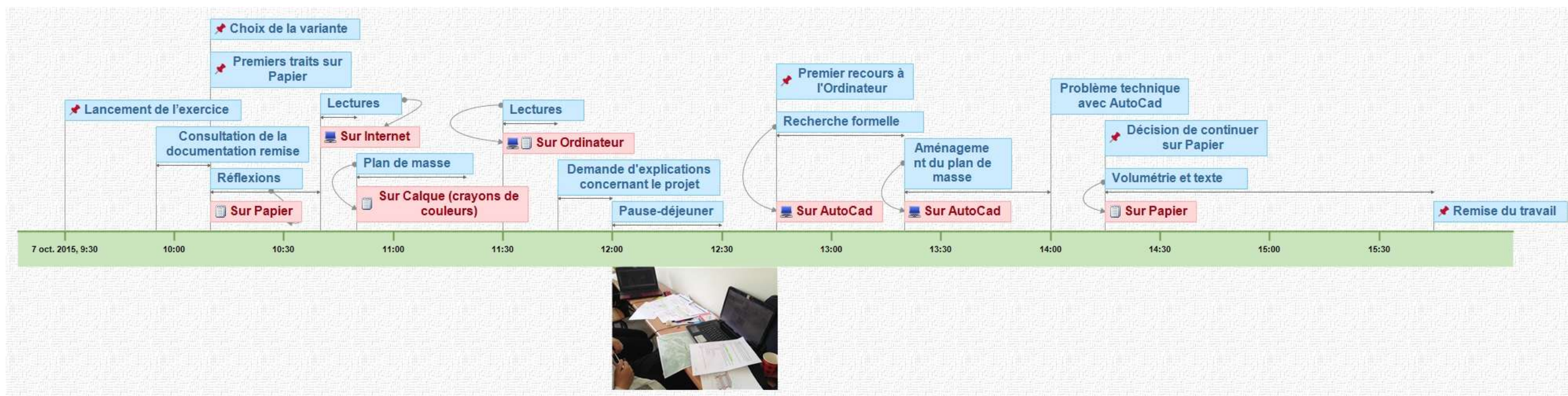


Figure 94 : Axe temporel reprenant l'activité de conception de l'étudiante : EX2-E3 (Aire de repos et de service autoroutière)
 Source : Auteure.

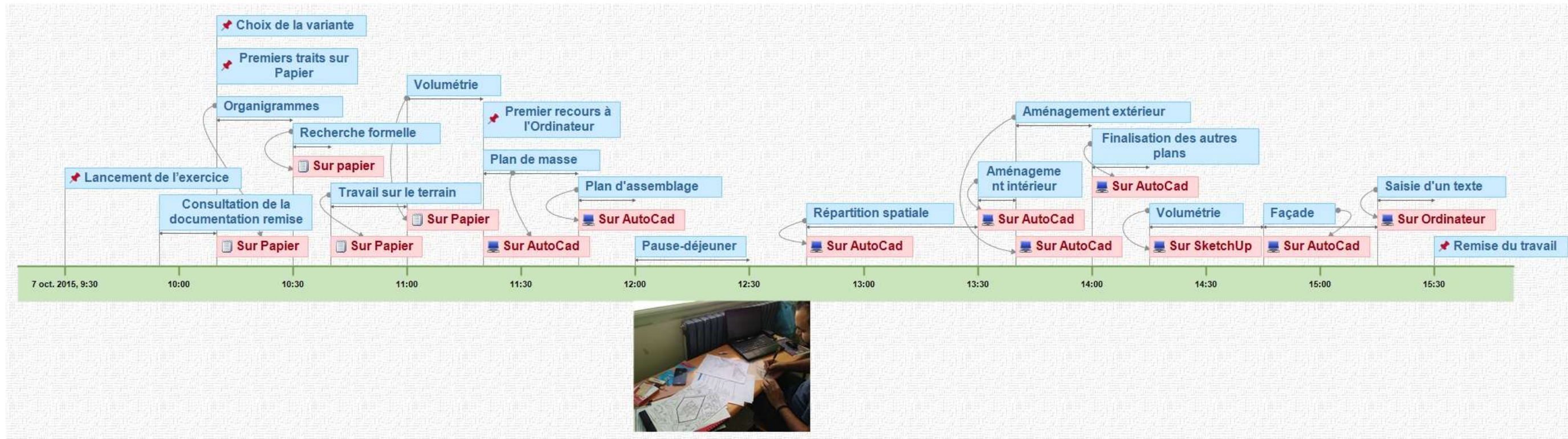


Figure 95 : Axe temporel reprenant l'activité de conception de l'étudiante : EX2-E4 (Show-room automobile)
 Source : Auteure.

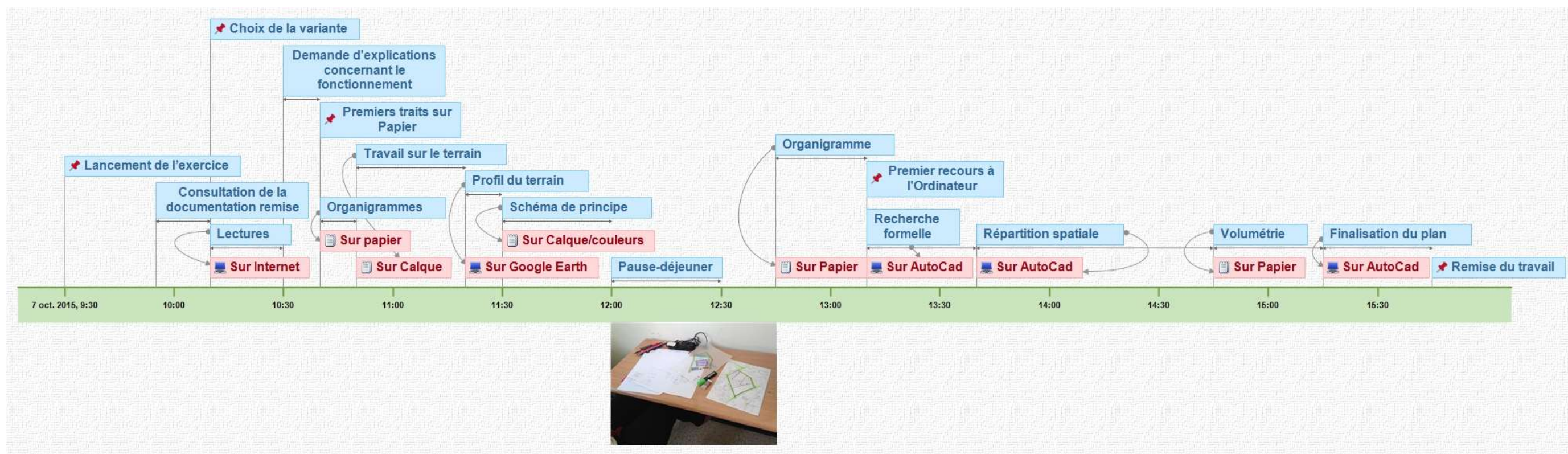


Figure 96 : Axe temporel reprenant l'activité de conception de l'étudiante : EX2-E5 (Show-room automobile)
Source : Auteure.

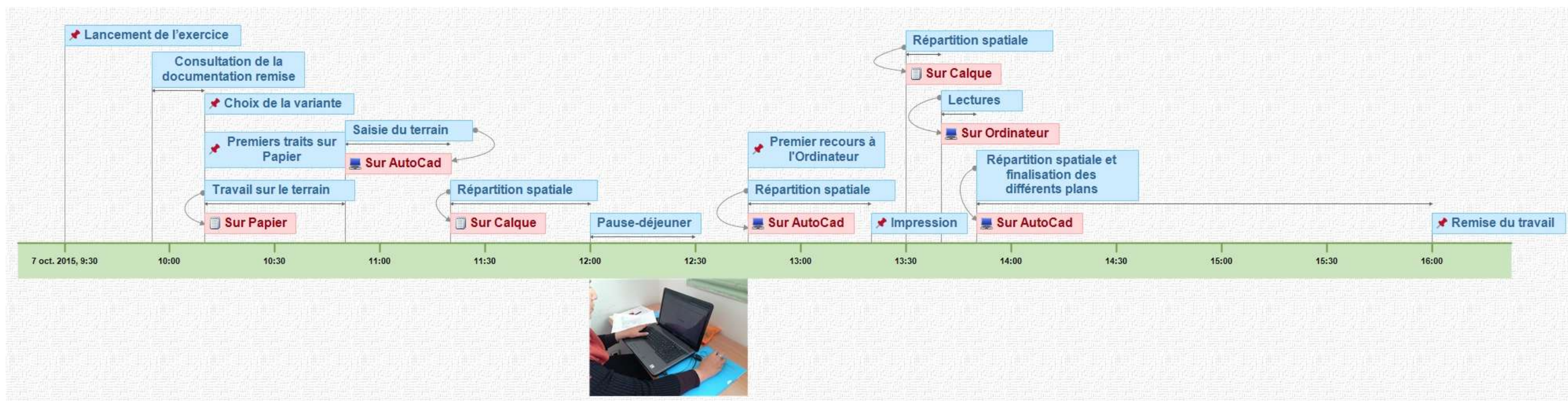


Figure 97 : Axe temporel reprenant l'activité de conception de l'étudiante : EX2-E6 (Maison d'habitation individuelle)
Source : Auteure.

Sur la base de l'observation et d'une première lecture des axes, nous pouvons dresser les remarques suivantes :

- Toutes les variantes proposées ont été traitées équitablement^a ;
- Les étudiants n'ont pas la même attitude du travail ; chacun a ses préférences. A l'exception d'un seul étudiant (EX1-E4) qui a travaillé avec l'outil informatique de bout en bout du processus, le reste des étudiants entame le travail sur du papier/calque avec un crayon ;
- Les logiciels utilisés sont : SketchUp, AutoCad et Google Earth (Google SketchUp). SketchUp est le préféré des étudiants pour la volumétrie, tandis qu'AutoCad est réservé pour les répartitions spatiales et la finalisation du dessin avant la remise^b ;
- 4 étudiants sur 9 (travaillant sur ordinateur) ont utilisé AutoCad tout seul et n'ont pas produit de dessins en 3D (l'exemple du EX2-E6) ou ont confectionné des volumétries à la main (l'exemple du EX1-E3, EX2-E3 et EX2-E5) ;
- 5 étudiants sur 9 (travaillant sur ordinateur) ont utilisé AutoCad et SketchUp et ont produit des dessins en 2D et en 3D (à l'aide des logiciels) ;
- Les organigrammes se dessinent exclusivement à la main sur papier ou calque ;
- La conception se fait en plan (en deux dimensions) :
 - Pour tout le processus, à l'image de EX2-E6 (Figure 97) ;
 - La volumétrie vient à la fin du processus, que ce soit produite avec un logiciel (EX1-E2) ou à la main (EX1-E3, EX2-E3)
 - EX2-E5 : ébauche de volumétrie (non poussée)
- Un travail du va-et-vient entre la 2D et la 3D est observé chez :
 - EX1-E4 ;
 - EX2-E1 et EX2-E4 : des croquis en 3D à la main puis avec le logiciel ;
- L'étudiante qui a participé à l'exercice sans ordinateur (EX2-E2) a commencé avec une phase appelée selon elle « *phase 1* » : des croquis à la main en 2D et 3D avec du texte, puis vient « *la phase 2* » qui –selon elle- concerne « *le développement des espaces intérieurs (les plans) et les croquis à main levée (passer à l'échelle) qui sera réalisée avec l'ordinateur* »

^a Voir Supra, Chapitre 4, titre : II-2-2. L'étude expérimentale.

^b Voir Supra, Chapitre 5, titre : III-1-2-3. Accès facile aux logiciels.

III-2-2-2. La segmentation

Après la représentation graphique de l'activité de conception pour chaque étudiant, nous avons procédé à la segmentation de cette activité en séquences ou sessions selon l'outil utilisé. Le Tableau 18 reprend ces sessions avec une répartition temporelle plus fine quantifiant le volume horaire du :

- Travail sur ordinateur ;
- Travail au crayon sur papier ou calque ;
- Lectures : cette session regroupe tout ce qui est consultation de documents disponibles sur leurs propres portables ou recherche sur internet de documents ou d'images ;
- Autres : regroupe des tâches aidant tels que la saisie du terrain (pour les participants préférant un plan vectoriel), la volumétrie du terrain, l'impression, le texte, ...

Nous signalons que l'étudiante EX2-E3 a eu un problème technique avec AutoCad et a décidé de continuer sur papier (Figure 94). La quantification de ce travail figure sur le tableau ci-dessous mais elle n'est pas prise dans le calcul des moyennes entre les participants.

Tableau 18: Segmentation de l'activité de conception en sessions.

	Travail sur Ordinateur	Travail au crayon/papier	Lectures	Saisie du terrain, volumétrie du terrain, Impression, texte...	Temps total du travail		Projet choisi
EX1-E1	145	80	55	40	320	5h et 20mn	Aire de repos et de service autoroutière
	45,31%	25,00%	17,19%	12,50%	100%		
EX1-E2	110	65	30	55	260	4h et 20mn	Maison d'habitation individuelle
	42,31%	25,00%	11,54%	21,15%	100%		
EX1-E3	55	125	5	35	220	3h et 40mn	Aire de repos et de service autoroutière
	25,00%	56,82%	2,27%	15,91%	100%		
EX1-E4	270	0	10	35	315	5h et 15mn	Aire de repos et de service autoroutière

	85,71%	0%	3,17%	11,11%	100%	de service autoroutière	
EX2-E1	180	35	50	25	290	4h et 50mn	Show-room automobile
	62,07%	12,07%	17,24%	8,62%	100%		
EX2-E3	75	150	40	0	265	4h et 25mn	Aire de repos et de service autoroutière
	28,30%	56,60%	15,09%	0%	100%		
EX2-E4	190	70	0	15	275	4h et 35mn	Show-room automobile
	69,09%	25,45%	0%	5,45%	100%		
EX2-E5	125	125	30	10	290	4h et 50mn	Show-room automobile
	43,10%	43,10%	10,34%	3,45%	100%		
EX2-E6	170	80	10	40	300	5h	Maison d'habitation individuelle
	56,67%	26,67%	3,33%	13,33%	100%		

Source : Auteure.

Dans un deuxième traitement, nous avons repris graphiquement les axes et n'avons gardé que des jalons importants visant à localiser -par rapport à l'activité de conception- à quel moment:

- Se fait le premier recours à l'ordinateur ;
- Se dessinent les premiers traits sur papier/calque.

Ces informations ont été résumées dans le Tableau 19, qui précise l'heure et le pourcentage du temps écoulé.

Tableau 19: Positionnement temporel des jalons marquant l'activité de conception.

	Choix de la variante	Premiers traits sur Papier	1er recours à l'Ordinateur	Temps total du travail		Projet choisi
EX1-E1	à 10h.00	à 10h.55: après 55mn du temps	à 12h.10: après 2h 10 mn du temps	5h et 20mn	320	Aire de repos et de service autoroutière
		17,19%	40,63%	100%		
EX1-E2	à 10h.00	à 10h.55: après 55mn du temps	à 13h.00: après 2h 30 mn du temps	4h et 20mn	260	Maison d'habitation individuelle
		21,15%	57,69%	100%		
EX1-E3	à 10h.00	à 10h.25: après 25mn du temps	à 13h.20: après 2h 50 mn du temps	3h et 40mn	220	Aire de repos et de service autoroutière
		11,36%	77,27%	100%		
EX1-E4	à 10h.00	aucun	à 10h.35: après 35 mn du temps	5h et 15mn	315	Aire de repos et de service autoroutière
		-	11,11%	100%		
EX2-E1	à 10h.10	à 10h.50: après 40 mn du temps	à 12h.45: après 2h 05 mn du temps	4h et 50mn	290	Show-room automobile
		13,79%	43,10%	100%		
EX2-E3	à 10h.10	à 10h.10: après 0mn du temps	à 12h.45: après 2h05 mn du temps	4h et 25mn	265	Aire de repos et de service autoroutière
		0%	47,17%	100%		
EX2-E4	à 10h.10	à 10h.10: après 0mn du temps	à 11h.20: après 1h10mn du temps	4h et 35mn	275	Show-room automobile
		0%	25,45%	100%		
EX2-E5	à 10h.10	à 10h.40: après 30mn du temps	à 13h.10: après 2h30mn du temps	4h et 50mn	290	Maison d'habitation individuelle
		10,34%	51,72%	100%		
EX2-E6	à 10h.10	à 10h.10: après 0mn du temps	à 12h.45: après 2h05mn du temps	5h	300	Maison d'habitation individuelle
		0%	41,67%	100%		

Source : Auteure.

Remarques pour les deux tableaux :

- Afin de faciliter la lecture et la comparaison ; nous avons identifié les valeurs minimales et maximales en deux couleurs différentes dans les deux tableaux et pour chaque colonne ;
- Les calculs de temps ont été effectués sur la base d'un écart d'observation entre 10 et 15 minutes (maximum).

Sur la base de ces deux tableaux, nous pouvons constater les points suivants :

- Le temps total de l'exercice (sans prendre en considération la pause-déjeuner, pauses pour motif personnel et l'EX2-E2) varie entre « 3h et 40mn » et « 5h et 20mn » avec une moyenne égale à 4h et 42mn ;
- Les sessions :
 - Le total des sessions réservées au travail sur ordinateur prend entre 25% et 85,71% du temps total de l'exercice, avec une moyenne égale à 52,40% (Travail EX2-E3 non pris en considération) ;
 - Le total des sessions réservées au travail au crayon prend entre 0% et 56,82% du temps total de l'exercice, avec une moyenne égale à 26,57% (Travail EX2-E3 non pris en considération) ;
 - Les lectures prennent entre 0% et 17,24% du temps total de l'exercice, avec une moyenne égale à 8,51% (Travail EX2-E3 non pris en considération) ;
 - Les « Autres » tâches prennent entre 3,45% et 21,15% du temps total de l'exercice, avec une moyenne égale à 12,52% (Travail EX2-E3 non pris en considération) ;
- Les tâches jalons :
 - A l'exception du travail EX1-E4, le reste des participants a fait appel à la main et au crayon avant de passer à l'ordinateur ;
 - Le temps pris pour passer au crayon varie entre 0mn (valable pour les 3 variantes) et 55mn du démarrage de l'exercice, avec un pourcentage moyen égal à 9,23% du temps total de l'exercice ;
 - Les participants ont fait recours à l'ordinateur après un temps qui varie entre « 35mn » et « 2h et 50mn » du démarrage de l'exercice, avec un pourcentage moyen égal à 43,98% du temps total de l'exercice

III-2-2-3. Lectures croisées

a) Attitudes de conception

Pour la phase entière de la conception d'un projet et à travers nos lectures et observations, les architectes adoptent différentes attitudes de travail. Nous pouvons en recenser quatre :

- Utilisation unique du papier/crayon : A1 ;
- Emploi seul de l'outil informatique : A2 ;
- Crayon à l'entame du projet et outil informatique pour le finaliser : A3 ;
- Le va et vient que ce soit en commençant avec le crayon ou l'informatique mais en terminant toujours avec l'informatique : A4

Nous expliquons dans ce qui suit ces attitudes en donnant des exemples de l'expérimentation et des entretiens avec les architectes praticiens :

Attitude A1 : « Architecture du papier »

Cette attitude appelée « architecture du papier », se base sur un travail à la main sur du papier ou calque. C'était le seul moyen pour produire des dessins et construire des projets avant l'avènement de l'informatique. Même après son avènement, nos étudiants ont continué à adopter cette attitude ; la Figure 98 représente un exemple de la 3^{ème} année, et la Figure 99 l'exemple de la 4^{ème} année. Les défenseurs de cette attitude sont convaincus que le dessin à main levée est un des talents classiques de l'architecte. La coordination entre la main et le cerveau apparaît l'idéal pour détecter les problèmes et « simuler » les solutions.

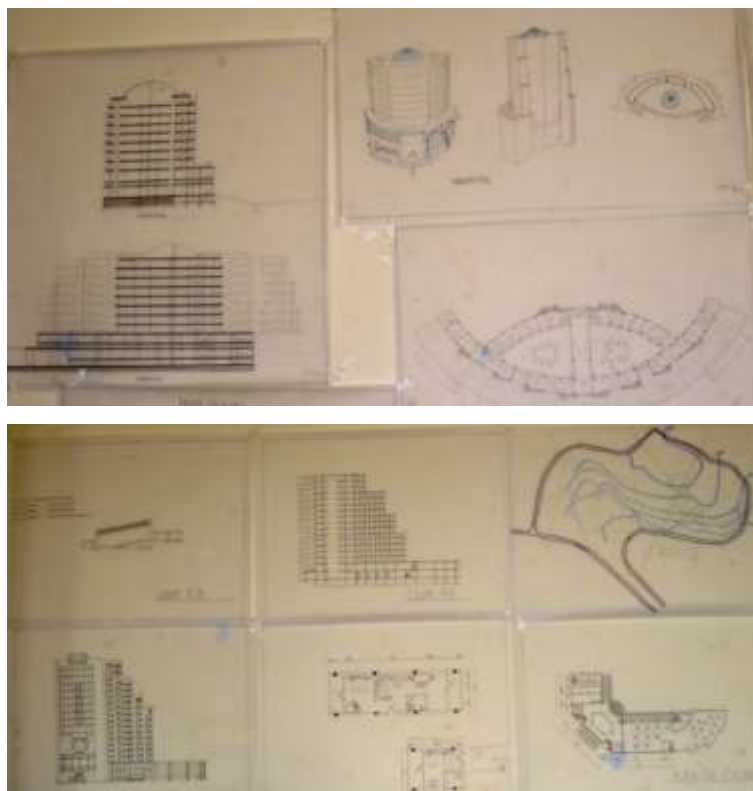


Figure 98 : Conception et représentation graphique de quelques projets de 3^{ème} année 2007-2008 produits « traditionnellement », Constantine.

Source : Auteure.

Cette attitude est toujours préférée par les bureaux d'études 2 et 3 de Biskra^a et qui aiment y retourner un jour. Le travail EX2-E2 a été totalement produit selon cette attitude de travail, quoique l'étudiante ait réparti son rendu en deux phases, et qu'elle a expliqué que la 2^{ème} sera réalisée avec l'ordinateur. Selon elle, cette phase est « *Le développement des espaces intérieurs...passer à l'échelle (l'ordinateur)* ». En se référant à cette citation, nous classons son attitude de travail « réel/habituel » en A3.

^a Voir Supra, Chapitre 5, titre : III-1-1-6. Les bureaux d'études.

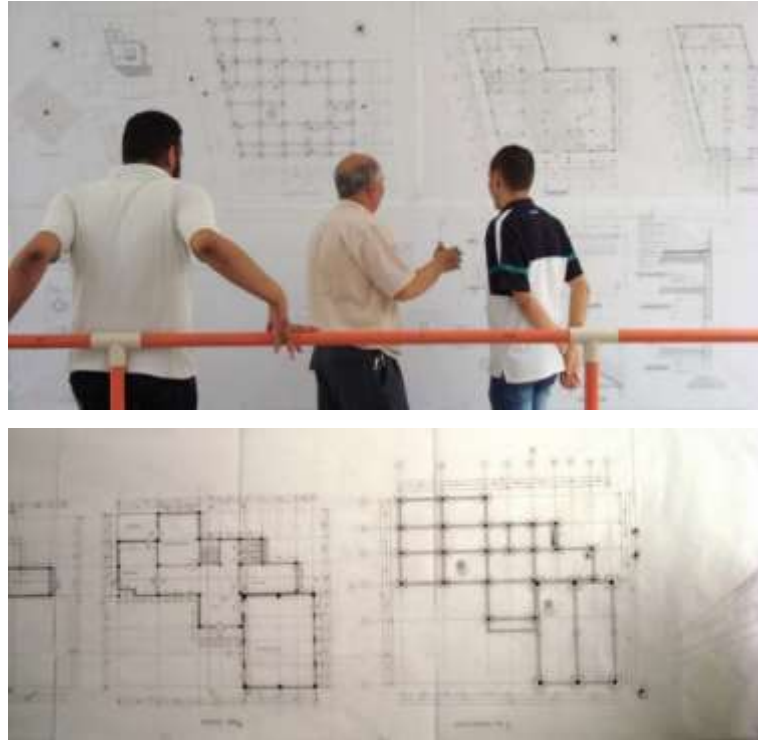


Figure 99: Dessin technique de quelques projets de 4^{ème} année 2011-2012 produits « traditionnellement », Biskra.

Source : Auteure.

Attitude A2 : L'informatique pour tout le processus

L'informatique est introduite dès l'esquisse et à travers tout le processus, comme l'atteste, une agence en France dans la fin des années 1990 : « *Auparavant nous utilisons l'informatique seulement à partir de l'APS, aujourd'hui, familiarisés avec l'outil, nous dessinons nos projets sur écran, de leur conception jusqu'au chantier...* »¹. Par contre, les responsables des bureaux d'études interviewés dans notre travail confirment le non-recours à l'ordinateur dès le début du processus.

Dans notre expérimentation, nous avons observé un seul participant adoptant cette attitude : EX1-E4 (Aire de repos et de service autoroutière). Le participant n'a dessiné aucun trait sur papier et n'a imprimé aucun dessin. Il a eu recours à l'ordinateur après l'écoulement du 11,11% du temps de l'exercice, possédant, par conséquent, le pourcentage le plus élevé de la session du travail sur ordinateur par rapport aux autres participants avec 85,71% du temps de l'exercice.

Attitude A3 : Outil informatique = table de dessin

Cette attitude est celle des participants utilisant l'outil informatique après que l'idée prend forme à l'exemple des travaux EX1-E2, EX1-E3, EX2-E1 et EX2-E4. Ces participants ont tout arrêté sur papier avant de passer à l'ordinateur pour une seule fois ; en **une seule session**. Dans ces cas, l'ordinateur est considéré comme une table de dessin ou bien « *une table de dessin moderne* »² selon Guena, pour les projets conçus d'une manière « traditionnelle » donnant une nette séparation entre les deux sessions (la première réservée au crayon et la deuxième à l'outil informatique).

Le premier recours de ces participants à l'ordinateur vient après avoir consommé la moitié du temps (les pourcentages varient entre 25,45% et 77,27%, avec une moyenne de 50,88%). Cette attitude est très remarquable chez EX1-E3 (Maison d'habitation individuelle) qui a eu recours à l'ordinateur après avoir consommé plus de 2/3 du temps de l'exercice (77,27%). Ceci est confirmé (pour cette participante) par le volume horaire important attribué au travail du crayon et papier qui est égal à 56,82% (le plus grand pourcentage parmi les participants), tandis que le travail sur ordinateur n'a eu que 25,00% (le plus bas pourcentage parmi les participants). Parmi les participants adoptant cette attitude, c'est le seul cas pour lequel la session du papier a dépassé celle de l'ordinateur.

Il est à noter que même si les participants commencent par le crayon et le papier, la session consacrée au travail sur ordinateur représente un pourcentage plus important que celle réservée au travail sur papier. Entre les quatre participants adoptant cette attitude, le volume horaire du travail sur ordinateur varie entre 25,00% et 69,09% avec une moyenne égale à 49,62%. Tandis que le volume horaire du travail sur papier varie entre 12,07% et 56,82% avec une moyenne égale à 29,84%.

Nous pouvons classer le travail EX2-E3 en A3, jusqu'au problème technique qui est survenu après avoir consommé 75,47% du temps de l'exercice.

L'attitude A3, de ce fait, est la plus répandue chez les participants à l'expérimentation, tandis que pour les architectes praticiens interviewés, elle n'a été identifiée que chez un bureau d'études à Oran : « *La première idée sur papier, la conception continue sur AutoCad avec l'introduction des dimensions, trames et contraintes du projet* »^a

^a Entretien Architectes praticiens, N° 5.

Attitude A4 : Le va-et-vient

Le va-et-vient entre le papier et l'ordinateur est l'attitude la plus répandue parmi les architectes interviewés, en commençant avec un crayon sur du papier, puis en optant pour le va et vient entre le papier et l'ordinateur.

Notons que le fait de commencer sur un ordinateur n'a pas été observé dans notre expérimentation ni mentionné par les réponses des responsables des bureaux d'études, ni d'ailleurs, recensé à travers notre enquête auprès des étudiants. Le pourcentage élevé retenu des questionnaires adressés aux étudiants qui est de 90,12% pour le choix du crayon pour la première réaction pour concevoir un projet, reflète ce point.

Les participants adoptant cette attitude : EX1-E1, EX2-E5 et EX2-E6 travaillent sur papier jusqu'à ce que le projet commence à être mieux défini, ils passent alors à l'ordinateur, puis ils retournent au crayon et au papier.

Cet aller-retour est généralement jalonné par l'impression des plans. Il est à noter que même si quelques participants ont imprimé une seule fois, ils ont superposé le calque plusieurs fois, à l'image du travail EX2-E6 (Maison d'habitation individuelle). Ce travail reflète au mieux le travail du va et vient, où les sessions du travail sur ordinateur et celles réservées au papier se sont multipliées.

Soulignons que pour les participants à l'expérimentation travaillant en va et vient, le total du volume horaire des sessions relatives au travail sur ordinateur reste privilégié. Il varie entre 43,10% et 56,67%, avec une moyenne égale à 48,36%. Le plus bas pourcentage (43,10%) est pris par EX2-E5. Ce travail représente un volume horaire identique entre les sessions du travail sur ordinateur et celles sur papier. Ce participant a eu recours à l'ordinateur après avoir consommé la moitié du temps : 51,72%. Les deux autres participants optant pour cette attitude présentent des moyennes presque égales : 40,63% et 41,67%.

Les responsables des bureaux d'études interviewés optant pour cette attitude expliquent que les corrections se font à main levée sur un tirage, qui seront reprises immédiatement « au propre » sur écran ou comme un des interviewés qui a expliqué que les corrections se font sur du papier après impression puis le « *retour à la saisie* »^a. En parallèle, le travail à la main est indispensable pour la recherche et les modifications. Un exemple d'un responsable d'une agence en France qui est d'avis pour les corrections, il précise « *L'informatique ne*

^a Entretien Architectes praticiens, N° 1.

remplacera jamais totalement la main et le calque, indispensables en parallèle pour la recherche ou les corrections »³

Le Tableau 20 identifie les attitudes adoptées par les participants à l'expérimentation tout en citant leurs propres réponses aux questions relatives au choix d'outils pour la conception et la représentation graphique des projets.

Tableau 20: Attitudes de travail des participants à l'expérimentation.

Travail	Attitude de travail	Leurs propres citations/explications	Observations
EX1-E1	A4	<ul style="list-style-type: none"> ○ « <i>La précision dimensionnelle et graphique</i> »^a : outil informatique pour la représentation graphique. ○ « <i>L'outil informatique est limité, c'est-à-dire, il ne peut pas m'inspirer comme le crayon le fait</i> »^b : crayon pour la conception. 	
EX1-E2	A3	<ul style="list-style-type: none"> ○ « <i>J'aimerais bien commencer l'esquisse à main levée, pour libérer l'esprit et ne pas créer des obstacles, puis la finition par l'outil informatique</i> »^c : les deux outils pour la conception. ○ « <i>Je préfère qu'une partie de mon projet (partie initiale) soit en crayon pour bien montrer et expliquer l'émergence de l'idée</i> »^d : les deux outils pour la représentation graphique. 	
EX1-E3	A3	Sans réponse	
EX1-E4	A2	Sans réponse	
EX2-E1	A3	<ul style="list-style-type: none"> ○ « <i>La conception se fait en va et vient entre le PC et le crayon</i> »^e : les deux outils pour la conception. ○ « <i>La qualité et éviter les erreurs</i> »^f : l'outil informatique pour la représentation graphique. 	
EX2-E2	Non identifiée	○ « <i>Le crayon pour les premiers croquis (l'idée). L'outil informatique pour les</i>	Participante qui s'est présentée

^a Questionnaire Etudiants, N° 567.

^b Questionnaire Etudiants, N° 567.

^c Questionnaire Etudiants, N° 565.

^d Questionnaire Etudiants, N° 565.

^e Questionnaire Etudiants, N° 571.

^f Questionnaire Etudiants, N° 571.

		<p><i>plans, le volume (travail final) »^a : le crayon pour la conception.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>« Dans l'outil informatique, il y a plus de précision, rapidité et bien finalisé le travail »^b : l'outil informatique pour la représentation graphique.</i> 	sans ramener son ordinateur portable et a voulu participer.
EX2-E3	Non identifiée	<ul style="list-style-type: none"> ○ <i>« Le crayon pour construire l'idée, l'outil informatique pour la voir, la visualiser »^c : les deux outils pour la conception</i> ○ <i>« Plus facile, pratique, propre et rapide »^d : l'outil informatique pour la représentation graphique.</i> 	Problème technique avec AutoCad qui est survenu après avoir consommé 75,47% du temps de l'exercice.
EX2-E4	A3	<ul style="list-style-type: none"> ○ <i>« Le crayon permet la fluidité des idées et de l'imagination (aucune limite) »^e : le crayon pour la conception</i> ○ <i>« Propre, rapide, un rendu meilleur »^f : l'outil informatique pour la représentation graphique</i> 	
EX2-E5	A4	<ul style="list-style-type: none"> ○ <i>« Je m'exprime bien dans la conception de mon projet en utilisant le crayon et les papiers (phase primaire), après j'utilise l'outil informatique pour gagner du temps et avoir des dessins plus propres et compléter le travail »^g : les deux outils pour la conception.</i> ○ <i>« Dessin plus propre, bien détaillé »^h : l'outil informatique pour la représentation graphique</i> 	
EX2-E6	A4	<ul style="list-style-type: none"> ○ <i>« Je commence par dessiner sur papier les premières idées, une fois que ma conception devient plus ou moins claire, je la projette sur AutoCad, et puis ça devient un va et vient entre les deux »ⁱ : les deux outils pour la conception</i> ○ <i>« C'est plus pratique et rapide »^j : l'outil informatique pour la représentation graphique.</i> 	

Source : Auteure.

^a Questionnaire Etudiants, N° 573.

^b Questionnaire Etudiants, N° 573.

^c Questionnaire Etudiants, N° 569.

^d Questionnaire Etudiants, N° 569.

^e Questionnaire Etudiants, N° 572.

^f Questionnaire Etudiants, N° 572.

^g Questionnaire Etudiants, N° 570.

^h Questionnaire Etudiants, N° 570.

ⁱ Questionnaire Etudiants, N° 568.

^j Questionnaire Etudiants, N° 568.

Cette étude expérimentale nous montre que la grande majorité des participants ont présenté des attitudes qui mêlent travail au crayon et usage de l'ordinateur. Rappelons que les étudiants ont choisi les deux outils pour la conception avec un pourcentage égal à 47,64% en 2011-2012 dans les quatre établissements (Figure 82). Ce pourcentage a atteint 61,68% pour les étudiants de fin de cycle du système LMD en 2014-2015 dans les mêmes établissements (Figure 84) et 68,97% pour ces étudiants (2^{ème} année Master) à Constantine là où s'est déroulée l'expérimentation.

b) Etapes de la conception

La conception architecturale est l'une des phases les plus critiques dans d'élaboration d'un projet. Les plus importantes idées émergent dans cette phase et continuent à se développer ou à se réviser le reste du processus. Cette phase -elle-même- est répartie en deux étapes selon Lebahar : **la conception** et **la production**. La première étape « *correspond à la partie créative du processus : elle concerne un travail exploratoire de recherche de forme, d'expression d'intentions, de simulations fonctionnelles et de résolution créative de problèmes. Cette étape est caractérisée par un mouvement croissant de réduction d'incertitude* »⁴. La deuxième étape correspond à donner une forme au projet : « *La deuxième étape, la production, consiste à préciser l'objet architectural en le paramétrant, en lui donnant une forme non équivoque, communicable et vidé de toute ambigüité* »⁵

D'après l'observation de l'activité de conception des participants à l'expérimentation, nous pouvons conclure qu'à l'exception du travail EX1-E4 (utilisant l'outil informatique pour tout le processus), les participants utilisent l'outil informatique pour l'étape de production, même en adoptant des attitudes mêlant les deux outils (Tableau 21). Le crayon est utilisé pour la première étape « la conception », tandis que l'ordinateur est « épargné » pour la deuxième : « *Cette mise à l'écart de l'ordinateur des processus de conception repose sur une distinction largement répandue, suggérant deux temps de la conception : **la conceptualisation** et **l'instrumentalisation**. Le premier temps est inexplicable, flou et caché dans l'inconscient du concepteur, la boîte noire, tandis que le deuxième est logique, rationnel, et par conséquent exécutable par une machine.* »⁶

Tableau 21: Attitude de travail et étape d'utilisation de l'outil informatique.

Travail	Attitude de travail	Etape d'utilisation de l'outil informatique	Observations
EX1-E1	A4	Production / Instrumentalisation	
EX1-E2	A3	Production / Instrumentalisation	
EX1-E3	A3	Production / Instrumentalisation	
EX1-E4	A2	Conception / Conceptualisation + Production / Instrumentalisation	
EX2-E1	A3	Production / Instrumentalisation	
EX2-E2	Non identifiée	Production / Instrumentalisation	Participant qui s'est présentée sans ramener son ordinateur portable et a voulu participer.
EX2-E3	Non identifiée	Production / Instrumentalisation	Problème technique avec AutoCad qui est survenu après avoir consommé 75,47% du temps de l'exercice.
EX2-E4	A3	Production / Instrumentalisation	
EX2-E5	A4	Production / Instrumentalisation	
EX2-E6	A4	Production / Instrumentalisation	

Source : Auteure.

Ce résultat est reflété par le choix des étudiants du crayon comme première réaction pour concevoir. 90,12% en 2011-2012 dans les quatre établissements (Figure 85). Ce pourcentage a atteint 87,10% chez les étudiants de fin de cycle LMD dans les mêmes établissements en 2014-2015 (Figure 87), et est égal à 88,89% pour la même année universitaire dans le département de Constantine.

La première étape concerne l'idéation, elle porte généralement « *sur des problèmes « mal définis* », est rarement justiciable de traitement pouvant se résoudre par des voies algorithmiques et par conséquent rend difficile, dans l'état actuel des méthodes et techniques, un usage pertinent et efficace des outils d'aide à la conception.

L'instrumentation en revanche offre un vaste champ d'application d'outils maintenant opérationnels. »⁷. Le croquis à main libre « semble » être l'idéal pour cette étape : « *le croquis se dresse à coup de traits bruts, flous, approximatifs et incomplets. Il reste toujours une abstraction symbolique et polymorphe, ambigu et indéterminé et il exploite différents niveaux d'abstraction. Contrairement au visuel informatique qui copie la réalité, le croquis poursuit l'objectif de simplifier la réalité au profit de l'expression de l'intention. Le croquis est une « projection de la pensée »* »⁸

L'enquête menée auprès des responsables des bureaux d'études a montré que l'outil informatique n'est pas intégré dans la conception^a. Les réponses concernant l'étape de son introduction sont telles que : « *Après la conceptualisation* »^b, « *Après la phase esquisse* »^c, pour « *La mise au propre de la conception* »^d. Tous les bureaux d'études confirment que la conception de leurs projets n'a rien avoir avec l'adoption de l'outil informatique. Un résultat identique semble émergé du travail mené par Yi Zhu et al. (2007)⁹, et qui consistait, en plus des entretiens avec les architectes praticiens (10 bureaux d'études au Canada et en Chine), à une observation de l'activité de conception menée avec deux groupes d'étudiants. L'enquête auprès des architectes praticiens vise à trouver des réponses aux besoins des architectes durant la phase de conception et comment les outils disponibles sur marché répondent à leurs besoins. Les résultats de ce travail montrent une grande adoption du dessin à main levée : « *The most important and widely-adapted tools utilized in the architectural design phase are still pencil and freehand drawings, as it is also found in other studies that sketches have been taken as the professional traditional tool that offered a means with which the designer clarifies the characteristics of the design, communicates the design, negotiates their design process, stores ideas and reveals the mechanics of their thinking process at the early stage and has associations with hidden meanings in his or her imagination which most likely will not be fully or easily understood by others (Purcell and Gero, 1998; Atman et al. 1999; Dorner, 1999; Lipson and Shpitalni, 2000)* »¹⁰

^a Voir Supra, Chapitre 5, titre : III-1-1-6. Les bureaux d'études.

^b Entretien Architectes praticiens, N° 4.

^c Entretien Architectes praticiens, N° 7.

^d Entretien Architectes praticiens, N° 5.

10 ans après et nous vivons la même situation ; les responsables des bureaux d'études interviewés justifient leur choix par le fait que la conception est une activité mentale qui ne nécessite pas l'introduction de l'outil informatique.

c) Avis des enseignants

Nous nous sommes adressés aux enseignants voulant connaître la phase d'utilisation de l'outil informatique dans les projets des étudiants. Les résultats représentés dans la Figure 100 montrent 40% seulement des enseignants ont répondu l'esquisse. Pour rappel, 7,87% des étudiants en 2011-2012 sont « autorisés » à utiliser l'outil informatique à partir de la deuxième phase : esquisse^a.

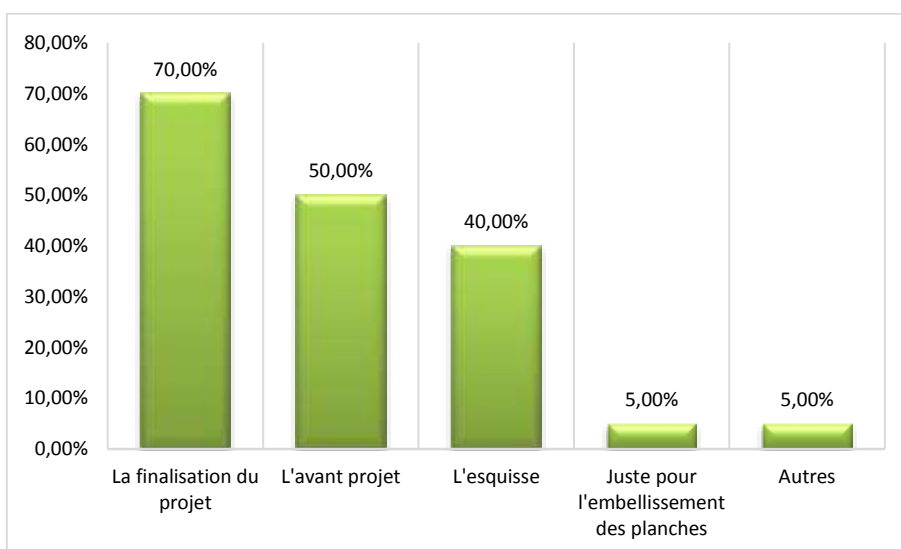


Figure 100 : Phasage d'utilisation de l'outil informatique dans les projets des étudiants.

Source : Auteure, enquête enseignants, Février-Juin 2015.

Les enseignants préfèrent le dessin à main levée qui « est souvent un procédé intuitif qui fait appel à des idées très personnelles et inconscientes. Il subit des influences en cours d'exécution, et le mode de représentation, particulièrement lié à l'expérience et au sentiment, a des correspondances avec le matériel de dessin et l'objet à reproduire. C'est pourquoi on ne devrait pas l'écarter du processus de conception et si possible enrichir l'utilisation de la CAO/DAO par des esquisses à main levée. »¹¹

^a Voir *Supra*, Chapitre 5, titre : III-1-1-5. Les enseignants.

Un enseignant a expliqué concernant les inconvénients de l'outil informatique : « *Les inconvénients résident à mon sens au niveau de la concrétisation des premiers contours de l'idée car l'idée au départ elle est floue et précise à la fois, sa matérialisation est beaucoup plus facile et rapide à travers le crayon que l'outil* »^a. Un autre affirme : « *Le crayon est un moment de réflexion, donc une bonne partie de cette dernière qui a malheureusement disparu avec l'utilisation directe de l'outil informatique* »^b

Les résultats de quelques enquêtes ont montré que les logiciels disponibles sur le marché ne sont pas adéquats avec les spécificités de la conception : “*Current software packages tend to demand a very precise input of information before they can carry on the task to the next step. Nevertheless, most of the time during the early design phase, as having been disclosed in the earlier paragraphs, the ideas generated by the architect contain certain level of uncertainty and vague impressions, which can hardly be precisely and quantitatively described.*”¹². Quintrand explique que le problème est lié à la nature d'information à traiter dans les premières étapes de la conception : « *Dans la perspective d'utiliser l'ordinateur, la nature de l'information à traiter, dans cette phase, dont l'expression est rarement quantitative, faiblement textuelle, majoritairement graphique, pose des problèmes de représentation de l'objet architectural qui n'existe pas encore et dont précisément le projet a pour but de définir et de décrire* »¹³

Afin de clarifier ce point, nous avons demandé aux enseignants s'ils pensent que l'outil informatique est compliqué pour pouvoir assister l'architecte dans ses projets et plus particulièrement dans les premières étapes de la phase de conception, nous étions surpris de trouver que 83,33% ont dit Non, un enseignant a ajouté que « *C'est la conception qui est un acte très complexe* »^c.

^a Questionnaire Enseignants, N°19.

^b Questionnaire Enseignants, N°20.

^c Questionnaire Enseignants, N° 5.

III-2-3. Outil informatique : qualité architecturale et évaluation pédagogique

Les travaux des participants à l'expérimentation ont été remis aux membres du jury pour évaluation. Les enseignants ont évalué la qualité architecturale des travaux sur la base d'une production graphique : le dessin « *Dire que l'architecte dessine ou dire qu'il traite une information complexe revient au même* »¹⁴. Ils se sont basés sur des critères et un barème détaillés dans la partie : choix méthodologique. Afin de faciliter la lecture des résultats, le barème adopté a été transformé en une échelle de 0 à 5. Les résultats de l'évaluation sont schématisés dans la Figure 101.

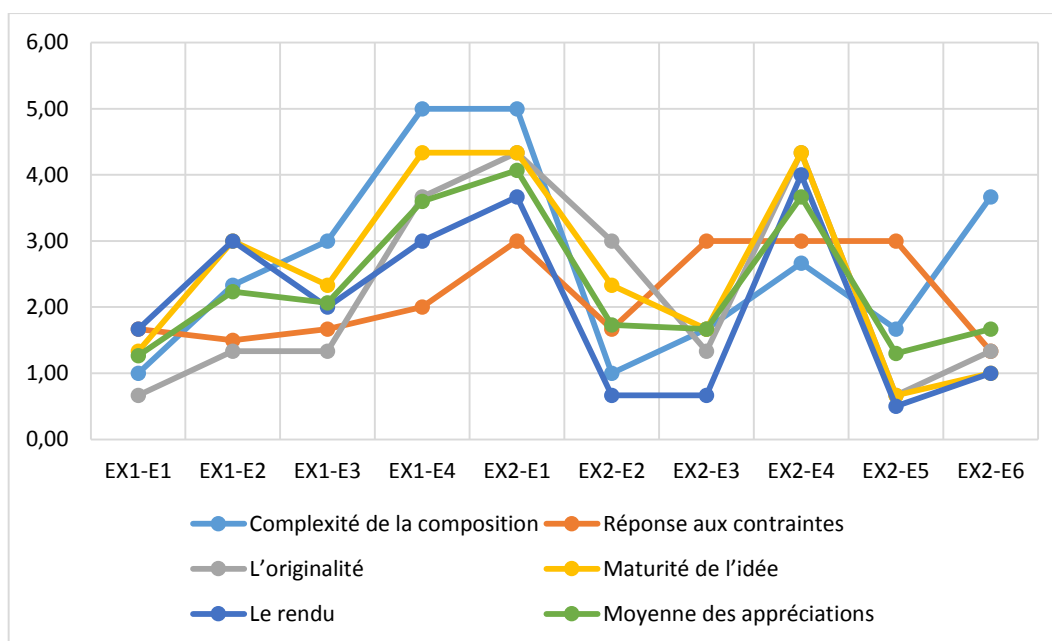


Figure 101 : Evaluation des travaux des participants à l'expérimentation par les membres du jury.

Source : Auteure.

Le tableau ci-dessous précise le détail d'appréciation des travaux selon les 5 critères d'évaluation tout en précisant l'attitude adoptée par chaque participant :

Tableau 22 : Détail de l'évaluation par critère^a.

Code	Complexité de la composition	Réponse aux contraintes	L'originalité	Maturité de l'idée	Le rendu	Attitude adoptée
EX1-E1	1,00	1,67	0,67	1,33	1,67	A4
EX1-E2	2,33	1,50	1,33	3,00	3,00	A3
EX1-E3	3,00	1,67	1,33	2,33	2,00	A3
EX1-E4	5,00	2,00	3,67	4,33	3,00	A2
EX2-E1	5,00	3,00	4,33	4,33	3,67	A3
EX2-E2	1,00	1,67	3,00	2,33	0,67	
EX2-E3	1,67	3,00	1,33	1,67	0,67	
EX2-E4	2,67	3,00	4,33	4,33	4,00	A3
EX2-E5	1,67	3,00	0,67	0,67	0,50	A4
EX2-E6	3,67	1,33	1,33	1,00	1,00	A4

Source : Auteure.

La moyenne des appréciations attribuées par travail a été calculée et un classement a été dressé dans la [Figure 102](#) présentant deux graphiques (en haut un classement selon l'ordre des participants, en bas selon les meilleurs travaux)

^a L'appréciation par critère est calculée en moyenne entre les différents évaluateurs.



Figure 102 : Appréciation globale et classement des travaux.

Source : Auteure.

Les projets qui ont convaincu le plus les membres du jury sont dans l'ordre : EX2-E1, puis EX2-E4 et EX1-E4 qui ont eu presque la même moyenne. Pour rappel :

EX2-E1 : (Show-room automobile)

- A présenté une attitude de travail A3 ;
- Premiers traits sur papier après avoir consommé 13,79% du temps de l'exercice ;
- Premier recours à l'ordinateur après avoir consommé 43,10% du temps de l'exercice ;
- La session du travail sur papier = 12,07% ;

- La session du travail sur ordinateur = 62,07% ;
- A utilisé l'outil informatique dans l'étape *production*.

EX2-E4 : (Show-room automobile)

- A présenté une attitude de travail A3 ;
- Premiers traits sur papier après avoir consommé 0% du temps de l'exercice ;
- Premier recours à l'ordinateur après avoir consommé 25,45% du temps de l'exercice ;
- La session du travail sur papier = 25,45% ;
- La session du travail sur ordinateur = 69,09% ;
- A utilisé l'outil informatique dans l'étape *production*.

EX1-E4 : (Aire de repos et de service autoroutière)

- A présenté une attitude de travail A2 ;
- Premier recours à l'ordinateur après avoir consommé 11,11% du temps de l'exercice ;
- La session du travail sur ordinateur = 85,71% ;
- A utilisé l'outil informatique dans les étapes *conception* et *production*.

Nous remarquons que ces trois premiers travaux:

- Possèdent les plus hauts pourcentages des sessions du travail sur ordinateur. Ils sont dans l'ordre : EX1-E4, EX2-E4 et EX2-E1 ;
- Reflètent le mieux un travail de va-et-vient entre la 2D et la 3D ;
- Présentent une utilisation des deux logiciels : AutoCad pour la 2D et SketchUp pour la 3D.

Les caractéristiques de ces trois premiers projets sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Caractéristiques des meilleurs travaux.

Travail	Variante choisie	Attitude de travail	Premiers traits sur Papier (après avoir consommé ... du temps de l'exercice)	1 ^{er} recours à l'Ordinateur (après avoir consommé ... du temps de l'exercice)	Session (s) du travail au crayon/papier	Session (s) du travail sur ordinateur	Etape d'utilisation de l'outil informatique	Année d'étude	Option
EX2-E1 (Figure 93)	Show-room automobile	A3	13,79%	43,10%	12,07%	62,07%	Production / Instrumentalisation	1 ^{ère} année Master	non encore affichée (date de l'exercice)
EX2-E4 (Figure 95)	Show-room automobile	A3	0%	25,45%	25,45%	69,09%	Production / Instrumentalisation	2 ^{ème} année Master	Conception Architecturale et Environnement Urbain
EX1-E4 (Figure 92)	Aire de repos et de service autoroutière	A2	/	11,11%	/	85,71%	Conception / Conceptualisation + Production / Instrumentalisation	1 ^{ère} année Master	Architecture durable et énergie verte

Source : Auteure.

Il apparaît –à notre humble avis- que ces trois premiers travaux sont les travaux reflétant une meilleure utilisation des outils : outil informatique employé seul ou utilisation des deux outils. Nous pouvons conclure que d'après l'évaluation des membres du jury, la qualité architecturale ne dépend pas d'un outil précis mais plutôt, qu'elle relève d'une **utilisation** « **intelligente** » de l'outil adopté.

En nous retournant vers les enseignants : 73,68% ne comptabilisent pas l'utilisation de l'outil informatique en tant que critère dans leur évaluation. A travers l'enquête auprès des étudiants, nous avons soulevé un seul cas (un étudiant en 5^{ème} année) qui a parlé de l'utilisation de l'outil informatique pour la représentation graphique car elle est notée 5/20 : « *Pour assurer une belle présentation qui est évaluée sur $\approx 05/20$* »^a. Un enseignant qui a répondu oui pour la comptabilisation a justifié sa réponse par : « *Ils sont partiellement formés, ils ne maîtrisent pas l'outil, il y a des différences de niveau entre les étudiants, je l'intègre dans le critère de représentation graphique (sur 2 points max)* »^b.

Les enseignants pensent « majoritairement » que l'utilisation de l'outil informatique ne devra pas être comptabilisée dans l'évaluation, ils sont 31,58% seulement qui ont dit Oui. Les autres enseignants ont leurs raisons résumées dans la Figure 103. Et 21,05% pensent autrement : « *Si l'outil informatique participe à l'amélioration de la qualité spatiale du projet, à travers des évaluations de la spatialité du projet, de la qualité des ambiances, de l'insertion urbaine, etc. La réponse doit être Oui. Sinon, l'outil informatique utilisé juste comme moyen de rendu graphique ne doit pas être comptabilisé dans l'évaluation.* »^c.

^a Questionnaire Etudiants, N° 404.

^b Questionnaire Enseignants, N° 4.

^c Questionnaire Enseignants, N° 13.

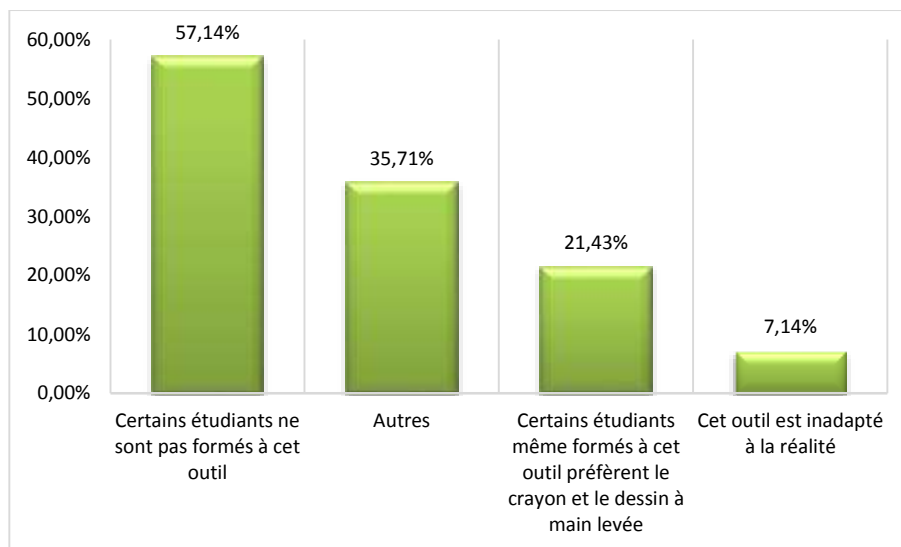


Figure 103 : Pourquoi les enseignants ne comptabilisent pas l’outil informatique en tant que critère dans l’évaluation.

Source : Auteure, enquête enseignants, Février-Juin 2015.

Nous nous sommes demandé ce que pensent les enseignants des projets de leurs étudiants utilisant l’outil informatique. Les résultats ont montré que 73,33% pensent que les projets reflètent les idées des étudiants (Figure 104). La moitié seulement pensent qu’ils sont améliorés sur le plan conceptuel.

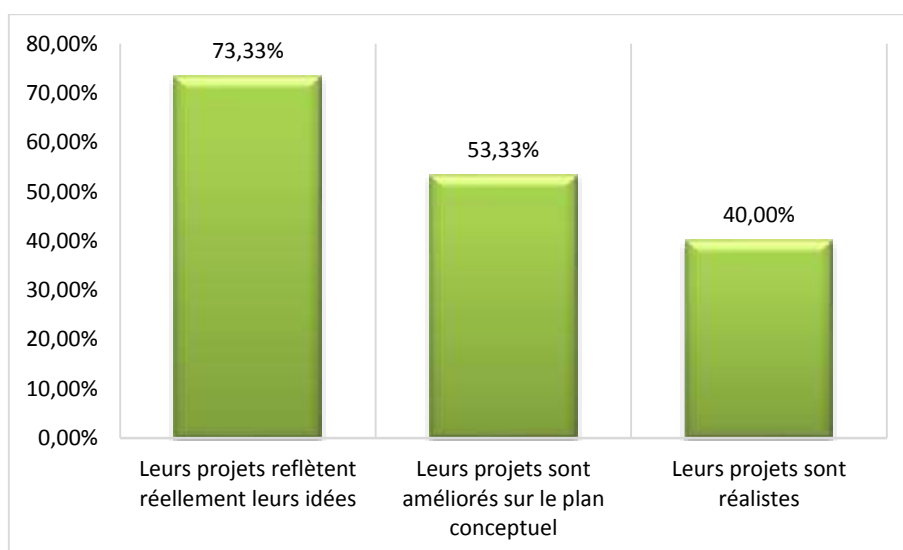


Figure 104 : que pensent les enseignants des projets de leurs étudiants utilisant l’outil informatique.

Source : Auteure, enquête enseignants, Février-Juin 2015.

Conclusion du chapitre

Le dernier chapitre de ce travail a étudié « de près » l'intégration de l'outil informatique dans le processus de conception. Il s'est basé sur un examen des outils choisis par les étudiants pour la représentation graphique et la conception de leurs projets. Les résultats ont montré que pour la représentation graphique, les étudiants préfèrent l'outil informatique, tandis que comme première réaction face à un projet à concevoir, ils préfèrent un coup de crayon personnel ; le pourcentage a atteint 90,12% des étudiants questionnés en 2011-2012 dans les quatre établissements. Les enseignants avec plus de 2/3 ont appuyé ce choix en attestant que les étudiants expliquent leurs premières propositions à travers des dessins à main levée.

L'étude expérimentale a été étayée par les résultats des questionnaires et entretiens adressés aux étudiants, enseignants et architectes praticiens. Les résultats de cette étude ont montré que la grande majorité des participants ont présenté des attitudes qui mêlent travail au crayon et usage de l'ordinateur (impliquant les deux outils) :

- L'ordinateur est laissé à la fin pour faire la « saisie » des plans déjà arrêtés sur papier, créant une nette séparation entre les deux utilisations. Dans cette attitude, l'ordinateur est l'alternative à la table de dessin ayant comme objectif de numériser les plans produits « traditionnellement » ;
- Un travail permanent de va-et-vient entre les deux outils. Parfois, les étudiants exploitent une sortie papier pour travailler et améliorer le projet à la main et/ou apporter des modifications avant d'opter pour la solution finale.

Dans la vie professionnelle, il a été remarqué que les architectes praticiens adoptent ces deux attitudes en commençant avec un dessin à main levée (un croquis en 2D et 3D).

Il est à préciser qu'un seul cas (un seul participant) a opté pour un recours complet à l'ordinateur pour toute l'activité de conception. Une telle attitude non observée dans les bureaux d'études.

Nous avons soulevé pour la majorité des étudiants utilisant les deux outils, que quelle que soit l'attitude adoptée, l'ordinateur est « épargné » pour le 2^{ème} temps de la conception. L'usage des outils traditionnels appelés « *analogues* » ou « *manuels* » par Dorta et al. (2008)¹⁵ reste privilégié pour l'idéation, tandis que l'outil informatique est affecté à l'étape

de production : “CAAD tools are viewed as production tools rather than as another design tool”¹⁶

D’après tous ces résultats, nous déduisons que l’outil informatique est considéré « jusqu’à ce travail » comme un médium graphique : « *In spite of the advanced features that have been designed for the CAAD tools, most of their utilisation is mainly concentrated on the later stages of design, as a graphic medium for drawing, modeling, rendering and simulation*”¹⁷

Références

¹ **Thomas Vivier** (Février 1997), «La souris ou la main» IN *amc*, n°77, p. 89.

² **François Guena**, « L’informatique a-t-elle transformé la création architecturale. Outil de communication ou outil de création ? », [Enligne] <http://www.maacc.archi.fr/L-informatique-a-t-elle-transforme>, (page consultée le 03-08-2010)

³ **Thomas vivier** (Février 1997), «La souris ou la main» IN *amc*, n°77, p. 90.

⁴ *Idem*, p. 175.

⁵ *Idem*.

⁶ **Sébastien Bourbonnais** (2014), *Sensibilités technologiques : expérimentations et explorations en architecture numérique 1987-2010*, Thèse de doctorat, Université Paris-Est, p. 13.

⁷ **Paul Quintrand, Jacques Autran, Michel Florenzano, Marius Fregier, Jacques Zoller** (1985), *La conception assistée par ordinateur en architecture*, éd. Hermes, Paris, p. 24.

⁸ **P. Leclercq, A. Mayeur et F. Darses** (2007), « Production d’esquisses créatives en conception digitale » IN *IHM 07*, actes de la conférence, Paris, 12-15 Novembre, p. 176.

⁹ **Yi Zhu, Thomas Dorta and Giovanni De Paoli** (19-21 September 2007) « A comparing study of the influence of CAAD tools to conceptual architecture design phase” IN *EuropIA.11* (Digital thinking) 11th international conference on design sciences and technology, Montréal-Québec-Canada, pp. 29-43.

¹⁰ *Idem*, p. 33.

¹¹ **Jan Krebs** (2007), *Basics CAO/DAO*, éd. Birkhäuser, Basel, Switzerland, p. 88.

¹² **Yi Zhu, Thomas Dorta and Giovanni De Paoli** (19-21 September 2007) « A comparing study of the influence of CAAD tools to conceptual architecture design phase” IN *EuropIA.11* (Digital thinking) 11th international conference on design sciences and technology, Montréal-Québec-Canada, p. 33.

¹³ **Paul Quintrand, Jacques Autran, Michel Florenzano, Marius Fregier, Jacques Zoller** (1985), *La conception assistée par ordinateur en architecture*, éd. Hermes, Paris, p. 26.

¹⁴ **Jean Charles Lebahar** (1983), *Le dessin d’architecte : Simulation graphique et réduction d’incertitude*, éd. Parenthèses, Roquevaire, France, p. 40.

¹⁵ **Tomás Dortaa, Edgar Pérezb, Annemarie Lesageb** (March 2008), “The ideation gap: hybrid tools, design flow and practice” IN *Design Studies*, Volume 29, Issue 2, March 2008, pp. 121-141

¹⁶ **Yi Zhu, Thomas Dorta and Giovanni De Paoli** (19-21 September 2007) « A comparing study of the influence of CAAD tools to conceptual architecture design phase” IN *EuropIA.11* (Digital thinking) 11th international conference on design sciences and technology, Montréal-Québec-Canada, p. 30.

¹⁷ *Idem*.

Conclusion de la troisième partie

Une dizaine d'années après l'exposition « *Architectures non standard* »^a, nous remarquons à l'échelle mondiale, l'utilisation généralisée du numérique dans les universités et dans la vie professionnelle ; l'outil est passé d'un simple outil de dessin à un outil d'aide à la conception. Quant à la situation en Algérie, elle a été clarifiée à travers cette partie qui a dressé –dans son premier chapitre- un état des lieux de l'utilisation de l'outil informatique par les étudiants et les architectes praticiens. En parallèle, l'avis des enseignants a été recueilli.

L'état est caractérisé par une forte adoption de l'outil informatique dans les projets, même si certains étudiants l'utilisent « maladroitement » pour reprendre les propos de Kroll, ou d'une manière « primitive » comme nous l'avons supposé dans nos hypothèses. Les tâches pour lesquelles il est utilisé ne relèvent pas de la conception ; il assure la fonction d'un médium graphique.

L'étude expérimentale est venue nous confirmer que les étudiants préfèrent des choix variés quant aux outils pour la conception, mais la majorité est « collée » aux méthodes traditionnelles commençant avec un croquis à main libre, préférant son aspect abstrait. Ces esquisses réalisées à main levée sont les préférées des étudiants pour l'idéation. En 1985, Quintrand a expliqué que le problème est dans l'outil, comme nous l'avons supposé dans nos hypothèses ; il n'est pas développé pour pouvoir assister l'architecte dans la conception : « *En 1985, Quintrand explique qu'avec les technologies de l'époque, seul le deuxième temps de la conception peut véritablement accueillir l'ordinateur.* »¹. L'idée a été réitérée en 2007 : « *S'ils sont de puissants outils de production, ils ne permettent pas d'outiller correctement la phase de conception à proprement parler. A ce titre, l'esquisse papier-crayon reste un outil privilégié dans les étapes préliminaires du design d'un bâtiment* »². Actuellement, en Algérie nous vivons la même situation, quoique nos étudiants soient attirés par la technologie et ils essaient d'être à jour en matière de logiciels et de formations.

L'évaluation des travaux des participants à l'expérimentation a favorisé d'autres facteurs dont l'utilisation de l'outil informatique n'est pas « prioritaire ». L'utilisation peu

^a Voir *Supra*, Chapitre 2, titre : I-2-2. Théories et tendances.

« sophistiquée » de cet outil ne donne aucune différence en comparant un projet architectural produit « traditionnellement » avec celui produit en y intégrant l'informatique. D'autres recherches ont déjà prouvé qu'il n'y a pas une différence claire entre la qualité des travaux produits « traditionnellement » et ceux produits à l'aide des logiciels CAAO³. Nous avons déduits de cette évaluation qu'une utilisation intelligente de l'outil choisi se voit nécessaire et une mauvaise compréhension de l'outil limite la qualité du produit (le projet architectural).

Références

¹ **Sébastien Bourbonnais** (2014), *Sensibilités technologiques : expérimentations et explorations en architecture numérique 1987-2010*, Thèse de doctorat, Université Paris-Est, p. 13.

² **P. Leclercq, A. Mayeur et F. Darses** (2007), Production d'esquisses créatives en conception digitale IN Actes de la conférence IHM 07, Paris, 12-15 Novembre, p. 176.

³ **Yi Zhu, Thomas Dorta and Giovanni De Paoli** (19-21 September 2007) « A comparing study of the influence of CAAD tools to conceptual architecture design phase » IN EuroPIA.11 (Digital thinking) 11th international conference on design sciences and technology, Montréal-Québec-Canada, p. 36-37.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Le monde est aujourd'hui témoin d'une évolution technologique très poussée occupant le cœur de notre vie quotidienne et affectant toutes les disciplines. L'architecture n'est pas restée en marge, elle est l'une des plus touchées d'une manière plus concrète de par ses réalisations. Les architectes produisent des merveilles « un peu partout » dans le monde, aux Etats-Unis, en Europe, en Asie et au Moyen Orient et dont le point commun est la complexité formelle. Le numérique en architecture s'est considérablement développé ces dernières décennies ; les avancées technologiques conduisent les architectes à l'adopter comme allié (un outil incontournable) dans tout le processus du projet : conception, représentation, simulation et même production : CFAO.

Dans la vie professionnelle, personne ne peut nier les avantages multiples de l'outil informatique en matière de gestion d'un plus grand nombre des projets, du gain appréciable du temps, facilité du travail avec les collègues et une assurance d'une rapidité de communication des données aux différents intervenants, sans oublier la validation rapide des projets avec les clients.

L'utilisation de l'informatique dans la pratique architecturale a vu un progrès remarquable ces dernières années, et l'informatique s'est introduite en force en architecture par le porte de production et confection de l'image ; vu que l'image est un moyen de communication et un outil très important aidant et facilitant la prise de décision. Après cela et dans des étapes avancées, l'informatique est devenue indivisible/inséparable de l'architecture vu ce qu'elle offre comme grandes facilités tel que le travail avec une grande précision, la production d'un nombre plus important des détails (comparant avec le passé) en plus de la possibilité de l'expérimentation directe des hypothèses sur écran, et d'une concrétisation réelle et rapide de l'idée d'une façon souple et rapide. Ainsi, elle a offert de grandes facilités grâce aux maquettes virtuelles...

Mais dans la phase de conception architecturale, les avis se multiplient ; l'opposition s'est instaurée chez quelques architectes demandant le rôle de l'écran noir et du papier blanc¹. Certains architectes sont convaincus que la machine n'a pas un lien avec les formes, ces

dernières relèvent d'un choix du concepteur (l'architecte) : pour eux ce n'est pas la machine qui fait l'architecture...

Les ressources en ligne, les banques numériques du savoir, les bibliothèques virtuelles constituent les références incontournables des architectes d'aujourd'hui. En Algérie, le grand souci des architectes et enseignants contre l'outil est la perte du travail artistique produit à la main sur papier ou calque. Peu de croquis, d'esquisses à main levée, plus de perspectives faites à la main et encore très peu de maquettes « physiques ». Ils reprochent l'utilisation « primitive » de l'outil informatique dans les projets par les étudiants encore « fascinés » par cet outil, comme expliqué au début des années 1980, en parlant des architectes praticiens : *« Ils utilisaient leur matériel comme un gadget sans parvenir à le dominer »*²

D'un autre côté, les « pro-informatique » insistent sur l'apport positif de l'outil informatique en architecture. Telle est la situation dans nos universités et plus précisément des étudiants et enseignants d'architecture en Algérie qui est partagée dans la vie professionnelle. L'observation et l'expérience aussi bien dans l'université que dans la vie professionnelle nous a guidés à poser et à partager quelques questionnements avec les étudiants, les enseignants, le staff pédagogique et les architectes praticiens.

Partant de ce constat, nous nous sommes intéressés aux différents choix en matière d'outils par les étudiants et les architectes praticiens dans leurs projets. Cette recherche avait pour point de départ un questionnaire relatif à l'impact de l'utilisation de l'outil informatique dans la conception architecturale. Cette question a généré d'autres permettant d'atteindre un objectif principal, à savoir, l'établissement d'un état des lieux de l'utilisation de l'outil informatique dans les établissements d'architecture et les bureaux d'études. A cet objectif, nous ajoutons un autre plus précis, celui de comprendre quand et comment cet outil est intégré dans le processus de conception architecturale.

Mon intention de traiter un tel sujet s'est trouvée renforcée par plusieurs lectures et l'apparition de quelques concepts parallèlement à mon implication dans l'ASCAAD^a : une organisation qui active dans la CAO depuis 2002.

Afin de répondre à nos questions de recherche et à nos hypothèses, le document a été réparti en trois parties, chacune est constituée de deux chapitres. Une introduction vient au début du document et une conclusion à sa fin.

^a The Arab Society for Computer Aided Architectural Design.

La première partie porte sur le cadre conceptuel de la recherche, en essayant dans le premier chapitre de présenter un regard historique sur l'avènement de l'ordinateur, les événements jalons qui ont précédé cette apparition et ceux qui l'ont succédé tout en mettant le doigt sur le développement de l'informatique au numérique. Le 2^{ème} chapitre de cette partie traite l'introduction de l'outil informatique en architecture tout en balayant les tendances et courants qui ont accompagné l'évolution dont nous avons évoqué dans la fin du premier chapitre.

La deuxième partie développe le choix méthodologique adopté dans cette recherche et détaille la structure des enquêtes et la constitution des échantillons.

La troisième partie présente les résultats du travail tout en consacrant son premier chapitre à un état des lieux détaillé de l'utilisation de l'outil informatique. Quant au deuxième, il clarifie de près cette utilisation et porte principalement sur les résultats de l'expérimentation.

Parler aujourd'hui du numérique en architecture ou de la CAO ou FAO en architecture, c'est déjà évoquer une histoire de plus d'un demi-siècle de recherches (depuis le début des années 1960). Mais avant d'atteindre le numérique, cette thèse a présenté dans un ordre chronologique les événements historiques et les inventions techniques qui ont guidé à la naissance de l'ordinateur. En commençant par les abaques et en passant par les machines à calculer ou calculateurs considérés comme les vrais ancêtres des ordinateurs.

Depuis le début des années 1940, les générations se succèdent et les compagnies compétent pour apporter l'ordinateur le moins cher, le plus puissant et les logiciels les plus performants, facilitant l'introduction de cet outil dans le champ architectural et promouvant une évolution de cette intégration.

Architecture numérique ou digitale ou en anglais « digital design » a été amorcée par la philosophie de Gilles Deleuze, exprimée par le « *Folding in Architecture* » dans un numéro spécial de la revue AD (Architectural Design) édité par Greg Lynn (le leader des théoriciens de cette architecture) en 1993. La revue reste jusqu'aujourd'hui une référence incontournable dans l'architecture numérique.

Le travail a présenté des exemples qui ont marqué cette architecture en précisant comment le numérique a agi sur le projet architectural sur plusieurs plans et en abordant les disciplines qui ont vu le jour.

Plusieurs courants et tendances recevant plusieurs appellations et dont nous avons pris avec plus de détail « L'architecture non-standard » qui reflète le plus –à notre avis- cette architecture. L'appellation qui trouve son origine dans la mathématique, revient à Bernard

Cache et désigne toute production utilisant les technologies numériques. L'exposition dédiée à cette architecture et qui s'est déroulée au Centre Pompidou (2003-2004) a été critiquée par certains comme Mario Carpo qui précise que l'exposition a été fondée sur la forme et non pas la technologie (en se référant à la définition technique du non standard). Pour Greg Lynn, l'évènement a été considéré comme annonçant la fin de la première étape et le début de la seconde : de la fascination formelle à la maîtrise technologique : « *Il a été ainsi possible de découvrir une gradation dans ces explorations, débutant avec la fascination pour le mouvement, provenant principalement des techniques de morphing et de mapping, pour ensuite favoriser des explorations plus maîtrisées, en concentrant les modifications à des aspects précis de la simulation.* »³

Si l'informatique a été bien introduite en architecture dès la fin des années 1980 (le premier projet entièrement élaboré sur écran date de 1987), l'examen de la littérature nous a révélé qu'elle n'a commencé que par une séduction formelle ; les débuts de cette architecture correspondent à une interprétation principalement formelle de l'idée de Pli de Deleuze, produisant des formes complexes. Le changement s'est opéré progressivement : la conception paramétrique vient juste après, avant d'explorer la programmation et les algorithmes pour atteindre la CFAO, en se référant au phasage tracé par Antoine Picon. Le matériel qui est de plus en plus rapide et les logiciels qui sont de plus en plus maniables ouvrent une multitude de champs de simulation.

La partie consacrée au cadre conceptuel de cette recherche, nous a aidés à comprendre la réalité de l'utilisation de l'outil numérique dans le monde pour mieux nous positionner et comparer avec la réalité en Algérie qui a été dévoilée par le biais du travail de terrain. Nous avons été amenés à distinguer « l'informatique » du « numérique » pour pouvoir adopter « **l'outil informatique** » dans le contexte algérien.

Pour ce faire, nous avons opté pour une méthodologie reposant sur un travail de terrain mobilisant des techniques de recueil d'information diversifiées. Observation, questionnaire et entretien directif varient selon la catégorie ciblée et les objectifs visés tout en se référant aux indicateurs issus des hypothèses.

Il s'agit :

- D'un travail d'observation mené à travers notre activité d'enseignement, suivi des travaux, différents affichages et présentations, soutenances, ...
- Des questionnaires adressés aux étudiants ;
- Des questionnaires adressés aux enseignants ;

CONCLUSION GENERALE

- Des entretiens menés avec les responsables des bureaux d'études ;
- De l'étude expérimentale menée avec un groupe d'étudiants d'architecture volontaires.

Plusieurs logiciels et programmes informatiques ont soutenu le travail du recueil d'information, son analyse et son interprétation, tels que :

- Le logiciel de traitement statistique : *SPSS* (Statistical Package for Social Sciences) exploité pour l'analyse statistique ;
- Le logiciel *Nvivo* exploité pour classer la fréquence des mots utilisés dans les réponses aux questions ouvertes ;
- Le logiciel *Eval&GO* : un logiciel de sondage, d'enquête et de questionnaire en ligne ;
- Le logiciel *MindView* utilisé pour les schémas et pour tracer les axes temporels reprenant l'activité de conception et pour la segmentation de cette activité.

Il s'agit dans ce travail, d'associer l'étude par questionnaire ou entretien à l'observation et à l'expérimentation. Le travail quantitatif (statistique) a été enrichi par l'observation et l'expérimentation visant une validité des résultats. L'utilisation de plusieurs outils d'investigation et la multiplication des sources d'information nous a aidés à avoir plusieurs points de vue et nous a facilité la compréhension par un croisement d'informations émanant de plusieurs sources.

Notre choix pour l'étude de cas a été porté sur quatre établissements d'enseignement d'architecture connus à travers l'Algérie et dispersés géographiquement (Oran, Alger, Constantine et Biskra). Donc, ce sont les étudiants de ces établissements, leurs enseignants et des architectes praticiens installés dans ces villes qui ont constitué notre échantillon.

L'enquête auprès des étudiants s'est déroulée sur quatre années universitaires et a ciblé les deux systèmes d'enseignement. Les questionnaires ont été adressés aux étudiants de la 3^{ème}, 4^{ème} et 5^{ème} année du système classique et qui sont –à notre humble avis- les plus appropriées et imbibées de la formation. Pour le système LMD, nous avons ciblé la dernière année du cursus (2^{ème} année Master) dans les mêmes établissements.

Les questionnaires et entretiens ont été préparés, revus et mis en test réel à travers une pré-enquête avant d'opter pour l'enquête finale. Le choix, la conception et le mode d'administration de ces outils diffèrent selon la population cible.

Quant à l'étude expérimentale, elle a été menée après l'affichage d'un appel à bénévoles dans le département d'architecture de Constantine et sur les réseaux sociaux. L'étude s'est

déroulée dans un des ateliers de la faculté sur la base d'une confection d'un exercice de conception proposant plusieurs variantes. Une grille d'observation a été remplie et les travaux des participants ont été récupérés pour une exploitation plus approfondie.

Le travail de terrain mené par le biais des outils d'investigation -expliqués plus haut- nous a permis de déceler l'état des lieux en matière d'utilisation de l'outil informatique dans la vie académique et professionnelle et ce dans quatre grandes villes en Algérie, tout en se basant sur nos hypothèses.

Les résultats nous ont montré une forte « adoption » de l'outil informatique par les étudiants dans leurs projets d'Atelier. En 2011-2012, le pourcentage d'utilisation est égal à 88,54% comme moyenne entre les quatre établissements. Cette utilisation augmente en passant d'une année à une autre comme montré par le test statistique ; plus l'étudiant avance dans ses études, plus il fait appel à cet outil. Une autre évolution a été observée en passant d'une année universitaire à l'autre, le cas du département d'architecture de Constantine qui a bénéficié de plusieurs enquêtes, la moyenne d'utilisation de l'outil informatique a vu une augmentation de 38,97% à travers les trois années universitaires.

Ces pourcentages élevés sont renforcés par l'autorisation des enseignants à utiliser un tel outil. Sur l'ensemble des établissements et des trois années d'étude, 80,95% des étudiants questionnés ont répondu Oui à l'autorisation des enseignants. Les réponses par oui augmentent d'une année à l'autre, en effet, le test statistique a montré l'existence d'une corrélation significative entre les deux variables : l'autorisation de l'enseignant et l'année d'étude. Un point important à souligner, est que cette autorisation n'est pas valable pour toutes les phases du projet ; l'esquisse comme phase est non concernée par cette autorisation.

Mais que comprennent nos étudiants de l'expression : outil informatique dans un projet d'atelier ? L'enquête a montré que la majorité des étudiants considèrent que l'outil informatique équivaut aux logiciels de DAO. En fait, c'est notre premier indice suggérant que les étudiants utilisent l'outil informatique principalement pour le dessin et non pas pour la conception.

Les étudiants ont choisi d'autres réponses telles que les logiciels BIM avec un très faible pourcentage par méconnaissance ou aspect nouveau de cette discipline, mais aucun étudiant n'a parlé des différentes technologies de production digitale. D'un autre côté, et à travers les réponses des enseignants, nous avons soulevé une méconnaissance flagrante de la part des étudiants qui ne sont pas à jour quant aux concepts et appellations relatifs à l'architecture

numérique ; les résultats reflètent une culture pauvre aidée par la non-actualisation des contenus de quelques matières telle que l'histoire de l'architecture. De tels points confirment que la compréhension de cet outil est limitée dans nos universités et qu'une meilleure compréhension et exploitation se voient nécessaires.

Les pourcentages élevés de l'utilisation de l'outil informatique observés dans les différentes années et établissements ne signifient pas que les étudiants réalisent personnellement -et sans aide- leurs travaux. L'enquête a montré qu'ils font appel aux services des bureaux d'études. En 2011-2012 : 32,28% des étudiants ont contacté les bureaux. Ce pourcentage qui représente les projets réalisés en dehors de nos universités augmente tout en avançant dans les études comme le montre l'analyse statistique. Pour ce faire, les étudiants dépensent de grandes sommes pour une telle « sous-traitance ». Ces sommes augmentent en avançant dans les années d'étude comme montré par le test statistique. Cette activité a fait survivre beaucoup de bureaux d'études qui n'avaient pas un plan de charges important spécialement aux débuts des années 2000.

Pour le type de prestations offertes par les bureaux d'études et contrairement à nos attentes relatives au rendu ou l'image de synthèse comme produit très demandé, nous étions surpris de trouver un pourcentage important pour le dessin. C'est la deuxième prestation demandée par les étudiants. Le maximum est observé dans la 4^{ème} année au même pied d'égalité avec les images de synthèse. La préoccupation alors, n'est plus seulement l'image ; le problème se situe plutôt au niveau du dessin, une tâche qui nous semble être déjà maîtrisée en 1^{ère} et 2^{ème} année du cursus. Cela signifie que l'étudiant soit qu'il ne peut pas terminer et présenter son projet « tout seul » soit que les enseignants demandent des travaux dépassant ses capacités.

Entre les années d'étude, la 3^{ème} année possède le plus bas pourcentage d'utilisation de l'outil informatique et le plus haut pourcentage de la non-autorisation des enseignants (41,30%), ce qui est justifié de la part des enseignants par les objectifs de l'année. La moitié des étudiants de cette année n'ont pas utilisé cet outil en Atelier dans les années passées de leurs études, un point confirmé par les objectifs de la 1^{ère} et de la 2^{ème} année du système classique.

Pour le département de Constantine qui a bénéficié de plusieurs enquêtes, c'est l'utilisation de l'outil informatique en 4^{ème} année qui pose problème entre les enseignants et les

étudiants. Le 1/3 des enseignants de la 4^{ème} année d'études (en moyenne entre les trois années universitaires) préfèrent que leurs étudiants confectionnent le détail à la main.

A travers la question relative au contact de bureau d'études, nous avons pu constater un pourcentage d'étudiants qui ont contacté des bureaux d'études pour leurs travaux en 1^{ère} année de formation (15,44% pour l'année universitaire 2011-2012) alors que l'un des objectifs primordiaux de cette année se résume dans l'entraînement de la main d'étudiant pour maîtriser les traits. Pour une deuxième fois, nous nous demandons si l'étudiant ne peut pas terminer son travail « tout seul » ou si les enseignants et/ou les programmes établis dépassent ses capacités. Les enseignants sont parfois surpris le jour d'affichage par des projets montrant une partie du produit réalisée en dehors de l'université. Un fait qui peut entraver l'évaluation objective des travaux le plus souvent avec les étudiants de la 5^{ème} année qui possède le plus haut pourcentage.

Entre les établissements, les résultats obtenus ont fait surgir le cas de deux établissements : Alger et Biskra. L'EPAU est le seul établissement où nous pouvons noter une totale utilisation de l'outil informatique par ses étudiants quelle que soit l'année d'étude. Le plus bas pourcentage entre les quatre établissements revient au département de Biskra avec 82,22% (quoiqu'il soit important).

Les résultats de l'autorisation des enseignants s'alignent avec les premiers résultats ; les enseignants de l'EPAU sont les plus tolérants parmi les quatre établissements, avec le plus bas pourcentage des réponses par Non (6,17%) appuyant l'utilisation unanime de l'outil informatique. De la même manière, les enseignants de Biskra sont les plus « exigeants » avec la non-autorisation la plus élevée (35,56%) étayant le pourcentage le plus élevé des réponses par Non pour l'utilisation de l'outil informatique.

Effectivement, une étroite relation existe entre les deux questions et leurs réponses ; les réponses à l'utilisation de l'outil informatique à travers les trois années et dans les quatre établissements correspondent parfaitement avec les réponses d'autorisation des enseignants. L'analyse statistique confirme l'existence d'une corrélation significative entre l'utilisation de l'outil informatique par les étudiants et l'autorisation de leurs enseignants

Quant au contact des bureaux d'études, l'EPAU semble être la moins « tolérante » parmi les quatre institutions avec le pourcentage en Oui le plus bas (17,28%). En 3^{ème} année d'étude, aucun étudiant questionné à Alger n'a contacté un bureau d'étude. Trois ans plus tard la situation est identique avec les étudiants en 2^{ème} année Master. Par contre, le département de Biskra présente le plus haut pourcentage parmi les quatre établissements : 46,67% de ses

étudiants font appel aux bureaux d'études, alors qu'il possède le plus bas pourcentage d'utilisation personnelle de l'outil informatique relativement aux trois autres établissements. Cela nous a paru contradictoire à première vue, surtout, en croisant ces résultats avec la non-autorisation des enseignants à l'utilisation de l'outil informatique en atelier. En réaction à cette non-autorisation de leurs enseignants, les étudiants de Biskra n'utilisent pas personnellement l'outil informatique, mais ils optent pour une autre alternative qui est le contact des bureaux d'études.

Entre les deux systèmes d'enseignement: En comparant les deux systèmes d'étude (le système classique et le système LMD) nous n'avons pas remarqué des différences significatives entre les étudiants de fin de cycle des deux systèmes. L'utilisation de l'outil informatique par les étudiants de fin de cycle ne diffère pas d'un système à un autre et ce malgré l'écart temporel entre les années universitaires. De même pour le contact des bureaux d'études : la moitié des étudiants de fin de cycle ont confirmé ne pas contacter les bureaux d'études pour les deux systèmes (57,43% pour le système classique et 55,45% pour le LMD). Quant aux prestations assurées par ces bureaux, une évolution a été remarquée parallèlement à l'évolution technologique et la maîtrise des logiciels.

Mais pourquoi nos enseignants disent NON à l'outil informatique dans un projet d'atelier ? Avantages et inconvénients de l'outil informatique d'après les enseignants ont été recensés par le biais de l'enquête auprès d'eux ... et présentés avec leurs propres citations dans le document. Les inconvénients collectés ont été groupés dans les points suivants : **l'absence de sensibilité, le problème d'échelle, le déjà-vu, l'aspect limitatif, restrictif de l'outil, sa non-maîtrise de la part des étudiants.** Mais malgré leurs avis, et les pourcentages donnés par le biais du questionnaire adressé aux étudiants, les résultats de l'enquête menée auprès des enseignants ont montré que 78,95% laissent l'initiative à leurs étudiants quant au choix de l'outil.

Ces enseignants sont en moyenne (entre les quatre établissements) à 60,87% formés en CAO-DAO-BIM. L'enquête et l'analyse statistique nous ont montré que les enseignants se forment dans cet outil tout âge confondu. Notre enquête infirme l'hypothèse stipulant que les enseignants de « l'ancienne génération » sont figés dans une vision classique et ne sont pas à jour en matière de formation en CAO-DAO-BIM. Nous tenons à préciser qu'à l'image des étudiants, les enseignants ne se forment pas dans leurs lieux du travail.

Les enseignants ne nient pas les avantages de l'ordinateur pour la représentation graphique, les possibilités de modification, l'impression avec différentes échelles, mais ils reprochent aux étudiants le recours complet à l'ordinateur dans la phase de conception, ce qui peut éliminer la créativité individuelle. Ils expliquent que les étudiants sont devenus des prisonniers de la « machine », leurs projets se conditionnent par les programmes et les logiciels disponibles sur le marché. Ainsi, il n'y a plus de compétences classiques en matière de capacités artistiques, dessin à main levée et maîtrise des traits.

Cependant, la divergence d'opinion chez les architectes est prépondérante dans le monde. Il y a ceux qui préfèrent encore l'utilisation du crayon et des esquisses à main levée, et il y a ceux qui croient que l'ordinateur oblige l'architecte à être plus architecte que jamais : *« on serait tenté d'affirmer que contrairement aux craintes qui subsistent encore à son égard, l'ordinateur oblige les architectes à être plus architectes que jamais. Il les force en effet à fixer enfin ce qui a longtemps constitué la tâche aveugle de la théorie : le processus de projet et les stratégies dont il fait l'objet »*⁴

En nous orientant vers **la vie professionnelle : les bureaux d'études** en Algérie ont adopté l'outil informatique dans leurs projets et ils pensent que c'est une nécessité. Les interviewés justifient le recours à l'informatique par les délais très courts alloués à la remise des projets imposés par la maîtrise d'ouvrage. Cela sans nier la précision, la rapidité, le gain énorme de productivité et les images de synthèse fortement sollicitées et valorisées dans les bureaux d'études.

Il a été remarqué que les responsables des bureaux d'études qu'ils soient formés ou pas en CAO-DAO-BIM n'interviennent pas directement sur écran pour leurs projets, ou ils interviennent rarement. Ils ont une préférence pour le travail et la correction sur papier. Les architectes praticiens interviewés restent non convaincus de l'impact positif de l'outil informatique sur la qualité conceptuelle des projets. Le travail manuel reste l'outil privilégié pour la conception. D'une manière générale, l'apport de l'informatique se situe donc au niveau de la représentation graphique du projet. Mais, il y a un aller-retour entre l'ordinateur et le papier : pour corriger des plans ou des 3D imprimés sur papier.

Nous notons que la formation n'a pas un lien avec l'âge ; à l'image de nos résultats avec les enseignants ; les architectes praticiens se forment dans cet outil tous âges confondus. Par contre, ces architectes qui n'arrivent pas à « s'acclimater », obligent leur personnel à maîtriser l'outil ; c'est une condition pour le recrutement.

Plusieurs **facteurs aidant** se conjuguent pour favoriser la prolifération de l'utilisation de l'outil informatique en Algérie, dans les universités et le milieu professionnel. Parmi eux, nous avons examiné trois éléments pertinents : l'effondrement des couts, les multiples possibilités de formation et l'accès facile aux logiciels mis au service de l'architecture.

L'utilisation de l'outil informatique s'est renforcée à travers l'effondrement en quelques années du coût des postes informatiques. Nos étudiants tiennent à acquérir un ordinateur pour le travail et la consultation avec les enseignants. L'enquête a montré que l'ordinateur portable est de plus en plus privilégié ces dernières années. En plus de l'acquisition d'un ordinateur, Les étudiants d'architecture en Algérie tiennent à se former dans les logiciels dans un but d'améliorer leurs compétences au cours de leur cursus visant à bien se préparer pour leur future carrière professionnelle. Ils sont pleinement conscients que la maîtrise de l'outil informatique est un critère important pour décrocher un poste de travail, comme déjà confirmé par les réponses des responsables des bureaux d'études

En 2011-2012 : 75,98% des étudiants questionnés sont formés dans ces logiciels. Le pourcentage augmente en passant d'une année à une autre. Plus l'étudiant avance dans ses études, plus il développe d'intérêt vers de telle formation. L'analyse statistique confirme l'existence d'une corrélation significative entre la formation et l'année d'étude.

Biskra possède le pourcentage le plus bas des étudiants formés en CAO-DAO-BIM, justifiant le pourcentage le plus bas en utilisation de l'outil informatique et en autorisation de son utilisation par les enseignants

Mais malheureusement une formation qui a pris place en dehors de l'université pour 70,05% en 2011-2012. Un point négatif engendrant un écart entre le niveau des étudiants et une incapacité de contrôler le savoir acquis en dehors des classes. L'enquête a montré que le système LMD a offert plus de possibilités d'enseignement relatif aux logiciels de CAO-DAO-BIM à l'intérieur de l'établissement en le comparant au système classique. Même, si certains étudiants pensent que cet enseignement ne répond pas à leurs attentes.

Les étudiants utilisent une panoplie de logiciels CAO-DAO-BIM pour plusieurs tâches. Un recensement de tous les logiciels utilisés par les étudiants et leurs tâches correspondantes a été établi dans ce travail. Les différences de choix de logiciel et de tâche ont été soulevées entre les établissements et les années d'étude. D'après l'enquête, nos étudiants sont à jour quant aux logiciels. Une évolution est clairement lisible pour le département de Constantine qui a bénéficié de plusieurs enquêtes, montrant de nouveaux logiciels en passant d'une année universitaire à une autre et reflétant cette volonté d'être « up to date ». Mais sur les quatre

établissements : 3 logiciels ont pris la tête de liste, dans l'ordre : **AutoCAD, SketchUp** et **ArchiCAD**.

Parallèlement aux facteurs aidant, nous avons évoqué des éléments **freinant** la bonne intégration du numérique en architecture. Le 1^{er} point et le plus important –à notre vis- réside dans la **non-maîtrise de la totalité du processus numérique**, que ce soit dans le milieu universitaire ou professionnel. Si nos étudiants essayent d'être à jour en matière de logiciels et technologies numériques, la pratique est autre chose ; la chaîne de production du bâtiment n'adhère pas à leurs ambitions. Le 2^{ème} point est **l'absence d'une politique d'enseignement** (de formation) encourageant l'utilisation de l'outil informatique, spécifiant l'année à partir de laquelle l'outil est utilisé et dans quelle phase du processus (même si les enseignants discutent de cette utilisation dans leurs réunions de coordination et de comités pédagogiques).

Le 3^{ème} point est que **nos universités ne sont pas équipées en matériel** facilitant l'intégration du numérique dans les projets. Nos laboratoires de recherches ne s'intéressent pas à l'acquisition de telles technologies numériques à raison des prix élevés. Mais, même si l'université arrive à assurer un certain matériel performant, nous nous demandons si la pratique peut suivre ce progrès.

Dans un objectif de comprendre quand et comment l'outil est intégré dans le processus de conception architecturale, une étude expérimentale a été menée avec des étudiants bénévoles. Les entretiens et les questionnaires adressés aux étudiants, enseignants et architectes praticiens ont été utilisés pour étayer nos résultats.

L'outil informatique est le préféré des étudiants pour **la représentation graphique de leurs projets** (63,78% en 2011-2012). Les quatre établissements présentent le même ordre du choix, même si les pourcentages ne se ressemblent pas : la 1^{ère} place est pour l'outil informatique, en 2^{ème} les deux outils, puis en dernier le crayon. L'ordre et les priorités ont été maintenus dans les résultats du système LMD.

Les choix diffèrent entre les années d'études : la 3^{ème} année possède le plus haut pourcentage du crayon (25,53%). L'outil informatique domine en 4^{ème} année (72,64%), quant à la 5^{ème} année, le plus haut pourcentage revient au choix des deux outils (36,63%). Cela, nous semble, conforme aux objectifs de chaque année. L'utilisation du crayon seul pour la représentation graphique semble être insignifiante en moyenne entre les quatre

établissements et les trois années d'étude. Son utilisation a disparu en 2014-2015 chez les étudiants de 2^{ème} année Master de Constantine et Alger.

Les réponses écrites des étudiants expliquant le choix de l'outil informatique pour la représentation ont réitéré les avantages multiples de cet outil : la rapidité, la facilité, la précision, la propreté, ...sont les mots les plus fréquents. Ceux qui ont choisi l'utilisation simultanée des deux outils ont soulevé l'aspect artistique du crayon pour les croquis d'ambiance, par exemple, et la précision de l'outil informatique pour le dessin technique.

Pour **concevoir**, l'utilisation des deux outils et le crayon (utilisé tout seul) se concurrencent dans les quatre établissements pour prendre la tête des choix (en moyenne : 47,64% pour le premier choix et 44,49% pour le deuxième, en 2011-2012,). L'utilisation de l'outil informatique seul pour la conception semble être insignifiante quelle que soit l'année d'étude ou l'établissement (7,87%). Elle a totalement disparu chez les étudiants de la 5^{ème} année d'Oran et ceux de la 2^{ème} année Master d'Alger. Pour le système LMD, ses étudiants de fin de cycle ont opté pour l'utilisation des deux outils pour la conception et parfois avec des écarts importants par rapport au crayon comme c'est le cas des départements de Constantine et d'Oran.

Les réponses écrites des étudiants expliquant le choix des deux outils pour la conception ont évoqué le travail du *va et vient* entre le crayon/le papier et l'ordinateur.

Ceux qui ont opté pour le crayon ont justifié leurs réponses par le fait que le crayon est la base de la conception architecturale et de l'inspiration, comme il offre plus de liberté au concepteur et permet l'émergence des premières idées. Certains étudiants ont ajouté que le crayon donne la sensation que le projet leur appartient. D'autres ont expliqué que le crayon est un outil *classique* et ils l'utilisent par *habitude* confirmant notre hypothèse que l'outil peut être choisi par habitude.

Pour le peu d'étudiants qui ont répondu l'outil informatique ; ils ont parlé de son utilité pour les formes complexes : Très peu d'entre eux ont parlé de *l'aide à l'imagination* que peut apporter l'outil.

Afin de clarifier la question de l'outil choisi pour concevoir dont les résultats ont été présentés plus haut, nous nous sommes adressés aux étudiants avec une autre question demandant leur préférence en matière d'outil pour entamer un projet. La majorité d'entre eux ont préféré le travail à main levée. Un pourcentage élevé dépassant les deux tiers d'étudiants (au moins) par établissement confirme cette attitude. En moyenne entre les

CONCLUSION GENERALE

années et les départements le chiffre est égal à 90,12% d'étudiants qui optent pour le crayon et le papier comme premier acte de conception pour l'année universitaire 2011-2012. Entre les établissements, le plus haut pourcentage est observé à Biskra ; le ¼ des étudiants de ce département veulent travailler avec l'outil informatique, un chiffre qui concorde avec les résultats de ce même département quant au choix de l'outil informatique utilisé « seul » pour la conception (le plus haut pourcentage parmi les établissements 11,11%). Les autres départements présentent des pourcentages très proches.

Les réponses des enseignants viennent confirmer les réponses des étudiants : 77,78% des réponses ont opté pour des dessins à main levée à la question d'outil choisi par les étudiants pour expliquer leurs premières propositions.

En voulant vérifier les tendances de choix des étudiants, nous avons recensé le nombre de réponses des étudiants choisissant le même outil pour les trois questions : la représentation graphique, la conception et la première réaction. Les résultats ont montré des pourcentages très faibles minimales reflétant un privilège pour les choix variés, ou comme appelés dans d'autres travaux : les environnements de travail mixtes.

En nous orientant vers **l'étude expérimentale**, elle nous a permis de vérifier de près quand et comment l'outil informatique est intégré dans le processus de conception. Sur la base d'une grille d'observation détaillée et remplie sur place selon les horaires d'observation et annexée à ce document, des axes temporels reprenant l'activité de conception de chaque étudiant ont été tracés. Dans une deuxième étape, nous avons procédé à la segmentation de cette activité en séquences ou sessions selon l'outil utilisé. Des tableaux ont été réalisés quantifiant le volume horaire attribué à chaque session en fonction de l'outil utilisé et précisant le premier recours à chaque outil.

Des lectures croisées des axes et des tableaux, nous ont amené à identifier deux points importants : les attitudes de conception de ces participants à l'expérimentation et le phasage précis de l'utilisation de l'outil informatique.

Quant aux **attitudes de conception**, et dans une durée moyenne de travail de 4 h 42 mn ; les étudiants n'ont pas opté pour la même attitude du travail ; chacun a ses préférences. A l'exception d'un seul étudiant qui a travaillé avec l'outil informatique de bout en bout du processus, le reste des étudiants entame le travail sur un support papier/calque-crayon. Au total, 4 attitudes ont été identifiées.

CONCLUSION GENERALE

- Utilisation unique du papier/crayon : A1 ;
- Emploi seul de l'outil informatique : A2 ;
- Crayon à l'entame du projet et outil informatique pour le finaliser : A3 ;
- Le va et vient que ce soit en commençant avec le crayon ou l'informatique mais en terminant toujours avec l'informatique : A4

Un seul cas a été observé pour le A1 (Architecture du papier) et le A2 (L'informatique dès l'esquisse et pour tout le processus). Quant au A3 (Outil informatique = table de dessin) et A4 (le va-et-vient entre le papier et l'outil informatique) sont les attitudes les plus fréquentes chez les participants et les bureaux d'études.

La quantification du volume horaire des sessions nous a montré que ce soit pour l'attitude A3 où le participant ne passe à l'outil informatique qu'après avoir tout arrêté sur papier (en une seule session) ou bien pour l'attitude A4 où le participant travaille dans un aller-retour entre les deux outils, la session ou les sessions consacrées au travail sur ordinateur restent privilégiées et représentent un pourcentage plus important que celle réservée au travail sur papier. Le volume horaire du travail sur ordinateur varie entre 25,00% et 69,09% avec une moyenne égale à 49,62% pour l'attitude A3 et entre 43,10% et 56,67%, avec une moyenne égale à 48,36% pour l'attitude A4. Les moyennes du volume horaire des sessions consacrées à l'ordinateur sont proches entre les 2 attitudes. Dans le A4, le plus bas pourcentage (43,10%) est pris par EX2-E5. Ce travail représente un volume horaire identique entre les sessions du travail sur ordinateur et celles sur papier. Ce participant a eu recours à l'ordinateur après avoir consommé la moitié du temps : 51,72%.

Un autre travail vient vérifier la localisation de l'utilisation de l'outil informatique par rapport aux étapes de conception. D'après les résultats, nous pouvons conclure que les concepteurs ne font pas recours à l'outil informatique dans la première étape de la conception (idéation : où les esquisses produites à main levée sont « traditionnellement » utilisées). Le choix des étudiants relatif au crayon pour la première réaction pour concevoir un projet reflète ce choix (une moyenne égale à 90,12 %). Les résultats nous montrent qu'à part le participant qui a opté pour l'outil informatique pour tout le processus (A2), les autres participants (A3 et A4) intègrent cet outil dans l'étape instrumentalisation et non pas l'étape conceptualisation. Des résultats confirmés par l'avis des enseignants recueillis à travers l'enquête auprès d'eux : 70% ont confirmé que l'outil informatique est utilisé dans les projets d'étudiants pour la finalisation des projets, tandis que l'esquisse n'a pris que 40%.

Le processus du projet tend à être entièrement couvert par l'outil informatique. Si nous nous sommes adressés aux étudiants par des questions relatives à l'outil utilisé pour la représentation et la conception, nous avons conclu que l'étape où l'outil est intégré dans la conception n'est pas encore atteinte. Certains auteurs confirment que ces deux phases (conception et représentation) sont liées et ne sont pas séparées. Mardazo confirme que l'impact de l'outil informatique en architecture commence réellement lorsque nous éliminons la dissociation entre la conception et la représentation: « *A real impact of computers in architectural design will start to occur when the separation between conception and representation no longer exists with regard to the use of computers in architecture. To achieve that it will require that good architects use computers to express their ideas right from conception* »⁵

Historiquement parlant, et depuis l'introduction du numérique en architecture, Razavi écrivant en 2008 (après 15 ans du premier) parle de 3 actes « *Au premier acte (il y a presque 30 ans), l'assistance au dessin a introduit l'ordinateur dans l'univers des architectes. Au second (il y a une quinzaine d'années) les capacités de modélisation et de visualisation donnaient naissance à un instrument source de promesses quasi paranormales. Aujourd'hui la puissance de calcul, les possibilités de programmation et de modélisation, combinées aux avancées dans le domaine de la fabrication numérique nous ont fait entrer dans le troisième acte, celui d'un partenariat avec la machine.* »⁶. Cependant, dans nos universités et dans la vie professionnelle, l'outil informatique (comme nous ne pouvons pas parler des technologies digitales) n'est pas exploité pour apporter de l'aide dans la conception. Il n'a pas pris sa place réelle et son utilisation n'est pas poussée pour exploiter les grandes potentialités de simulation Nous vivons toujours le 2^{ème} acte éblouis (séduits) et confus entre l'outil et le projet. C'est l'équivalent à une période d'hésitation que nous espérons transitoire comme expliquée par François Guéna^a (lors d'un entretien avec lui en 2008).

Une légère évolution en matière d'utilisation de l'outil informatique a été soulevée à travers les enquêtes multiples ; l'outil n'est plus orienté vers l'obtention de beaux dessins et documents, les étudiants essayent de l'axer vers l'amélioration de la qualité de conception. Quelques essais de simulation ont été observés ces dernières années.

^a Directeur du laboratoire : ARIAM-LAREA (Atelier de Recherche en Informatique et Modélisation-Laboratoire d'Architecturologie et de Recherche Epistémologique en Architecture), Paris-La-Villette.

Cela renvoie à la question de la maîtrise du concepteur ; non seulement avoir une bonne connaissance des logiciels et des technologies numériques, mais aussi une maîtrise des outils utilisés. En 1997, un architecte praticien s'est exprimé : « *Toute technique commence à m'intéresser lorsque son usage devient courant, accessible à tous, pratiquement et financièrement, et que la sensibilité personnelle de l'utilisateur peut s'exprimer à travers elle* »⁷. 20 ans après, le problème actuellement en Algérie est la pénurie de ces technologies ; **attendons-nous une disponibilité et un usage courant de ces technologies pour s'y intéresser ?**

En attendant, nous insistons sur l'**utilisation intelligente** de l'outil choisi tout en respectant les préférences des architectes, comme un enseignant l'a expliqué : « *Le moyen d'expression de l'architecte doit rester libre et non imposé* »^a

Perspectives pour l'enseignement

Le plus important -à notre vis- est de perfectionner nos compétences (étudiants et enseignants) afin que nous puissions maîtriser nos outils. Il n'y a rien de mal à concevoir avec la CFAO, mais cette discipline n'est pas encore maîtrisée. Les technologies émergentes auront fort probablement un effet significatif sur la conception et la production architecturale. En examinant les expériences des autres pays, il est possible -à notre humble avis- de prévoir des changements conduisant à une évolution de l'intégration de l'outil informatique en Algérie. Commençant avec l'enseignement ; avec le système LMD, nous espérons la proposition de plus d'offres de Master et de Doctorat qui traitent le numérique et ses technologies, avec la possibilité des cours optionnels pour les étudiants voulant améliorer leur niveau dans cette matière, ou bien des ateliers spécialisés dans l'informatique et ses applications dans le bâtiment à l'exemple du laboratoire : « *Media and Design Laboratory LDM* »^b : École polytechnique fédérale de Lausanne⁸.

Quelque initiatives ont été prises en Algérie, nous citons l'offre de formation Master : nouvelles technologies à Oran et à Constantine. Nous pensons aussi qu'il est temps de recenser de telles offres de formation et de faire le point sur les projets de recherche aussi traitant la CFAO, le numérique et ses technologies en architecture, à l'image du travail mené il y a 20 ans (1996) par Paul Quintrand⁹ sur les laboratoires de recherches appliquées en informatique en France, les thèmes de recherche et leurs productions. Les rapports de cette

^a Questionnaire Enseignants, N° 22.

^b <https://ldm.epfl.ch/>

recherche ont été soumis à un architecte praticien François Pélegrin¹⁰ pour donner son point de vue valorisant, par ce fait, la coopération profession-recherche.

Une autre possibilité se résume dans les formations et workshops proposés par les professionnels comme les entreprises fournisseurs du matériel numérique, à l'exemple de notre expérience au Bahreïn en 2012, où nous avons assisté à un workshop tenu parallèlement au 6th ASCAAD conference. Le workshop consistait en une participation internationale sur une semaine du 18 au 24 Février 2012, dont l'objectif est une collaboration entre les étudiants de l'architecture et les professionnels du domaine (les représentants de l'entreprise D2M) par un travail dans des groupes multi-inter-culturels dans le cadre d'un concours visant l'entraînement sur les techniques de l'impression, le relevé 3D et leurs applications dans l'architecture et la conception. C'était une vraie occasion pour les participants d'expérimenter le matériel mis à leur disposition.

Dans le même ordre d'idées, nous proposons la possibilité de conventions signées entre les entreprises de logiciels et l'université afin de fournir aux établissements logiciels et formations nécessaires.

L'idée des « fab labs » (si les moyens existent) est très intéressante, ETH de Zurich et Institute for Computational Design and Construction^a (University of Stuttgart) sont les leaders dans ce domaine.

Nous sommes convaincus que nous devrions mettre à jour la manière d'enseigner la CAO / CFAO. Les matières relatives à la programmation sont importantes pour les étudiants, les premiers cours de programmation ont été introduits à la fin des années 1980 et au début des années 1990 dans des écoles d'architecture comme Harvard ou MIT. En plus, enseigner aux étudiants les processus de conception créative est un objectif commun de nombreux cours de conception architecturale dans le monde entier.

^a <http://icd.uni-stuttgart.de/>

Pistes de recherche

D'après les résultats, ce travail ouvre des pistes de recherche sur **les environnements de travail mixtes** : « *Le numérique contre l'analogique, et vice versa. Aujourd'hui, il paraît évident que les pratiques de conception ne peuvent se limiter à l'usage exclusif de l'une ou de l'autre ; la réalité de la conception possède un caractère hybride, mêlant techniques analogiques et technologies numériques.* »¹¹. Ces environnements de travail du concepteur semblent avoir un impact sur son output. Ceci est bien démontré par des travaux tels celui du Yi Teng Shih et *al.* (2015)¹². En fait, nos quatre attitudes peuvent être regroupées sous deux concepts dont des recherches récentes les abordent très souvent, à savoir, les environnements de conception : uniques/individuels ou mixtes. De telles études sous-tendent d'autres recherches qui comparent le comportement cognitif dans les environnements de conception SMM (Sequential Mixed Media) et AMM (Alternative Mixed Media). Ces travaux s'appuient sur l'analyse de protocole pour appréhender le comportement cognitif des concepteurs lors du processus de conception à l'aide d'un codage des enregistrements vidéo des participants travaillant sur différents projets en plus de leurs interviews. L'objectif est de mieux comprendre les similitudes et les différences dans le comportement cognitif à l'aide des approches SMM et AMM, et comment la **transition** entre les médias (outils) peut avoir un impact sur les processus de conception. Nous tenons à préciser que la distinction des environnements de travail existe, telle que dans l'article de Leclercq, Mayeur et Darses (2007)¹³, mais les travaux de leurs influences sur la conception sont récents.

Une deuxième piste est celle relative à **la conception collaborative**, un domaine qui suscite un intérêt de plus en plus croissant et qui peut être favorisé par les BIM, ou comme appelé récemment par Annalisa De Maestri dans une vision plus globale et plus complète « *BIMMM : building information model, modeling, management (modèle, modélisation, management des informations du bâtiment)* »¹⁴. Cette culture à intégrer dans la vie professionnelle nécessite l'adoption d'une politique pour accompagner tout le processus : catalogues numériques des produits et matériaux, implication effective de la maîtrise d'ouvrage.... et l'intégrer dans l'enseignement.

Notre aspiration est non seulement, être à jour avec le progrès technologique, mais aussi prédire les changements possibles et leur impact sur la conception, la créativité et l'architecture de ce pays.

Nous ne sommes pas intéressés par former des informaticiens ; l'évaluation de l'étude expérimentale a montré que la maîtrise de l'outil informatique n'implique pas forcément la maîtrise du projet architectural.

Ce qui nous intéresse, plutôt, est le contenu des programmes et comment nous pouvons les adapter afin que l'étudiant puisse utiliser le numérique et accorder une attention appropriée à son projet. Une bonne compréhension et une meilleure utilisation du numérique aideront certainement les futures générations d'architectes à traiter harmonieusement ces technologies.

Le domaine du numérique est toujours en évolution, ses technologies évoluent sans cesse...nous ne pouvons pas nous attendre à une stabilisation du champ de recherche en architecture liée à ces technologies. Cette discipline constituera toujours un champ d'exploration continu.

Nous ne pouvons pas rester à l'écart en pensant que « *Ceci tuera cela* » pour reprendre les propos de Victor Hugo ; l'histoire a montré le contraire ; le numérique n'a pas tué l'architecture.

Références

¹ **Mark Wigley** (18-19 November 2004), Black Screens: The Architect's Vision in a Digital Age IN *Devices of Design*, Colloquium & Roundtable Discussion, Canadian Centre for Architecture and the Fondation Daniel Langlois, pp. 37-51.

² **Thomas Vivier** (Février 1997), «La souris ou la main» IN *amc*, n°77, p. 90.

³ **Sébastien Bourbonnais** (2014), *Sensibilités technologiques : expérimentations et explorations en architecture numérique 1987-2010*, Thèse de doctorat, Université Paris-Est, p. 24.

⁴ **Antoine Picon** (Novembre 2008), « Le projet au risque du numérique » IN *Le visiteur*, n° 12, p. 100.

⁵ **Leandro Madrazo** (16-19 Février 1993), « From sketches to computer images: a strategy for the application of computer in architectural design » IN *IMARA '93*, Monte Carlo, p. 153.

⁶ **Alireza Razavi** (Décembre 2008), « Digital design » IN *Architecture intérieure CREE*, n° 339, p. 55.

⁷ **Thomas Vivier** (Février 1997), «La souris ou la main» IN *amc*, n°77, p. 90.

⁸ **Lamunière I., Marchand B.** (Avril-Mai 2010), « Architecture, pure architecture à l'EPFL » IN *L'Architecture d'Aujourd'hui*, n° 377.

⁹ **Paul Quintrand** (1996), « Sciences pour l'architecture : Mathématiques et informatique pour l'architecture » IN *Les cahiers de la recherche architecturale*, n° 37, pp. 89-95.

¹⁰ **François Pèlegri** (1996), « Qu'attendent les architectes de la recherche informatique » IN *Les cahiers de la recherche architecturale*, n° 37, pp. 97-101.

¹¹ **Sébastien Bourbonnais** (2014), *Sensibilités technologiques : expérimentations et explorations en architecture numérique 1987-2010*, Thèse de doctorat, Université Paris-Est, p. 12.

¹² **Yi Teng Shih, William D. Sher and Mark Taylor** (November 2015), "Understanding creative design processes by integrating sketching and cad modelling design environments. A Preliminary Protocol Result from Architectural Designers" IN *Archnet-IJAR*, Volume 9 - Issue 3, pp. 76-92.

¹³ **P. Leclercq, A. Mayeur et F. Darses** (2007), « Production d'esquisses créatives en conception digitale » IN *IHM 07*, actes de la conférence, Paris, 12-15 Novembre, pp. 175-182.

¹⁴ **Annalisa De Maestri** (2017), *Premiers pas en BIM : L'essentiel en 100 pages*, éd. Eyrolles, Afnor, Paris, p. 4.

BIBLIOGRAPHIE

OUVRAGES

AISSANI Amar (2007), *Modélisation et simulation*, éd. OPU, Alger, 328 p.

BAUDET Jean C. (2015), *Les plus grandes entreprises : Celles qui changèrent le monde*, éd. La boîte à Pandore, Paris, ? p.

BENDEDDOUC Assya (1998), *Le processus d'élaboration d'un projet d'architecture*, éd. L'Harmattan, Paris, 327 p.

BOUCHAIB Faouzi (2002), *Guide de méthodologie (15 règles méthodologiques, 30 réponses à 30 questions, techniques de l'enquête socio-économique, 2 illustrations méthodologiques)*, éd. Madani, Blida, 155 p.

BRETON Philippe, PROULX Serge (2000), *L'explosion de la communication*, éd. Casbah, Alger, 320 p.

DE MAESTRI Annalisa (2017), *Premiers pas en BIM : L'essentiel en 100 pages*, éd. Eyrolles, Afnor, Paris, 95 p.

CARPO Mario (éd.) (2013), *The digital turn in architecture 1992-2012, AD Reader*, éd. John Wiley and Sons Ltd, Bruxelles, 264 p.

DUNN Nick (2010), *Architectural modelmaking*, éd. Laurence King Publishing, London, 192 p.

FARRELLY Laurraine (2008), *Techniques de représentation*, éd. Pyramyd, Paris, 176 p.

LEBAHAR Jean Charles (1983), *Le dessin d'architecte : Simulation graphique et réduction d'incertitude*, éd. Parenthèses, Roquevaire, France, 134 p.

FILLION Odile (1996), *Espace=écran? Douze architectes et les images de synthèse*, éd. Architecture et prospective, Paris, pp. 68-71

HAUSCHILD Moritz, KARZEL Rüdiger (2011), *Digital processes: planning, design, production*, éd. Birkhäuser, Basel, 111 p.

HUGO Victor (1988), *Notre-Dame de Paris*, éd. Librairie Générale Française, 733 p.

KOTTAS Dimitris (2013), *Architecture numérique : Nouvelles applications*, éd. LinksBooks, Barcelone, 263 p.

KOTTAS Dimitris (2013), *Architecture numérique : Nouvelles technologies*, éd. LinksBooks, Barcelone, 277 p.

KREBS Jan (2007), *Basics CAO/DAO*, éd. Birkhäuser, Basel, Switzerland, 96 p.

LAVERGNE Benjamain & Matthieu (2014), *L'imprimante 3D : une révolution en marche*, éd. Favre, Lausanne, 143 p.

LESSARD-HEBERT Michelle, BOUTIN Gérald, GOYETTE Gabriel (1997), *La recherche qualitative: fondements et pratiques*, éd. De Boeck Supérieur, 124 p.

LYNN Greg (dir.) (2013), *Archéologie du numérique : Peter Eisenman, Frank Gehry, Chuck Hoberman, Shoji Yoh*, éd. Centre canadien d'architecture, Montréal, 408 p.

MARTIN Olivier (2009), *L'analyse de données quantitatives*, éd. Arman Colin, Paris, Collection : L'enquête et ses méthodes, 127 p.

MEYNAUD Hélène Y. & DUCLOS Denis (1998), *Les sondages d'opinion*, éd. Casbah, Alger, 124 p. (Collection : Guides Approches)

PICON Antoine (2010), *Culture numérique et architecture : une introduction*, éd. Birkhäuser, Basel, Switzerland, 217 p.

QUINTRAND Paul, AUTRAN Jacques, FLORENZANO Michel, Fregier Marius, ZOLLER Jacques (1985), *La conception assistée par ordinateur en architecture*, éd. Hermes, Paris, 257 p.

YIN Robert K. (2014), *Case Study Research: Design and Methods*, éd. SAGE Publications, Fifth Edition, 312 p.

JOURNAUX SCIENTIFIQUES

ARROUF Abdelmalek et BENSACI A. (Décembre 2006), « Modélisation du processus de conception, étude expérimentale du système compositionnel, instance conception » IN *Courrier du savoir*, Vol. 7, pp. 67-86.

BEAUCE Patrick, CACHE Bernard (Juillet-Aout 2006), «Vers un mode de production non-standard » IN *Archithese*, n° 4, p. 50-55.

BLUMENTHAL Max (1971), « Introduction » IN *Techniques et Architecture*, n° spécial *Informatique et architecture*, n° 4, 33^{ème} série, p. 33.

CHUPIN Jean-Pierre & LEQUAY Hervé (Janvier 2001), « Escalade analogique et plongée numérique » IN *Les cahiers de la recherche architecturale et urbaine*, n° 7, pp. 21-30.

COGET Jean-Michel (Avril 1997), « Le Web et l'architecte », IN *amc*, n° 79, pp. 75-76.

COLLECTIF (mars-avril 2003), « Architecture numérique : des outils pour le changement » IN *L'architecture d'aujourd'hui*, n°345, p. 128-136.

COUSIN Jean-Pierre (Mai 1993), « le plus de l'image informatique » IN *D'A*, n°35, p. 48.

DORTAA Tomás, PÉREZB Edgar, LESAGEB Annemarie (March 2008), "The ideation gap: hybrid tools, design flow and practice" IN *Design Studies*, Volume 29, Issue 2, March 2008, pp. 121-141

EHRET Paul (Novembre-Décembre 2009), « Du virtuel au réel, virtuel ou réel » IN *Archistorm*, n°39, pp. 64-66

EHRET Paul (Février-Mars 2009), « Tout pour la beauté » IN *Archistorm (architecture + design + art)*, n°35, pp. 60-62.

EHRET Paul (Juillet-Aout 2007), « Vers une nouvelle pratique architecturale » IN *Archistorm*, n°26, pp. 70-71.

KROLL Lucien (Octobre 1982), « Ordinateurs et systèmes constructifs » IN *AA*, n° 223, pp. 10-15.

KUBO Michael, SALAZAR Jaime (2004), « Brève Histoire de l'âge de l'information » IN *Verb Matters*, pp. 2-19

LAMUNIERE I., MARCHAND B. (Avril-Mai 2010), « Architecture, pure architecture à l'EPFL » IN *L'Architecture d'Aujourd'hui*, n° 377, pp. 187-196.

LEACH Neil (Juillet - Aout 2006), « Digital morphogenesis » IN *Archithèse*, n°4, pp. 44-49.

LEMOINE Bertrand (Mars 1997), « Conception et informatique », IN *amc*, n° 78, pp. 46-61.

MASCARO Florian (Mai - Juin 2004), « L'esquisse numérique » IN *Architecture intérieure CREE*, n°314, pp. 130-131.

MOUNIER-KUHN Pierre-E. (1990), « Genèse de l'informatique en France (1945-1965) » IN *Culture Technique*, n°21, pp. 35-46.

MILLIKEN Barry (Octobre 1982), « Le défi de la conception assistée par ordinateur » IN *AA*, n° 223, pp. 6-9

NANTOIS Frédéric (Janvier 2001), « De Cedric Price à Bill Gates : les technologies de l'ordinateur », IN *Les cahiers de la recherche architecturale et urbaine*, n° 7, pp. 31-46.

PELEGRIN François (1996), « Qu'attendent les architectes de la recherche informatique » IN *Les cahiers de la recherche architecturale*, n° 37, pp. 97-101.

PICON Antoine (Novembre 2008), « Le projet au risque du numérique » IN *Le visiteur*, n° 12, pp. 92-101

PORADA Sabine (2001-2002), « Chantier de l'imaginaire. L'innovation architecturale et l'ordinateur » IN *EAV (Enseignement, Architecture, Ville)*, n° 7, pp. 10-13.

POLLALIS Spiro N. (Octobre - Novembre 1999), « CAO et communication en réseau-La circulation de l'information technique », IN *Techniques et architecture*, n° 445, pp. 46-49.

RAZAVI Alireza (Décembre 2008), « Digital design » IN *Architecture intérieure CREE*, n° 339, pp. 54-63.

ROUDAVSKI Stanislav (2009), « Towards Morphogenesis in Architecture » IN *International journal of architectural computing*, Issue 03, Volume 07, pp. 345-374.

ROULET Sophie (Novembre - Décembre 2003), « Révolution de l'espace » IN *Architecture Intérieure CREE*, n° 311, pp. 111-115.

SAUTEREAU Jacques (Janvier 2001), «Vers de nouvelles topologies », IN *Les cahiers de la recherche architecturale et urbaine*, n° 7, pp. 7-12

TENG SHIH Yi, SHER William D. and TAYLOR Mark (November 2015), "Understanding creative design processes by integrating sketching and cad modelling design environments. A Preliminary Protocol Result from Architectural Designers" IN *Archnet-IJAR*, Volume 9 - Issue 3, pp. 76-92.

WIGLEY Mark (18-19 November 2004), Black Screens: The Architect's Vision in a Digital Age IN *Devices of Design*, Colloquium & Roundtable Discussion, Canadian Centre for Architecture and the Fondation Daniel Langlois, pp. 37-51.

SZALAPJ Peter (Juillet - Aout 2006), « Digital reality » IN *Archithese*, n° 4, pp. 56-61.

VIVIER Thomas (Février 1997), «La souris ou la main» IN *amc*, n°77, pp. 89-90.

THESES DE DOCTORAT

ARROUK Khaled Assad (2012), *Techniques de conception assistée par ordinateur (CAO) pour la caractérisation de l'espace de travail de robots manipulateurs parallèles*, Thèse de doctorat en génie mécanique, École doctorale sciences pour l'ingénieur de Clermont-Ferrand, Université Blaise Pascal – Clermont II, 274 p.

BOURBONNAIS Sébastien (2014), *Sensibilités technologiques : expérimentations et explorations en architecture numérique 1987-2010*, Thèse de doctorat, Université Paris-Est.

HAMANI Dalil Omar (2005), *Un système d'information pour le bâtiment : Elaboration d'un modèle conceptuel de données pour les ouvrages façonnés en place issus de la production de bâtiment*, Thèse de doctorat en génie informatique et automatique, Faculté des sciences et techniques de Saint-Jérôme, Université Paul Cézanne Aix-Marseille III, 220 p.

MAUDET Christian (1972), *Méthodes scientifiques, modèles et simulation en architecture*, mémoire 3ème cycle, sous la direction de : M. Renier, M. Loix, M. Maroy, Unité pédagogique d'architecture n°6, éd. L'Institut de l'environnement, p. 47

SÉMINAIRES

BILDA Zafer, GERO John S. (June 20–22, 2005), “Do We Need CAD during Conceptual Design?” IN *Proceedings of the 11th International CAAD Futures Conference*, Vienna, Austria, pp. 155-164.

CACHE Bernard (18-19 November 2004), « Après Jean Prouvé: le pliage numérique non-standard » IN *Devices of Design*, Colloquium & Roundtable Discussion, Canadian Centre for Architecture and the Fondation Daniel Langlois, pp. 52-57.

CARPO Mario (28 Sept - 1 Oct 2005), « The demise of the identical architectural standardization in the age of digital reproducibility » IN *First international conference on the histories of media art, science and technology*, Banff new media institute, Canada, pp. 1-8.

DERYCKE Denis (2012), « La complexité inhérente aux modèles numériques et le paradigme de la représentation architecturale : Brèves considérations sur les pratiques contemporaines » IN *Complexité(s) des modèles de l'architecture numérique : Actes du 5ème séminaire de conception architecturale numérique*, Éditions universitaires de Lorraine, Nancy, pp. 153-163.

LECLERCQ P., MAYEUR A. et DARSES F. (2007), « Production d'esquisses créatives en conception digitale » IN *IHM 07*, Actes de la conférence, Paris, 12-15 Novembre, pp. 175-182.

LECOURTOIS Caroline (2012), « Préface » IN *Complexité(s) des modèles de l'architecture numérique : Actes du 5ème séminaire de conception architecturale numérique*, Éditions universitaires de Lorraine, Nancy, p. 3.

MANDOUR Mohamed Alaa (February 22-24, 2005), « From Hard Architecture to Soft Architecture: Architecture Form in the 21st Century” IN *First ASCAAD's International Conference: e-Design in Architecture*, Architecture Department, KFUPM, Dhahran, Saudi Arabia.

SAIGHI Ouafa, ZEROUALA Mohamed Salah (21-23 February 2012), “Information technology utilization in architectural engineering: a field study at the department of architecture and urbanism: Constantine” IN *CAAD / INNOVATION / PRACTICE* [6th International Conference Proceedings of the Arab Society for Computer Aided Architectural Design (ASCAAD 2012)], College of architecture engineering and design, the Kingdom University, Manama (Kingdom of Bahrain), pp. 155-156; 273-28

VISSER Wiilemien et DETIENNE Françoise (2005), “Articulation entre composantes verbale et graphic-gestuelle de l'interaction dans des reunions de conception architecturale” IN *SCAN'05 : Séminaire de Conception Architecturale Numérique*, Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Paris-Val de Seine, Paris, pp. 49-57.

ZHU Yi, DORTA Thomas and DE PAOLI Giovanni (19-21 September 2007), « A comparing study of the influence of CAAD tools to conceptual architecture design phase” IN *EuropIA.11 (Digital thinking)*, 11th international conference on design sciences and technology, Montréal-Québec-Canada, pp. 29-43.

COURS

ZEROUALA Mohamed Salah, *Moyens de communication en architecture*, Cours de la 1^{ère} année architecture, Département d'architecture et d'urbanisme Constantine, Année universitaire : 2003-2004.

CYBEROGRAPHIE

CASALEGNO Federico, «Entre réel et virtuel : les nouvelles architectures dans la complexité de la co-évolution», [Enligne] <http://www.mit.edu/~fca/papers/reeletvirtuel.pdf>, (page consultée le 01-08-2010)

DAVOINE Albert, « Les enquêtes : généralités sur les sondages, la population et l'échantillon», [Enligne] <http://davoine.ca/cours/marketing/enquetes.htm>, (page consultée le 28-03-2012)

GUENA François, « *L'informatique a-t-elle transformé la création architecturale. Outil de communication ou outil de création ?* », [Enligne] <http://www.maacc.archi.fr/L-informatique-a-t-elle-transforme>, (page consultée le 03-08-2010).

VIRILIO Paul, « Crise de l'art contemporain : La procédure silence » IN *Le monde diplomatique*, aout 2000, p. 32, [Enligne] <http://www.monde-diplomatique.fr/2000/08/VIRILIO/14134>, (page consultée le 03-08-2010)

[En ligne] <http://glform.com/environments/blobwall/>, (page consultée le 30-08-2015)

[En ligne] <http://www.gehrytechnologies.com/en/>, (page consultée le 30-08-2015)

[En ligne] <http://www.otaplus.com/architecture/rapid-type-coffee-cart/>, (page consultée le 12-03-2016)

[En ligne] http://www.piercyandco.com/?page_id=81&album=2&gallery=34, (page consultée le 30-08-2015)

[En ligne] <http://www.unstudio.com/projects/mercedes-benz-museum>, (page consultée le 31-10-2015)

[En ligne] <http://www.zaha-hadid.com/architecture/abu-dhabi-performing-arts-centre/>, (page consultée le 30-08-2015)

[Enligne] <https://archive.org/stream/scientific-american-1890-08-30/scientific-american-v63-n09-1890-08-30#page/n0/mode/2up>, (page consultée le 01-08-2015)

TABLE DES SIGLES ET DES ABREVIATIONS

BET :	Bureau d'Etudes
BIM :	Building Information Modeling / Building Information Model
CAAD :	Computer Aided Architectural Design (CAAO en français)
CAAO :	Conception Architecturale Assistée par Ordinateur
CAD :	Computer Aided Design (CAO en français)
CAM :	Computer Aided Manufacturing (FAO en français)
CAO :	Conception Assistée par Ordinateur (DAO en anglais)
CD :	Compact Disc (Disque compact)
CFAO :	Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur
CNC :	Computerized Numerical Control (CNO en français)
CNO :	fabrication avec Commande Numérique par Ordinateur (CNC en anglais)
DAO :	Dessin Assisté par Ordinateur
DXF :	Drawing eXchange Format
DWG :	DraWinG (Format)
EPAU :	Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme (Alger)
FAO :	Fabrication Assistée par Ordinateur (CAM en anglais)
GED :	Gestion Electronique des Documents
ICT :	Information and Communication Technologies (TIC en français)
IFC :	Industry Foundation Classes
LMD :	Système d'enseignement : Licence, Master, Doctorat
MOOC :	Massive Open Online Course (Cours en ligne ouvert et massif en français)
PAO :	Publication Assistée par Ordinateur
PC :	Personnel computer
PFE :	Projet de Fin d'Etudes
RAM :	Random Access Memory
SPSS :	Statistical Package for Social Sciences
TIC :	Technologies de l'Information et de la Communication (ICT en anglais)

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1: Répartition de l'échantillon d'étudiants sur les trois années d'étude.	105
Tableau 2: Répartition de l'échantillon d'étudiants sur les trois années d'étude.	106
Tableau 3: Répartition de l'échantillon d'étudiants sur les trois années d'étude.	107
Tableau 4: Répartition de l'échantillon d'étudiants sur les trois années d'étude.	108
Tableau 5: Répartition de l'échantillon d'étudiants sur les trois années d'étude.	109
Tableau 6: Répartition de l'échantillon d'étudiants sur les trois années d'étude.	110
Tableau 7: Répartition de l'échantillon d'enseignants sur les quatre établissements.....	111
Tableau 8: Répartition de l'échantillon d'architectes praticiens sur les villes.	114
Tableau 9: Répartition des participants à l'étude expérimentale.....	115
Tableau 10: Etapes de l'expérimentation.	117
Tableau 11: Variantes traitées par les participants.	119
Tableau 12: Recensement des logiciels d'architecture utilisés par les étudiants dans leurs projets.	182
Tableau 13: Fréquence des mots utilisés pour expliquer le choix de l'outil informatique pour la représentation graphique des projets.	196
Tableau 14: Fréquence des mots utilisés pour expliquer le choix des deux outils pour la représentation graphique des projets.	199
Tableau 15: Fréquence des mots utilisés pour expliquer le crayon pour la conception des projets.	204
Tableau 16: Fréquence des mots utilisés pour expliquer le crayon pour la conception des projets.	206
Tableau 17: Fréquence des mots utilisés pour expliquer le choix de l'outil informatique pour la conception des projets.	208
Tableau 18: Segmentation de l'activité de conception en sessions.	221
Tableau 19: Positionnement temporel des jalons marquant l'activité de conception.....	223
Tableau 20: Attitudes de travail des participants à l'expérimentation.	230
Tableau 21: Attitude de travail et étape d'utilisation de l'outil informatique.	233
Tableau 22 : Détail de l'évaluation par critère.	238
Tableau 23 : Caractéristiques des meilleurs travaux.	241

TABLE DES FIGURES

Figure 1: Les étapes du traitement de l'information lors du recensement Américain de 1890	22
Figure 2: ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator)	25
Figure 3: L'IBM 650 au centre de calcul IBM, place Vendôme	27
Figure 4: Le numéro de juillet 1974 de la <i>Radio Electronics magazine</i> :	29
Figure 5: Super ordinateur Cray X-MD, Ohio Supercomputer Center	33
Figure 6: Du cyborg au robot homme	38
Figure 7: Exploitation de la réalité augmentée et des effets spéciaux.....	38
Figure 8: Un exemple d'opérations effectuées sur la forme pour la production de catalogue de modèles numériques pour le projet Off/Grid House, Albuquerque, Nouveau-Mexique, 2010	49
Figure 9: Le centre des arts vivants, Zaha Hadid Architects, Abu Dhabi. Travaux entamés en 2007	50
Figure 10: Dessin réalisé par AutoCad	52
Figure 11: Laboratoire: Computer Aided Architectural Design (CAAD), ETH Zurich. Différents matériels mis à la disposition des étudiants pour la CAO	53
Figure 12: Conception assistée par Ordinateur du projet du Centre d'information du parc Hardwick, Durham, Royaume-Uni, Architecte : Design Engine (2006).....	54
Figure 13: Quelques réalisations à l'aide de la CFAO à l'école ETH Zurich	55
Figure 14: Le Blobwall de Greg Lynn, 2007.....	56
Figure 15: Pavillon CLJ02 :ZA11, Cluj, Roumanie, 2011	57
Figure 16: Utilisation du BIM à différentes échelles pour La Fondation Louis Vuitton, Paris, Architecte : Frank Gehry	59
Figure 17: Étapes d'utilisation de la maquette virtuelle dans un projet architectural : Greenwich Media Suite, London, Architecte : Piercy & Co	60
Figure 18: La cafétéria mobile Rapid Type Pod (OTA+)	61
Figure 19: Différents matériaux utilisés pour confectionner des maquettes à l'aide des technologies numériques, Laboratoire CAAD, ETH Zurich	62
Figure 20: Maquette réalisée à l'aide des technologies numériques, Laboratoire CAAD, ETH Zurich.....	62
Figure 21: Quelques participations à l'exposition : <i>Architectures non-standard</i>	65
Figure 22: Le musée Mercedes-Benz, UN Studio, Stuttgart, 2006.....	68
Figure 23: Les blobs dans le logiciel de dessin metaball	70
Figure 24: Quelques réalisations de la blobitecture.....	70
Figure 25 : Mimétisme à l'architecture cellulaire des plantes.....	72
Figure 26 : Comparaison des traits de Gehry à ceux d'autres architectes	74
Figure 27 : Une partie du projet Le Poisson de Barcelone.....	76
Figure 28 : Quelques projets de Frank Gehry	77
Figure 29 : Représentation schématique d'une séquence d'ADN (détail), 1987	78
Figure 30 : Schéma précisant les outils d'investigation adoptés et leurs objectifs	92
Figure 31 : La réception des réponses des enseignants sur le site.....	112
Figure 32 : Le temps moyen par page et le taux de remplissage du questionnaire adressé aux enseignants.....	113

Figure 33 : Vue en plan de l'atelier réservé à l'expérimentation.	116
Figure 34 : Photos de la 1 ^{ère} expérience.	119
Figure 35 : Photos de la 2 ^{ème} expérience.	119
Figure 36 : Schéma expliquant la structure des enquêtes auprès des étudiants.....	123
Figure 37: L'utilisation personnelle de l'outil informatique par les étudiants dans leurs projets d'Atelier de l'année courante.....	127
Figure 38: Evolution de l'utilisation personnelle de l'outil informatique par les étudiants dans leurs projets d'Atelier de l'année courante à Constantine.....	128
Figure 39: Utilisation personnelle de l'outil informatique par les étudiants de fin de cycle dans leurs projets d'Atelier de l'année courante.	129
Figure 40: Evolution de l'utilisation personnelle de l'outil informatique par les étudiants de fin de cycle dans leurs projets d'Atelier de l'année courante à Constantine.	130
Figure 41: L'utilisation personnelle de l'outil informatique en Atelier par les étudiants dans les années précédentes d'étude.....	131
Figure 42: Evolution de l'utilisation personnelle de l'outil informatique par les étudiants dans leurs projets d'Atelier dans les années précédentes d'étude à Constantine.	132
Figure 43: Utilisation personnelle de l'outil informatique par les étudiants de fin de cycle dans leurs projets d'Atelier dans les années précédentes d'étude.	133
Figure 44: La signification de l'utilisation de l'outil informatique dans les projets chez les étudiants.....	133
Figure 45: Les simulations pour lesquelles l'ordinateur est utilisé par les étudiants.	136
Figure 46: Connaissance/Utilisation de quelques concepts par les étudiants.....	136
Figure 47: Pourcentage des étudiants qui ont contacté des bureaux d'études pour leurs projets	138
Figure 48: Evolution du contact des bureaux d'études établis par les étudiants de Constantine.	139
Figure 49: Contact des bureaux d'études par les étudiants de fin de cycle.....	140
Figure 50 : Contact des bureaux d'études par les étudiants de la dernière année du cursus à Constantine.	141
Figure 51 : Années du contact des bureaux d'études.	142
Figure 52 : Sommes dépensées par les étudiants pour les prestations fournies par les bureaux d'études.....	143
Figure 53 : Prestations fournies par les bureaux d'études.	144
Figure 54 : Prestations fournies par les bureaux d'études (répartition revue).....	145
Figure 55 : Prestations fournies par les bureaux d'études pour le compte des étudiants de fin de cycle.....	147
Figure 56 : « L'autorisation » d'utilisation de l'outil informatique en Atelier.....	149
Figure 57 : « L'autorisation » d'utilisation de l'outil informatique en Atelier pour les étudiants de fin de cycle.	151
Figure 58 : Evolution de « l'autorisation » d'utilisation de l'outil informatique en Atelier pour les étudiants de Constantine.	152
Figure 59 : Evolution de l'autorisation des enseignants pour la dernière année du cursus à Constantine.	152
Figure 60 : L'utilisation de l'outil informatique dans le processus d'un projet.	153
Figure 61 : Formation des enseignants en CAO-DAO-BIM.....	154
Figure 62 : Lieu de formation des enseignants.....	155
Figure 63 : Première utilité de l'outil informatique d'après les enseignants.	158
Figure 64 : La vie avant l'avènement des logiciels CAO-DAO-BIM.....	165
Figure 65 : Possession d'ordinateurs par les étudiants de fin de cycle.	166
Figure 66 : Formation des étudiants dans les logiciels CAO-DAO-BIM.....	167

<u>Figure 67</u> : Evolution du nombre d'étudiants formés en CAO-DAO-BIM à Constantine.	168
<u>Figure 68</u> : Nombre d'étudiants de fin de cycle formés en CAO-DAO-BIM.	169
<u>Figure 69</u> : Lieu de formation des étudiants pour les quatre établissements.	170
<u>Figure 70</u> : Lieu de formation des étudiants de fin de cycle dans les quatre établissements.	170
<u>Figure 71</u> : Logiciels utilisés par les étudiants dans les quatre établissements.	172
<u>Figure 72</u> : Logiciels utilisés par les étudiants répartis selon l'établissement et l'année d'étude.	173
Figure 73 : Logiciels utilisés par les étudiants de fin de cycle dans les quatre établissements.	174
Figure 74 : Evolution de l'utilisation des logiciels par les étudiants de Constantine.	175
<u>Figure 75</u> : Répartition des logiciels sur les tâches pour les étudiants de fin de cycle dans les quatre établissements.	177
<u>Figure 76</u> : Discussion de l'utilisation de l'outil informatique par les enseignants.	187
<u>Figure 77</u> : Différents types de découpage et matériel correspondant, Laboratoire CAAD, ETH Zurich.	188
<u>Figure 78</u> : Hangar des robots, ETH Zurich.	188
<u>Figure 79</u> : Le choix des étudiants pour la représentation graphique de leurs projets.	193
<u>Figure 80</u> : Le choix des étudiants de Constantine pour la représentation graphique de leurs projets dans trois années universitaires.	195
<u>Figure 81</u> : Le choix des étudiants de fin de cycle pour la représentation graphique de leurs projets.	196
<u>Figure 82</u> : Le choix des étudiants pour la conception de leurs projets.	201
<u>Figure 83</u> : Le choix des étudiants de Constantine pour la conception de leurs projets dans trois années universitaires.	203
<u>Figure 84</u> : Le choix des étudiants de fin de cycle pour la conception de leurs projets.	203
<u>Figure 85</u> : Première réaction des étudiants pour concevoir.	210
<u>Figure 86</u> : Première réaction des étudiants de Constantine pour concevoir dans trois années universitaires.	211
<u>Figure 87</u> : Première réaction des étudiants de fin de cycle pour concevoir.	211
<u>Figure 88</u> : Explication des étudiants de leurs premières propositions.	212
<u>Figure 89</u> : Axe temporel reprenant l'activité de conception de l'étudiante : EX1-E1 (Aire de repos et de service autoroutière)	215
<u>Figure 90</u> : Axe temporel reprenant l'activité de conception de l'étudiante : EX1-E2 (Maison d'habitation individuelle)	215
<u>Figure 91</u> : Axe temporel reprenant l'activité de conception de l'étudiante : EX1-E3 (Maison d'habitation individuelle)	216
<u>Figure 92</u> : Axe temporel reprenant l'activité de conception de l'étudiant : EX1-E4 (Aire de repos et de service autoroutière)	216
<u>Figure 93</u> : Axe temporel reprenant l'activité de conception de l'étudiant : EX2-E1 (Show-room automobile)	217
<u>Figure 94</u> : Axe temporel reprenant l'activité de conception de l'étudiante : EX2-E3 (Aire de repos et de service autoroutière)	218
<u>Figure 95</u> : Axe temporel reprenant l'activité de conception de l'étudiante : EX2-E4 (Show-room automobile)	218
<u>Figure 96</u> : Axe temporel reprenant l'activité de conception de l'étudiante : EX2-E5 (Show-room automobile)	219
<u>Figure 97</u> : Axe temporel reprenant l'activité de conception de l'étudiante : EX2-E6 (Maison d'habitation individuelle)	219

TABLE DES FIGURES

<u>Figure 98</u> : Conception et représentation graphique de quelques projets de 3 ^{ème} année 2007-2008 produits « traditionnellement », Constantine.....	226
<u>Figure 99</u> : Dessin technique de quelques projets de 4 ^{ème} année 2011-2012 produits « traditionnellement », Biskra.	227
<u>Figure 100</u> : Phasage d'utilisation de l'outil informatique dans les projets des étudiants.	235
<u>Figure 101</u> : Evaluation des travaux des participants à l'expérimentation par les membres du jury.....	237
<u>Figure 102</u> : Appréciation globale et classement des travaux.	239
<u>Figure 103</u> : Pourquoi les enseignants ne comptabilisent pas l'outil informatique en tant que critère dans l'évaluation.....	243
<u>Figure 104</u> : que pensent les enseignants des projets de leurs étudiants utilisant l'outil informatique.	243

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ CONSTANTINE 3 -SALAH BOUBNIDER-

THÈSE

Présentée à la Faculté d'Architecture et d'Urbanisme
Pour l'obtention du diplôme de :

DOCTORAT EN SCIENCES

Option : Architecture

Par :

SAIGHI OUAFA

Intitulé :

**USAGE DE L'OUTIL INFORMATIQUE DANS
LA CONCEPTION ARCHITECTURALE :
ETUDE DE CAS EN ALGERIE**

ANNEXES

Devant le jury :

Pr. AICHE Messaoud	Président	Université Constantine 3
Pr. ZEROUALA Mohamed Salah	Rapporteur	EPAU Alger
Pr. OUTTAS Saliha	Examinatrice	Université Constantine 3
Pr. ROUAG Djamila	Examinatrice	Université Constantine 3
Pr. BELAKEHAL Azeddine	Examineur	Université de Biskra
Dr. MESSAOUDÈNE Maha	Examinatrice	EPAU Alger

Soutenue le : 9 Juillet 2018



ANNEXES

Annexes

ANNEXE I : LES OUTILS DE L'ENQUETE	1
I-1. LE QUESTIONNAIRE ADRESSE AUX ETUDIANTS	1
I-1-1. Le questionnaire soumis à l'enquête pilote	1
I-1-2. Le questionnaire final	3
I-1-2-1. Le système classique	3
a) La version en langue française	3
b) La version dans les deux langues	6
I-1-2-2. Le système LMD	10
I-2. LE QUESTIONNAIRE ADRESSE AUX ENSEIGNANTS	14
I-2-1. Le contenu	14
I-2-2. Carte de correspondance (Matching) des objectifs de la recherche avec les questions du questionnaire adressé aux enseignants	24
I-2-3. Hypothèses et questions du questionnaire adressé aux enseignants	24
I-2-4. Le texte accompagnant l'envoi du questionnaire aux enseignants	25
I-2-5. Exemple d'un texte de rappel pour le questionnaire adressé aux enseignants ...	26
I-3. L'ENTRETIEN AVEC LES ARCHITECTES PRATICIENS	27
I-3-1. Le contenu	27
I-3-2. Carte de correspondance (Matching) des objectifs de la recherche avec les questions de l'entretien adressé aux architectes praticiens	33
I-3-3. Hypothèses et questions de l'entretien adressé aux architectes praticiens	33
I-3-4. Liste des architectes interviewés	34
ANNEXE II : L'ANALYSE STATISTIQUE	36
II-1. L'utilisation de l'outil informatique dans l'année en cours et l'année d'étude (2011-2012)	36
II-2. L'utilisation de l'outil informatique dans les années précédentes et l'année d'étude (2011-2012)	37
II-3. Le contact des bureaux d'études et l'année d'étude (2011-2012)	38
II-4. La somme dépensée et l'année d'étude (2011-2012)	40
II-5. L'autorisation des enseignants et l'année d'étude (2011-2012)	40

II-6. L'autorisation des enseignants et l'utilisation de l'outil informatique par les étudiants (2011-2012)	41
II-7. La formation de l'enseignant en CAO-DAO-BIM et son grade (2015)	43
II-8. La formation de l'enseignant en CAO-DAO-BIM et son âge (2015)	44
II-9. La formation des étudiants en CAO-DAO-BIM et l'année d'étude (2011-2012) ...	45
ANNEXE III : L'ETUDE EXPERIMENTALE.....	47
III-1. L'affiche pour l'étude expérimentale	47
III-2. Un exemple de texte envoyé aux participants	48
III-3. Liste des participants	49
III-4. Dossier remis aux participants.....	50
III-4-1. Contenu de l'exercice	50
III-4-2. Les terrains	52
III-5. La grille d'observation	55
III-5-1. 1 ^{er} Groupe	55
III-5-2. 2 ^{ème} Groupe.....	59
ANNEXE IV : L'EVALUATION DES TRAVAUX.....	64
IV-1. Liste des enseignants membres du jury d'évaluation.....	64
IV-2. Texte remis aux évaluateurs	64
IV-3. Réponse des évaluateurs.....	70
IV-3-1. Evaluation du Dr. BELHADEF Moussa	70
IV-3-2. Evaluation du Pr. CHAOUUCHE Salah	73
IV-3-3. Evaluation du Dr. BENCHERIF Meriama.....	76
ANNEXE V : LES TRAVAUX DES PARTICIPANTS A L'ETUDE EXPERIMENTALE	78

ANNEXE I : LES OUTILS DE L'ENQUETE

I-1. LE QUESTIONNAIRE ADRESSE AUX ETUDIANTS

I-1-1. Le questionnaire soumis à l'enquête pilote

Date de l'enquête /__ / __ / __ / __ /

Département d'architecture et d'urbanisme, Université Mentouri Constantine
Année : Groupe :

Ce questionnaire est anonyme, il a la prétention de vouloir améliorer les conditions du travail de l'étudiant par rapport aux outils informatiques ; vos réponses sont très utiles puisqu'elles seront intégrées dans un travail de doctorat d'état. Remerciements anticipés pour votre généreuse coopération.

1. Avez-vous utilisé personnellement l'outil informatique dans vos projets (exercice ou grand projet) en atelier pendant cette année ?

- a) Oui /__/
b) Non /__/

Si oui, précisez : Projet urbain :
Projet architectural :
Autres :

2. Avez-vous utilisé personnellement l'outil informatique dans vos projets (exercice ou grand projet) en atelier pendant les années passées ?

- a) Oui /__/
b) Non /__/

Si oui, précisez les projets et les années :
Projet urbain :
Projet architectural :
Autres :

3. Avez-vous contacté un bureau d'études (ou agences ou autres personnes) pour numériser vos projets ?

- a) Oui /__/
b) Non /__/

Si oui, précisez pour quel(s) projet(s) et dans quelle(s) année(s) :
1^{ère} année :
2^{ème} année :
3^{ème} année :
4^{ème} année :
5^{ème} année :

ANNEXE I : LES OUTILS DE L'ENQUETE

4. Combien vous a coûté un tel travail (Choisissez un des projets) ?

- a) < 10 000 DA / /
- b) Entre 10 000 et 25 000 DA / /
- c) Entre 25 000 et 45 000 DA / /
- d) > 45 000 DA / /

Précisez le type de prestations :

Numérisation des plans : / /

Numérisation des coupes : / /

Numérisation des façades : / /

Vues 3D : / /

Autres (précisez) :

5. L'utilisation de l'ordinateur et de l'outil informatique dans l'atelier est-elle autorisée ?

- a) Oui / /
- b) Non / /

6. Si vous avez le choix, utilisez-vous pour la représentation graphique et/ou la conception de vos projets ?

- a) Le crayon / rapido / /
- b) L'outil informatique / /
- c) Les deux / /

7. Possédez-vous ?

- a) Un ordinateur / /
- b) Un ordinateur portable / /

8. Avez-vous suivi une formation dans les logiciels d'architecture ?

- a) AutoCAD : / /
- b) ArchiCAD : / /
- c) SketchUp : / /
- d) 3D Studio Max : / /
- e) Autoviz : / /
- f) Autres (précisez) :
- g) Non: / /

Comment voyez-vous l'amélioration de l'enseignement de l'atelier par rapport aux outils informatiques ?.....

.....

.....

.....

.....

I-1-2. Le questionnaire final

I-1-2-1. Le système classique

a) La version en langue française

Date de l'enquête /__ / __ / 2012/

Département d'architecture et d'urbanisme, Université Mentouri Constantine.
Année : Groupe :

Ce questionnaire est anonyme, il a la prétention de vouloir améliorer les conditions du travail de l'étudiant par rapport aux outils informatiques ; vos réponses sont très utiles puisqu'elles seront intégrées dans un travail de recherche (doctorat). Remerciements anticipés pour votre généreuse coopération.

I. ETAT DE L'UTILISATION :

9. Avez-vous utilisé **personnellement** l'outil informatique dans le processus de vos projets d'Atelier pendant **cette année** ?

c) Oui : /__/

d) Non : /__/

Si oui, veuillez préciser le(s) projet(s) (Intitulé/option) :

.....

10. Avez-vous utilisé **personnellement** l'outil informatique dans le processus de vos projets d'Atelier pendant **les années passées** ?

c) Oui : /__/

d) Non : /__/

Si oui, veuillez préciser le(s) projet(s) par année(s) :

1^{ère} année :

2^{ème} année :

3^{ème} année :

4^{ème} année :

II. CAPACITES DE L'ETUDIANT ET MOYENS :

11. Avez-vous contacté un bureau d'études dans le cadre de vos projets pour les tâches (prestations payantes) suivantes ?

Finalisation du dessin : /__/

Saisie des plans : /__/

Saisie des coupes : /__/

Saisie des façades : /__/

Modélisation 3D : /__/

Rendu (images de synthèse) : /__/

Séquences Vidéo (visites virtuelles) : /__/

Impression / Tirage : /__/

Autres (veuillez préciser) :

12. Précisez pour quel(s) projet(s) et dans quelle(s) année(s) :

- 1^{ère} année :
 2^{ème} année :
 3^{ème} année :
 4^{ème} année :
 5^{ème} année :

13. Combien vous ont coûté ces tâches (Question 3) ? Choisissez **un** des projets ?

- a) < 10 000 DA /___/
 b) Entre 10 000 et 25 000 DA /___/
 c) Entre 25 001 et 45 000 DA /___/
 d) > 45 000 DA /___/

14. Possédez-vous ?

- c) Un ordinateur PC de bureau : /___/
 d) Un ordinateur portable : /___/

III. MAITRISE :

15. Avez-vous suivi une formation sur les logiciels liés à l'architecture et/ou le dessin ?

- a) Oui : /___/
 b) Non : /___/

Si oui :

- Dans votre département/école : /___/
 En dehors de votre département/école : /___/
 Autoformation : /___/

16. Quels sont les logiciels que vous utilisez (dans le cadre de vos projets) ?

- h) AutoCAD : /___/
 i) ArchiCAD : /___/
 j) SketchUp : /___/
 k) 3D Studio Max : /___/
 l) Autoviz : /___/
 m) Revit Architecture : /___/
 n) Autres (veuillez préciser) :

17. Quels sont les logiciels que vous utilisez pour :

- a) La conception (idées primaires
 du projet) :
 b) La 2D :
 c) La 3D :
 d) Le rendu (images de
 synthèse) :
 e) Le traitement d'images :
 f) Les séquences vidéo :

b) La version dans les deux langues

Date de l'enquête /__ / __ / 2012/

Département d'architecture et d'urbanisme, Biskra.
Année :5ème..... Groupe :

Ce questionnaire est anonyme, il a la prétention de vouloir améliorer les conditions du travail de l'étudiant par rapport à l'outil informatique; vos réponses sont très utiles puisqu'elles seront intégrées dans un travail de recherche (doctorat). Remerciements anticipés pour votre généreuse coopération.

تهدف هذه الاستمارة إلى تحسين شروط عمل الطالب وهذا بالنسبة لاستعمال المعلوماتية. إجاباتكم جد مهمة لأنها ستدمج في بحث دكتوراه. شكري الجزيل لتعاونكم الكريم.

1. Avez-vous utilisé **personnellement** l'outil informatique dans le processus de vos projets d'Atelier pendant **cette année** ?

هل استعملت شخصيا المعلوماتية في سيرورة مشاريع الورشة خلال هذه السنة الجامعية؟

- a) Oui : /__ / نعم
b) Non : /__ / لا

Si oui, veuillez préciser le(s) projet(s) (Intitulé/option) : اذكر المشروع أو نعم إذا كانت الإجابة : المشاريع

.....
.....

2. Avez-vous utilisé **personnellement** l'outil informatique dans le processus de vos projets d'Atelier pendant **les années passées** ?

هل استعملت شخصيا المعلوماتية في سيرورة مشاريع الورشة خلال السنوات الماضية؟

- a) Oui : /__ / نعم
b) Non : /__ / لا

Si oui, veuillez préciser le(s) projet(s) par année(s) :

إذا كانت الإجابة نعم، حدد اسم المشروع أو المشاريع لكل سنة

1^{ère} année :
2^{ème} année :
3^{ème} année :
4^{ème} année :

ANNEXE I : LES OUTILS DE L'ENQUETE

3. Avez-vous contacté un bureau d'études dans le cadre de vos projets pour les tâches (prestations payantes) suivantes ?

هل اتصلت بمكتب دراسات في إطار مشاريعك من أجل الأعمال (خدمات مكلفة) التالية:

Finalisation du dessin :	/__/	انهاء/ تشطيب الرسم
Saisie des plans :	/__/	رقمنة المخططات
Saisie des coupes :	/__/	رقمنة المقاطع
Saisie des façades :	/__/	رقمنة الواجهات
Modélisation 3D :	/__/	تشكيل ثلاثي الأبعاد
Rendu (images de synthèse) :	/__/	إظهار (صور)
Séquences Vidéo (visites virtuelles) :	/__/	مقاطع فيديو (زيارات افتراضية)
Impression / Tirage :	/__/	طباعة
Autres (veuillez préciser) :		آخر:
.....	(حدد)

4. Précisez pour quel(s) projet(s) et dans quelle(s) année(s) :

حدد اسم المشروع أو المشاريع لكل سنة

- 1^{ère} année : السنة الأولى:
- 2^{ème} année : السنة الثانية:
- 3^{ème} année : السنة الثالثة:
- 4^{ème} année : السنة الرابعة:
- 5^{ème} année : السنة الخامسة:

5. Combien vous ont coûté ces tâches (Question 3) ? Choisissez **un** des projets :

كم كلفتك هذه الأعمال (المذكورة في السؤال 3)؟ اختر مشروعاً واحداً:

- a) < 10 000 DA /__/
- b) Entre 10 000 et 25 000 DA /__/
- c) Entre 25 001 et 45 000 DA /__/
- d) > 45 000 DA /__/

6. Possédez-vous ?

هل تمتلك؟

- a) Un ordinateur PC de bureau : /__/ حاسب منزلي
- b) Un ordinateur portable : /__/ حاسب محمول

7. Avez-vous suivi une formation sur les logiciels liés à l'architecture et/ou le dessin ?

هل اتبعت تدريباً في البرامج الخاصة بالعمارة و/أو الرسم؟

- a) Oui : /__/ نعم
- b) Non : /__/ لا

Si oui :

إذا كانت الإجابة نعم:

- Dans votre département/école : /__/ داخل المعهد
- En dehors de votre département/école : /__/ خارج المعهد
- Autoformation : /__/ تعليم ذاتي

ANNEXE I : LES OUTILS DE L'ENQUETE

8. Quels sont les logiciels que vous utilisez (dans le cadre de vos projets) ?

ما هي البرامج التي تستعملها (في إطار مشاريعك)

- a) AutoCAD : /_/
- b) ArchiCAD : /_/
- c) SketchUp : /_/
- d) 3D Studio Max : /_/
- e) Autodesk Viz : /_/
- f) Revit Architecture : /_/
- g) Autres (veuillez préciser) :

9. Quels sont les logiciels que vous utilisez pour :

ما هي البرامج التي تستعملها من أجل:

- a) La conception التصميم (الأفكار الأولية للمشروع)
(idées primaires du projet) :
- b) La 2D : رسم ثنائي الأبعاد
- c) La 3D : رسم ثلاثي الأبعاد
- d) Le rendu الإظهار (صور)
(images de synthèse) :
- e) Le traitement معالجة الصور
d'images :
- f) Les séquences مقاطع فيديو
vidéo :

10. L'utilisation de l'ordinateur et de l'outil informatique en Atelier est-elle **tolérée** par vos enseignants de cette année ?

هل استعمال المعلوماتية في الورشة مسموح به من طرف أساتذة هذه السنة؟

- a) Oui : /_/ نعم
- b) Non : /_/ لا

Si oui, précisez pour quelle(s) phase(s) du projet est-elle tolérée :

إذا كانت الإجابة نعم، حدد في أي مرحلة:

- Analyse (phase documentaire) : /_/
- Esquisse : /_/
- Avant-projet : /_/
- Projet final : /_/

11. Pour **la conception** de vos projets, préférez-vous utiliser ?

من أجل تصميم مشاريعك، ماذا تفضل؟

- a) Le crayon : /_/ القلم
- b) L'outil informatique : /_/ المعلوماتية
- c) Les deux : /_/ الاثنان معا

اشرح اختيارك:

.....

.....

I-1-2-2. Le système LMD

Date de l'enquête /__ / __ / 2015 /

Faculté d'Architecture et d'Urbanisme de Constantine.	
Année :	Groupe :
Option :	

Ce questionnaire est anonyme, il a la prétention de vouloir améliorer les conditions du travail de l'étudiant par rapport à l'outil informatique ; vos réponses sont très utiles puisqu'elles seront intégrées dans un travail de recherche (doctorat). Remerciements anticipés pour votre généreuse coopération.

1. Avez-vous utilisé **personnellement** l'outil informatique dans le processus de vos projets d'Atelier pendant **cette année** ?
 - a) Oui : /__ /
 - b) Non : /__ /

Si oui, comment vous l'avez utilisé ?

- Recherche de projets similaires sur /__ / internet :
- Logiciel de DAO : /__ /
- Logiciel de CAO : /__ /
- Logiciel de BIM : /__ /
- Scanne des plans/cartes : /__ /
- Echange de fichiers sur internet : /__ /
- Autres (Veuillez préciser) :
-

Si oui, veuillez préciser le(s) projet(s) (Intitulé/option) :

.....

2. Dans le même esprit de la 1ère question ci-dessus, avez-vous utilisé **personnellement** l'outil informatique dans le processus de vos projets d'Atelier pendant **les années passées** ?
 - a) Oui : /__ /
 - b) Non : /__ /

Si oui, veuillez préciser le(s) projet(s) par année(s) :

Année	Projet (s) (Intitulé/option)
1 ^{ère} année Licence :	-
2 ^{ème} année Licence :	-
3 ^{ème} année Licence :	-
1 ^{ère} année Master :	-

8. Quels sont les logiciels que vous utilisez (dans le cadre de vos projets) ?

- a) AutoCAD : /__/
- b) ArchiCAD : /__/
- c) SketchUp : /__/
- d) 3D Studio Max : /__/
- e) Autodesk Viz : /__/
- f) Revit Architecture : /__/
- g) Autres (Veuillez préciser) :

.....

9. Pour chacune des tâches suivantes, quels sont les logiciels que vous utilisez :

Tâche	Logiciel(s)
a) La conception (idées primaires du projet) :
b) La 2D :
c) La 3D :
d) Le rendu (images de synthèse) :
e) Le traitement d'images :
f) Les séquences vidéo :

10. L'utilisation de l'ordinateur et de l'outil informatique en Atelier est-elle **tolérée** par vos enseignants de cette année ?

- a) Oui : /__/
- b) Non : /__/

Si oui, veuillez préciser pour quelle(s) phase(s) du projet est-elle tolérée :

- L'analyse (phase documentaire) : /__/
- L'esquisse : /__/
- L'avant-projet : /__/
- Le projet final : /__/

11. Pour **la conception** de vos projets, préférez-vous utiliser ?

- a) Le crayon : /__/
- b) L'outil informatique : /__/
- c) Les deux : /__/

Veuillez expliquer votre préférence :

.....

.....

12. Pour **la représentation graphique** de vos projets, préférez-vous utiliser ?

- a) Le crayon : /__/
- b) L'outil informatique : /__/
- c) Les deux : /__/

Veuillez expliquer votre préférence :

.....

.....

13. Lorsque vous avez un nouveau projet à **concevoir**, utilisez-vous **en premier lieu** :

- a) Le papier et le crayon : /__/
- b) L'ordinateur et l'outil informatique : /__/

14. Pensez-vous que la formation dans votre département/école en relation avec l'outil informatique :

- | | Oui | Non |
|---------------------------------|------|------|
| a) Est-elle appropriée ? | /__/ | /__/ |
| b) Répond-elle à vos attentes ? | /__/ | /__/ |

15. Comment voyez-vous l'amélioration de l'enseignement de l'Atelier (le projet) par rapport aux outils informatiques ?

- a) Cet enseignement doit se faire /__/
par des architectes spécialisés en
CAO-DAO-BIM :
- b) Cet enseignement doit prendre /__/
un volume horaire plus
important par année :
- c) Cet enseignement doit se confier /__/
aux informaticiens :
- d) Autres suggestions (Veuillez préciser) :
-
-
-

Merci d'avoir pris le temps de répondre à mes questions
Votre avis est extrêmement précieux

I-2. LE QUESTIONNAIRE ADRESSE AUX ENSEIGNANTS

I-2-1. Le contenu

Disponible sur le lien suivant :

<http://app.evalandgo.com/s/?id=JTk5ciU5N2gIOUY=&a=JTk5bSU5MW4lOTk=>

Page 1 / 6 (17%)

Bienvenue sur mon questionnaire

Ce questionnaire s'inscrit dans le cadre d'un travail de recherche (doctorat es sciences) s'intéressant à l'utilisation de l'outil informatique dans la conception en architecture. Il s'adresse aux enseignants de l'Atelier de la 3^{ème}, 4^{ème} et 5^{ème} année (système classique) de quelques départements/école d'architecture en Algérie. Il a pour objectif l'amélioration des conditions de travail de l'étudiant par rapport à l'outil informatique. Nous vous saurions grès de bien vouloir nous éclairer sur les aspects d'utilisation de l'outil informatique dans les projets d'étudiants, en plus de vos avis, quant aux questions soulevées ci-dessous.

L'anonymat de vos réponses est toujours assuré car elles sont traitées statistiquement et jamais de façon personnelle ; vos points de vue sont très utiles puisqu'ils seront intégrés dans la recherche. Remerciements anticipés pour votre généreuse coopération.

N.B. Les questions touchent les exercices lancés dans le module Atelier en relation avec des projets de conception seulement.

En utilisant le terme « outil informatique », nous nous intéressons précisément aux logiciels et programmes DAO, CAO, BIM (Dessin Assisté par Ordinateur, Conception Assistée par Ordinateur, Building Information Modeling)

SECTION I. EXPERIENCE PROFESSIONNELLE :

1.

Vous êtes enseignant depuis l'année :

	0-4
	857418
0	u

ANNEXE I : LES OUTILS DE L'ENQUETE

2.

Votre département/école actuel(le) :

1	1
---	---

- Département d'architecture, Université Mohamed Boudiaf USTO, Oran
- Ecole polytechnique d'architecture et d'urbanisme EPAU, Alger
- Département d'architecture et d'urbanisme, Biskra
- Faculté d'architecture et d'urbanisme, Constantine
- 2902660 Autres (Veuillez préciser)

857435	857435
0	y

3.

Combien de fois vous avez assuré l'enseignement de l'ATELIER en :

1	5
---	---

	1-5 fois	6-10 fois	11-15 fois	16-20 fois	21-25 fois	Plus de 25 fois	
						6	2902691
1ère année	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2902692 6
2ème année	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2902696 6
3ème année	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2902697 6
4ème année	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2902699 6
5ème année	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

0-5-1	
857438	857438
0	t

4.

Pour cette année universitaire (2014-2015), vous assurez l'enseignement des matières/années suivantes (Veuillez préciser système classique ou LMD) :

◀
▶

857439	857439
0	u

5.

Quel est votre grade ?

1	0
---	---

- Maître assistant classe B
- Maître assistant classe A
- Maître de conférences classe B
- Maître de conférences classe A
- Professeur

857445	857445
0	u

6.

Avez-vous suivi une formation en CAO-DAO ?

1	0
---	---

- Oui
- Non

857448	857448
0	m

7.

Si OUI, cette formation a pris place :

1

- Dans votre département/école
- Par le biais du département/école
- A titre personnel
- Autres (Veuillez préciser) :

857452	857452
0	u

8.

Vous avez :

1	0
---	---

- Moins de 30 ans
- Entre 30 et 39 ans
- Entre 40 et 49 ans
- Entre 50 et 59 ans
- Plus de 59 ans

SECTION II. UTILISATION DES OUTILS « TRADITIONNELS » / OUTIL INFORMATIQUE PAR LES ETUDIANTS :

857463

857463

9.

L'utilisation de l'outil informatique dans le processus d'un projet dans votre atelier est :

1

- Imposée par votre démarche pédagogique
- Suggérée par votre démarche pédagogique
- L'initiative de vos étudiants
- Autres (Veuillez préciser) :

857465

857465

0

m

10.

Dans le processus d'un projet en Atelier, à quelle phase vos étudiants utilisent-ils l'outil informatique ?

1

- Durant l'esquisse
- Durant l'avant-projet
- Durant la finalisation du projet
- Juste pour l'embellissement des planches
- Autres (Veuillez préciser) :

857474

857474

0

m

11.

Lors des consultations dans votre atelier, vos étudiants expliquent-ils leurs PREMIÈRES PROPOSITIONS à travers :

1

- Des dessins à main levée
- Des dessins codifiés (crayon et/ou rotring)
- Des dessins en CAO-DAO-BIM
- Des maquettes
- Autres (Veuillez préciser) :

857481

857481

0

m

12.

Vos étudiants utilisent-ils l'outil informatique pour faire des simulations :

1

- Pour des calculs relatifs à l'orientation, l'ensoleillement, l'ombre (bilans thermiques)
- Pour des bilans acoustiques
- Pour des calculs de consommation d'énergie (consommation de gaz, émission de CO2)
- Pour d'autres tâches (Veuillez préciser) :

857487	857487
0	y

13.

Vos étudiants connaissent-ils / utilisent-ils ces concepts :

1	7
---	---

	Oui	Non		
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2902840	2
Algorithmes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2902841	2
Architecture non-standard	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2902850	2
Architecture paramétrique	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2902851	2
BIM	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2902852	2
Blob architecture	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2902853	2
Morphogenèse	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2902854	2
Robotique	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		

0-5-1	
857494	857494
0	m

14.

Vos étudiants connaissent-ils la différence entre une architecture numérique et une architecture virtuelle ?

1

- Oui
- Non
- Autre avis (Veuillez préciser) :

857495	857495
--------	--------

[Page précédente](#)

[Page suivante](#)

SECTION III. EVALUATION :

15.

Si vos étudiants utilisent les supports informatiques, pensez-vous que leurs projets :

1	3
---	---

Oui	Non	2902863	2
-----	-----	---------	---

Reflètent réellement leurs idées Oui Non

2902864	2
---------	---

Sont améliorés sur le plan conceptuel Oui Non

2902866	2
---------	---

Sont réalistes : Oui Non

0-5-1	
857497	857497
0	u

16.

Comptabilisez-vous l'utilisation de l'outil informatique en tant que critère dans votre évaluation ?

1	0
---	---

Oui

Non

857499	857499
0	m

17.

Si NON, pourquoi ?

1

Certains étudiants ne sont pas formés à cet outil

Certains étudiants même formés à cet outil préfèrent le crayon et le dessin à main levée

Cet outil est inadapté à la réalité

Autres (Veuillez préciser) :

857502	857502
0	m

18.

Pensez-vous que l'utilisation de l'outil informatique devrait être comptabilisée dans l'évaluation ?

1

Oui

Non

Autre avis (Veuillez préciser) :

857506	857506
0	m

19.

Pensez-vous que l'utilisation de l'outil informatique contribue à l'amélioration de la créativité des étudiants ?

1

Oui

Non

Autre avis (Veuillez préciser) :

857511	857511
0	m

20.

A votre avis, quels sont les critères d'évaluation de cette créativité dans un projet architectural ?

1

Le niveau de complexité

La capacité à imaginer des solutions originales

L'adaptation (environnement, usagers, ...)

La qualité de la conception

La volonté de modifier / transformer le monde

Autres (Veuillez préciser) :

857518	857518
--------	--------

[Page précédente](#)

[Page suivante](#)

Page 4 / 6 (67%)

SECTION IV. PREFERENCES PERSONNELLES :


21.

Selon votre expérience, pouvez-vous identifier les AVANTAGES de l'utilisation de l'outil informatique dans le processus de conception d'un projet architectural ?

857522	857522
0	t

22.

Selon votre expérience, pouvez-vous identifier les INCONVÉNIENTS de l'utilisation de l'outil informatique dans le processus de conception d'un projet architectural ?

	
857527	857527
0	u

23.

Pensez-vous que l'outil informatique est beaucoup plus UTILE pour :
Veuillez choisir une seule réponse

1	1
---	---

- L'amélioration de la qualité graphique (représentation)
- L'amélioration de la conception
- L'aide à la décision
- L'amélioration de la créativité

2902937 Autres (Veuillez préciser) :

857532	857532
0	m

24.

Pensez-vous que l'outil informatique est très compliqué pour pouvoir assister l'architecte dans ses projets et plus particulièrement dans les premières étapes de la phase de conception ?

1

Oui

Non

Pourquoi ?

857559	857559
--------	--------

[Page précédente](#)

[Page suivante](#)

SECTION V. L'ENSEIGNEMENT DANS LE DEPARTEMENT/L'ECOLE :

25.

Existe-t-il une politique d'enseignement encourageant l'utilisation de l'outil informatique dans votre institution (une politique spécifiant l'année à partir de laquelle l'outil informatique est utilisé, dans quelle phase du processus, ...par exemple) ?

1	0
---	---

Oui

Non

857569	857569
0	u

26.

Avez-vous eu l'occasion de discuter de l'utilisation de l'outil informatique dans votre institution ?

1	0
---	---

Oui

Non

857570	857570
0	m

27.

Si OUI, ces discussions ont pris place à travers :

1

Les Comités Pédagogiques

Les réunions de coordination

Les journées pédagogiques nationales

Les journées pédagogiques internationales

Autres événements (Veuillez préciser) :

857619	857619
0	m

28.

Pensez-vous que les programmes (compétences visées en informatique) enseignés dans votre institution sont appropriés pour la formation de l'architecte ?

1

Oui

Non

Autre avis (Veuillez préciser) :

857620	857620
0	t

29.

Si NON, quelles en sont les carences ?

857621	857621
0	m

30.

Comment voyez-vous l'amélioration de l'enseignement de l'Atelier (le projet) par rapport aux outils informatiques ?

- Cet enseignement doit se faire par des architectes spécialisés en CAO-DAO-BIM
- Cet enseignement doit prendre un volume horaire plus important par année
- Cet enseignement doit se confier aux informaticiens
- Autres suggestions (Veuillez préciser)

[Page précédente](#)

[Page suivante](#)

Page 6 / 6 (100%)

Merci d'avoir pris le temps de répondre à mes questions.

Votre avis est extrêmement précieux

Pour tout éclaircissement supplémentaire n'hésitez pas à me contacter

email : ouafasaighi@yahoo.fr

[Page précédente](#)

[Terminer](#)

I-2-2. Carte de correspondance (Matching) des objectifs de la recherche avec les questions du questionnaire adressé aux enseignants

N°	Objectifs de la recherche	Section de l'entretien	N° des questions
1	Evaluer l'ampleur de l'utilisation de l'outil informatique dans les projets d'architecture en Algérie par l'étude de quelques départements d'architecture (étudiants et enseignants) ainsi que les bureaux d'études	II, III, IV, V	5, 10, 11, 18, 19, 20, 21, 22
2	Procéder à l'état des lieux de l'utilisation chez les étudiants, les enseignants et dans le milieu professionnel	II, III, IV, V	5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 17, 18, 19, 20, 21, 22
3	Recenser les avantages et les faiblesses à travers l'échantillon, tout en espérant apporter des propositions utiles pour améliorer l'enseignement en matière de l'outil informatique	II, IV	6, 7, 9, 15, 17
4	Identifier comment cet outil affecte le processus de conception	II, III	9, 12, 13
	Les raisons pour lesquelles l'outil informatique est adopté ou pas	II	5
	Identifier les logiciels utilisés		
	Identifier les obstacles empêchant une meilleure utilisation	II, IV	5, 16

I-2-3. Hypothèses et questions du questionnaire adressé aux enseignants

Hypothèses à vérifier / Indicateurs	Section de l'entretien	N° des questions
Le concepteur (Préférences, maturité, Moyens financiers)	II, III	5, 6, 7, 8, 10, 12, 13
L'outil informatique: séduction de l'outil, non approprié, très compliqué, ...	II, IV	9, 14, 15, 16, 17
Enseignement / Evaluation: n'est pas « up to date», évaluation influençable, ...	III, IV, V	11, 18, 19, 20, 21, 22

I-2-4. Le texte accompagnant l'envoi du questionnaire aux enseignants

Chère Madame/cher Monsieur,

Je reviens vers vous pour vous inviter (dans le cadre de mon doctorat) à participer à mon questionnaire (en ligne) adressé aux enseignants de quelques départements d'architecture en Algérie. Je vous prie de bien vouloir prendre votre temps pour répondre à toutes les questions et d'exprimer votre point de vue en toute liberté. La réussite et la crédibilité de cette recherche dépendent de votre contribution.

Le questionnaire prendra 10 à 15 min pour répondre et peut être rempli en cliquant sur le lien suivant :

<http://app.evalandgo.com/s/?id=JTk5ciU5N2glOUY=&a=JTk5bSU5MW4lOTk=>

Vous pouvez avoir plus de détails concernant le contenu du questionnaire et ses objectifs dans l'introduction de la première page. Vous pouvez passer d'une page à la suivante en cliquant sur : **Page suivante** en bas à droite de chaque page.

En cliquant sur : **Terminer** dans la dernière page vous confirmez l'envoi des réponses. L'adresse du répondant ne figure pas sur les réponses envoyées, je vous prie de ne remplir qu'une seule fois.

Je tiens à préciser que le questionnaire n'est pas accessible sur certaines tablettes.

A la fin je n'oublie pas de réitérer mes remerciements pour votre aide que vous avez eu l'amabilité de m'apporter en regard du questionnaire distribué aux étudiants de votre groupe en mai 2012.

Restant à votre disposition pour tout éclaircissement nécessaire et à l'écoute de vos éventuels commentaires, je vous prie de recevoir, Madame, Monsieur, mes plus sincères salutations.

I-2-5. Exemple d'un texte de rappel pour le questionnaire adressé aux enseignants

(Adressé aux enseignants d'Oran)

Chers Messieurs,

En analysant les premiers résultats de mon enquête (questionnaires adressés aux enseignants des différents départements/école d'architecture à travers l'Algérie) j'ai constaté malheureusement qu'il n'y a aucune participation d'Oran, alors que j'attribue une grande importance à votre contribution dans mon humble recherche.

Etant prise par le temps, je vous sollicite pour répondre à mon questionnaire tout en comptant sur votre collaboration et compréhension.

Rappel concernant mon dernier mail dont le contenu est ci-dessous :

Je reviens vers vous pour vous inviter (dans le cadre de mon doctorat) à participer à mon questionnaire (en ligne) adressé aux enseignants de quelques départements d'architecture en Algérie. Je vous prie de bien vouloir prendre votre temps pour répondre à toutes les questions et d'exprimer votre point de vue en toute liberté. La réussite et la crédibilité de cette recherche dépendent de votre contribution.

Le questionnaire prendra 10 à 15 min pour répondre et peut être rempli en cliquant sur le lien suivant :

<http://app.evalandgo.com/s/?id=JTk5ciU5N2glIOUY=&a=JTk5bSU5MW4lOTk=>

Vous pouvez avoir plus de détails concernant le contenu du questionnaire et ses objectifs dans l'introduction de la première page. Vous pouvez passer d'une page à la suivante en cliquant sur : **Page suivante** en bas à droite de chaque page.

En cliquant sur : **Terminer** dans la dernière page vous confirmez l'envoi des réponses. L'adresse du répondant ne figure pas sur les réponses envoyées, je vous prie de ne remplir qu'une seule fois.

Je tiens à préciser que le questionnaire n'est pas accessible sur certaines tablettes.

A la fin je n'oublie pas de réitérer mes remerciements pour votre aide que vous avez eu l'amabilité de m'apporter en regard du questionnaire distribué aux étudiants de votre groupe en mai 2012.

Restant à votre disposition pour tout éclaircissement nécessaire et à l'écoute de vos éventuels commentaires, je vous prie de recevoir, Madame, Monsieur, mes plus sincères salutations.

I-3. L'ENTRETIEN AVEC LES ARCHITECTES PRATICIENS

I-3-1. Le contenu

Date de l'enquête /__ / __ / 2015 /

Cet entretien s'inscrit dans le cadre d'un travail de recherche (doctorat es-sciences) s'intéressant à l'utilisation de l'outil informatique dans la conception en architecture. Il s'adresse aux architectes gérant des bureaux d'études. Nous vous saurions grés de bien vouloir nous éclairer sur les aspects d'utilisation de l'outil informatique dans votre bureau. Vos réponses sont très utiles puisqu'elles seront intégrées dans la recherche. Remerciements anticipés pour votre généreuse coopération.

N.B. En utilisant le terme « outil informatique », nous nous intéressons précisément aux logiciels et programmes DAO, CAO, BIM (Dessin Assisté par Ordinateur, Conception Assistée par Ordinateur, Building Information Modeling)

SECTION I. INFORMATIONS SUR LE BUREAU D'ETUDES :

1. Dénomination sociale:
2. Vous vous êtes installés depuis (Veuillez préciser l'année) :.....
3. Vous avez été agréé en quelle année :
4. Avez-vous exercé avant l'ouverture de votre bureau d'études ?
 - a) Oui : /__ /
 - b) Non : /__ /
5. Quels types de projets traitez-vous principalement ?
 - a) Constructions résidentielles : /__ /
 - b) Equipements : /__ /
 - c) Constructions industrielles : /__ /
 - d) Etudes urbanistiques et d'aménagement : /__ /
 - e) Autres (Veuillez préciser) :
 -
 -
6. Combien de fois participez-vous à des concours (Veuillez préciser une moyenne par année) :
 - a) A l'échelle locale :
 - b) A l'échelle nationale :
7. Veuillez citer trois de vos projets de référence (en indiquant l'année de réalisation) :

.....

.....

.....

.....

.....

8. Vous arrive-t-il de sous-traiter vos projets ?

- a) Oui : /_/_/
- b) Non : /_/_/

9. Si **Oui**, pour quelles tâches (Veuillez préciser) :.....
.....
.....
.....

SECTION II. UTILISATION DE L'OUTIL INFORMATIQUE :

10. Avez-vous suivi une formation en CAO-DAO-BIM ?

- a) Oui : /_/_/
- b) Non : /_/_/

11. Si **Oui**, cette formation a pris place :

- a) Dans votre département/école : /_/_/
- b) Par le biais du département/école : /_/_/
- c) A titre personnel : /_/_/
- d) Autres (Veuillez préciser) :
.....
.....

12. Depuis quelle année utilisez-vous l'outil informatique dans votre bureau (pour vos projets) ?
.....

13. Comment avez-vous été amené à travailler avec l'outil informatique (L'adoption de cet outil est un choix ou une nécessité ?)
.....
.....
.....
.....
.....

14. Intervenez-vous directement dans l'écran pour vos projets ?

- a) Oui : /_/_/
- b) Non : /_/_/
- c) Parfois : /_/_/

15. Votre personnel maîtrise-t-il l'outil informatique ?

- a) Oui : /_/_/
- b) Non : /_/_/
- c) Autre avis (Veuillez préciser) :
.....
.....

ANNEXE I : LES OUTILS DE L'ENQUETE

16. Considérez-vous l'outil informatique comme une condition obligatoire pour le recrutement ?

- a) Oui : /
- b) Non : /
- c) Autre avis (Veuillez préciser) :
-
-

17. Lors d'une participation à un concours, comment organisez-vous les différentes tâches avec votre équipe ?

- a) La conception est confiée à une seule personne /
/ les autres s'occupent de la matérialisation de l'idée :
- b) La conception est discutée collectivement / /
chacun s'occupe d'une tâche par la suite :
- c) Autres (Veuillez préciser) :
-
-

18. Avec quel système de CAO/BIM travaillez-vous ?

- a) Allplan : /
- b) AutoCad : /
- c) AutoCad Revit Architecture /
- d) Archicad /
- e) Autres (Veuillez préciser) :
-
-

19. Pour chacune des tâches suivantes, quels sont les logiciels que vous utilisez ?

Tâche	Logiciel(s)
a) La conception (idées primaires du projet) :
b) La 2D :
c) La 3D :
d) Le rendu (images de synthèse) :
e) Le traitement d'images :
f) Les séquences vidéo :

20. A votre avis, quel est le logiciel le plus efficace pour être utilisé dans les premières étapes de la conception ? (Le logiciel qui peut apporter de l'aide à l'architecte pour les premières étapes de la conception d'un projet).....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

21. Pouvez-vous nous expliquer quand et comment intégrez-vous l’outil informatique dans le processus de vos projets ?.....

.....
.....
.....
.....
.....
.....

22. Faites-vous appel à l’ordinateur et à votre banque de projets (formes et volumes) pour unéré exploitation pour d’autres projets ?

a) Oui : /_/_/

b) Non : /_/_/

Pourquoi (Veuillez expliquer) ?

.....
.....
.....

SECTION III. AVIS & PERSPECTIVES :

23. Selon votre avis, quels sont **les avantages** de l’utilisation de l’outil informatique en architecture ?.....

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

24. Selon votre avis, quels sont **les inconvénients** de l’utilisation de l’outil informatique en architecture ?.....

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

25. Y a-t-il une échelle privilégiée de projets pour travailler avec l’outil informatique ?

a) Oui : /_/_/

b) Non : /_/_/

c) Autre avis (Veuillez expliquer) :

.....
.....
.....
.....

26. Pensez-vous que l'outil informatique se substituera à tous les moyens de représentation et de conception architecturale ?

a) Oui : /__/

b) Non : /__/

Pourquoi (Veuillez expliquer) ?
.....
.....
.....

27. Pensez-vous que l'outil informatique a un impact sur la qualité conceptuelle de vos projets ?

a) Oui : /__/

b) Non : /__/

Comment (Veuillez expliquer) ?
.....
.....

28. Avez-vous des projets **futurs** pour développer et optimiser l'usage de la CAO/BIM dans votre bureau ?

a) Oui : /__/

b) Non : /__/

Pourquoi (Veuillez expliquer) ?
.....
.....

29. Si **Oui**, quels sont ces projets ?.....

.....
.....
.....

30. Actuellement pouvez-vous vous en passer de l'outil informatique dans votre bureau (pourriez-vous revenir en arrière et oublier l'informatique ?).....

.....
.....
.....
.....
.....

31. Comment voyez-vous l'amélioration de l'enseignement de l'Atelier (le projet) par rapport à l'outil informatique ?

a) Cet enseignement doit se faire par des /___/
architectes spécialisés en CAO-DAO-BIM :

b) Cet enseignement doit prendre un volume /___/
horaire plus important par année :

c) Cet enseignement doit se confier aux /___/
informaticiens :

d) Autres suggestions (Veuillez préciser) :

.....
.....
.....

Merci d'avoir pris le temps de répondre à mes questions.

Votre avis est extrêmement précieux

Pour tout éclaircissement supplémentaire n'hésitez pas à me contacter

email : ouafasaighi@yahoo.fr

I-3-2. Carte de correspondance (Matching) des objectifs de la recherche avec les questions de l'entretien adressé aux architectes praticiens

N°	Objectifs de la recherche	N° des questions
1	Evaluer l'ampleur de l'utilisation de l'outil informatique dans les projets d'architecture en Algérie par l'étude de quelques départements d'architecture (étudiants et enseignants) ainsi que les bureaux d'études ;	1, 8
2	Procéder à l'état des lieux de l'utilisation chez les étudiants, les enseignants et dans le milieu professionnel ;	1, 2, 3, 4, 7, 8
3	Recenser les avantages et les faiblesses à travers l'échantillon, tout en espérant apporter des propositions utiles pour améliorer l'enseignement en matière de l'outil informatique ;	4, 6
4	Identifier comment cet outil affecte le processus de conception.	8
	Les raisons pour lesquelles l'outil informatique est adopté ou pas	2, 3, 7
	Identifier les logiciels utilisés;	5
	Identifier les obstacles empêchant une meilleure utilisation.	3, 7

I-3-3. Hypothèses et questions de l'entretien adressé aux architectes praticiens

Hypothèses à vérifier / Indicateurs	N° des questions
Le concepteur (Préférences, maturité, Moyens financiers)	2, 4, 5, 6, 7
L'outil informatique: séduction de l'outil, non approprié, très compliqué, ...	2, 3, 5
Enseignement / Evaluation: n'est pas « up to date», évaluation influençable, ...	

I-3-4. Liste des architectes interviewés

Wilaya	N° de l'entretien	Dénomination sociale	Adresse / Coordonnées	Personne interviewée	Date de l'entretien
Biskra	1	Atelier des études d'architecture et d'urbanisme Fouzi Barkat	43, Avenue 08 mars, Biskra Tel. 033 53 75 30 Email : betbarkat@yahoo.fr Page Facebook : Bercama Biskra	Le responsable du bet : M. Fouzi Barkat	07-05-2015
	2	Bureau d'études d'architecture et d'urbanisme Youssef Fellah	Hai Essalam, n°10, Biskra, Bd Ras El-Guerriah Tel/Fax: 033 74 43 45 Email : yofarchitecte@yahoo.fr	Le responsable du bet: M. Youssef Fellah	07-05-2015
	3	Bureau d'études et de recherches pour la construction Khodja Nouredine Omar	Les allées des frères Mennani Biskra Tel : 033 530 438 Fax : 033 530 439 Email : bercama@gmail.com	Le responsable du bet: M. Khodja Nouredine Omar	08-05-2015
Alger	4	MLM Mohamed Larbi Merhoum	Lotissement Errouchd, N° 8, 2ème étage, Vieux-Kouba, Alger Tel/Fax: 021 28 34 51 Mob: 0770 54 62 64 Email: mlmerhoum@yahoo.fr	Le responsable de l'agence : Mohamed Larbi Merhoum	20-05-2015
	5	SARL El-Mouhandes Abdellatif Mohamed	Centre des affaires « El qods », N°9-17 Chéraga, Alger Tel: 021 34 11 67/68 Fax: 021 34 11 63 Site web: www.el-mouhandes.com	Le directeur technique M. Abdellatif Ouassim (Magister en architecture)	21-05-2015

ANNEXE I : LES OUTILS DE L'ENQUETE

Oran	6	Atelier Benachenhou	Oran, Algérie Email. karimabenach@hotmail.com	La responsable du bet : Mme. Benachenhou Karima	16-06- 2015
Constantine	7	EURL Conseil d'architecture et d'urbanisme Embarek Bellil	47, cité Ali Bessbes Sidi Mabrouk, Constantine, Algérie Tel/Fax : 031 63 31 43 Mob : 0770 44 25 46 Email : embarek.bellil@yahoo.fr	Le responsable du bet : Embarek Bellil	21-06- 2015

ANNEXE II : L'ANALYSE STATISTIQUE

II-1. L'utilisation de l'outil informatique dans l'année en cours et l'année d'étude (2011-2012)

Récapitulatif de traitement des observations

	Observations					
	Valide		Manquant		Total	
	N	Pourcentage	N	Pourcentage	N	Pourcentage
Année d'étude * Utilisation de l'informatique cette année	254	100,0%	0	0,0%	254	100,0%

Tableau croisé Année d'étude * Utilisation de l'informatique cette année

			Utilisation de l'informatique cette année		Total
			NON	OUI	
Année d'étude	3ème Année	Effectif	16	31	47
		% dans Année d'étude	34,0%	66,0%	100,0%
		% dans Utilisation de l'informatique cette année	61,5%	13,6%	18,5%
		% du total	6,3%	12,2%	18,5%
4ème Année	Effectif	Effectif	7	99	106
		% dans Année d'étude	6,6%	93,4%	100,0%
		% dans Utilisation de l'informatique cette année	26,9%	43,4%	41,7%
		% du total	2,8%	39,0%	41,7%
5ème Année	Effectif	Effectif	3	98	101
		% dans Année d'étude	3,0%	97,0%	100,0%
		% dans Utilisation de l'informatique cette année	11,5%	43,0%	39,8%
		% du total	1,2%	38,6%	39,8%
Total	Effectif	Effectif	26	228	254
		% dans Année d'étude	10,2%	89,8%	100,0%
		% dans Utilisation de l'informatique cette année	100,0%	100,0%	100,0%
		% du total	10,2%	89,8%	100,0%

Tests du khi-deux

	Valeur	ddl	Sig. approx. (bilatérale)
khi-deux de Pearson	36,315 ^a	2	,000
Rapport de vraisemblance	28,898	2	,000
Association linéaire par linéaire	27,258	1	,000
N d'observations valides	254		

a. 1 cellules (16,7%) ont un effectif théorique inférieur à 5. L'effectif théorique minimum est de 4,81.

II-2. L'utilisation de l'outil informatique dans les années précédentes et l'année d'étude (2011-2012)

Récapitulatif de traitement des observations

	Observations					
	Valide		Manquant		Total	
	N	Pourcentage	N	Pourcentage	N	Pourcentage
Année d'étude * Utilisation de l'informatique années passées	254	100,0%	0	0,0%	254	100,0%

Tableau croisé Année d'étude * Utilisation de l'informatique années passées

			Utilisation de l'informatique années passées		Total
			NON	OUI	
Année d'étude	3ème Année	Effectif	27	20	47
		% dans Année d'étude	57,4%	42,6%	100,0%
		% dans Utilisation de l'informatique années passées	40,3%	10,7%	18,5%
		% du total	10,6%	7,9%	18,5%
4ème Année	Effectif	Effectif	33	73	106
		% dans Année d'étude	31,1%	68,9%	100,0%
		% dans Utilisation de l'informatique années passées	49,3%	39,0%	41,7%
		% du total	13,0%	28,7%	41,7%

ANNEXE II : L'ANALYSE STATISTIQUE

5ème Année	Effectif	7	94	101
	% dans Année d'étude	6,9%	93,1%	100,0%
	% dans Utilisation de l'informatique années passées	10,4%	50,3%	39,8%
	% du total	2,8%	37,0%	39,8%
Total	Effectif	67	187	254
	% dans Année d'étude	26,4%	73,6%	100,0%
	% dans Utilisation de l'informatique années passées	100,0%	100,0%	100,0%
	% du total	26,4%	73,6%	100,0%

Tests du khi-deux

	Valeur	ddl	Sig. approx. (bilatérale)
khi-deux de Pearson	44,264 ^a	2	,000
Rapport de vraisemblance	46,648	2	,000
Association linéaire par linéaire	44,057	1	,000
N d'observations valides	254		

a. 0 cellules (0,0%) ont un effectif théorique inférieur à 5. L'effectif théorique minimum est de 12,40.

II-3. Le contact des bureaux d'études et l'année d'étude (2011-2012)

Récapitulatif de traitement des observations

	Observations					
	Valide		Manquant		Total	
	N	Pourcentage	N	Pourcentage	N	Pourcentage
Année d'étude * Contact d'un bureau d'études	254	100,0%	0	0,0%	254	100,0%

ANNEXE II : L'ANALYSE STATISTIQUE

Tableau croisé Année d'étude * Contact d'un bureau d'études

			Contact d'un bureau d'études		Total
			NON	OUI	
Année d'étude	3ème Année	Effectif	37	10	47
		% dans Année d'étude	78,7%	21,3%	100,0%
		% dans Contact d'un bureau d'études	21,5%	12,2%	18,5%
		% du total	14,6%	3,9%	18,5%
	4ème Année	Effectif	77	29	106
		% dans Année d'étude	72,6%	27,4%	100,0%
		% dans Contact d'un bureau d'études	44,8%	35,4%	41,7%
		% du total	30,3%	11,4%	41,7%
	5ème Année	Effectif	58	43	101
		% dans Année d'étude	57,4%	42,6%	100,0%
		% dans Contact d'un bureau d'études	33,7%	52,4%	39,8%
		% du total	22,8%	16,9%	39,8%
Total		Effectif	172	82	254
		% dans Année d'étude	67,7%	32,3%	100,0%
		% dans Contact d'un bureau d'études	100,0%	100,0%	100,0%
		% du total	67,7%	32,3%	100,0%

Tests du khi-deux

	Valeur	ddl	Sig. approx. (bilatérale)
khi-deux de Pearson	8,673 ^a	2	,013
Rapport de vraisemblance	8,692	2	,013
Association linéaire par linéaire	8,088	1	,004
N d'observations valides	254		

a. 0 cellules (0,0%) ont un effectif théorique inférieur à 5. L'effectif théorique minimum est de 15,17.

II-4. La somme dépensée et l'année d'étude (2011-2012)

Corrélations			Année d'étude	Somme dépensée
Rho de Spearman	Année d'étude	Coefficient de corrélation	1,000	,300**
		Sig. (bilatéral)	.	,000
		N	254	236
	Somme dépensée	Coefficient de corrélation	,300**	1,000
		Sig. (bilatéral)	,000	.
		N	236	236

** . La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

II-5. L'autorisation des enseignants et l'année d'étude (2011-2012)

Récapitulatif de traitement des observations

	Observations					
	Valide		Manquant		Total	
	N	Pourcentage	N	Pourcentage	N	Pourcentage
Année d'étude *						
Autorisation de l'outil informatique en atelier	252	99,2%	2	0,8%	254	100,0%

Tableau croisé Année d'étude * Autorisation de l'outil informatique en atelier

			Autorisation de l'outil informatique en atelier		Total
			NON	OUI	
Année d'étude	3ème Année	Effectif	19	27	46
		% dans Année d'étude	41,3%	58,7%	100,0%
		% dans Autorisation de l'outil informatique en atelier	39,6%	13,2%	18,3%
		% du total	7,5%	10,7%	18,3%
4ème Année		Effectif	15	90	105
		% dans Année d'étude	14,3%	85,7%	100,0%
		% dans Autorisation de l'outil informatique en atelier	31,3%	44,1%	41,7%
		% du total	6,0%	35,7%	41,7%

ANNEXE II : L'ANALYSE STATISTIQUE

5ème Année	Effectif	14	87	101
	% dans Année d'étude	13,9%	86,1%	100,0%
	% dans Autorisation de l'outil informatique en atelier	29,2%	42,6%	40,1%
	% du total	5,6%	34,5%	40,1%
Total	Effectif	48	204	252
	% dans Année d'étude	19,0%	81,0%	100,0%
	% dans Autorisation de l'outil informatique en atelier	100,0%	100,0%	100,0%
	% du total	19,0%	81,0%	100,0%

Tests du khi-deux

	Valeur	ddl	Sig. approx. (bilatérale)
khi-deux de Pearson	18,084 ^a	2	,000
Rapport de vraisemblance	15,616	2	,000
Association linéaire par linéaire	11,461	1	,001
N d'observations valides	252		

a. 0 cellules (0,0%) ont un effectif théorique inférieur à 5. L'effectif théorique minimum est de 8,76.

II-6. L'autorisation des enseignants et l'utilisation de l'outil informatique par les étudiants (2011-2012)

Récapitulatif de traitement des observations

	Observations					
	Valide		Manquant		Total	
	N	Pourcentage	N	Pourcentage	N	Pourcentage
Utilisation de l'informatique cette année * Autorisation de l'outil informatique en atelier	252	99,2%	2	0,8%	254	100,0%

ANNEXE II : L'ANALYSE STATISTIQUE

Tableau croisé Utilisation de l'informatique cette année * Autorisation de l'outil informatique en atelier

			Autorisation de l'outil informatique en atelier		Total
			NON	OUI	
Utilisation de l'informatique cette année	NON	Effectif	20	6	26
		% dans Utilisation de l'informatique cette année	76,9%	23,1%	100,0%
		% dans Autorisation de l'outil informatique en atelier	41,7%	2,9%	10,3%
		% du total	7,9%	2,4%	10,3%
	OUI	Effectif	28	198	226
		% dans Utilisation de l'informatique cette année	12,4%	87,6%	100,0%
		% dans Autorisation de l'outil informatique en atelier	58,3%	97,1%	89,7%
		% du total	11,1%	78,6%	89,7%
Total		Effectif	48	204	252
		% dans Utilisation de l'informatique cette année	19,0%	81,0%	100,0%
		% dans Autorisation de l'outil informatique en atelier	100,0%	100,0%	100,0%
		% du total	19,0%	81,0%	100,0%

Tests du khi-deux

	Valeur	ddl	Sig. approx. (bilatérale)	Sig. exacte (bilatérale)	Sig. exacte (unilatérale)
khi-deux de Pearson	62,977 ^a	1	,000		
Correction pour continuité ^b	58,862	1	,000		
Rapport de vraisemblance	47,989	1	,000		
Test exact de Fisher				,000	,000
Association linéaire par linéaire	62,727	1	,000		
N d'observations valides	252				

a. 1 cellules (25,0%) ont un effectif théorique inférieur à 5. L'effectif théorique minimum est de 4,95.

b. Calculée uniquement pour une table 2x2

II-7. La formation de l'enseignant en CAO-DAO-BIM et son grade (2015)

Récapitulatif de traitement des observations

	Observations					
	Valide		Manquant		Total	
	N	Pourcentage	N	Pourcentage	N	Pourcentage
Grade * Formation en CAO-DAO ?	22	95,7%	1	4,3%	23	100,0%

Tableau croisé Grade * Formation en CAO-DAO ?

			Formation en CAO-DAO ?		Total
			Non	Oui	
Grade	MAA	Effectif	7	10	17
		% dans Grade	41,2%	58,8%	100,0%
		% dans Formation en CAO-DAO ?	77,8%	76,9%	77,3%
		% du total	31,8%	45,5%	77,3%
	MCB	Effectif	1	2	3
		% dans Grade	33,3%	66,7%	100,0%
		% dans Formation en CAO-DAO ?	11,1%	15,4%	13,6%
		% du total	4,5%	9,1%	13,6%
	MCA	Effectif	0	1	1
		% dans Grade	0,0%	100,0%	100,0%
		% dans Formation en CAO-DAO ?	0,0%	7,7%	4,5%
		% du total	0,0%	4,5%	4,5%
	Professeur	Effectif	1	0	1
		% dans Grade	100,0%	0,0%	100,0%
		% dans Formation en CAO-DAO ?	11,1%	0,0%	4,5%
		% du total	4,5%	0,0%	4,5%
Total		Effectif	9	13	22
		% dans Grade	40,9%	59,1%	100,0%
		% dans Formation en CAO-DAO ?	100,0%	100,0%	100,0%
		% du total	40,9%	59,1%	100,0%

Tests du khi-deux

	Valeur	ddl	Sig. approx. (bilatérale)
khi-deux de Pearson	2,208 ^a	3	,530
Rapport de vraisemblance	2,913	3	,405
Association linéaire par linéaire	,160	1	,690
N d'observations valides	22		

a. 6 cellules (75,0%) ont un effectif théorique inférieur à 5. L'effectif théorique minimum est de ,41.

II-8. La formation de l'enseignant en CAO-DAO-BIM et son âge (2015)

Récapitulatif de traitement des observations

	Observations					
	Valide		Manquant		Total	
	N	Pourcentage	N	Pourcentage	N	Pourcentage
Age * Formation en CAO-DAO ?	23	100,0%	0	0,0%	23	100,0%

Tableau croisé Age * Formation en CAO-DAO ?

			Formation en CAO-DAO ?		Total
			Non	Oui	
Age	30 - 39 ans	Effectif	2	4	6
		% dans Age	33,3%	66,7%	100,0%
		% dans Formation en CAO-DAO ?	22,2%	28,6%	26,1%
		% du total	8,7%	17,4%	26,1%
40 - 49 ans	Effectif	Effectif	2	3	5
		% dans Age	40,0%	60,0%	100,0%
		% dans Formation en CAO-DAO ?	22,2%	21,4%	21,7%
		% du total	8,7%	13,0%	21,7%
50 - 59 ans	Effectif	Effectif	3	5	8
		% dans Age	37,5%	62,5%	100,0%
		% dans Formation en CAO-DAO ?	33,3%	35,7%	34,8%
		% du total	13,0%	21,7%	34,8%

ANNEXE II : L'ANALYSE STATISTIQUE

> 59 ans	Effectif	2	2	4
	% dans Age	50,0%	50,0%	100,0%
	% dans Formation en CAO-DAO ?	22,2%	14,3%	17,4%
	% du total	8,7%	8,7%	17,4%
Total	Effectif	9	14	23
	% dans Age	39,1%	60,9%	100,0%
	% dans Formation en CAO-DAO ?	100,0%	100,0%	100,0%
	% du total	39,1%	60,9%	100,0%

Tests du khi-deux

	Valeur	ddl	Sig. approx. (bilatérale)
khi-deux de Pearson	,294 ^a	3	,961
Rapport de vraisemblance	,291	3	,962
Association linéaire par linéaire	,185	1	,667
N d'observations valides	23		

a. 8 cellules (100,0%) ont un effectif théorique inférieur à 5. L'effectif théorique minimum est de 1,57.

II-9. La formation des étudiants en CAO-DAO-BIM et l'année d'étude (2011-2012)

Récapitulatif de traitement des observations

	Observations					
	Valide		Manquant		Total	
	N	Pourcentage	N	Pourcentage	N	Pourcentage
Année d'étude *						
Formation dans les logiciels d'architecture	254	100,0%	0	0,0%	254	100,0%

Tableau croisé Année d'étude * Formation dans les logiciels d'architecture

			Formation dans les logiciels d'architecture		Total
			NON	OUI	
Année d'étude	3ème Année	Effectif	18	29	47
		% dans Année d'étude	38,3%	61,7%	100,0%
		% dans Formation dans les logiciels d'architecture	29,5%	15,0%	18,5%
		% du total	7,1%	11,4%	18,5%
	4ème Année	Effectif	22	84	106
		% dans Année d'étude	20,8%	79,2%	100,0%
		% dans Formation dans les logiciels d'architecture	36,1%	43,5%	41,7%
		% du total	8,7%	33,1%	41,7%
	5ème Année	Effectif	21	80	101
		% dans Année d'étude	20,8%	79,2%	100,0%
		% dans Formation dans les logiciels d'architecture	34,4%	41,5%	39,8%
		% du total	8,3%	31,5%	39,8%
Total		Effectif	61	193	254
		% dans Année d'étude	24,0%	76,0%	100,0%
		% dans Formation dans les logiciels d'architecture	100,0%	100,0%	100,0%
		% du total	24,0%	76,0%	100,0%

Tests du khi-deux


	Valeur	ddl	Sig. approx. (bilatérale)
khi-deux de Pearson	6,447 ^a	2	,040
Rapport de vraisemblance	5,957	2	,051
Association linéaire par linéaire	3,973	1	,046
N d'observations valides	254		

a. 0 cellules (0,0%) ont un effectif théorique inférieur à 5. L'effectif théorique minimum est de 11,29.

ANNEXE III : L'ETUDE EXPERIMENTALE

III-1. L'affiche pour l'étude expérimentale

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITÉ CONSTANTINE 3
FACULTE D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME




"LET'S TALK ABOUT DESIGN"

APPEL A BENEVOLES

AUX ÉTUDIANTS D'ARCHITECTURE (LMD ET CLASSIQUE)

Rejoignez nous !




APPEL A BENEVOLES :
Cet appel s'adresse aux étudiants d'architecture (les deux systèmes: LMD et classique) de la faculté d'architecture et d'urbanisme de l'université Constantine 3, souhaitant consacrer un peu de leur temps libre à un exercice de conception.

CONTACT :
N'hésitez pas à me contacter avant le 23 mai 2015 sur l'adresse suivante :
ouafas@gmail.com

CONTENU DE L'EXERCICE :
Mme. SAIGHI Ouafa qui prépare son doctorat est à la recherche de volontaires engagés pour collaborer avec elle dans un exercice de conception d'un projet architectural. Un exercice se déroulant dans un des ateliers de notre faculté, pouvant s'étaler sur une journée. Les dates proposées sont incluses entre le 26 et le 30 mai 2015 en essayant par la suite de préciser une date qui arrange la majorité des participants.

Une fois les travaux évalués par un jury constitué des enseignants de la faculté, le ou les lauréats auront un prix symbolique.



MERCI À CEUX QUI RÉPONDENT À CET APPEL



III-2. Un exemple de texte envoyé aux participants

Cher Monsieur,

Je tiens en premier à vous remercier pour votre réponse positive à ma requête

Je me présente : Melle. Ouafa SAIGHI, enseignante à la faculté d'architecture et d'urbanisme, Constantine 3, je prépare un doctorat sur l'informatique en architecture.

Je vous écris pour solliciter votre accord pour la participation à mon exercice (dans le cadre de mon doctorat) et qui consiste à la conception d'un projet (peu complexe). Ma tâche sera de vous observer comment travaillez-vous et quels outils utilisez-vous pendant le processus. A noter que l'exercice peut durer 5h à l'image de l'Atelier.

J'ai une proposition pour la date du déroulement de l'exercice ce mercredi 07 Octobre 2015 si ça vous arrange et je reste à l'écoute de vos propositions

Je vous demande de m'informer à l'avance si vous auriez besoin d'un matériel précis.

Je joins à ce mail mon affiche concernant l'exercice (datant du mois de mai)

J'ai besoin aussi de vos coordonnées pour me faciliter le contact :

Nom:

Prénom:

Année :

Option:

N° Tel.

Avec mes remerciements

III-3. Liste des participants

Exercice	N°	Nom/prénoms	Année d'étude	Option
1^{ère} expérience : Le 30-05- 2015	1	BAHLOUL Imen	1 ^{ère} année Master	Design Urbain
	2	CHIBANE Ouafa	1 ^{ère} année Master	Projet architectural, Habitat et durabilité
	3	REZAIGUIA Hibatallah	1 ^{ère} année Master	Architecture bioclimatique
	4	SOUICI Abdelileh	1 ^{ère} année Master	Architecture durable et énergie verte
2^{ème} expérience : Le 07-10- 2015	1	AGGOUN Abdenour	1 ^{ère} année Master	n'est pas encore affichée
	2	AYACHI Djihane	1 ^{ère} année Master	n'est pas encore affichée
	3	BELATRECHE Imene	1 ^{ère} année Master	n'est pas encore affichée
	4	BENDJABALLAH Islem	2 ^{ème} année Master	Conception Architecturale et Environnement Urbain
	5	MECHRI Nour El Houda	1 ^{ère} année Master	n'est pas encore affichée
	6	SERIDI Nor El Houda	2 ^{ème} année Master	Conception Architecturale et Environnement Urbain

III-4. Dossier remis aux participants

III-4-1. Contenu de l'exercice

Exercice de conception architecturale

PUBLIC CIBLE :

Cet exercice est destiné aux étudiants du système classique et ceux du système LMD du département d'architecture, faculté d'architecture et d'urbanisme, Université Constantine 3.

OBJECTIFS :

L'objectif de l'exercice est d'observer les participants en train de travailler et leurs façons d'aborder un nouveau projet de conception.

RENDU :

Toute pièce représentant et matérialisant le parti architectural adopté, avec un texte d'explication de l'idée choisie.

1^{ère} VARIANTE: SHOW ROOM AUTOMOBILE

Programme :

La première variante a comme objet la conception d'un show-room pour concessionnaire de voitures comportant les espaces suivant :

- Accueil ;
- Espace d'exposition (voitures, écrans, tables tactiles) ;
- Administration ;
- Service après-vente ;
- Locaux de maintenance ;
- Cafétéria ;
- Vestiaires ;
- Stationnement.

Site :

Le terrain proposé est celui de Boussouf dont la configuration et les limites sont précisées sur le fichier numérique.

2^{ème} VARIANTE : MAISON D'HABITATION INDIVIDUELLE

Programme :

La deuxième variante a comme objet la conception d'une maison d'habitation individuelle pour une famille de six personnes se composant d'un couple actif, de deux universitaires (une fille de 25ans et un garçon de 20 ans) et de deux lycéens (deux garçons de 18 et 17 ans)

Site :

Le terrain est d'une forme trapézoïdale (voir dimensions sur le dessin) se situant au bord de la mer.

3^{ème} VARIANTE : AIRE DE REPOS ET DE SERVICE AUTOROUTIERE

Programme :

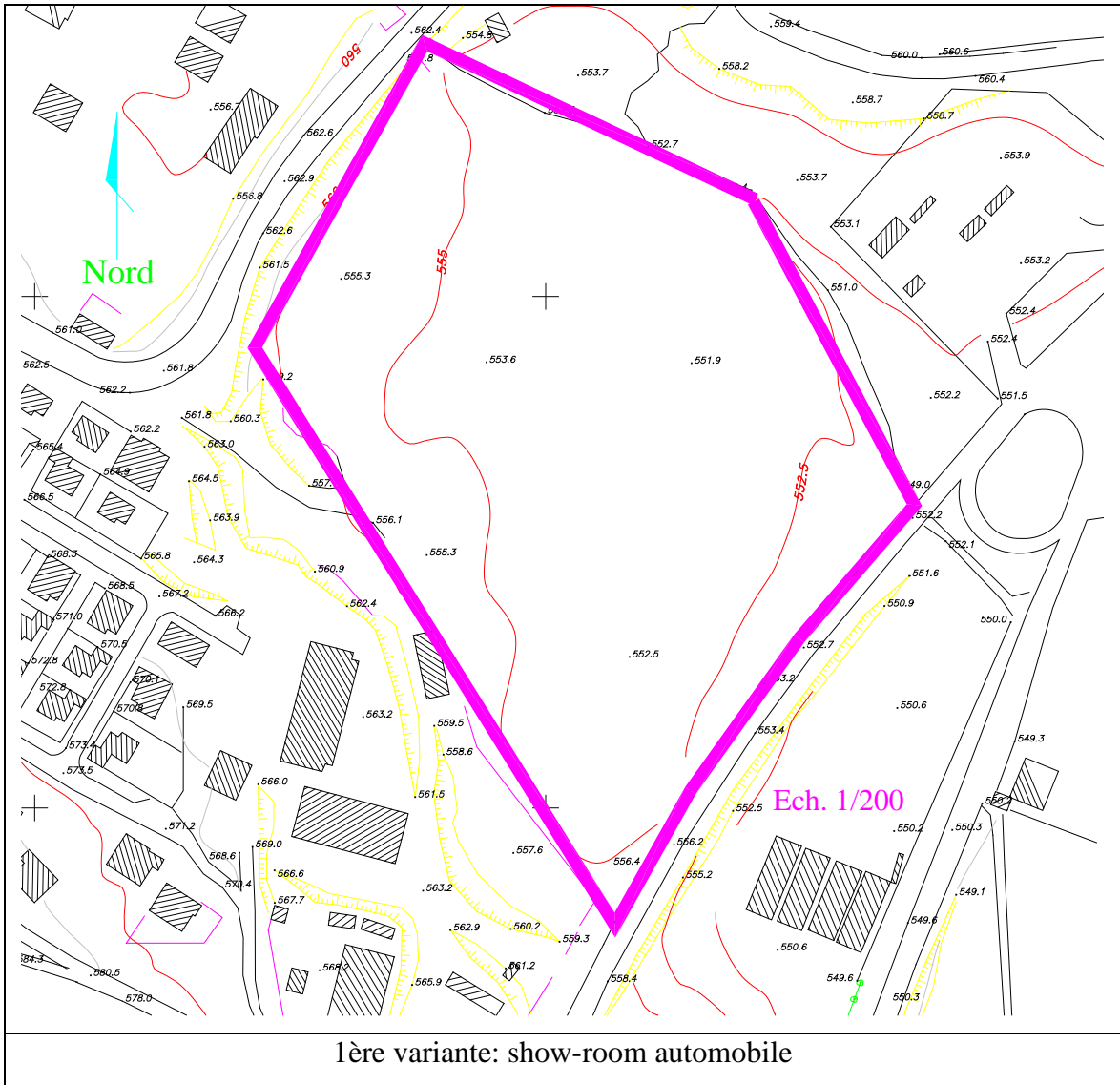
La troisième variante a comme objet la conception d'une série d'infrastructures en bordure de l'autoroute est-ouest, dont la composition du projet est proposée ci-dessous :

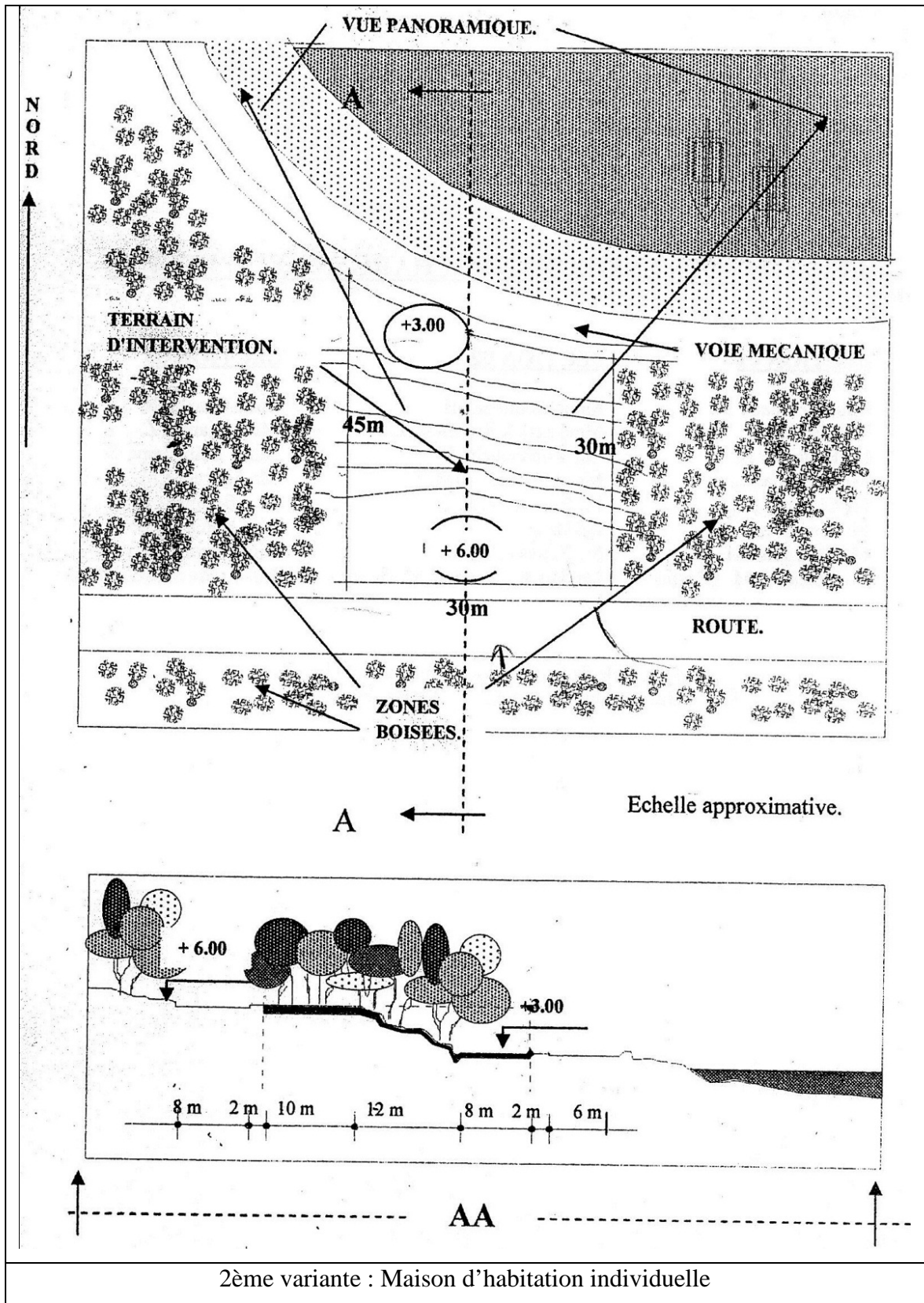
- Station de service (distribution de carburant, pression des pneus, vidange, dépannage)
- Restaurant ;
- Supérette ;
- Cafétéria ;
- Espace de prière et d'ablution ;
- Un bureau d'information touristique ;
- Toilettes ;
- Tables de pique-nique ;
- Espace de jeux pour enfants ;
- Espaces de stationnement.

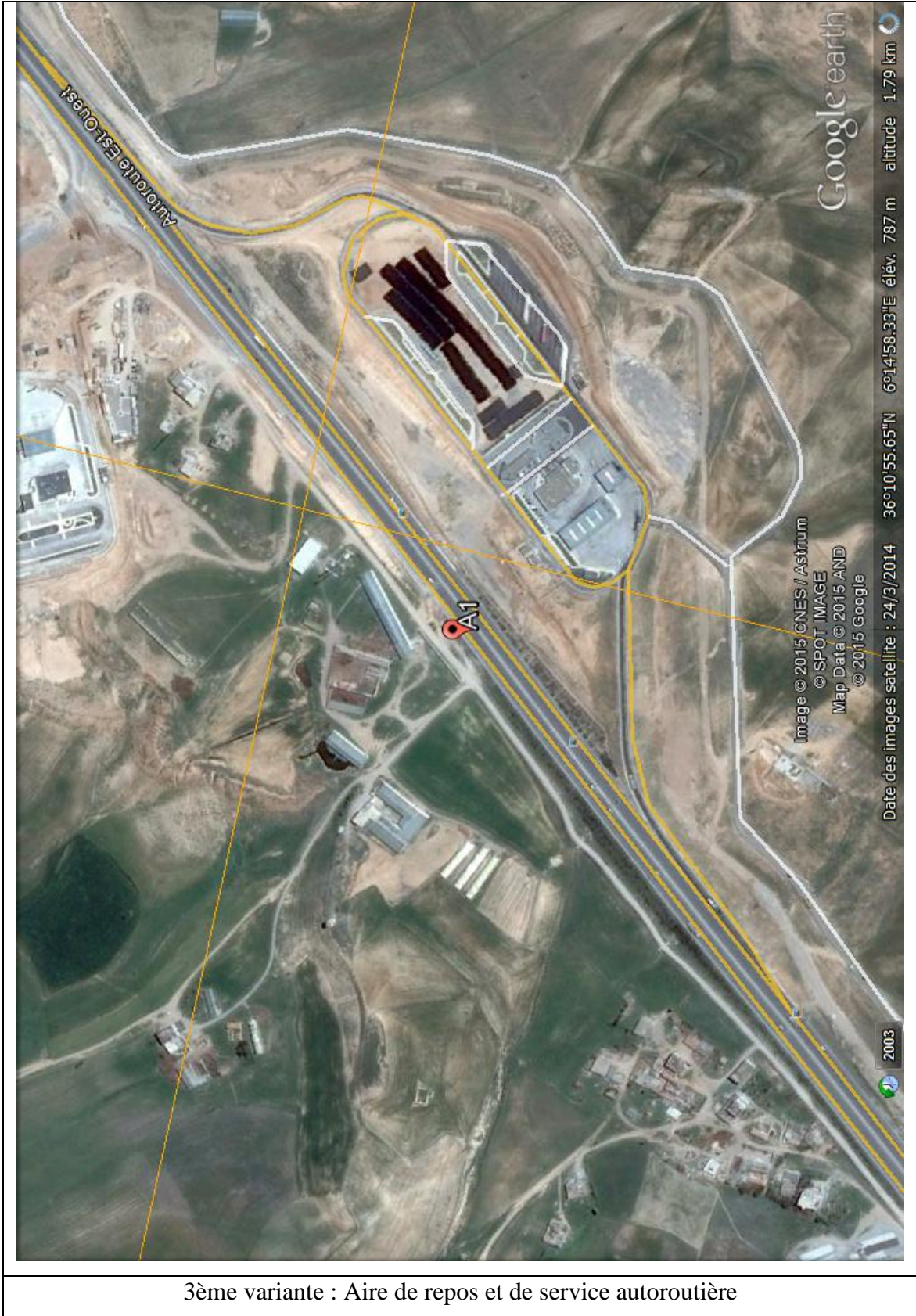
Site :

L'emprise du terrain de l'aire de service de Milev (wilaya de Mila) est proposée aux participants.

III-4-2. Les terrains







3ème variante : Aire de repos et de service autoroutière

III-5. La grille d'observation

III-5-1. 1^{er} Groupe

Date : 30-05-2016

9h.30 : lancement de l'exercice après le changement de la salle (internet et orientation chaleur) + une petite pause

9h.50 : étudiants à leurs places entrain de consulter les différents fichiers soumis sur une clé usb

Une légère consultation des docs papiers mis à leur disposition malgré que j'ai précisé qu'il y a de la doc

Heure	Relais		Villa		Obs.
	Imen (EX1-E1)	Abdelilah (EX1-E4)	Hiba (EX1-E3)	Ouafa (EX1-E2)	
10h.00	Choix de la variante Lectures des fichiers sur ordi	Choix de la variante travail sur sketchup pour importer le terrain à l'éch	Choix de la variante entrain de numériser le plan : Bord de la mère	Choix de la variante choix du terrain mer	
10h.15	tjrs recherche sur google et des lectures même sur la démarche	Volumétrie du terrain sur sketchup après l'importation avec les niveaux (possibilité offerete sur sketchup)	presque terrain terminé sur autocad	terrain en cours sur autocad	
10h.25	Idem au précédent	Idem au précédent	Travail au crayon sur terrain dessiné à la main, puis superposition du calque	Saisie terrain	Discussion entre Imen, ouafa et abdelilah
10h.35	Saisie du terrain	Premiers essais pour les volumes sur sketchup	Idem au précédent	Ouverture de sketchup Volumétrie du terrain	
10h.45	idem	idem	idem	idem	
10h.55	Travail sur le terrain sur Claque	Volumétrie, sketchup	Consultation de la doc sur ordi.	Crayon, papier, courbes de niveau, crayons de couleurs, regle : plan	

ANNEXE III : L'ETUDE EXPERIMENTALE

				de masse, accessibilité	
11h.00	idem	essais des volumes	Retour au papier : répartition interne	Répartition spatiale sur papier	Prise de photo
11h.15	idem	idem	idem	idem	
11h.30	A imprimé le terrain (probleme de flash)	Aller-retour entre la volumétrie sur sketchup et une recherche sur google images	A imprimé le terrain	idem	
11h.40	A imprimé le terrain numérisé à l'éch. 1/500	Entrain d'arranger la volumétrie sur SketchUp	A pris une feuille de calque, elle travaille debout, crayon gomme	Crayon sur papier et recherche sur google images	
11h.50	Tjrs des lectures sur internet : espace de stationnement	Entrain d'arranger la volumétrie sur SketchUp	Répartition spatiale arrêtée sur papier au crayon, selon elle « Reste la mise à l'éch. »	Un organigramme spatial sur papier sur le terrain	Discussion entre abdelilah et Imen sur la répartition des infrastructures sur l'assiette
12h.00	idem	idem	idem	Consultation des images sur google images	
12h.10	export du terrain vers Sketchup Premiers traits sur sketchup : Volumétrie	idem	idem	idem	
12h.20	volumétrie	idem	Un organigramme plus détaillé	A pris une feuille de calque : répartition spatiale	
12h.30	Pause-déjeuner				
13h.00	Volumétrie	Sur sketchup : détail de la station de	A repris après la pause à 13h.04	Sur autocad : limites du bâti	Reprise après la pause-déjeuner

ANNEXE III : L'ETUDE EXPERIMENTALE

		service : volumétrie			
13h.10	Volumétrie	idem	Entrain de répondre à mon questionnaire	Entrain d'arranger la répartition spatiale directement sur le terrain : sur AutoCad	
13h.20	Entrain de travailler sur sketchup		Des détails sur le plan, les poteaux, elle me demande « après le rdc l'étage et ?... »	A quitté la salle pour voir sa famille	Discussion entre Imen et Abdelilah Abdelilah porte des conseils à Imen
13h.30	idem	A exporté le fichier vers autocad et y travaille les aménagements extérieurs	La répartition interne : murs, poteaux, ... sur autocad		Abdelilah justifie que lautocad est tr-s adéquat pour le dessin 2D, sketchup est pour la 3D (exemple de l'offset) Sketchup peut importer toutes extensions et exporter en plusieurs extensions
13h.45	Idem	Idem	Idem au précédent		Abdelilah porte des conseils à Imen
14h.00				A repris	
14h.15	Répartition spatiale : Entrain de dessiner sur papier/crayon		A superposé deux plans sur le vitrage pour travailler	Entrain de détailler le plan	
14h.30	Entrain de dessiner sur papier/crayon	Détail à l'intérieur de la volumétrie proposée	Hiba a remis son travail		
14h.45	Volumétrie sur sketchup	Détail à l'intérieur de	/		

ANNEXE III : L'ETUDE EXPERIMENTALE

		la volumétrie proposée			
15h.00	Répartition spatiale sur calque	Pour le moment pas de changement de la volumétrie : la répartition et le détail se fait sur Autocad Au cas où il y aura un changement de la volumétrie en fonction de la répartition proposée en 2D, il changera sur Sketchup	/	Exporter le fichier Autocad vers Sketchup pour travailler la 3D	Photo de Imen
15h.15		idem	/	Entrain de voir des plans sur Autocad	Discussion entre Ouafa qui s'est déplacée au poste de Imen pour voir sa proposition
15h.30	2D en autocad : plan de masse	Entrain d'arranger l'aménagement extérieur sur AutoCad	/	Le terrain en 3D sur Sketchup	
15h.45	Entrain de remplir le questionnaire + plan de masse	A remis le travail	/	A remis le travail	Abdelilah aide Imen dans le questionnaire
16h.00	A remis le travail				

III-5-2. 2^{ème} Groupe

Date : 07-10-2015

9h.30 : lancement de l'exercice après le retard des étudiants en M2 pris par leurs cours

10h.00 : étudiants installés consultant le contenu de la chemise et le dossier numérique

10h.10 : Une légère consultation des docs papiers mis à leur disposition malgré que j'ai précisé qu'il y a de la doc ...

10h.15. Distribution des clés internet

Heure	Show-room				Villa	Relais	Obs.
	Abdenou r (EX2-E1)	Nour El Houda M. (EX2-E5)	Islem (EX2-E4)	Djihane (EX2- E2)	Nor El Houda S. (EX2- E6)	Imene (EX2- E3)	
10h. 10	Choix de la variante Recherche sur ordi : des photos	Choix de la variante Recherche sur internet	organigra mmes sur papier	Choix de la variante	Choix de la variant e Travail au crayon sur terrain dessiné à la main + Couleu rs	Choix de la variante	
10h. 30	Recherche photos et docs (écrits)	Demande d'explicati ons concernan t le lien fonctionne l entre les espaces Et puis elle me demande de dessiner un organigra mme fonctionne l	Recherche formelle sur papier		idem	Terrain	

ANNEXE III : L'ETUDE EXPERIMENTALE

10h. 40		Organigrammes sur papier	Travail sur le terrain directement sur papier			Entraînement de copier des projets à partir d'internet directement sur autocad	Discussion entre islem et norhabitation concernant le terrain boussoif
10h. 50	Premiers traits sur papier Volumétrie et coupe schématique	Calque sur le terrain	Sur papier blanc	Volume façade au crayon	Entraînement de vérifier l'échelle du terrain sur le fichier numérique	Premiers traits. Calque superposé sur le terrain travail avec le crayon	
11h. 00	Terrain sur sketchup	Idem au dernier	Des volumes sur papier	Dessins à mains levée	Dessin du terrain à l'échelle sur autocad	Crayon + crayons de couleurs sur papier	
11h. 10	Retour au papier	idem	Idem	Du texte (rédaction sur papier)	Idem	idem	Meheri a ramené une amie avec elle
11h. 20	Recherche sur internet Et réflexion sur papier	Google earth pour fixer le profil du terrain	Premier travail sur ordi Des formes dans le plan de masse	Texte + dessin	Entraînement de régler les surfaces sur la base du dessin	Entre ordi et crayon	
11h. 30	A importé le terrain d'autocad vers sketchup	Schémas de principe sur papier	Plan de masse sur AutoCad	Entraînement de régler les espaces et affiner les	Répartition spatiale	Lectures	

ANNEXE III : L'ETUDE EXPERIMENTALE

				relations fonctionnelles			
11h.45	Sur papier : accès	idem Sur papier : couleurs ...	Un plan de groupement : le rdc dans le plan de masse	Des plans au crayon	idem	Demande d'explications concernant les espaces du relais : explication de ma part concernant le relais du milev	
12h.00-12h.30	Des photos avant la PAUSE-DEJEUNER						
12h.45	Dessin de la forme adoptée sur Autocad « <i>pour plus de précision, c'est mieux que Sketchup</i> »	Essai de la forme d'une voiture sur le planning arrêté : travail sur Autocad	Fonctionnement, répartition spatiale arrêtée, Entraînement des matérialiser sur Autocad	Travail sur le terrain sur un calque superposé.	Le détail des plans sur Autocad	Recherche d'une forme sur Autocad en exploitant les traits (limites) du terrain	Nor Villa demande d'imprimer son plan pour travailler là-dessus
13h.00	idem	Recherche formelle	Répartition spatiale	idem	Répartition spatiale	Recherche formelle	
13h.10	idem	idem	idem	idem	idem	idem	
13h.20	Volume sur Sketchup à partir du plan d'Autocad	Recherche formelle	idem	idem	Impression des plans	Aménagement du plan de masse sur AutoCad	Photos prises par Assia
13h.30	Idem	Recherche formelle Sur Autocad (sur le plan de	Détails d'intérieur sur Autocad	Photopies des planches réalisées	Travail sur calque pour les différents	Implantation des blocs + aménagement sur plan de	

ANNEXE III : L'ETUDE EXPERIMENTALE

		masse) en train de mettre ou trouver une forme			niveaux pour arrêter la répartition interne	masse sur Autocad	
13h. 40	Entrain d'améliorer le volume sur Sketchup	Entrain d'organiser les espaces autour de l'espace exposition sur Autocad tout en optant pour l'idée VOITURE	Aménagement extérieur sur AutoCad	A repris le volume	Retour sur l'ordinateur pour voir des photos puis continuer sur papier	idem	
13h. 50	idem	idem	idem	Volume avec les crayons de couleurs	Autocad pour mettre les plans dessinés sur papier	entraîn d'identifier les étapes	
14h. 00	idem	idem	Finalisation des autres plans		En train de mettre des formes avec des surfaces exactes, un seul trait	Un problème technique avec l'Autocad qui ne veut pas enregistrer des fichiers accessibles par Sketchup	
14h. 15	Question concernant les matériaux : il n'a décidé que pour la		Le tour de la volumétrie sur Sketchup : pour lui : « tout logiciel de			Décision de continuer sur papier	

ANNEXE III : L'ETUDE EXPERIMENTALE

	couverture en tridimensionnel et pour l'accès principal		<i>3D est utile pour la 3D, sinon la volumétrie c'est à main levée »</i>				
14h.30	Explications concernant le questionnaire						
14h.45	Sur Autocad en train de finaliser l'intérieur	Volumétrie sur papier	Il utilise Sketchup « <i>Juste pour sketcher</i> » Le tour de la façade projetée à partir du plan dessiné sur Autocad Il n'a pas exploité le dessin Sketchup	A terminé le travail			
15h.00	Rappel qu'ils peuvent arrêter s'ils sont fatigués Les filles : Relais et show-room (ont arrêté je pense) en train de discuter						
15h.15		Finalisation sur AutoCad	Saisie d'un texte écrit sur papier				
15h.30	Remise du travail		Remise du travail				
15h.45		Remise du travail				Remise du travail	
16h.00					Remise du travail		

ANNEXE IV : L'ÉVALUATION DES TRAVAUX**IV-1. Liste des enseignants membres du jury d'évaluation**

N°	Nom/prénoms
1	Dr. BELHADEF Moussa
2	Pr. CHAUCHE Salah
3	Dr. BENCHERIF Meriama
4	M. CHOUTER Riyad
5	Dr. KRADA Salah Eddine

IV-2. Texte remis aux évaluateurs**CONTEXTE GENERAL DE L'EXERCICE**

Dans le cadre de mon travail de doctorat, un exercice de conception a été confectionné et adressé à un échantillon de volontaires qui ont répondu favorablement à un appel à bénévoles¹ affiché dans le département d'architecture de Constantine. Mon objectif pendant le déroulement de l'exercice était l'observation, d'une part, comment les étudiants utilisent l'ordinateur et, d'autre part, à quel moment ils l'introduisent.

N'ayant pas reçu assez de participants, l'exercice a été repris quatre mois après le premier. La première expérience s'est déroulée avec 4 participants et la 2^{ème} avec 6 (Des étudiants de 3^{ème} année Licence et 1^{ère} année Master en architecture)

Un espace de travail (un atelier dans la faculté) a été préparé pour accueillir l'exercice. Un espace central a été réservé à la documentation relative aux variantes de l'exercice, et au matériel de dessin (des feuilles de papier et de calque, des règles, gommages, crayons, crayons de couleur, papier adhésif, ...). Un coin pause-café a été prévu pour les participants et une connexion internet wifi a été mise à leur disposition.

¹ Voir le document ci-joint.

1. Contenu et forme de l'exercice :

L'exercice a été conçu de façon à donner plus de liberté aux étudiants :

- Un projet avec peu de contraintes ;
- Une liberté dans la forme du rendu (sur la documentation remise, le rendu consiste à toute pièce justifiant le parti pris. Les explications données aux étudiants stipulaient que le travail de conception devrait être arrêté une fois ayant le sentiment d'avoir un résultat communicable.)

Pour la 1^{ère} expérience, il a été demandé aux étudiants de choisir entre deux variantes qui sont :

- 1^{ère} variante : Maison d'habitation individuelle ;
- 2^{ème} variante : Aire de repos et de service autoroutière.

Pour la 2^{ème} expérience, une autre variante a été rajoutée :

- 1^{ère} variante : Maison d'habitation individuelle ;
- 2^{ème} variante : Aire de repos et de service autoroutière ;
- 3^{ème} variante: Show-room automobile.

L'énoncé de l'exercice a été remis aux participants (les différentes variantes et les terrains) sur papier et sur support numérique (CD) avant d'entamer l'exercice.

En dehors des questions et explications, les étudiants ont pris une moyenne de 4h.30 à 5h.00 pour l'exercice lui-même. Ils avaient toute la liberté de discuter entre eux et de se déplacer à l'intérieur de l'atelier.

2. L'évaluation :

Les travaux remis par les participants ont été exploités (mise en page) afin d'unifier le rendu préparant l'impression dans le même format, avant d'être remis aux membres du jury constitué d'enseignants du département d'architecture de Constantine (ayant une expérience dans la conception architecturale).

a) Les préparatifs :

- Optant pour l'anonymat, des codes ont été attribués aux projets remis par les étudiants (exemple EX1-E1 veut dire Exercice n°1, étudiant n°1)
- Dans un objectif d'unifier le rendu, le format A3 a été choisi pour le tirage des documents remis par les participants ;
- Des éléments nécessaires pour la mise en page ont été rajoutés par moi-même en utilisant la couleur bleu (cadre, échelle, titres, entête et numérotation des planches)
- L'échelle du rendu est unifiée pour les trois variantes :
 - Show room (1/2000, 1/500)
 - Aire de service (1/2000, 1/500)
 - Maison (1/500, 1/200)
- Les documents remis par les participants sont constitués de feuilles en A4 (travail à la main) et de fichiers numériques produits en utilisant AutoCad et/ou SketchUp
 - Les feuilles A4 ont été scannées et insérées selon la mise en page adoptée ;
 - Les fichiers AutoCad ont été insérés et imprimés tels que produits par les participants (en conservant les couleurs, le style du texte,...) ;
 - A partir des fichiers SketchUp, quelques vues en 3D ont été choisies et insérées (selon la mise en page)

b) Les critères d'évaluation :

Les critères d'évaluation ont été établis en collaboration avec les enseignants évaluateurs. Ces derniers ont la liberté d'ajouter des commentaires supplémentaires. Ces critères sont les suivants :

1. Complexité de la composition spatiale/fonctionnelle + esthétique ;
2. Réponse aux contraintes (programme, environnement, terrain, usagers, aspect ergonomique...);
3. L'originalité (solutions adoptées en matière d'idées, image, technique, ...);
4. Maturité de l'idée,
5. Le rendu : moyens d'expression usités (pièces remises, qualité d'expression : croquis, coupes schématiques,)
6. Appréciation de l'évaluateur : commentaires, observations, ...

c) Le barème :

Le barème proposé pour évaluer les travaux est le suivant :

A : Très bien

B : Bien

C : Passable

D : Faible

NB. La documentation remise aux participants est en pièces jointes

Merci d'avoir pris le temps de participer à ce travail

Votre collaboration est extrêmement précieuse

Pour tout éclaircissement supplémentaire n'hésitez pas à me contacter

ANNEXE IV : L'ÉVALUATION DES TRAVAUX

code	Complexité de la composition	Réponse aux contraintes	L'originalité	Maturité de l'idée	Le rendu	Appréciation de l'évaluateur
EX1-E1						-..... -..... -..... -.....
EX1-E2						-..... -..... -..... -.....
EX1-E3						-..... -..... -..... -.....
EX1-E4						-..... -..... -..... -.....
EX2-E1						-..... -..... -.....

ANNEXE IV : L'EVALUATION DES TRAVAUX

					
EX2-E2					
EX2-E3					
EX2-E4					
EX2-E5					
EX2-E6					

IV-3. Réponse des évaluateurs

IV-3-1. Evaluation du Dr. BELHADEF Moussa

code	Complexité de la composition	Réponse aux contraintes	L'originalité	Maturité de l'idée	Le rendu	Appréciation de l'évaluateur
EX1-E1	Passable	Passable car sens de circulation non pris en charge	Faible	Faible	Passable voire faible	<ul style="list-style-type: none"> - manque légende/schéma d'organisation - non maîtrise des moyens graphiques - parti pris confus - plan de masse illisible
EX1-E2	passable	Manque de coupes affaiblit la prise en charge de ce critère	Faible	Bien	Bien	- manque de coupes topographiques et coupes sur plans afin de comprendre la prise en charge de la contrainte du terrain
EX1-E3	Passable	Faible	Faible	Passable voire bien si réflexion approfondie	Utilisation 2D	<ul style="list-style-type: none"> - Inexistence de coupes montrant l'implantation - Simple approche 2D au détriment d'autres moyens usités.

ANNEXE IV : L'ÉVALUATION DES TRAVAUX

EX1-E4	Bien voire T.Bien	Non précision de circuits	Bien	T.Bien	Bien	-Approche +/- aboutie - projet acceptable
EX2-E1	T.Bien	Bien	Bien	T.Bien	Bien Revoir Plan de Masse	- Manque coupes - Schémas non commentés - Bonne approche schématique
EX2-E2	Passable	Passable	Bien	Bien	Passable	- Mauvaise prise en charge de l'aménagement intérieur - Approche schématique acceptable - souci de prise en charge de la topo.. - Bonne appréciation pour le texte accompagnant les schémas.
EX2-E3	Passable	Bien	Faible	Bien /r à la répartition fonctionnelle	Passable voire Faible	- Texte accompagnant graphique - Approche graphique timide -* Y-a-t-il rapport entre les 2 points sus- -cités.
EX2-E4	Passable/ Rapport graphique et idée de composition non claire	Bien	Bien	Bien	Ecrit renforçant l'idée P.masse à refaire et	- Approche claire d'un point de vue schématique et graphique - Peut faire mieux en 3D

ANNEXE IV : L'ÉVALUATION DES TRAVAUX

					échelle à revoir	
EX2-E5	Non aboutie Passable voire Faible	Non explication de la contrainte circulation par schémas	Faible	Faible	.masse à refaire Erreur d'échelle	- Approche schématique +/- acceptable + Texte explicatif et commentaires pour schéma.
EX2-E6	Faible Approche purement fonctionnelle	Faible	Faible	*Acceptable/ Aménagement *Faible/ composition	Bien	- Approche purement fonctionnelle et en 2D - Absence de coupes caractéristiques

Synthèse :

On relève généralement ce qui suit :

- 1 – absence flagrante d'un outil important dans la démarche de conception : la maquette, en l'occurrence.
- 2 – Utilisation timide et non maîtrisée de l'outil informatique (de synthèse : AutoCad 2D et 3D, sketchup etc...)
- 3 – Communication écrite (textes explicatifs ou commentaires) en appoint pour une meilleure explication. Cela serait-il pris en tant qu'élément fort d'approche acquis ou pourrait-il se traduire par une non-maîtrise du langage graphique éminemment architectural ?
- 4 – Non utilisation des coupes topographique et des coupes sur plans afin d'expliquer l'implantation sur terrain d'assiette ou à la limite montrer des aspects riches du projet.
- 5- Non maîtrise des plans de masse en termes de dessin conventionnel et en termes d'échelle.

IV-3-2. Evaluation du Pr. CHAOUCHE Salah

code	Complexité de la composition	Réponse aux contraintes	L'originalité	Maturité de l'idée	Le rendu	Appréciation de l'évaluateur
EX1-E1	C	B	C	B	C	<ul style="list-style-type: none"> • Réflexion en planimétrie, la 3^{ème} dimension n'a pas été prise en compte • L'idée mentale n'apparait pas au début de l'exercice à travers des schémas
EX1-E2	A	B	B	A	B	<ul style="list-style-type: none"> • Assimilation facile l'exercice à travers des schémas d'organisation spatiale et volumétrique • Maitrise de l'exercice en question • Les détails n'ont été pris en compte
EX1-E3	A	A	B	B	B	<ul style="list-style-type: none"> • Prise en compte des contraintes du terrain dès le départ. • La réflexion a suivi le tracé à la main levée sans pour autant aller au détail

ANNEXE IV : L'ÉVALUATION DES TRAVAUX

EX1-E4	A	B	A	A	A	<ul style="list-style-type: none"> • Compréhension très marquée de l'exercice en question • Maîtrise des concepts de l'exercice • Cohérence dans le tracé des lignes
EX2-E1	A	B	A	A	A	<ul style="list-style-type: none"> • L'idée mentale est très développée à travers beaucoup de schémas • Développement en 3 D très appréciable malgré une faiblesse au niveau de la planimétrie
EX2-E2	C	B	B	C	C	<ul style="list-style-type: none"> • L'absence de l'idée première de conception • Adaptation de l'organisation spatiale selon les contraintes du terrain • Tout le travail est réalisé à la main levée
EX2-E3	B	A	B	C	C	<ul style="list-style-type: none"> • Maîtrise de l'organisation globale (Site + projet) • Sa conception est restée au stade de l'enveloppe
EX2-E4	A	B	A	A	A	<ul style="list-style-type: none"> • Maîtrise de la genèse de l'idée

ANNEXE IV : L'EVALUATION DES TRAVAUX

						<ul style="list-style-type: none"> • Assimilation de l'exercice en question (Plans et volumétrie) • Maitrise de l'organisation des espaces intérieurs
EX2-E5	B	A	C	C	C	<ul style="list-style-type: none"> • Absence de réflexion au niveau l'idée mentale • Maitrise de la contrainte de l'assiette d'intervention
EX2-E6	C	B	B	C	D	<ul style="list-style-type: none"> • Absence de l'originalité • Aucune réflexion par rapport à la 3^{ème} dimension (dans l'espace). • Prise en compte des contraintes de l'environnement

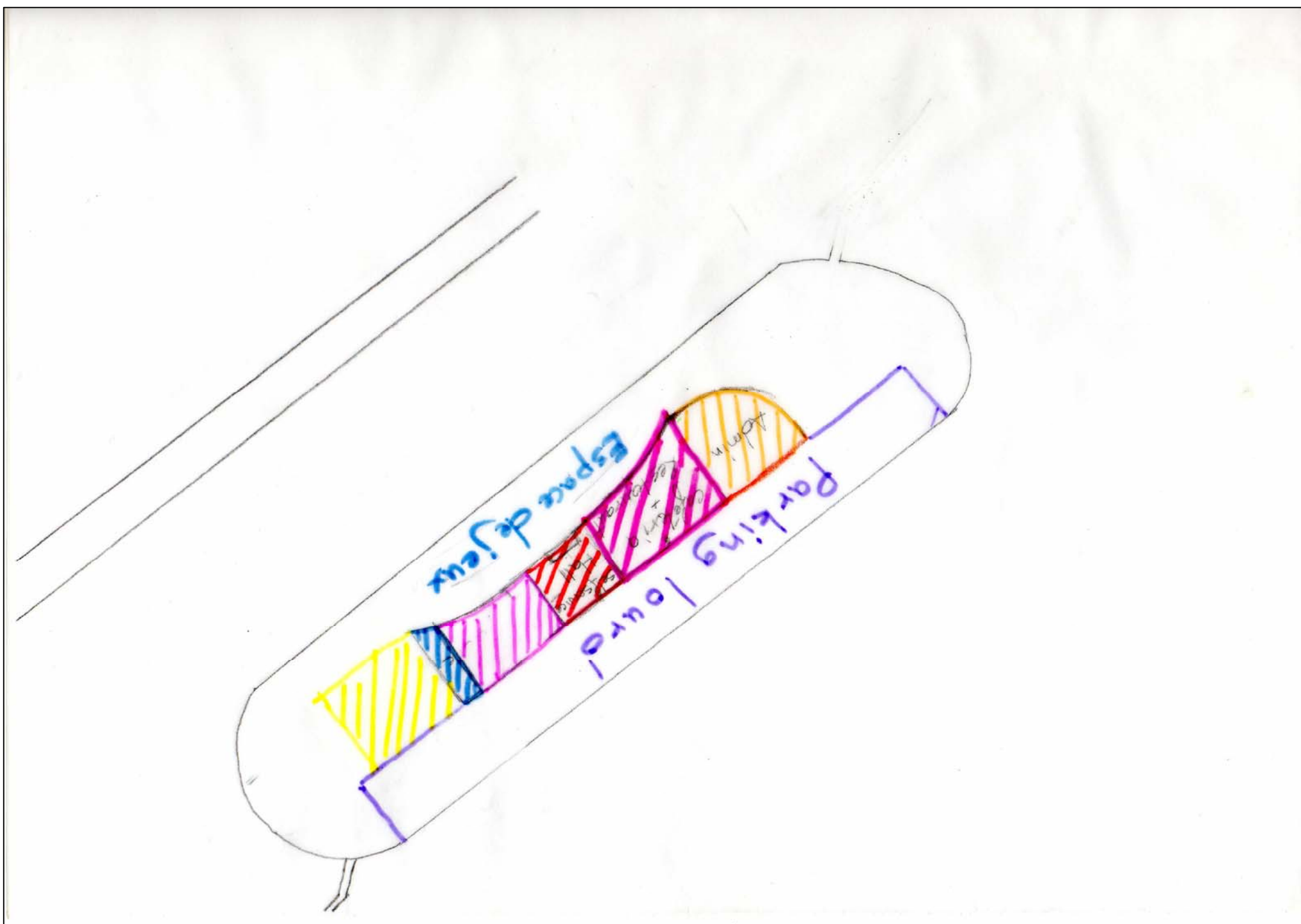
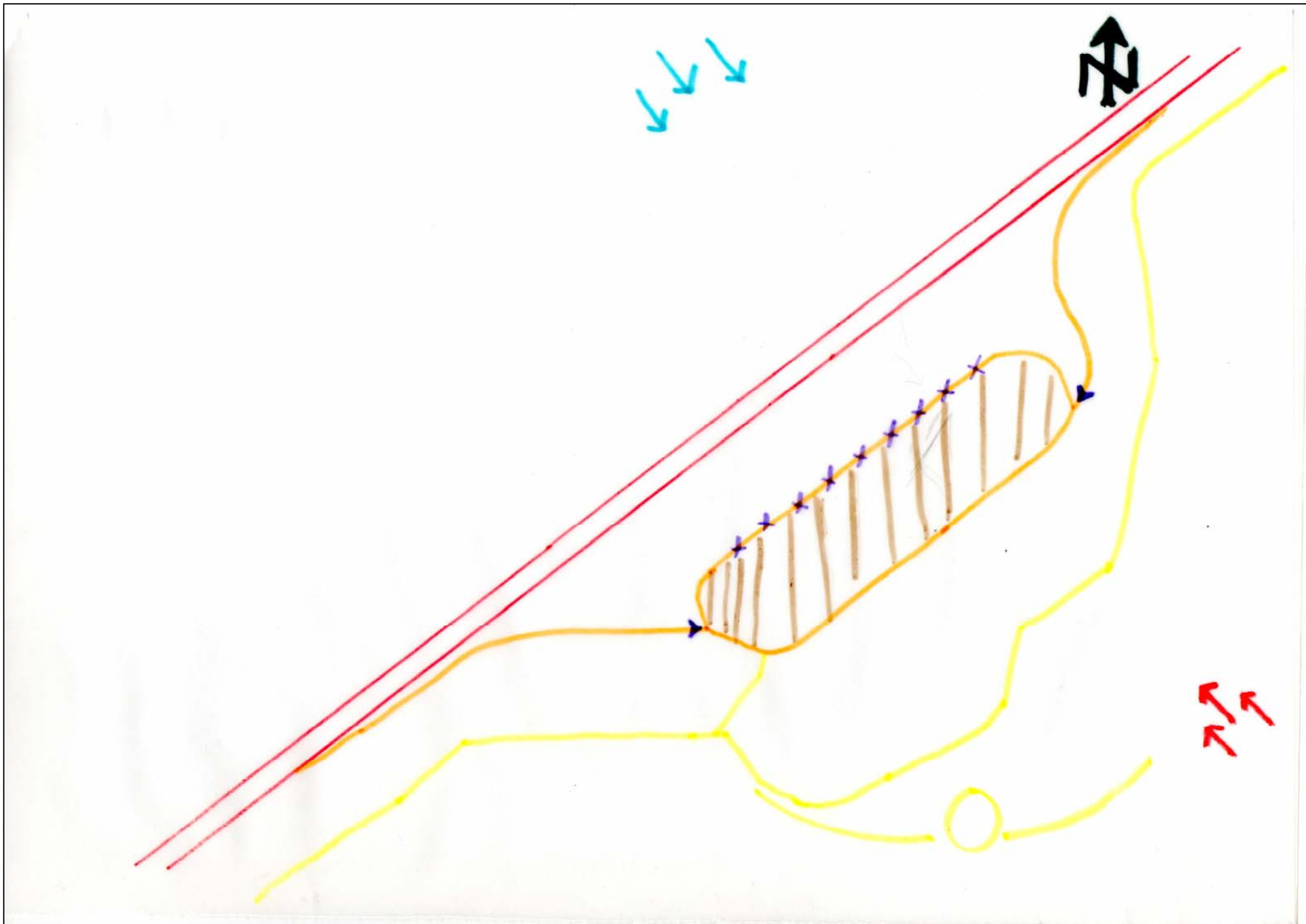
IV-3-3. Evaluation du Dr. BENCHERIF Meriama

Code	Complexité de la composition	Réponse aux contraintes	L'originalité	Maturité de l'idée	Le rendu	Appréciation de l'évaluateur
EX1-E1	C	C	C	C	B	Non prise en compte de l'environnement
EX1-E2	C	D	C	C	B	Espace de circulation exagéré. Absence de la hiérarchisation des espaces
EX1-E3	B	D	C	C	C	Espace technique qui bénéficie du panorama (garage et escalier)
EX1-E4	A	C	B	B	C	Pas assez de planche pour une bonne lecture
EX2-E1	A	B	A	B	B	Absence de maîtrise des éléments du programme le nombre des sanitaires excessifs
EX2-E2	C	C	B	B	D	Confusion dans les accès
EX2-E3	C	C	C	C	D	Incompréhensible

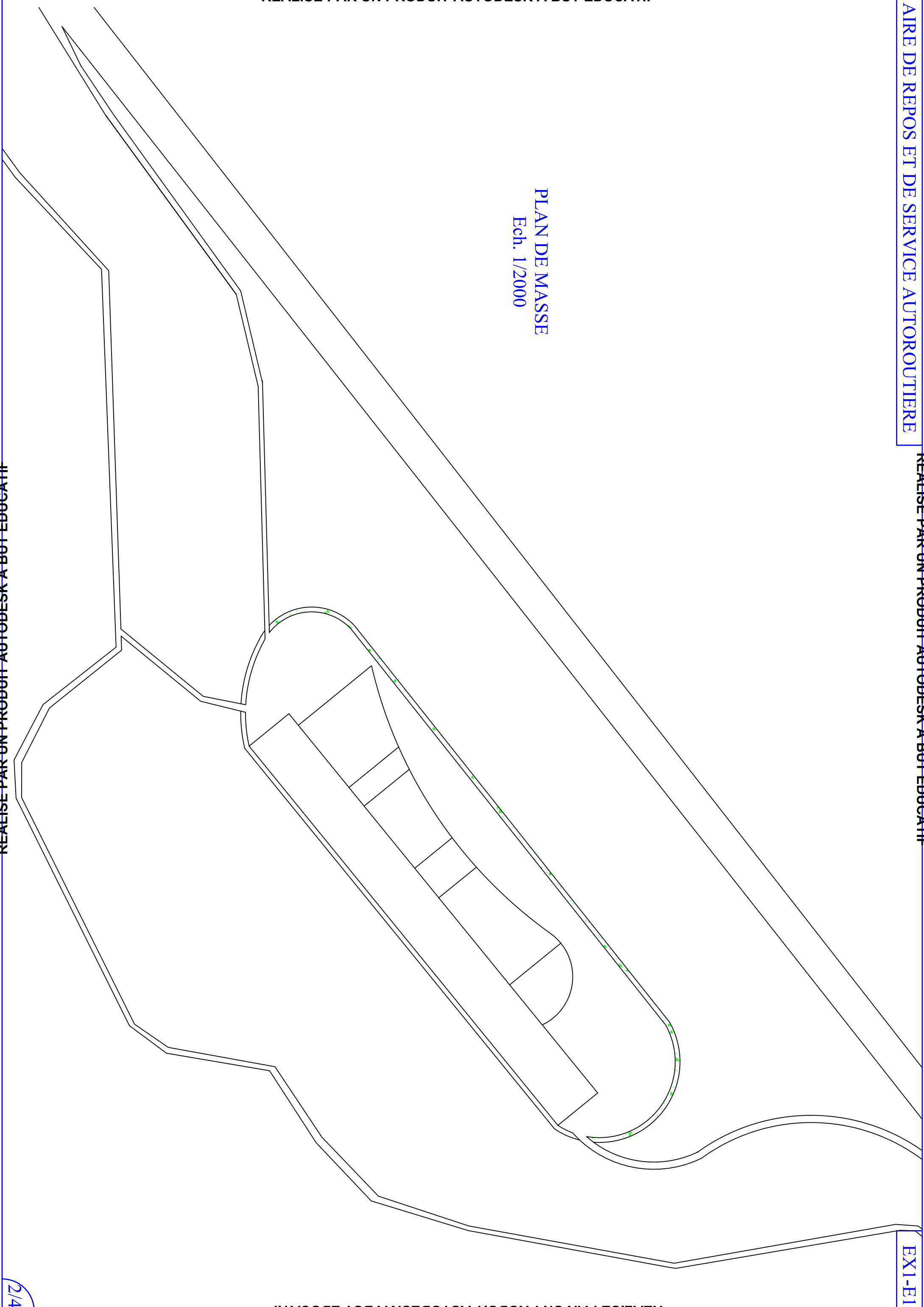
ANNEXE IV : L'ÉVALUATION DES TRAVAUX

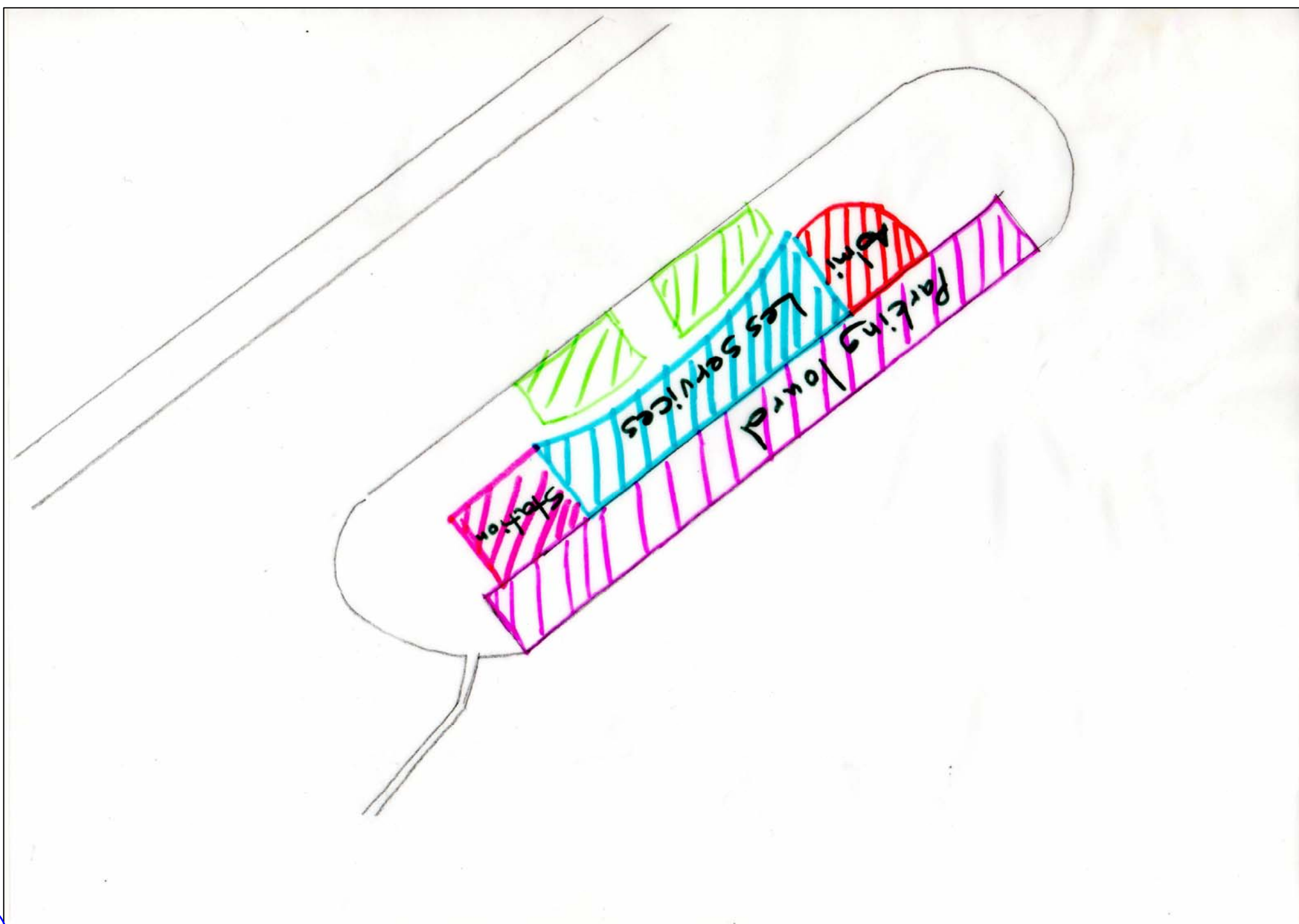
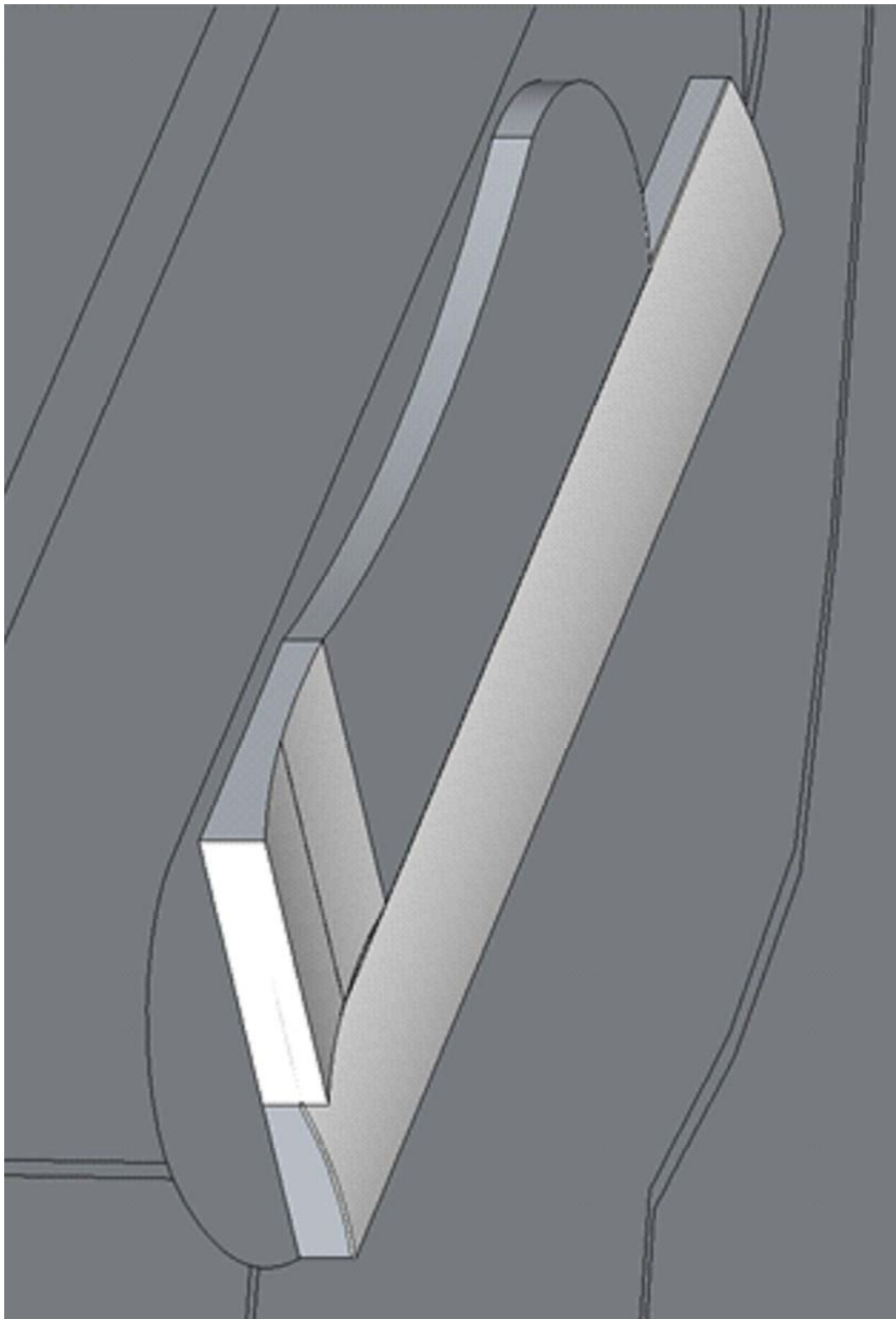
EX2-E4	B	B	A	A	B	L'idée mentale est matérialisée
EX2-E5	C	C	C	C	D	Manque de maîtrise et non-respect des éléments du programme Fonctionnement médiocre
EX2-E6	C	C	C	C	D	Des terrasses qui donnent de dos au panorama (non prise en compte de l'environnement)

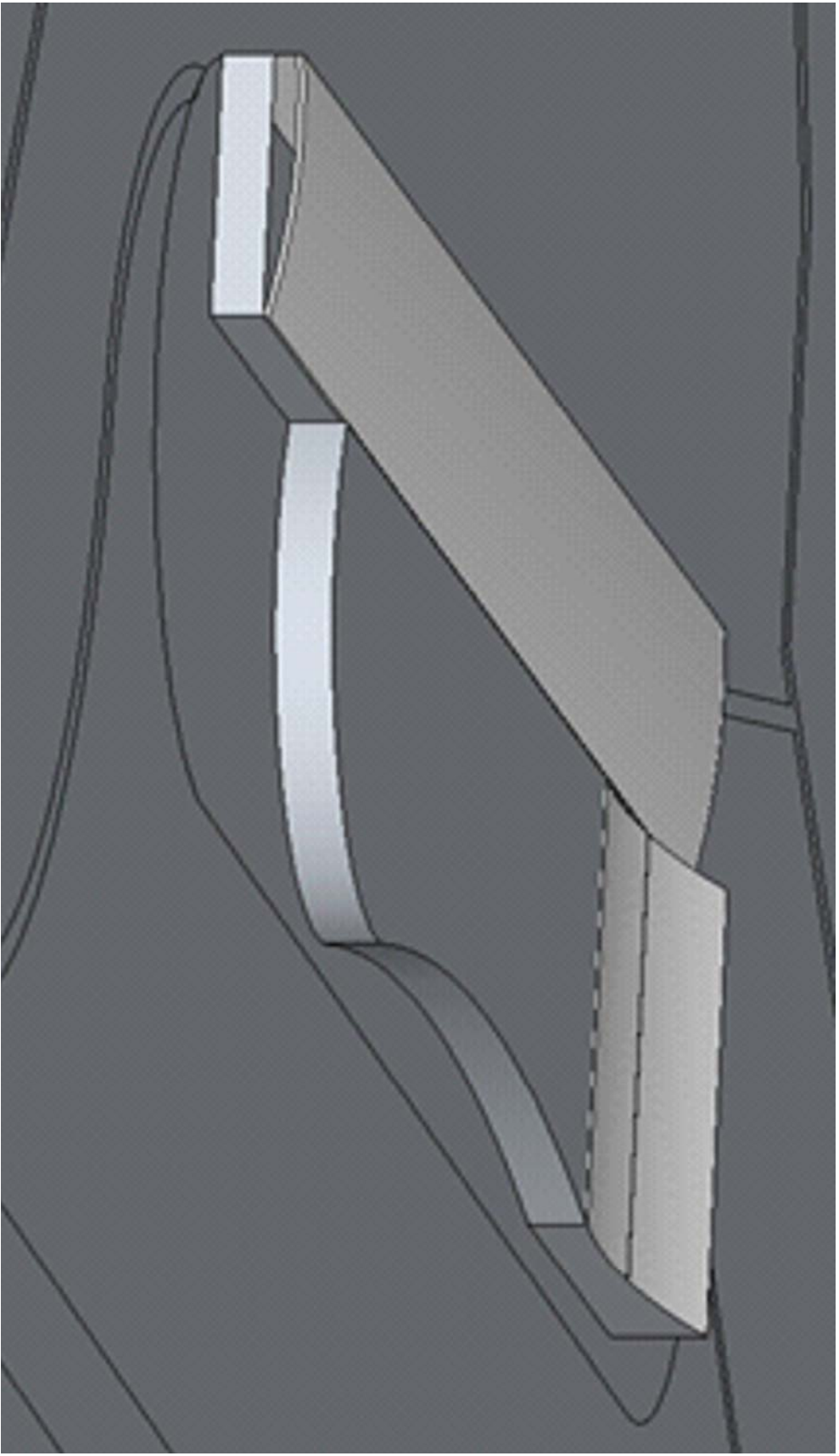
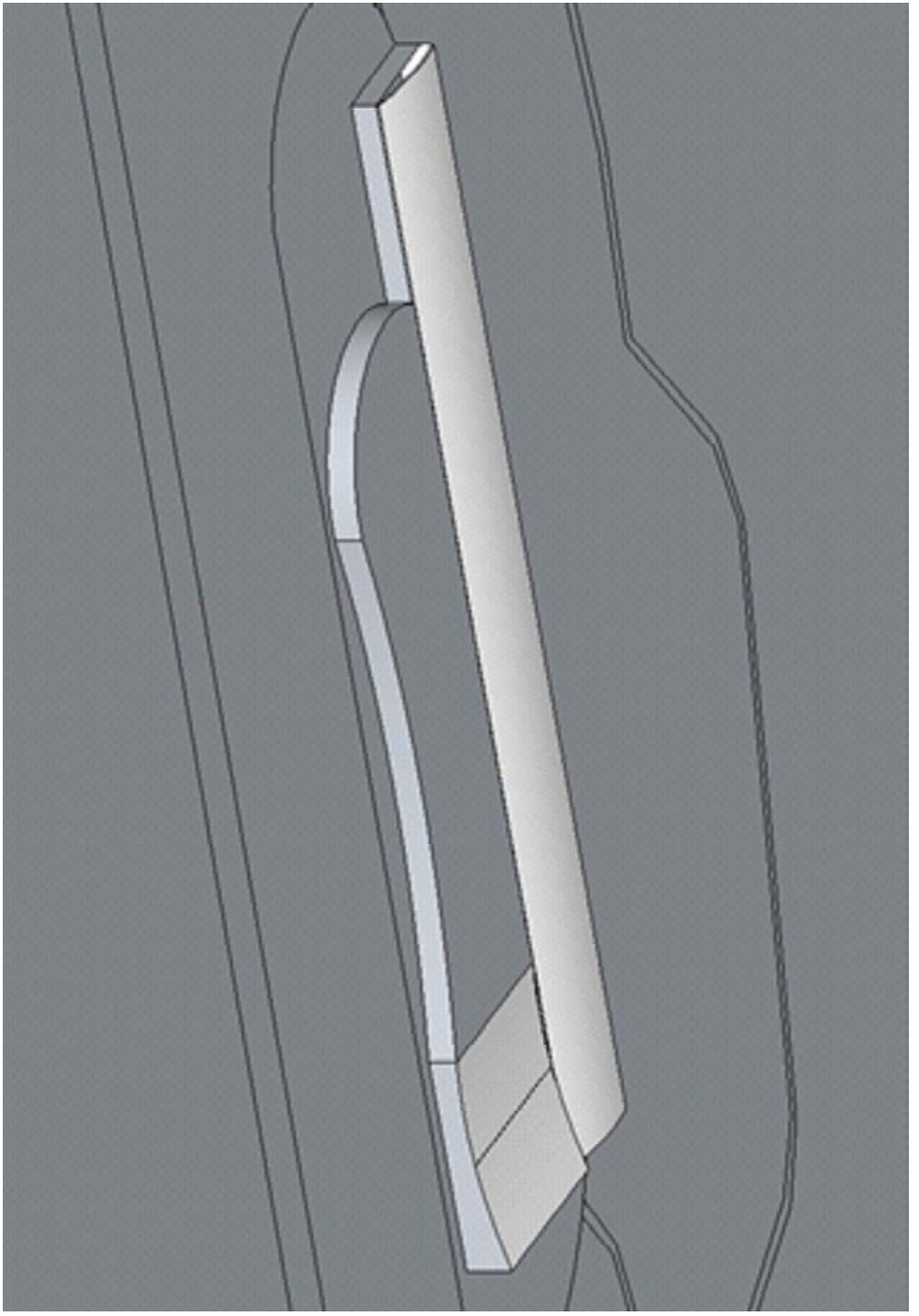
ANNEXE V : LES TRAVAUX DES PARTICIPANTS
A L'ETUDE EXPERIMENTALE

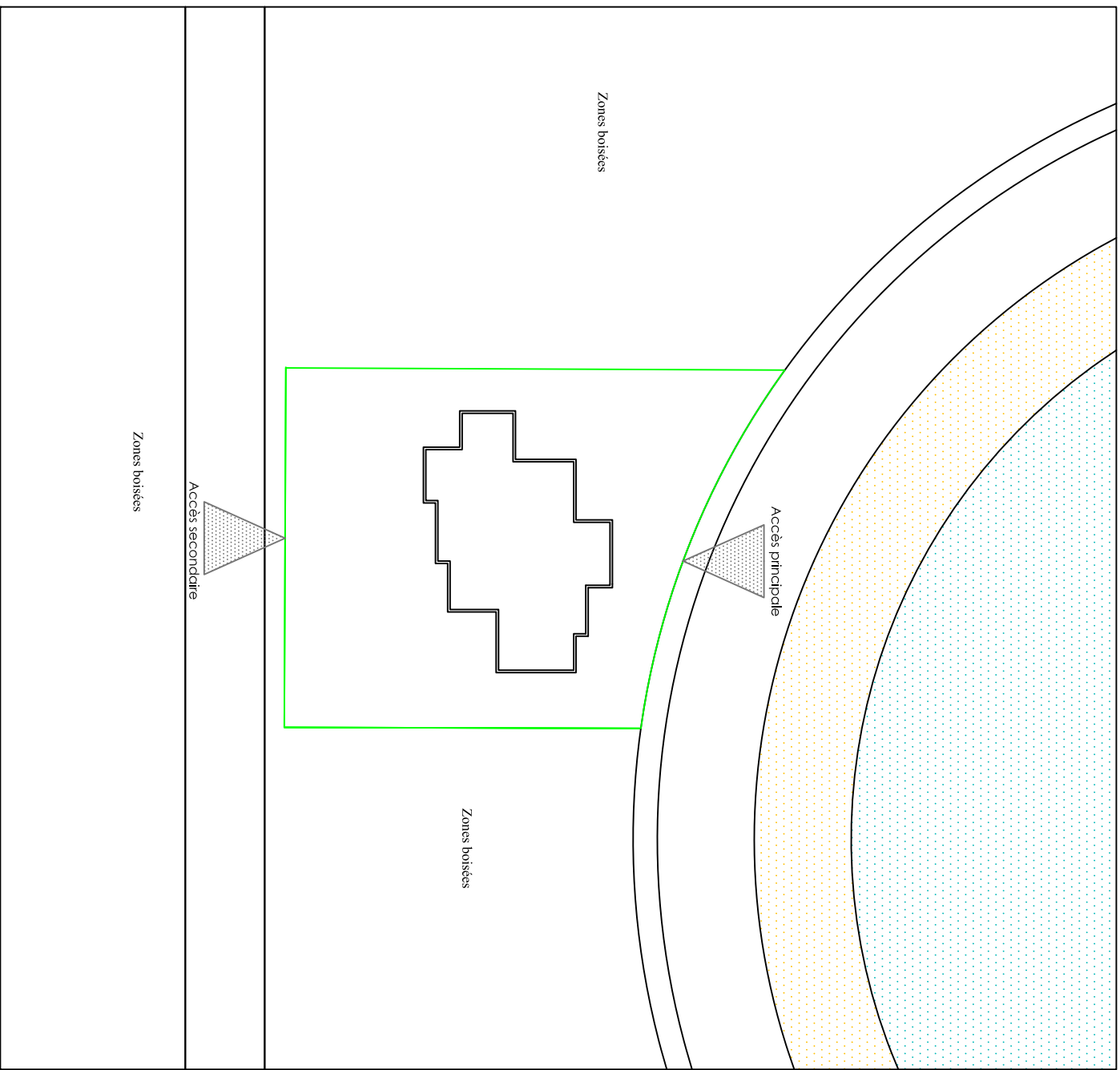


PLAN DE MASSE
Ech. 1/2000

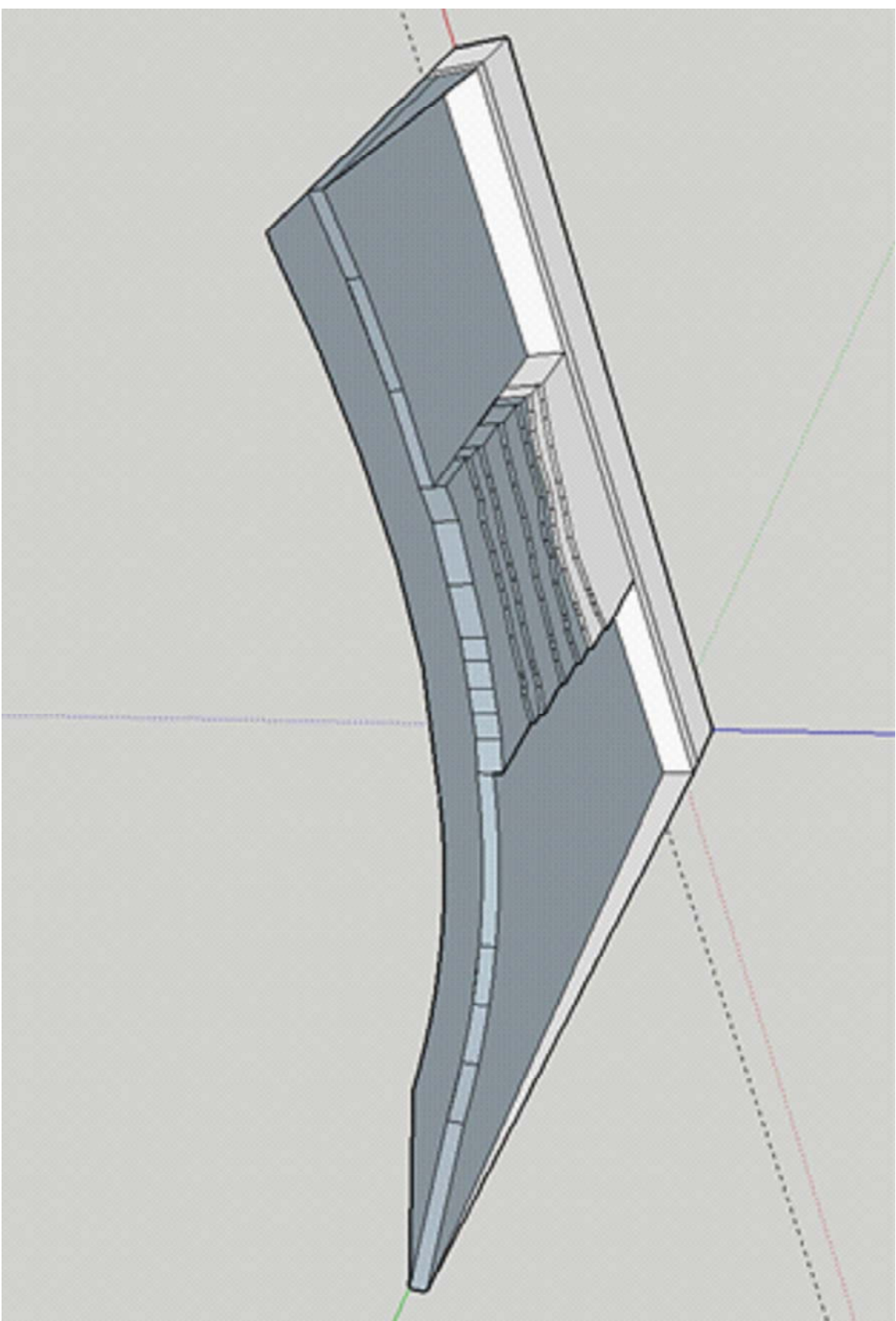




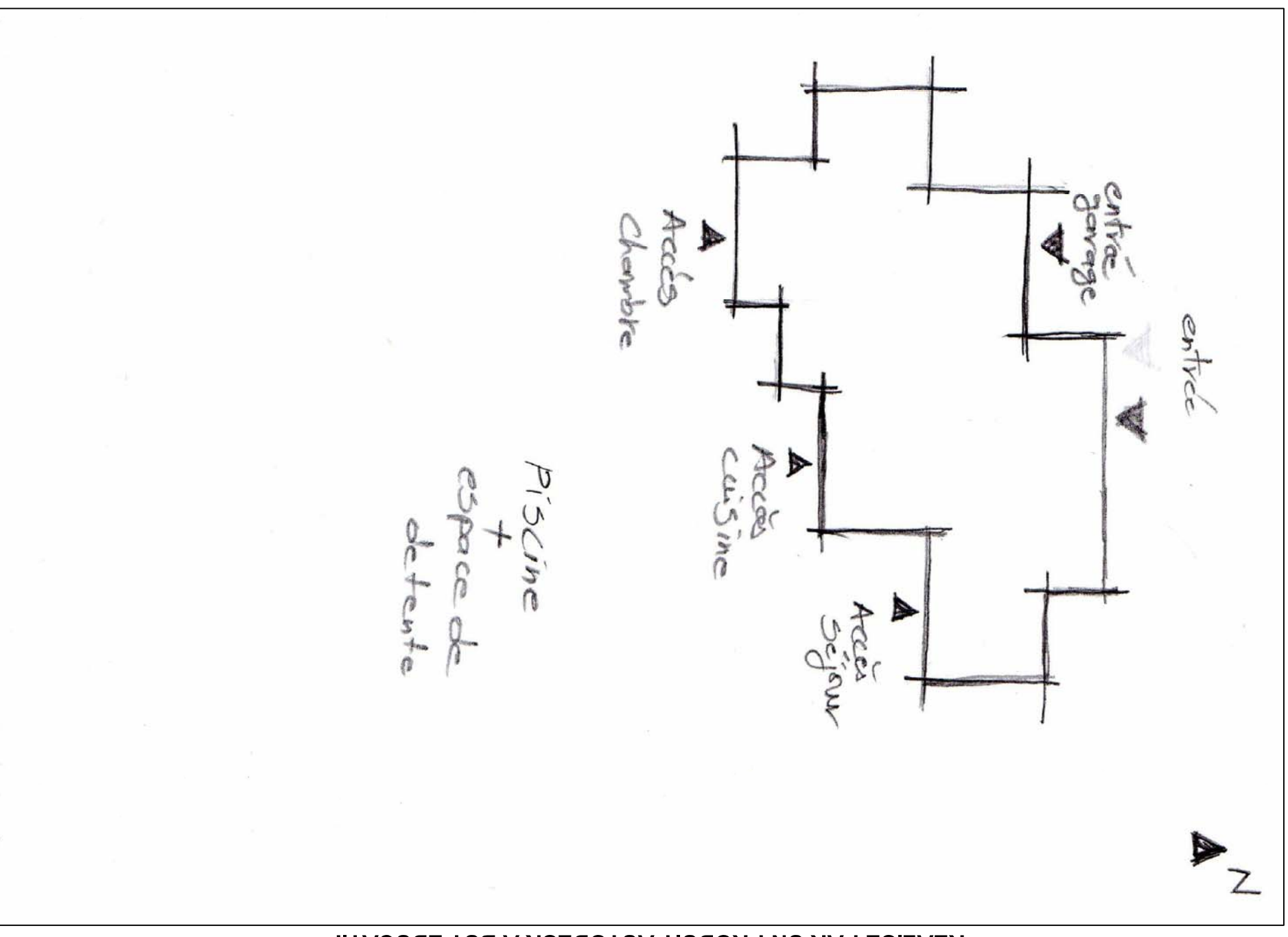
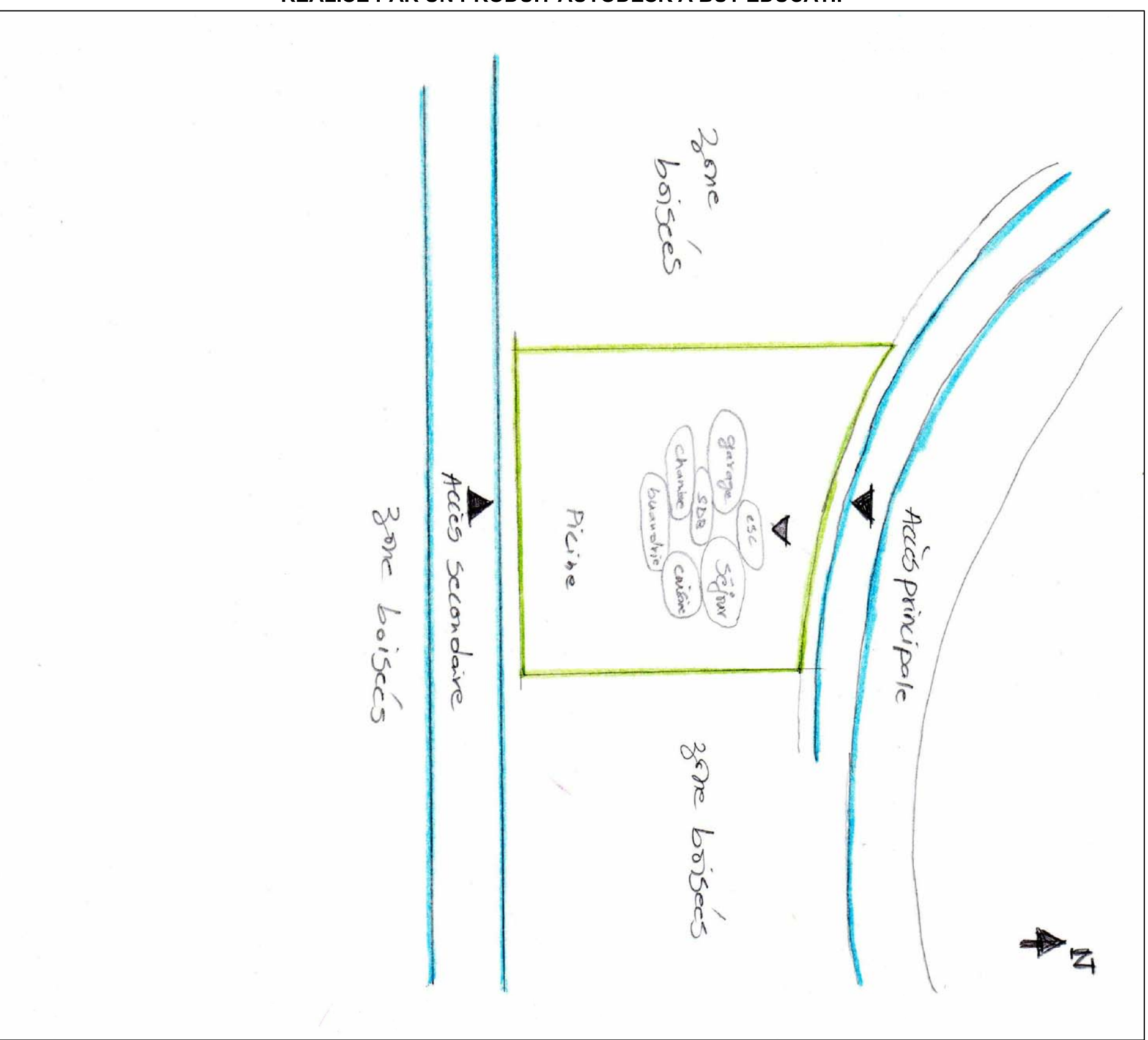


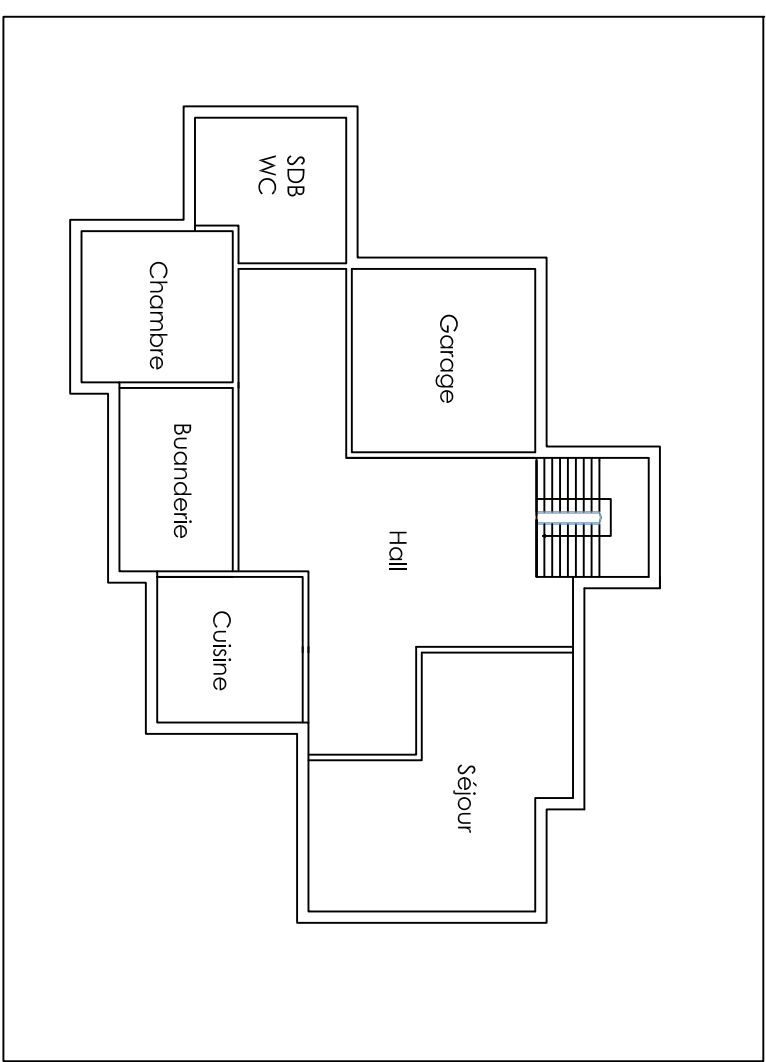
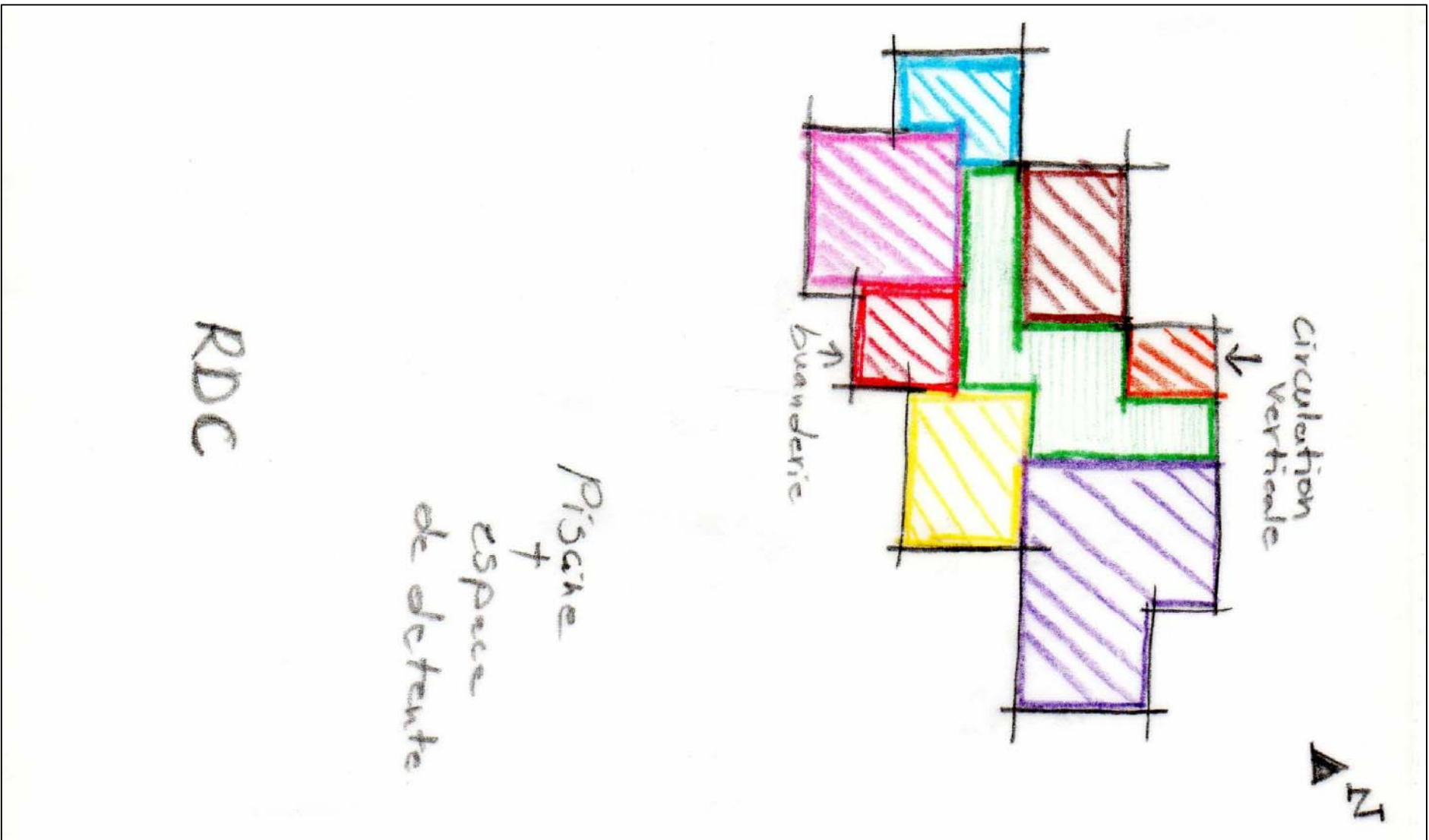


PLAN DE MASSE
Ech. 1/500

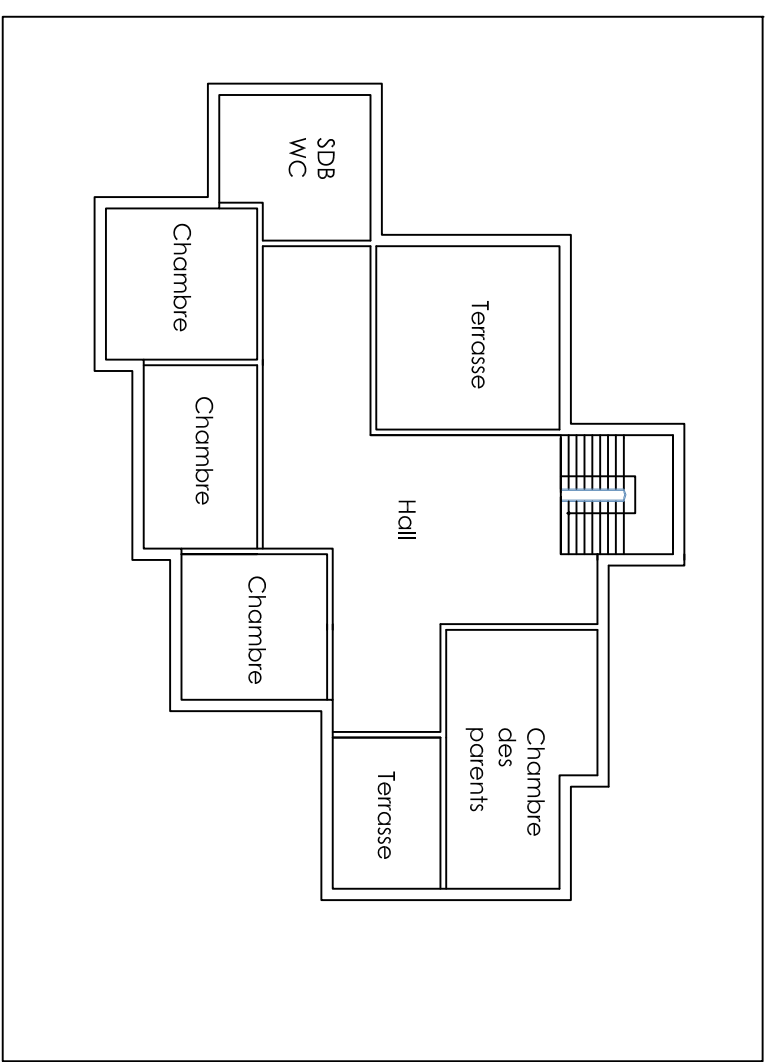


LE TERRAIN

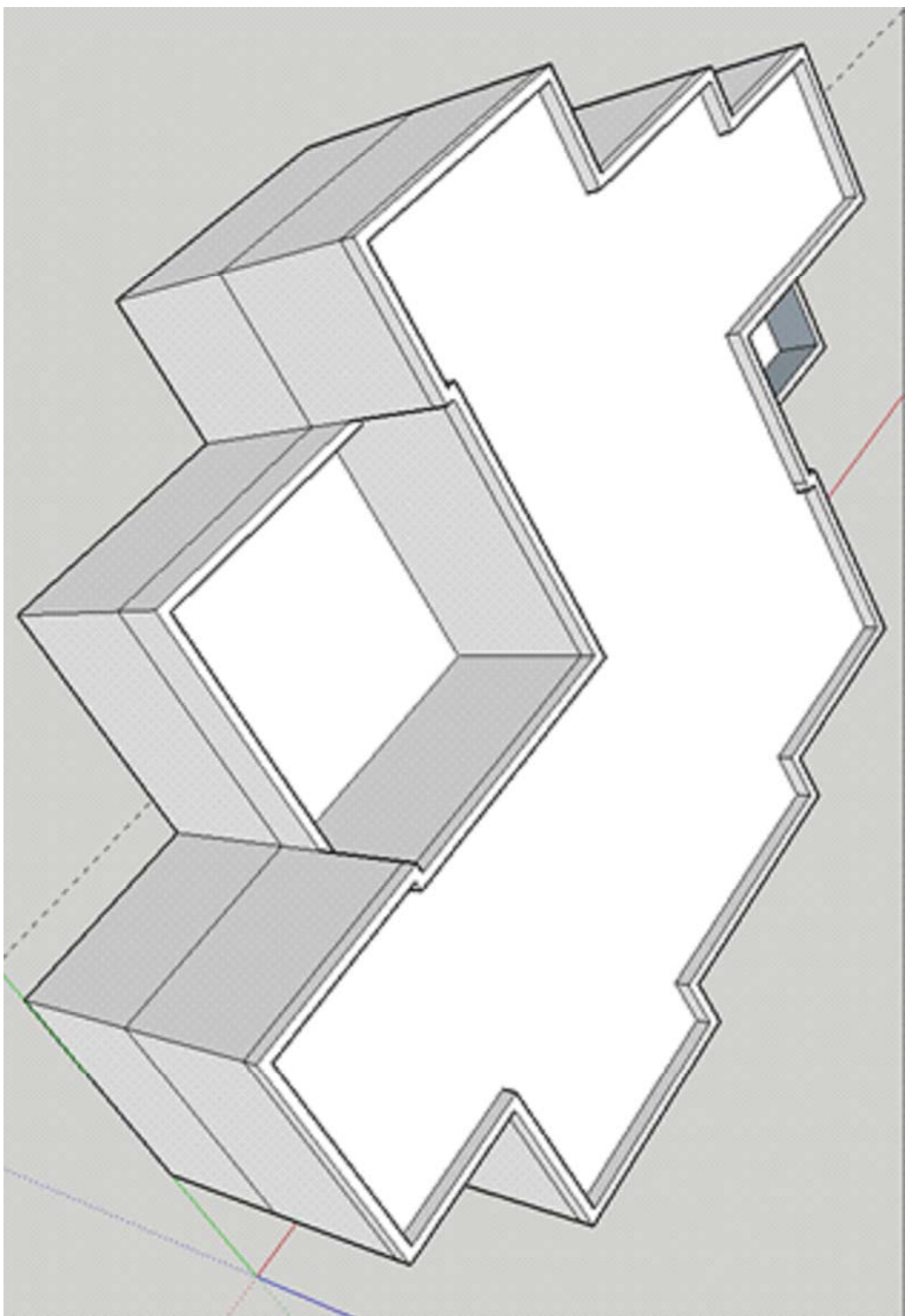
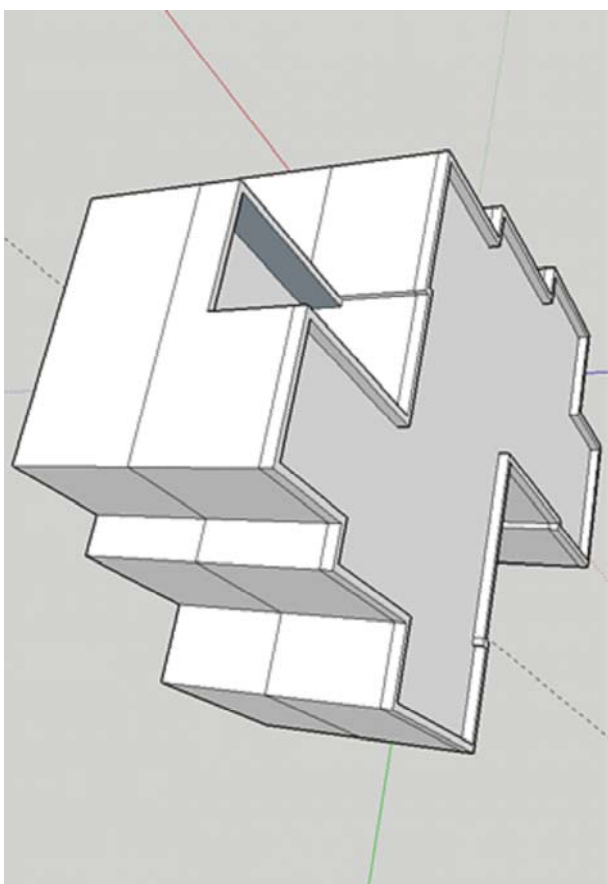
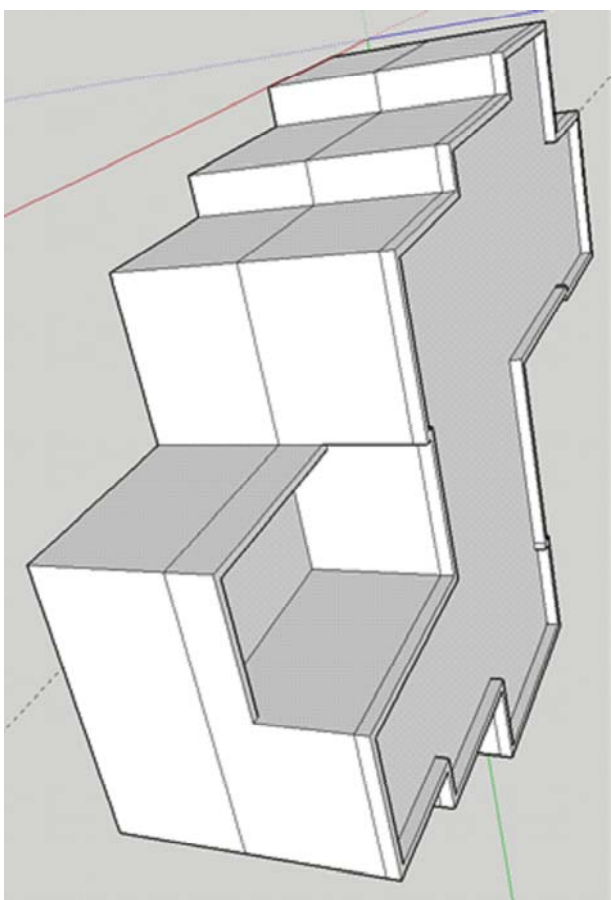
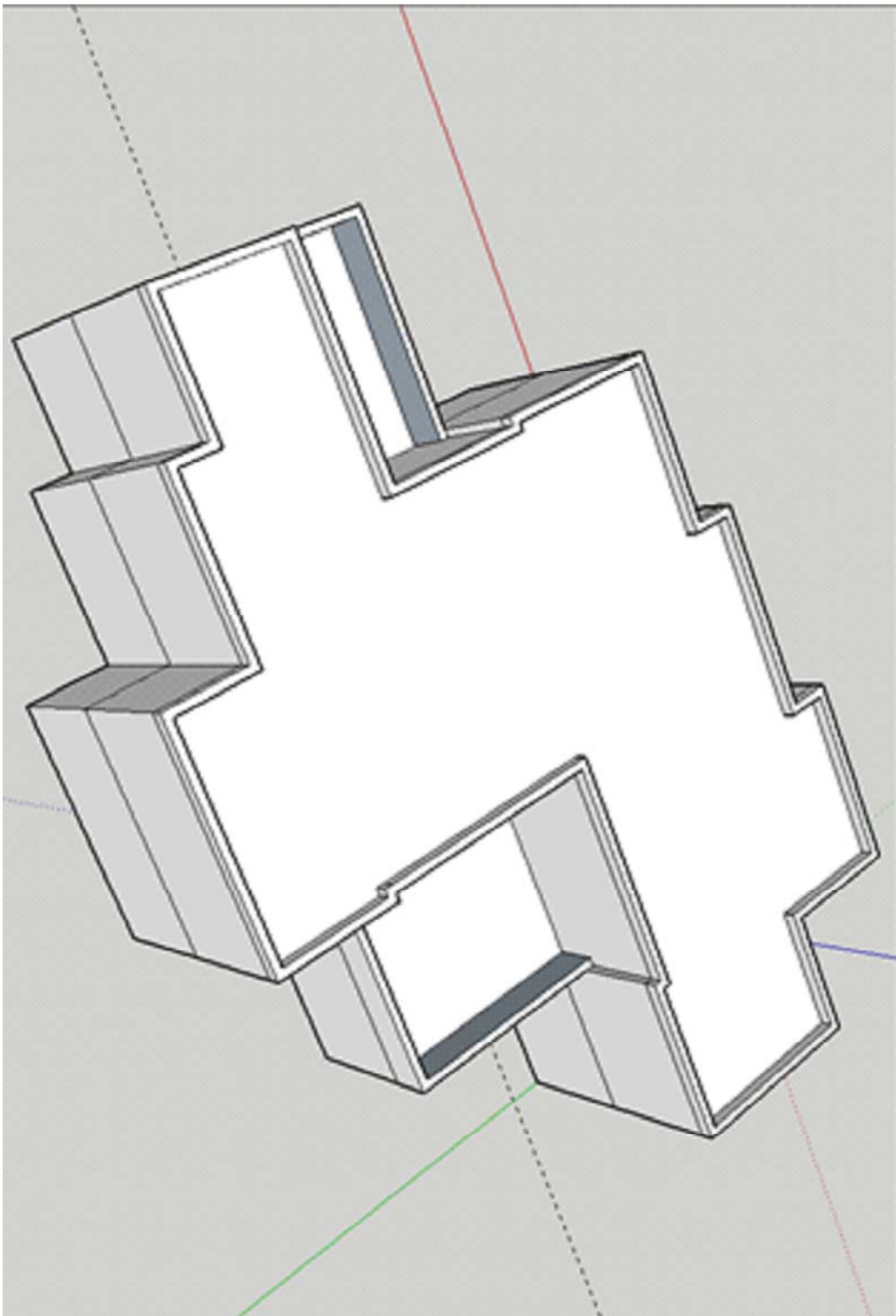


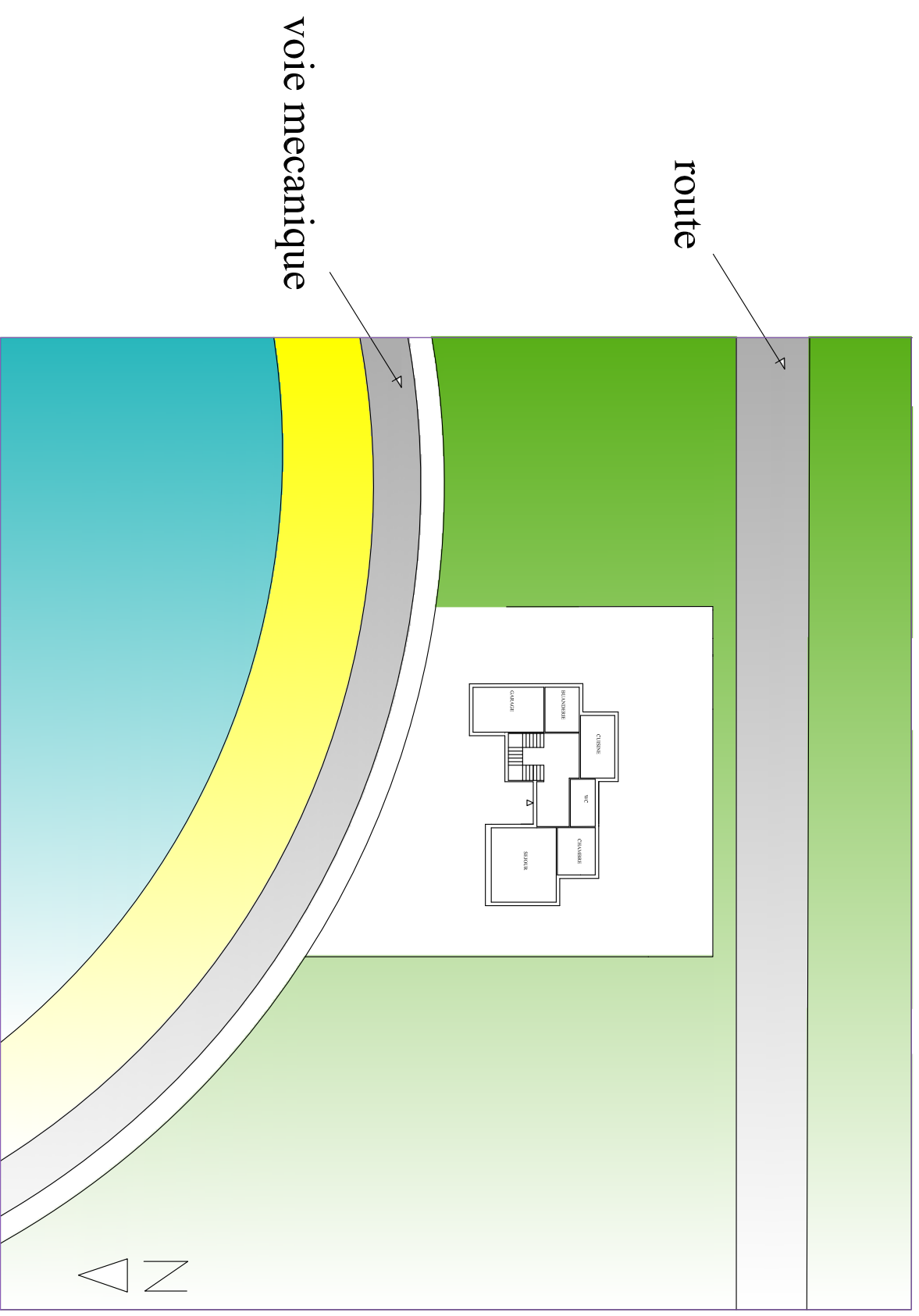
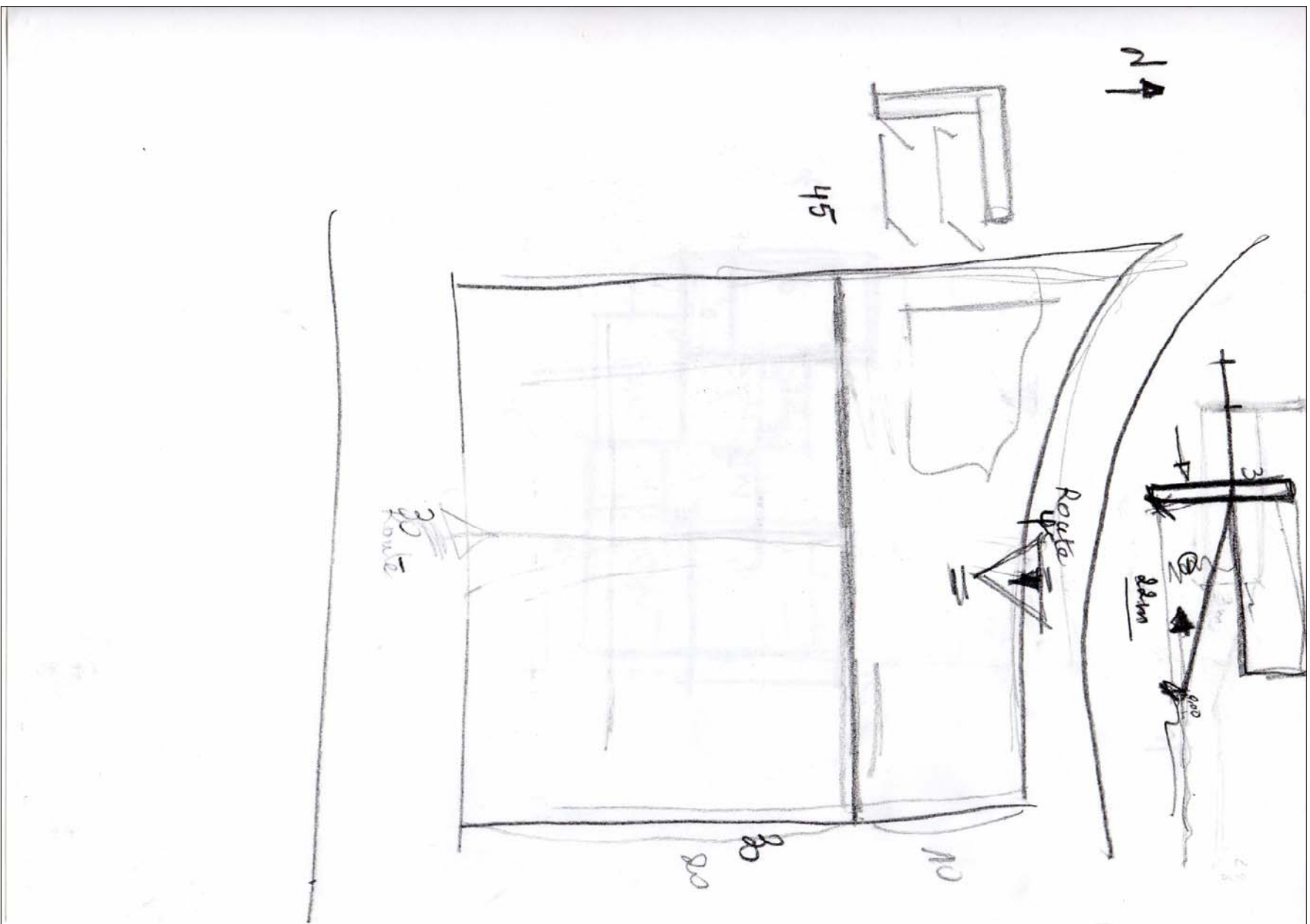


PLAN DU RDC
Ech. 1/200

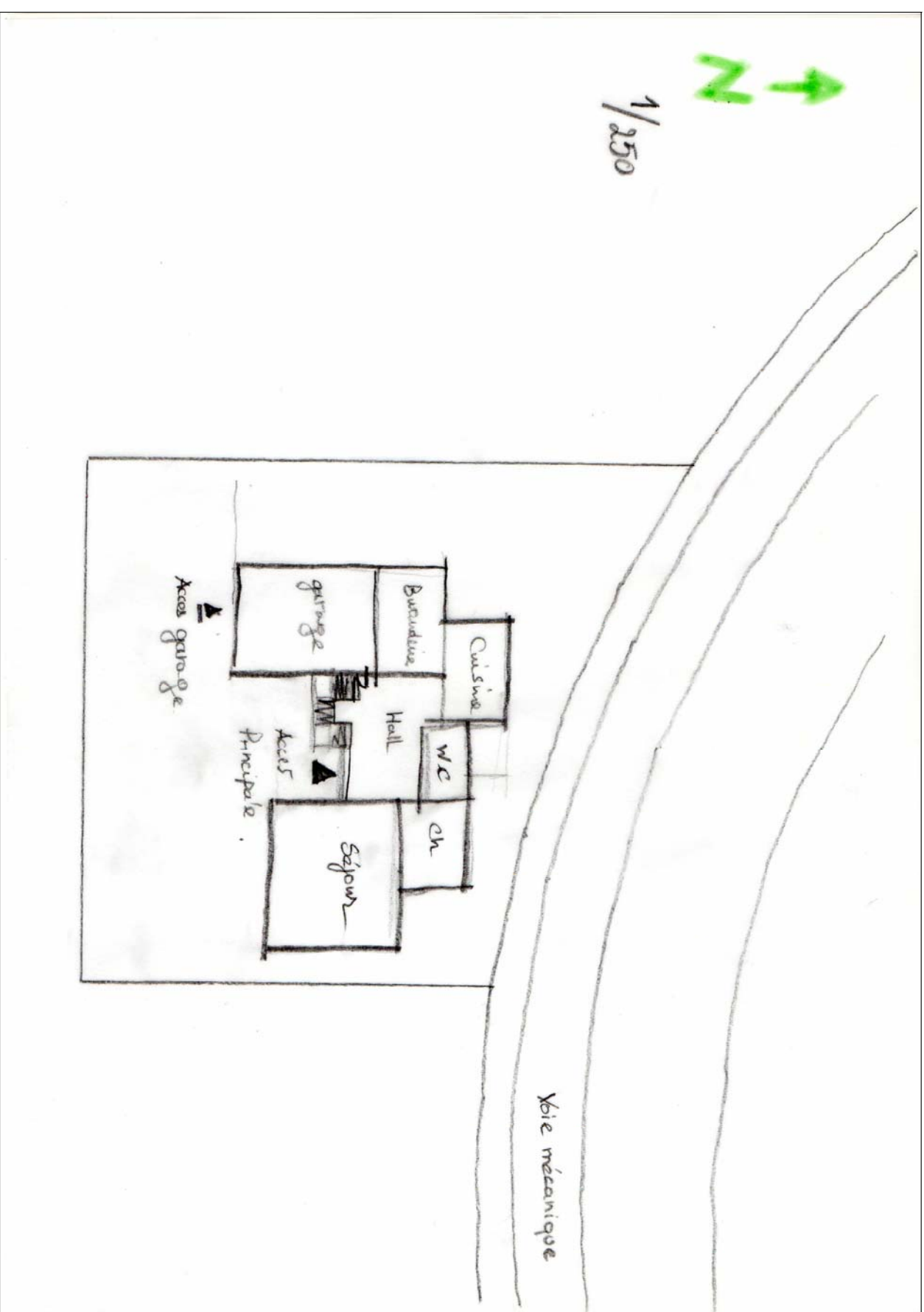
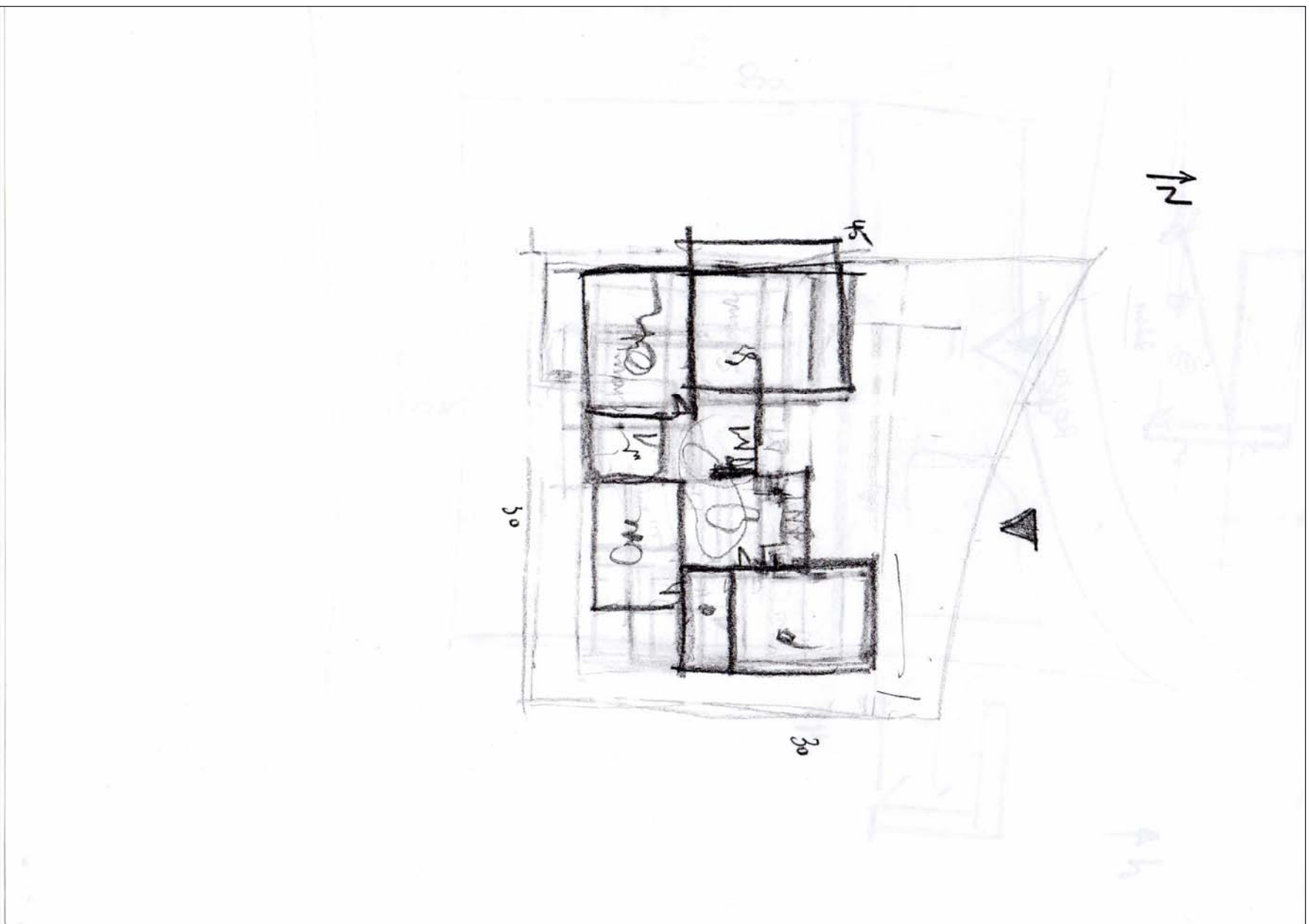


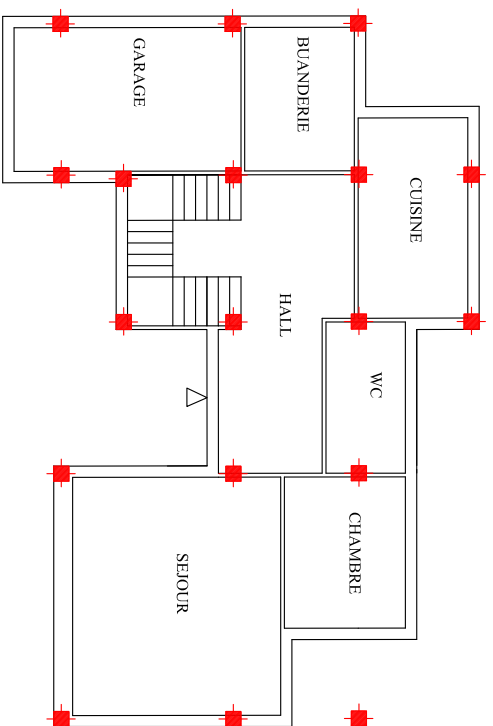
PLAN DE L'ETAGE
Ech. 1/200



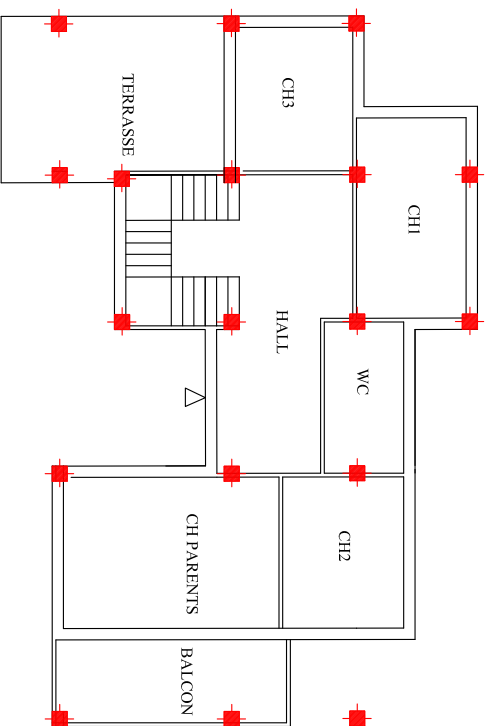


PLAN DE MASSE
Ech. 1/500

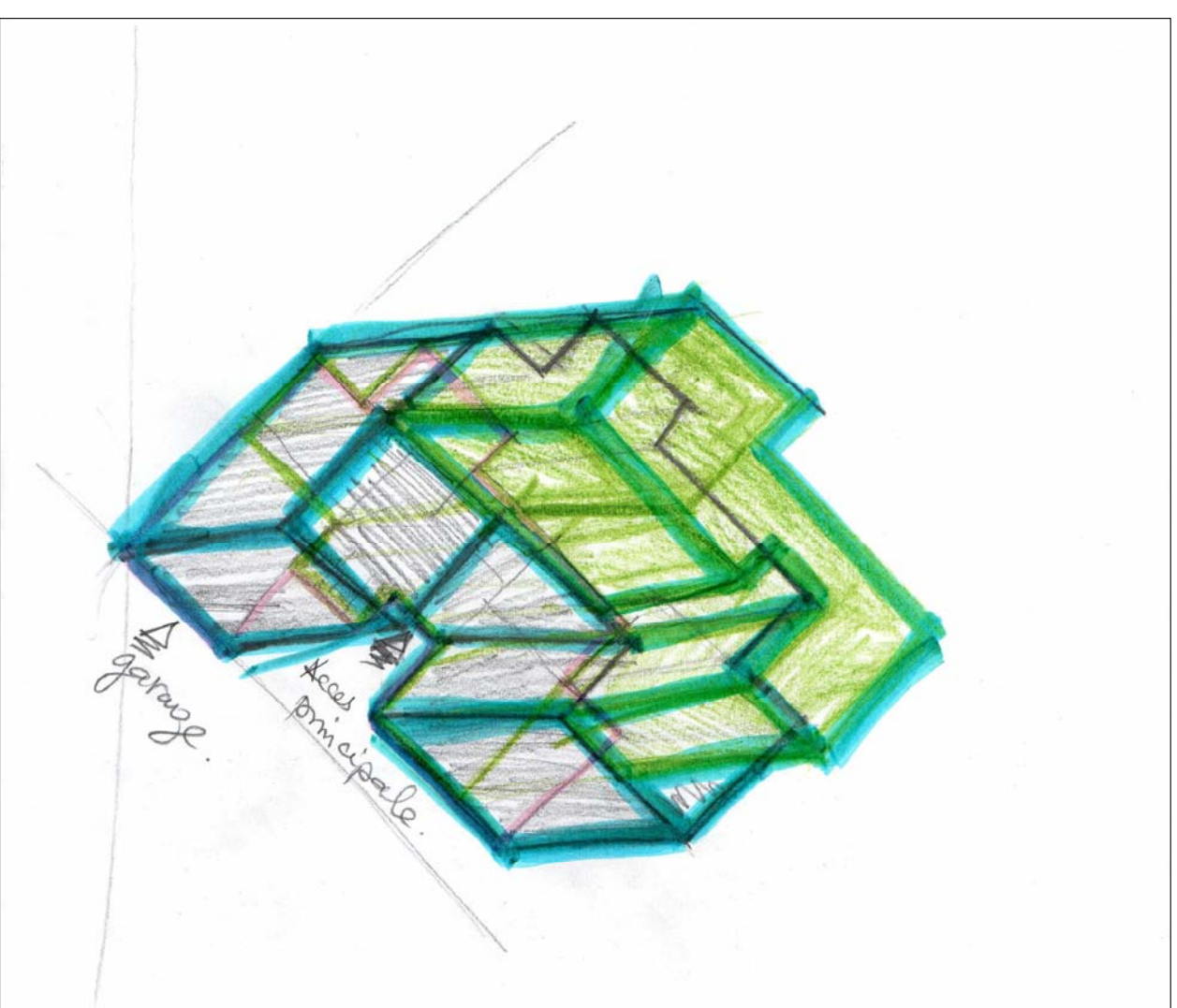


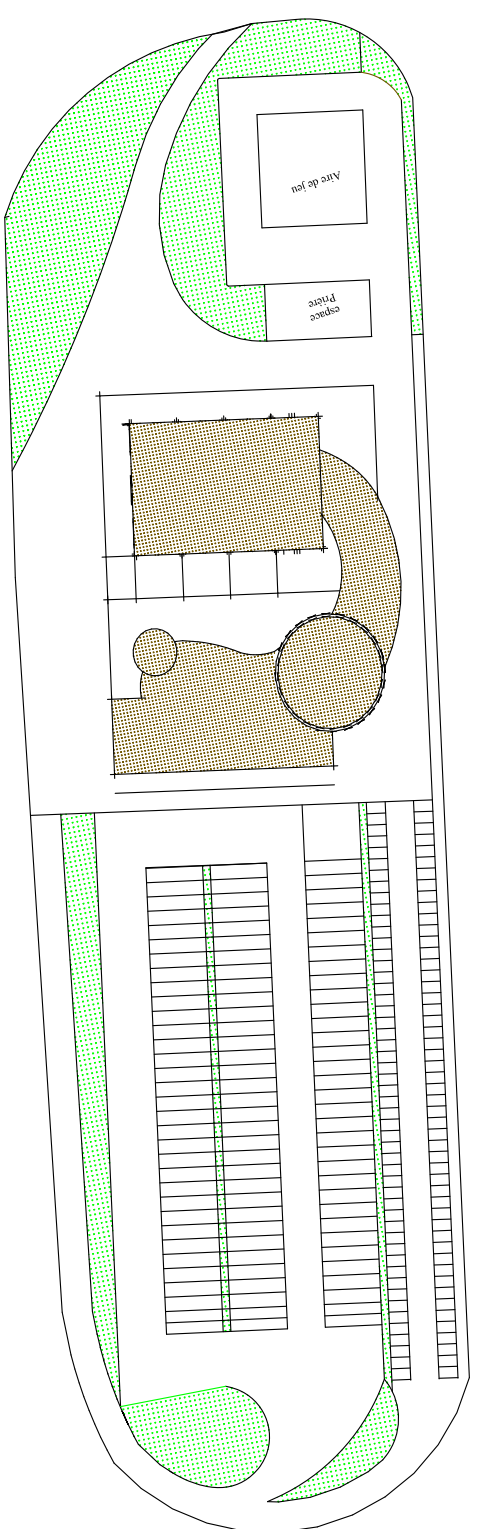
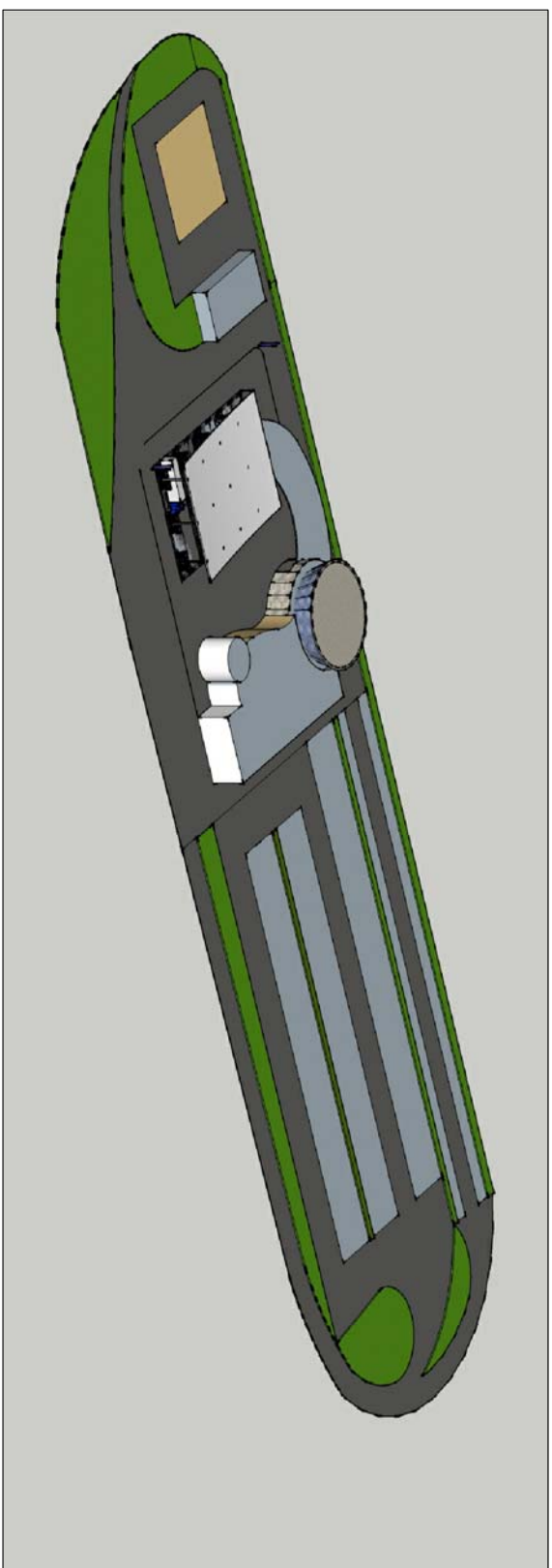


PLAN DU RDC
Ech. 1/200

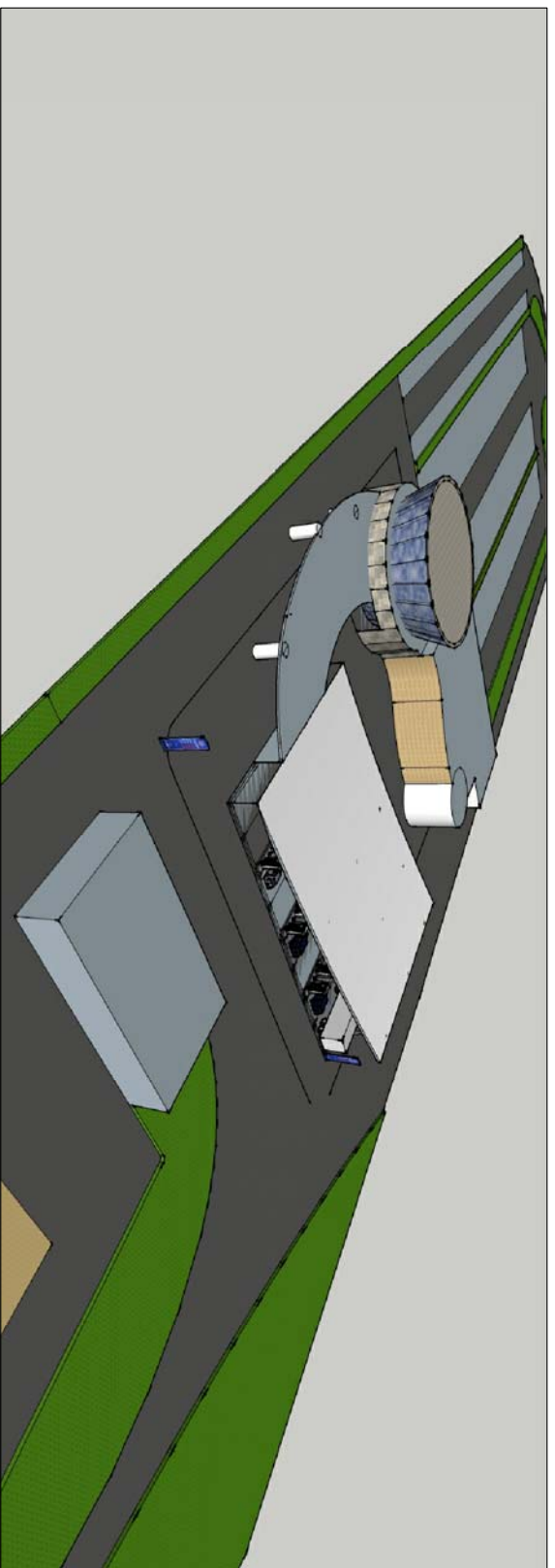


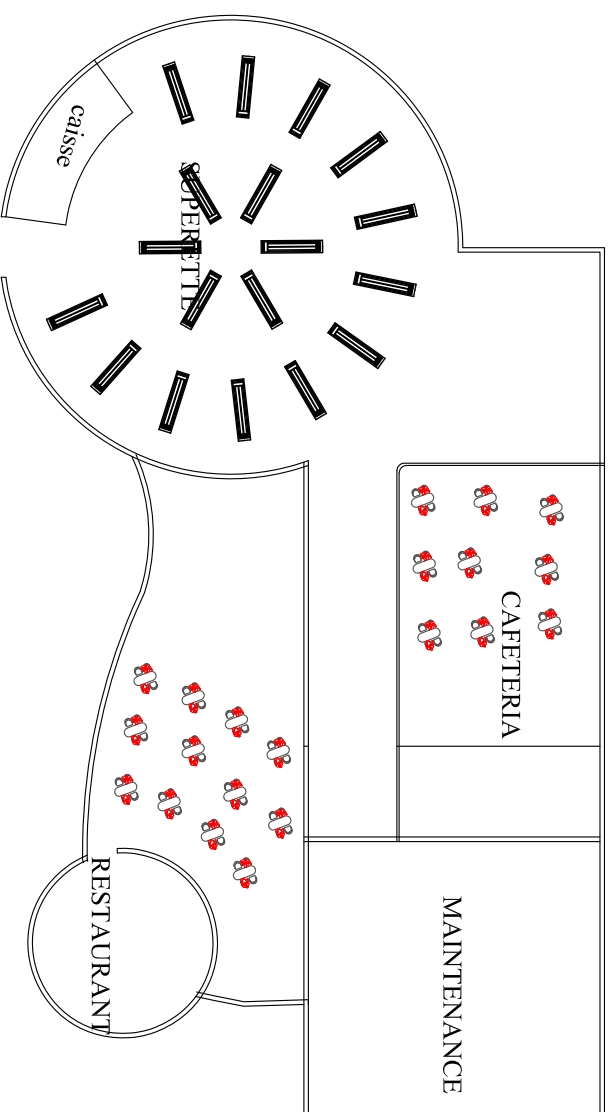
PLAN DE L'ETAGE
Ech. 1/200



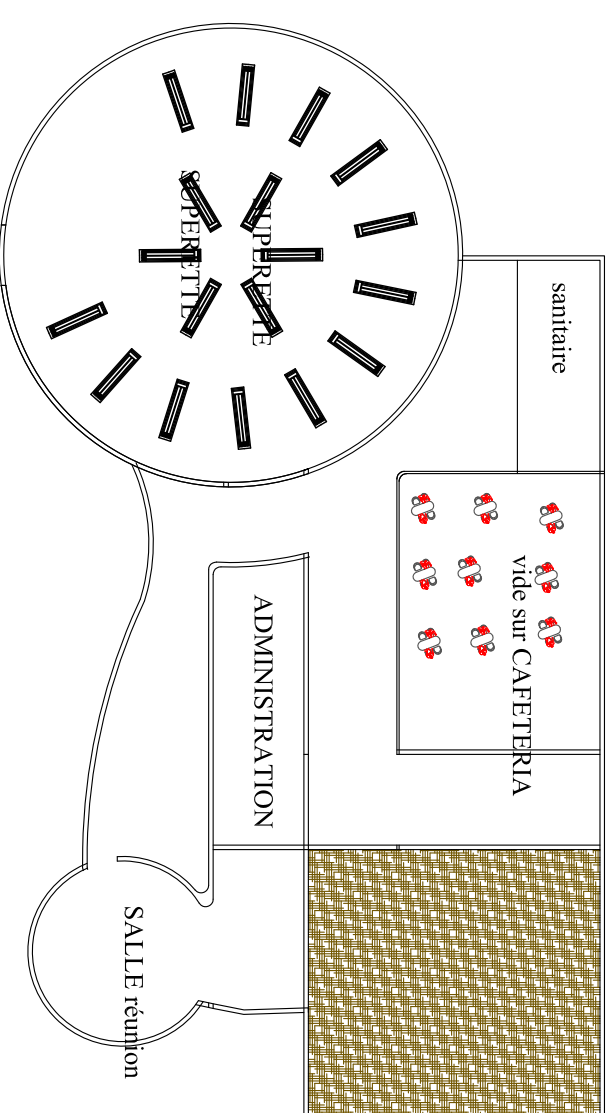


PLAN DE MASSE
Ech. 1/2000

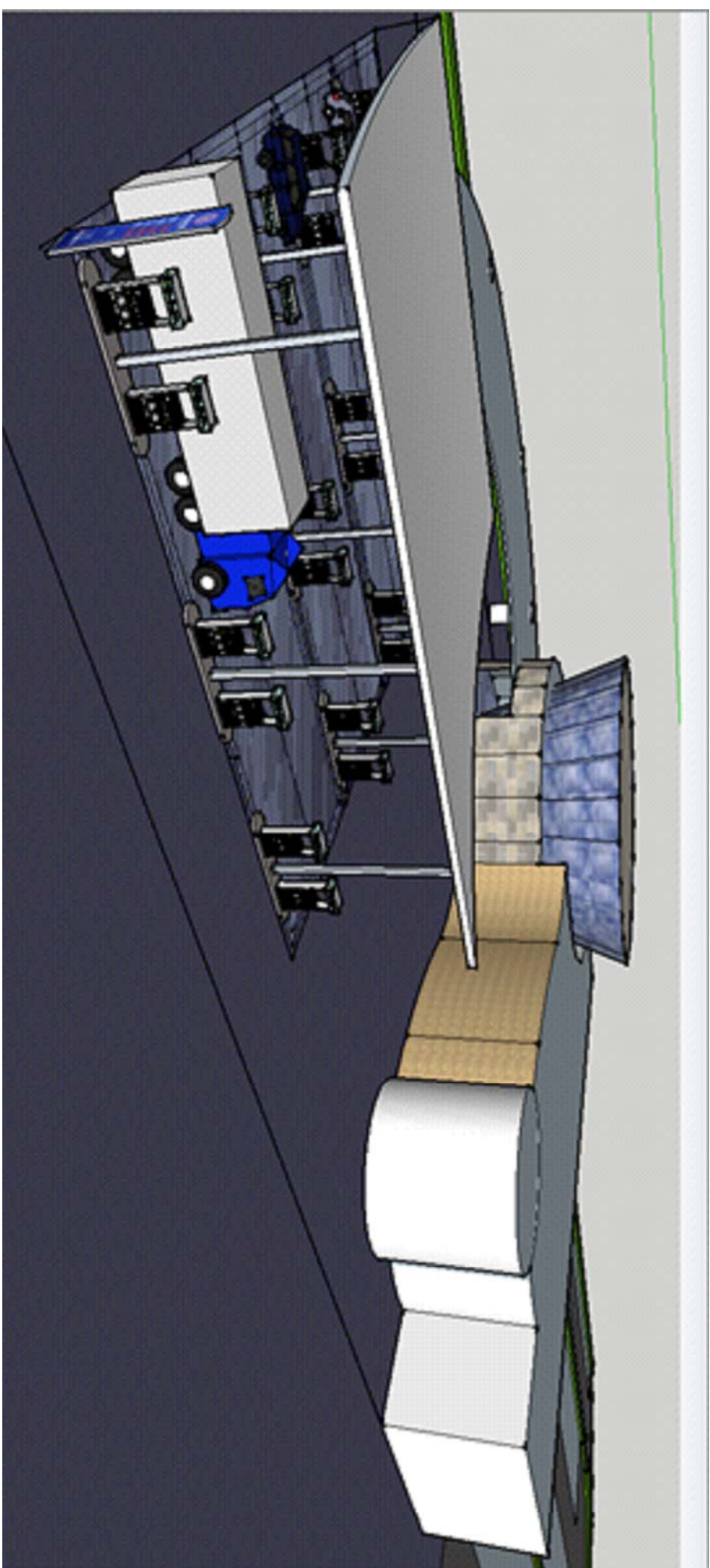
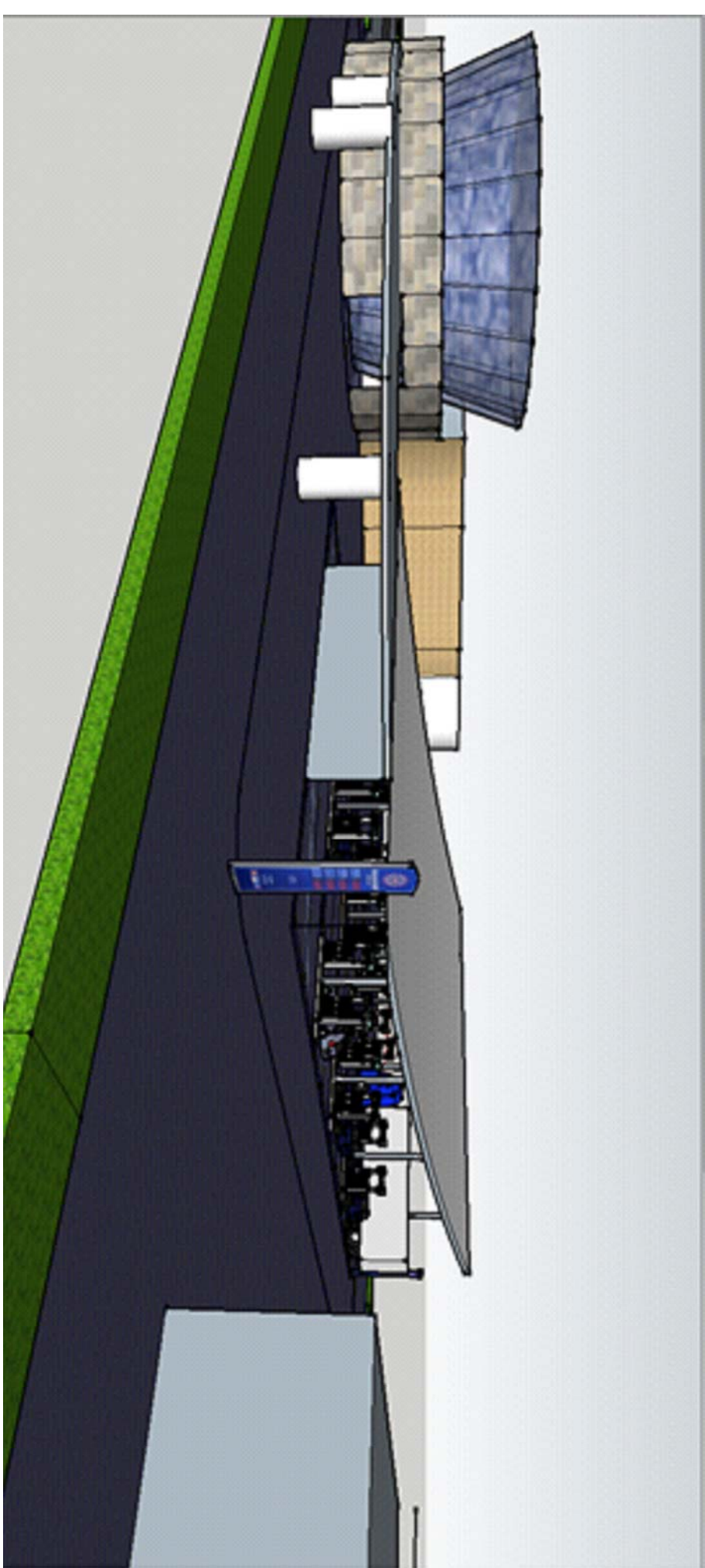


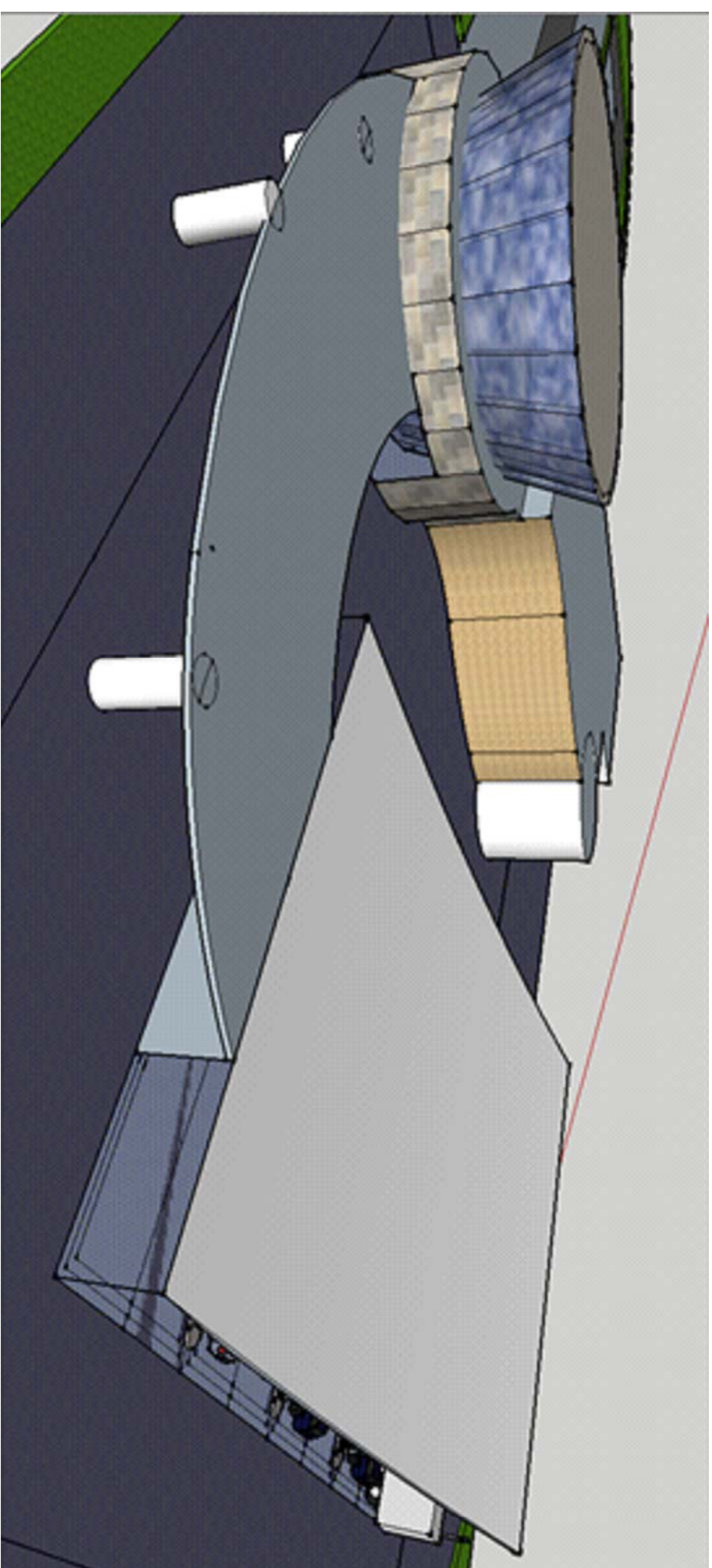
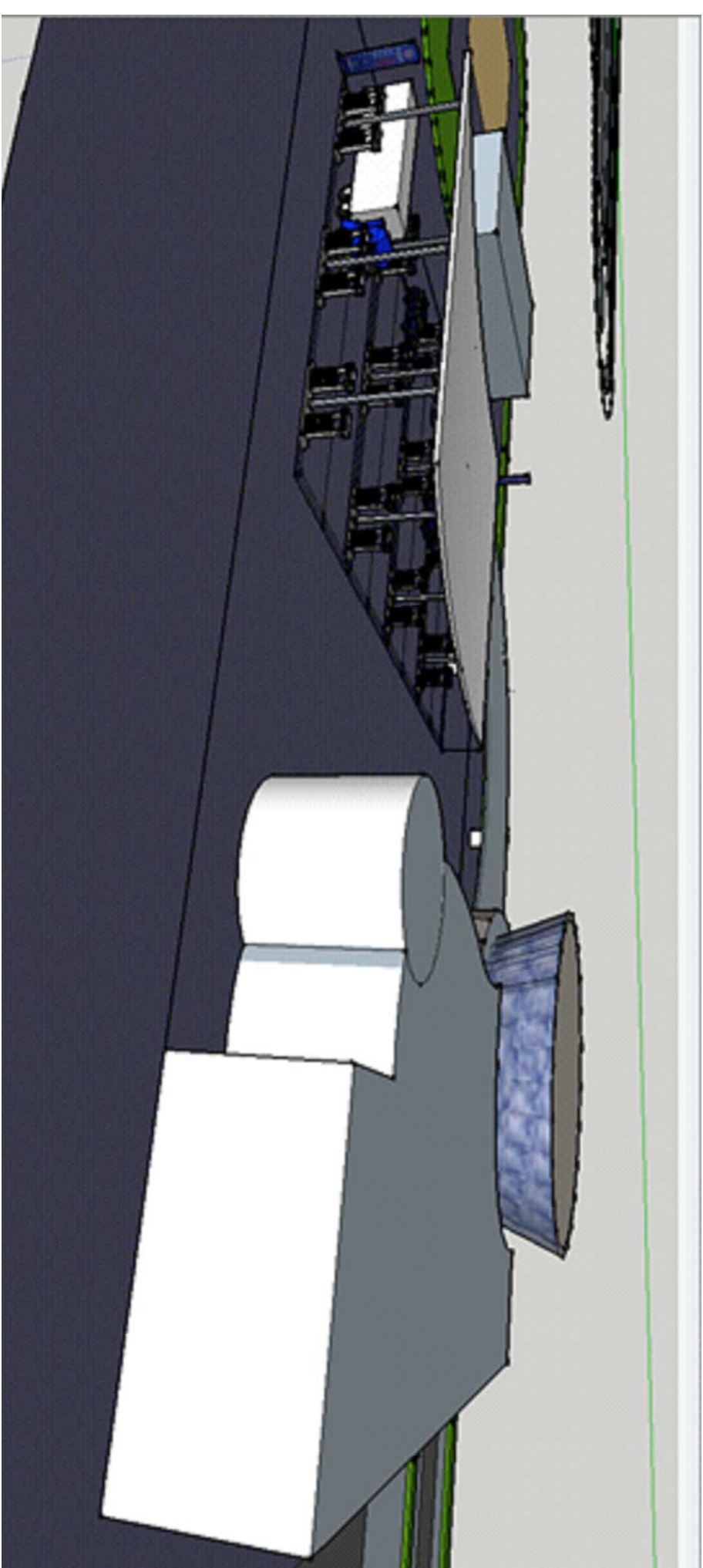


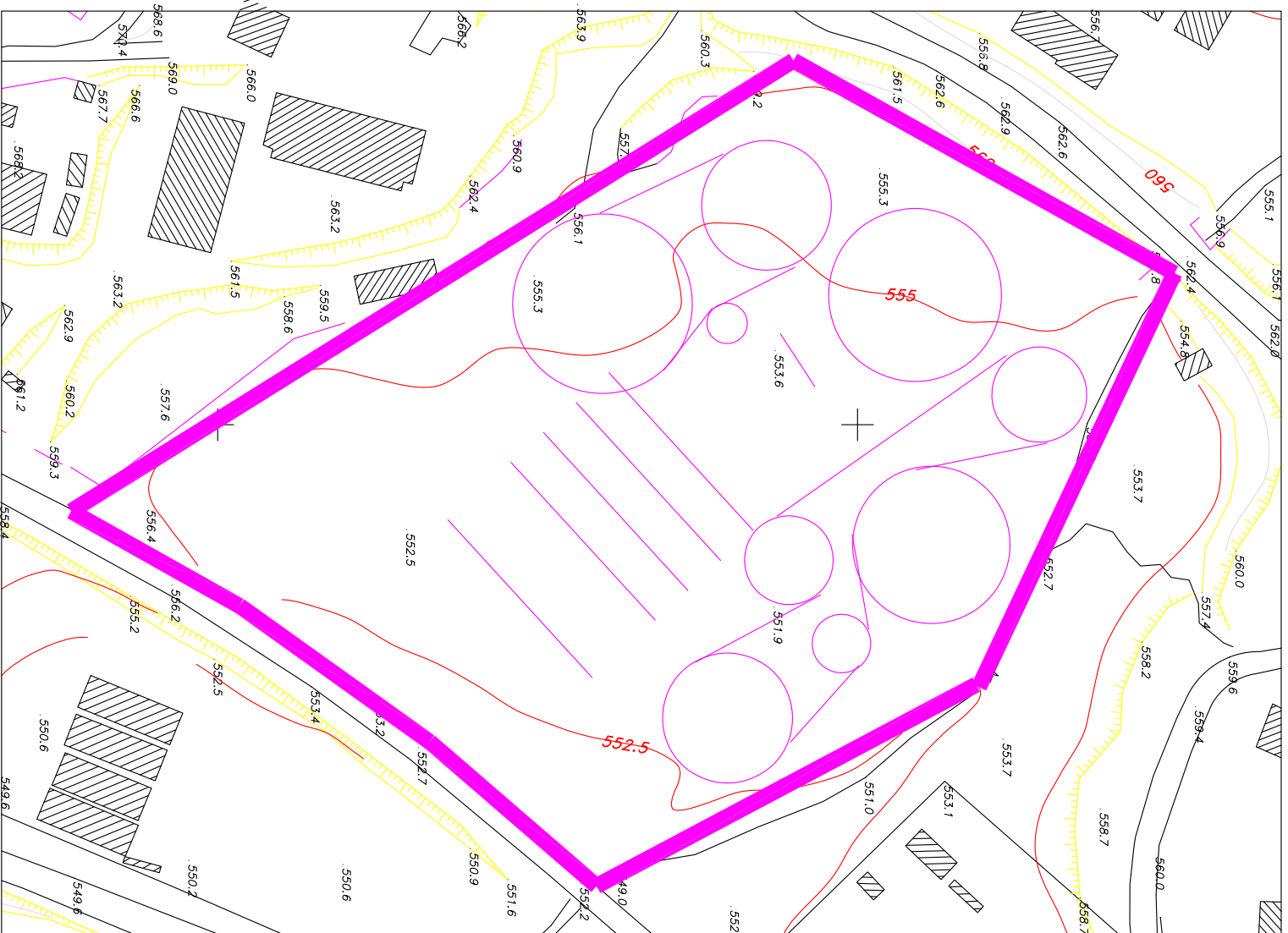
PLAN DU RDC
Ech. 1/500



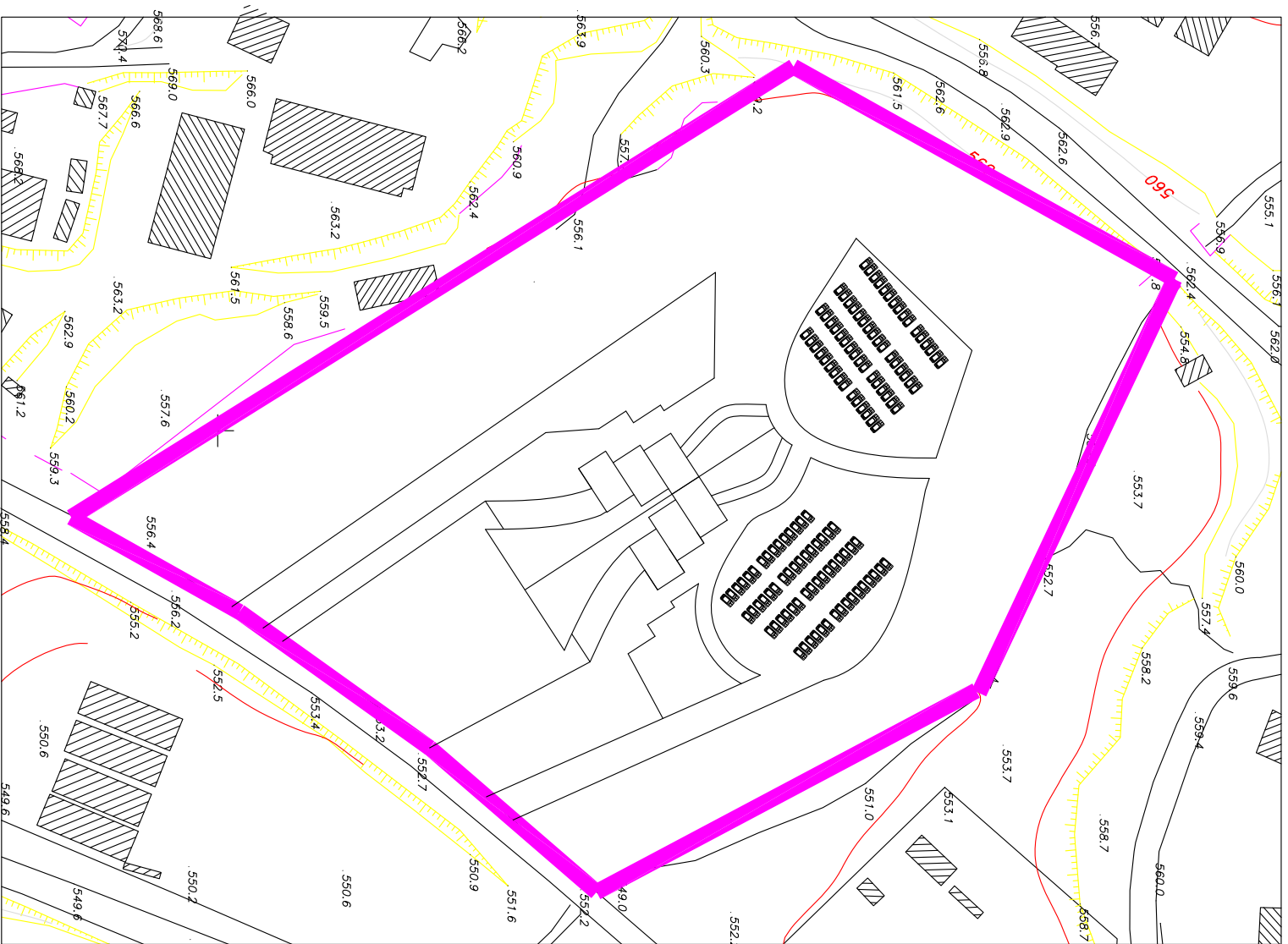
PLAN DE L'ETAGE
Ech. 1/500







1er essai



2ème essai

PLAN DE MASSE

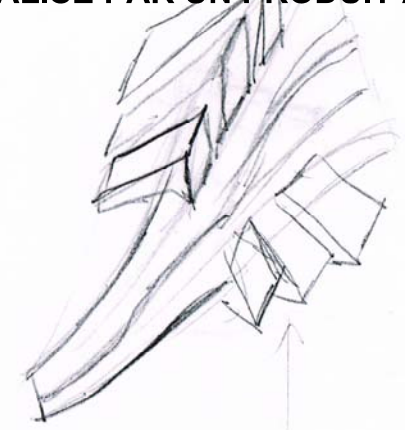
Ech. 1/2000

Projet : Show room automobile

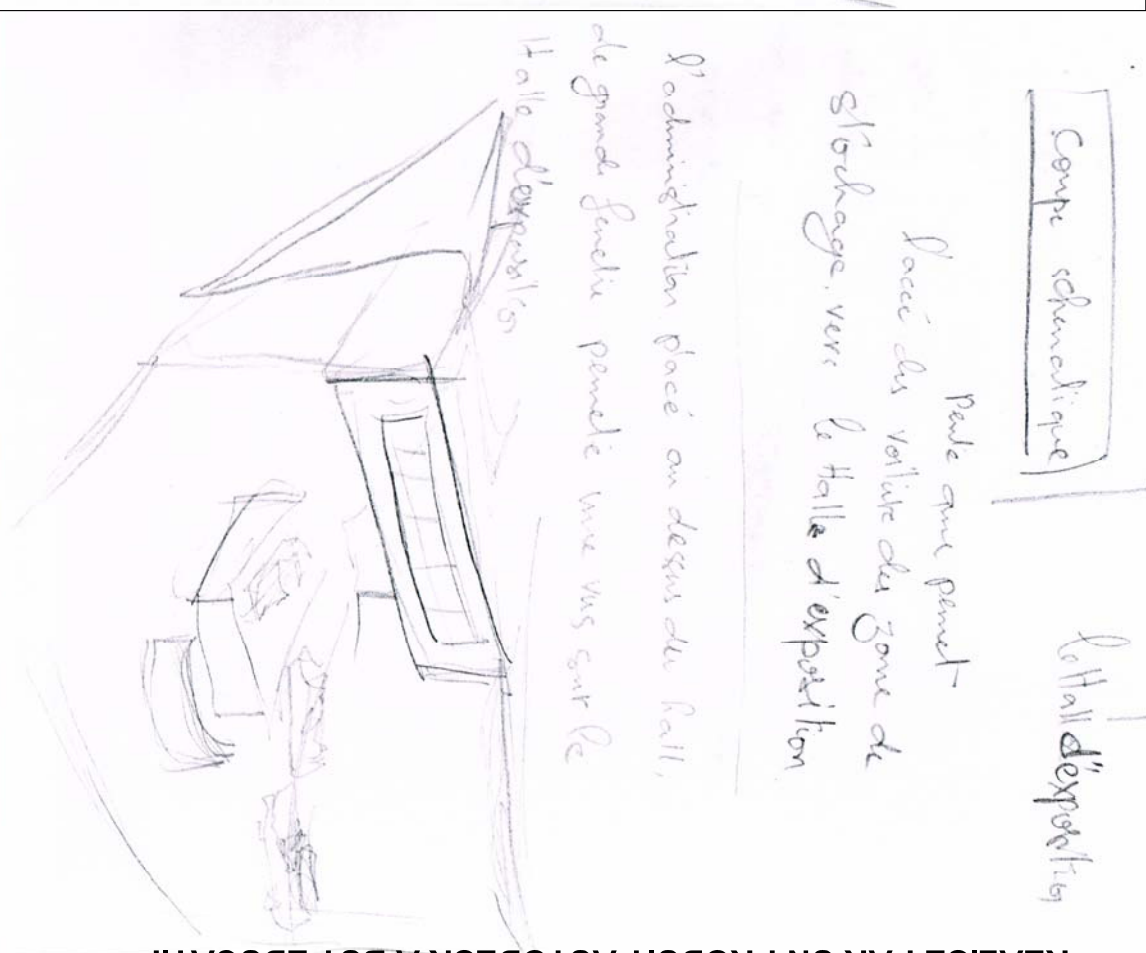
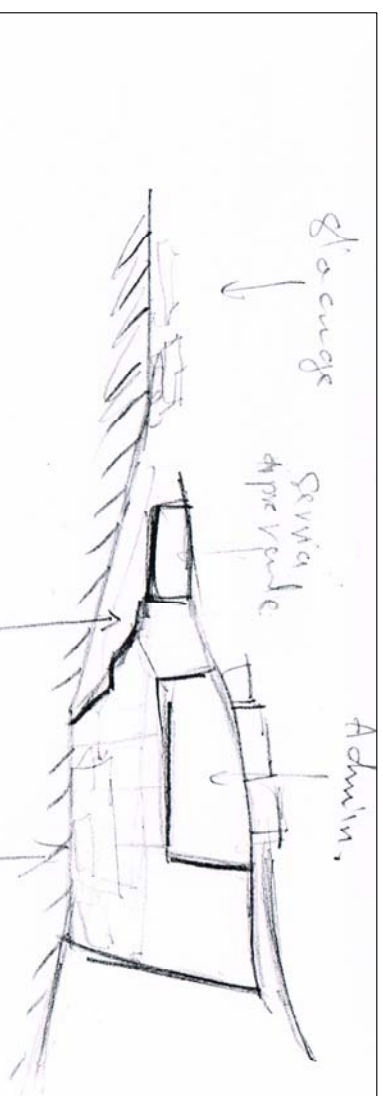
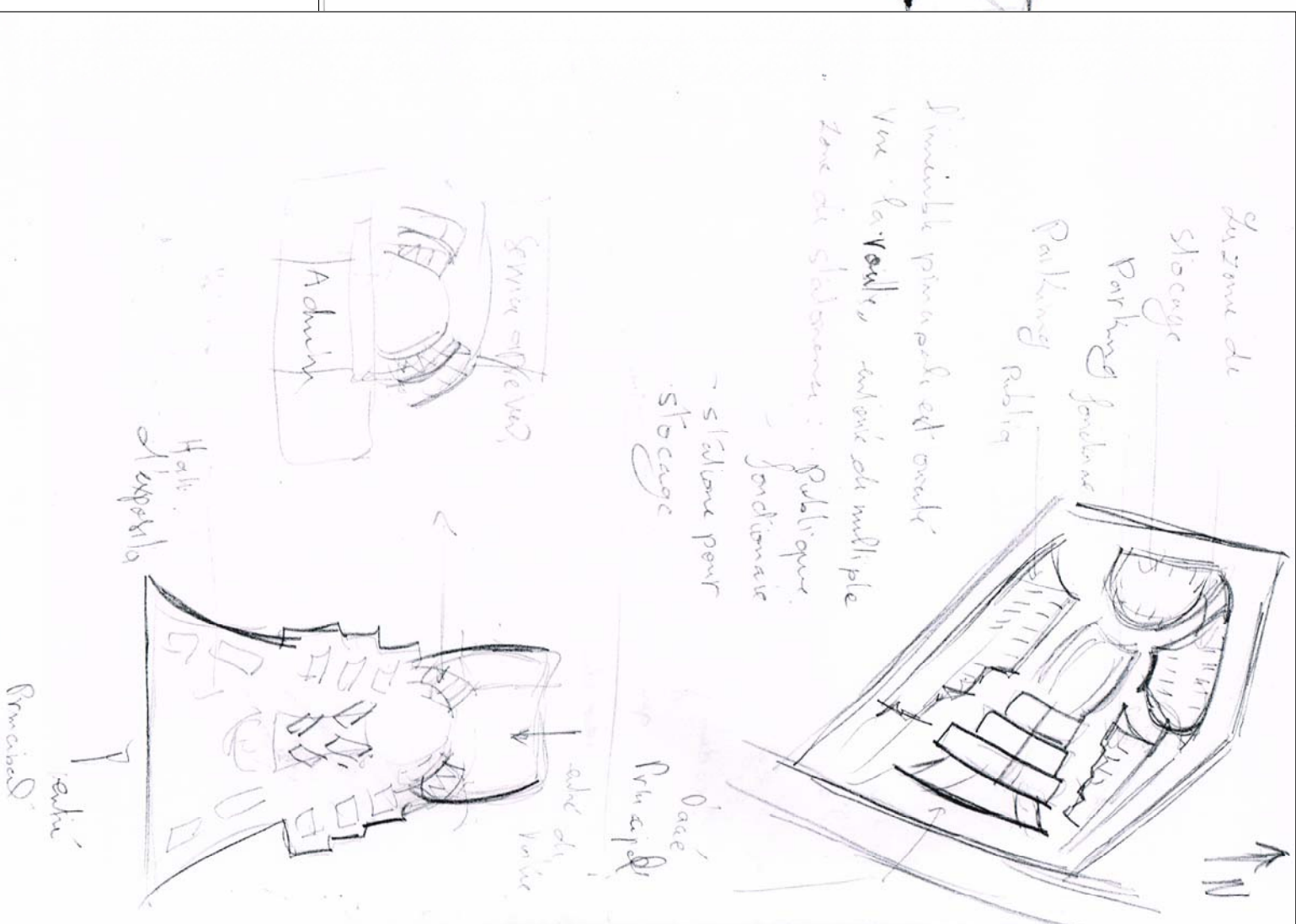
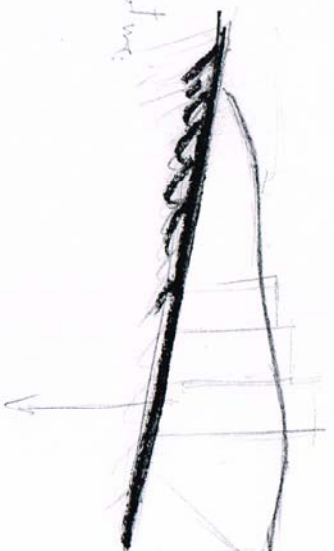
- l'idée est d'exprimer la voiture à travers le show room.

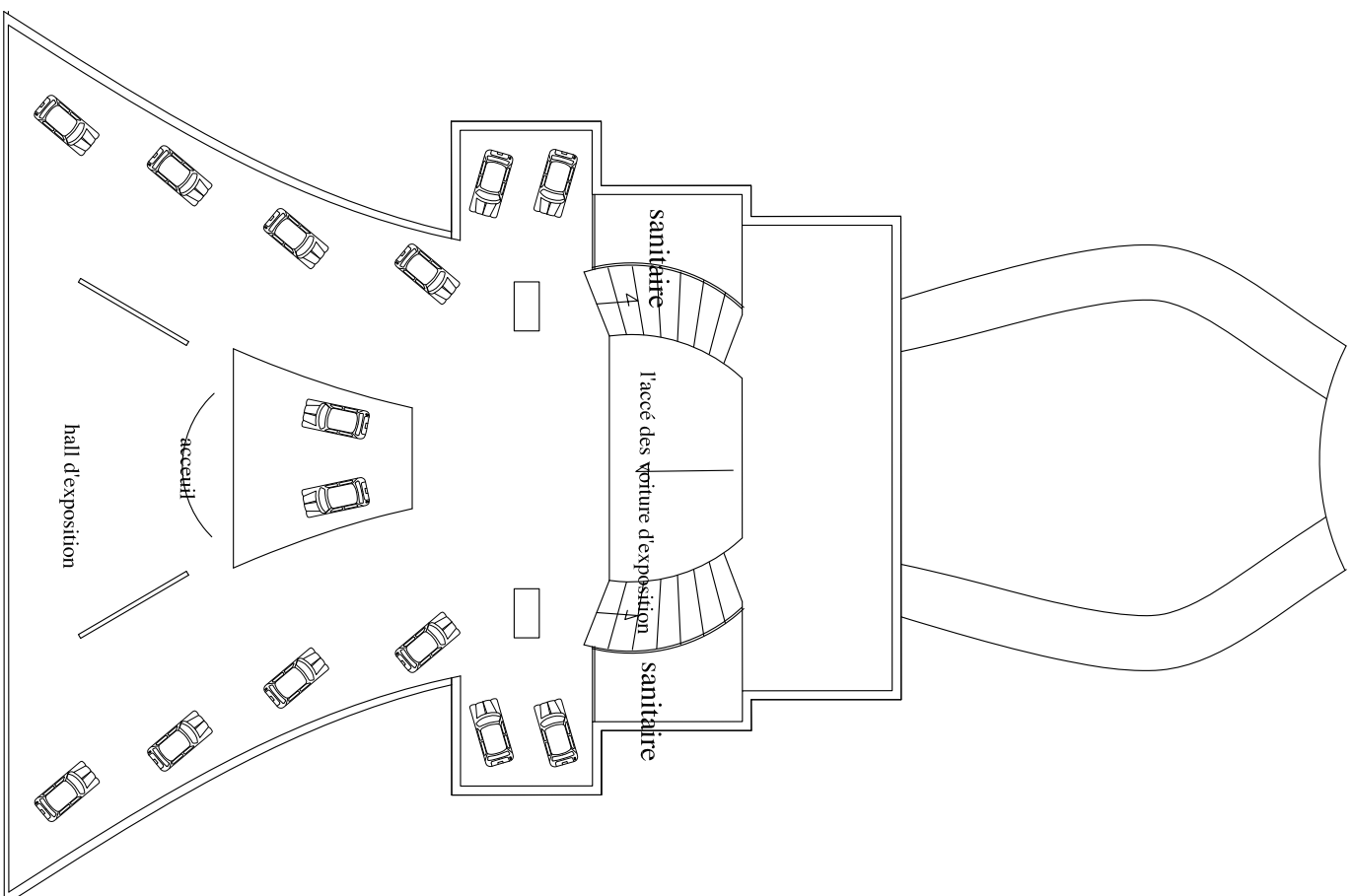
Voiture < Performance
< élégance

l'élégance de la voiture est sa coque, son développement, l'idée de la ligne qui donne l'aspect aérodynamique, donc la vitesse - cette aspect est l'impression par une grande ligne qui prend le profil avec dynamisme de la voiture.

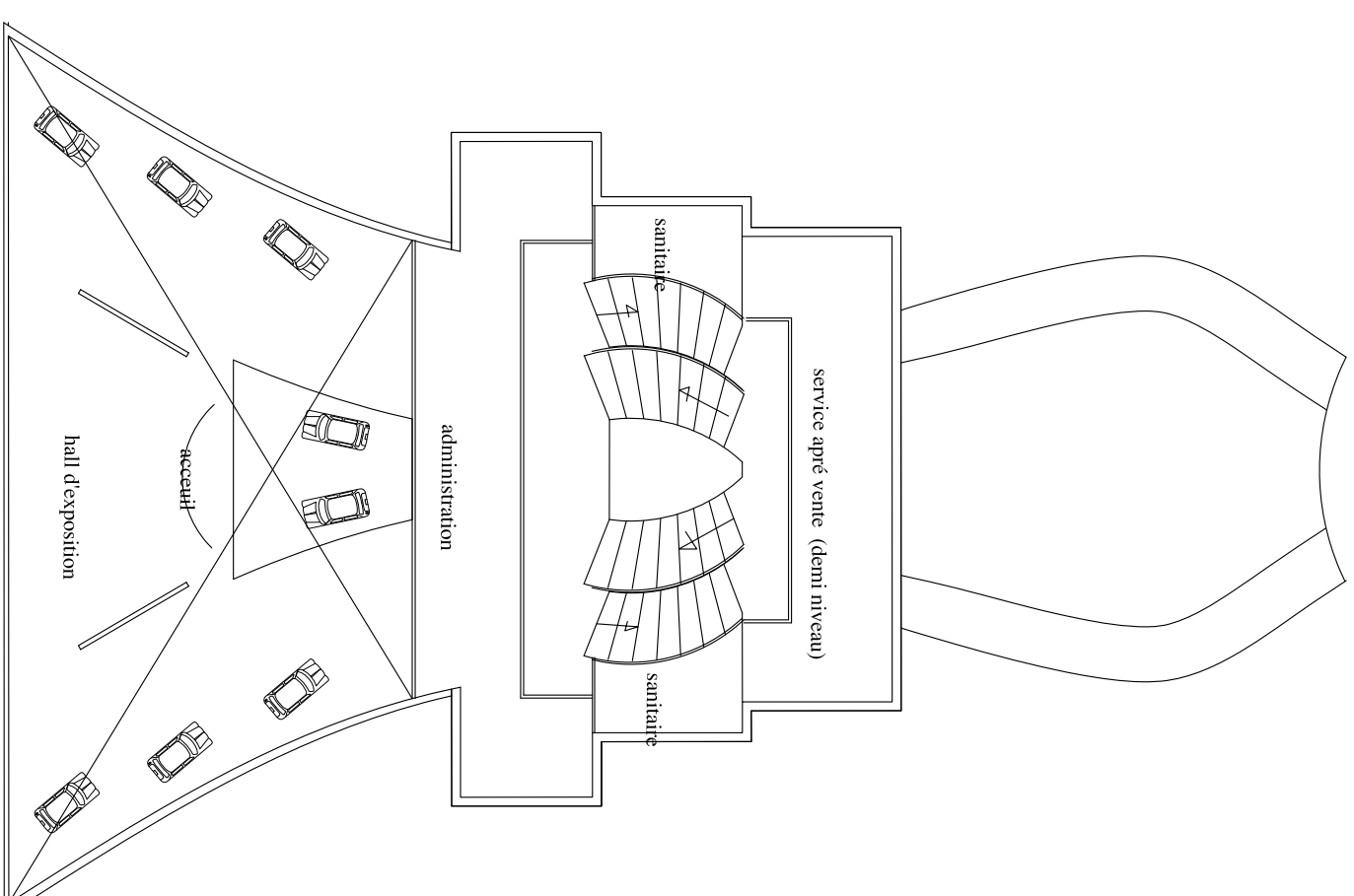


des éléments essentiels de la ligne qui font l'inspiration de la voiture
↓
expression de la performance de la voiture

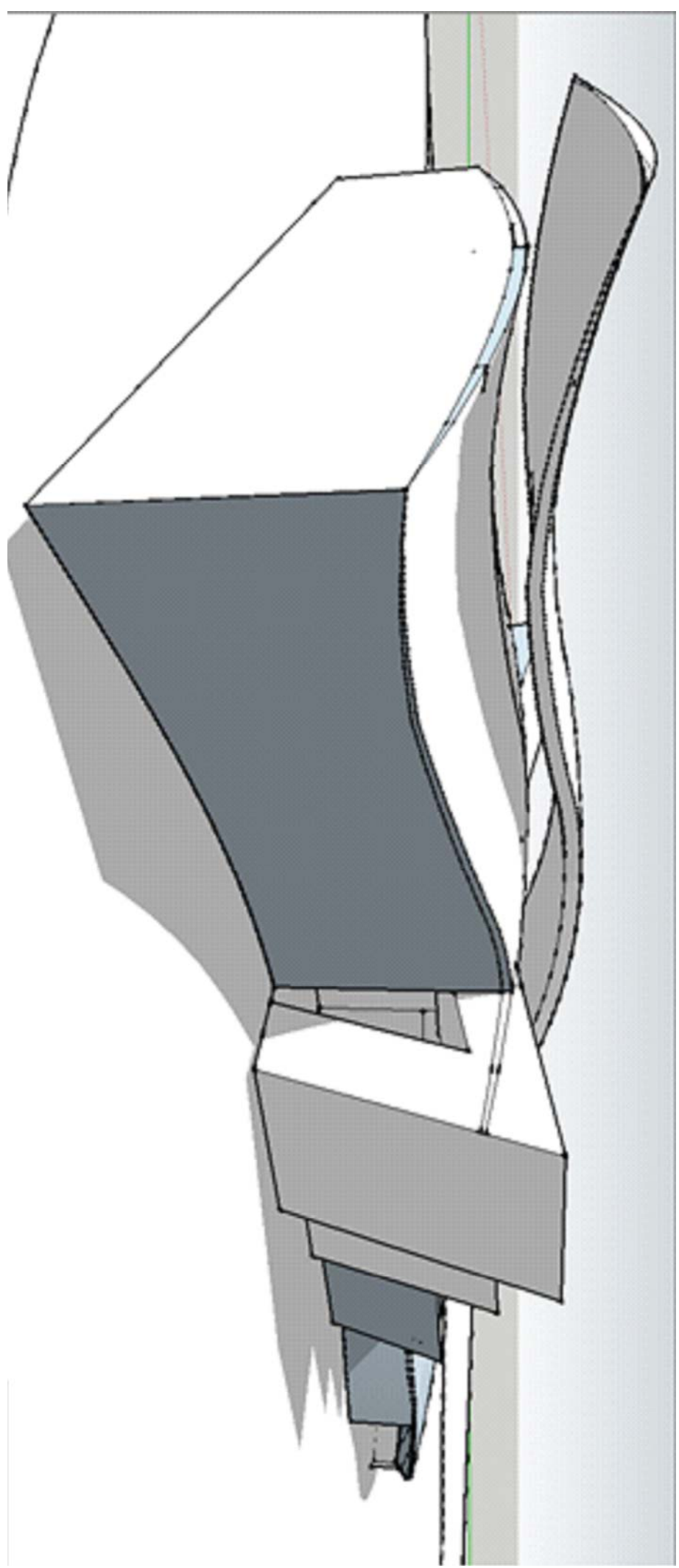
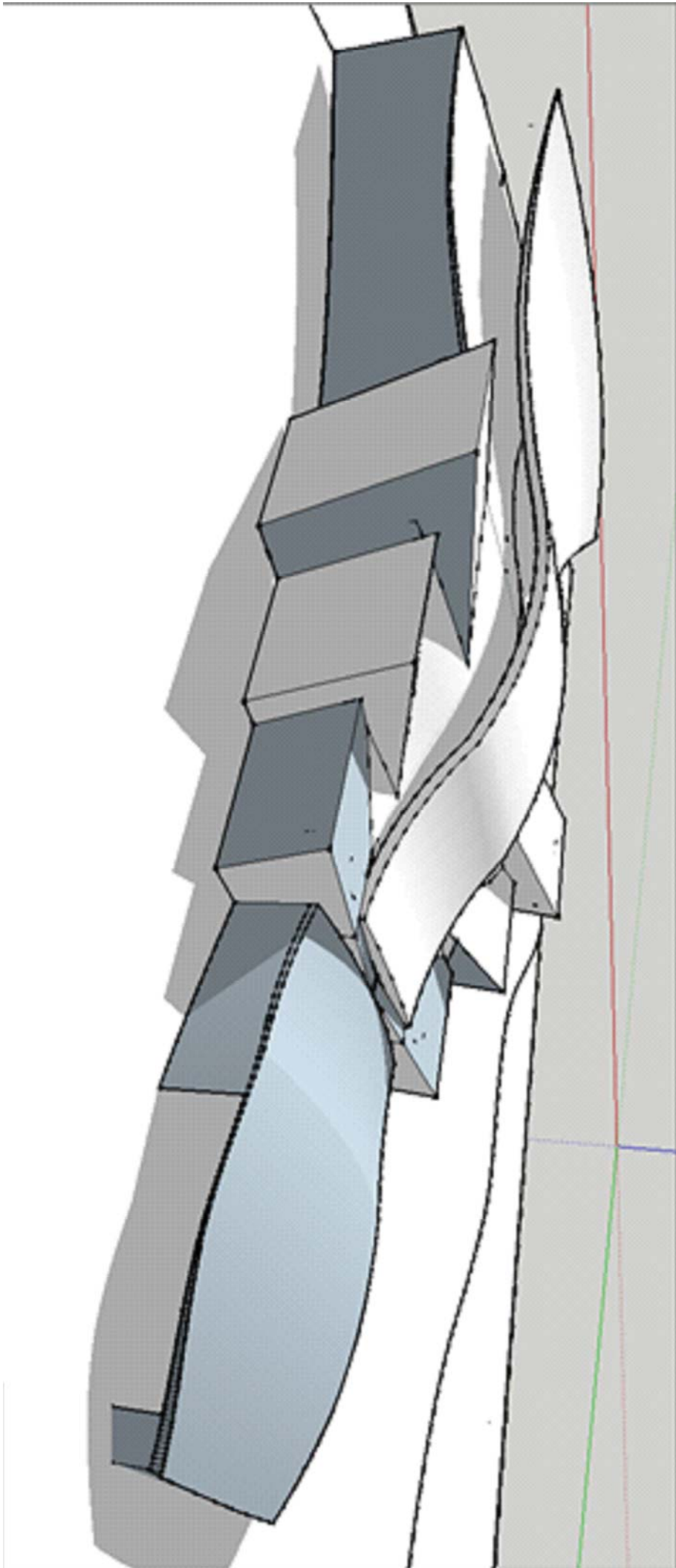


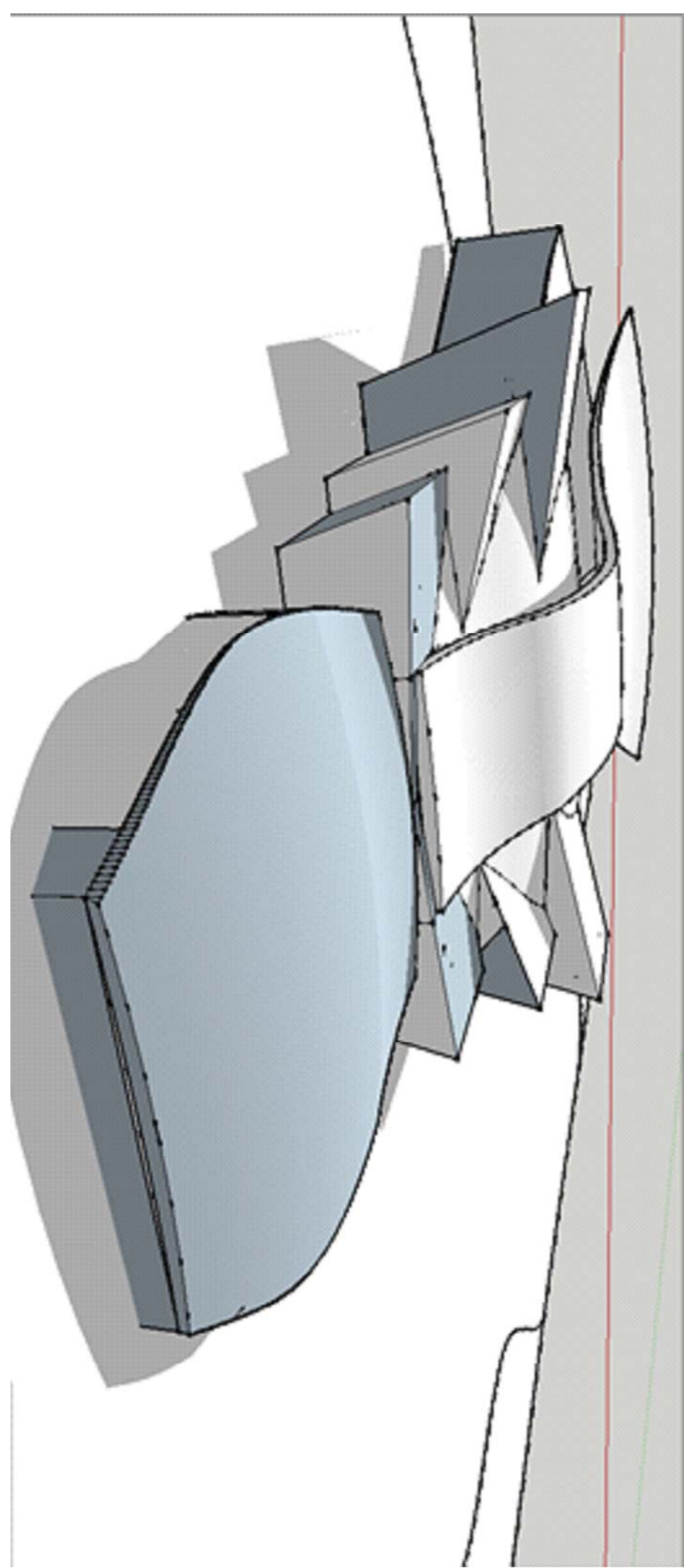
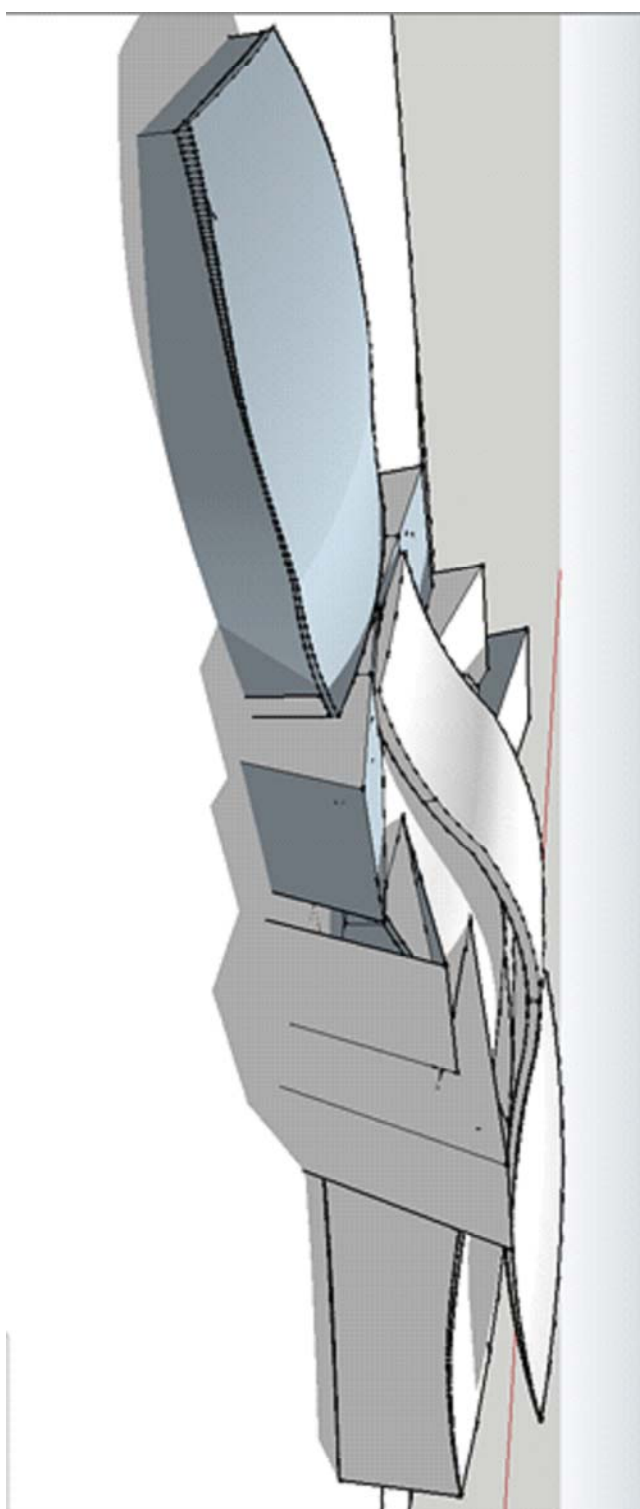
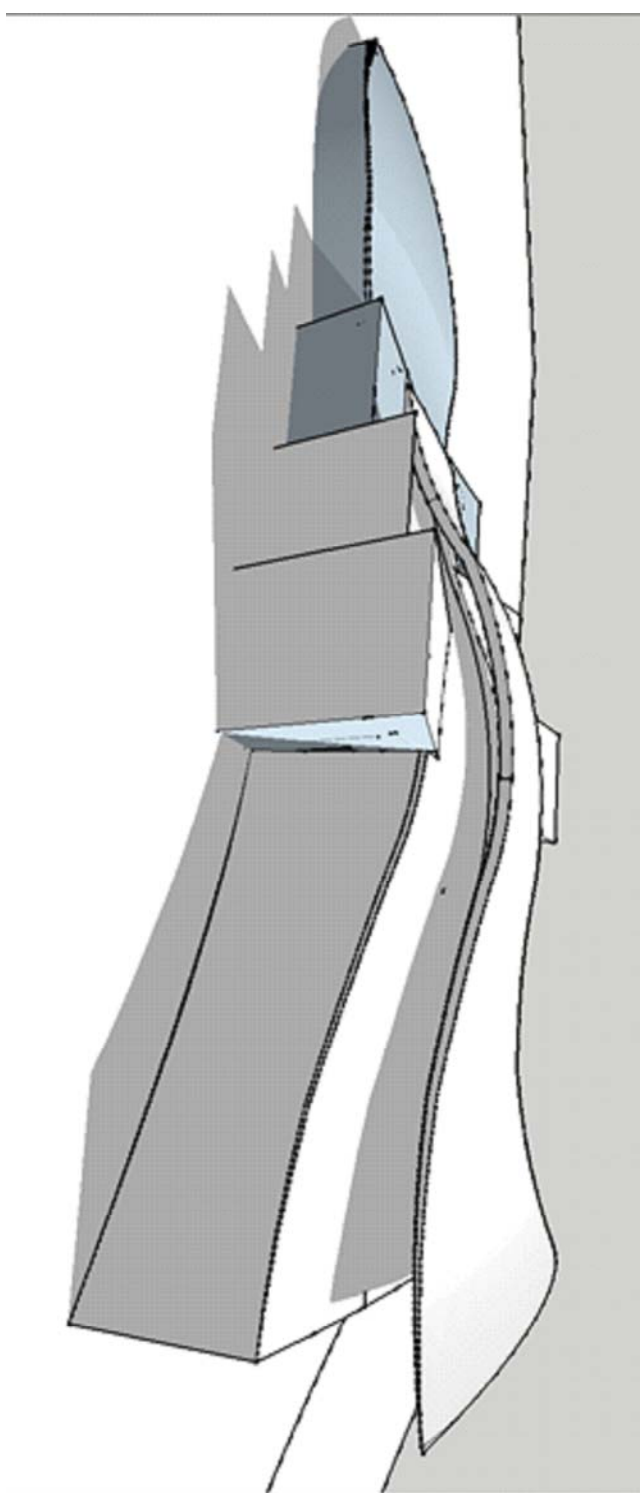


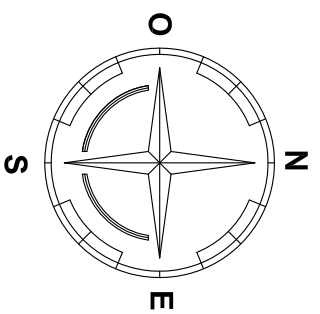
PLAN DU RDC
Ech. 1/500



PLAN DE L'ETAGE
Ech. 1/500

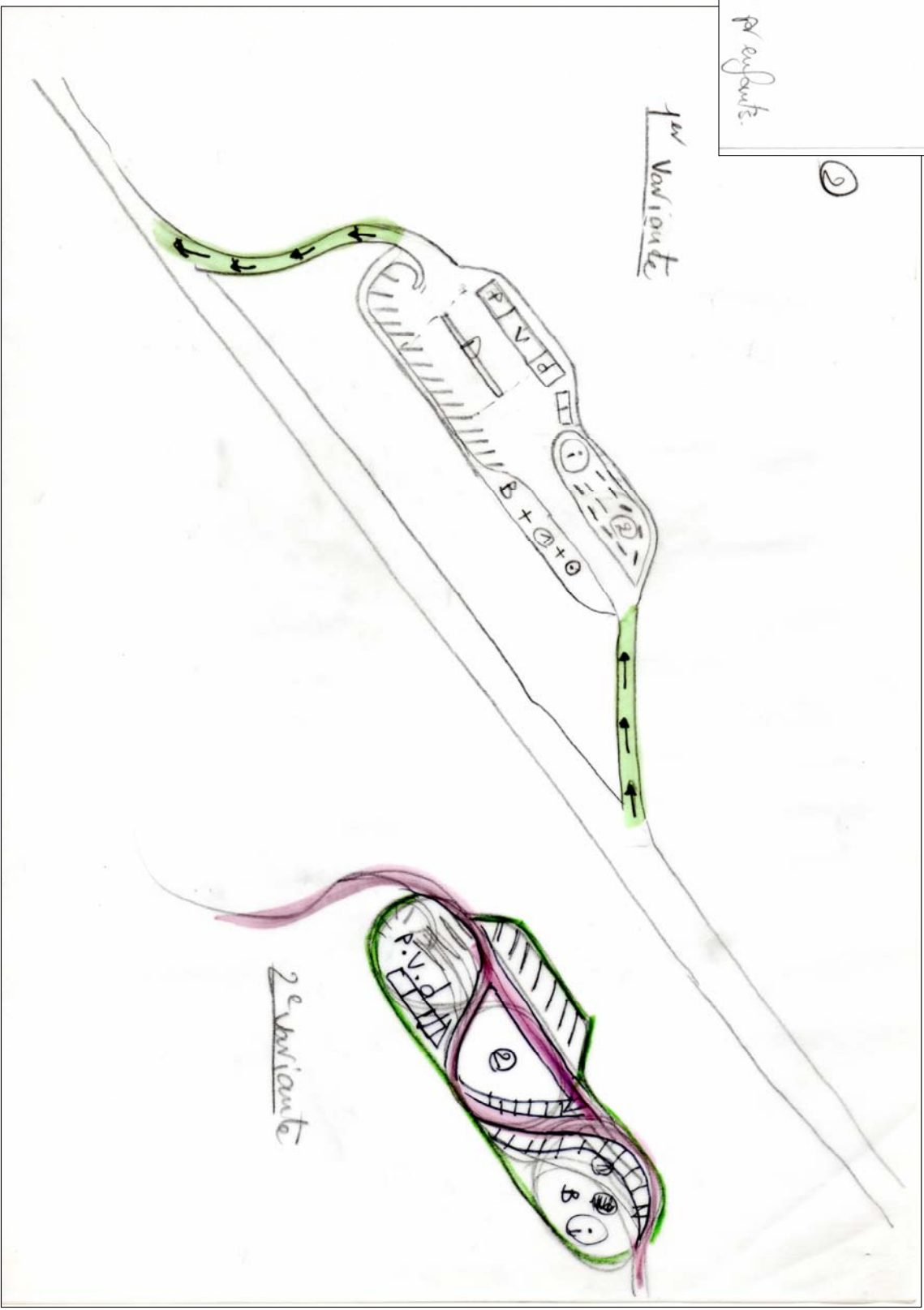
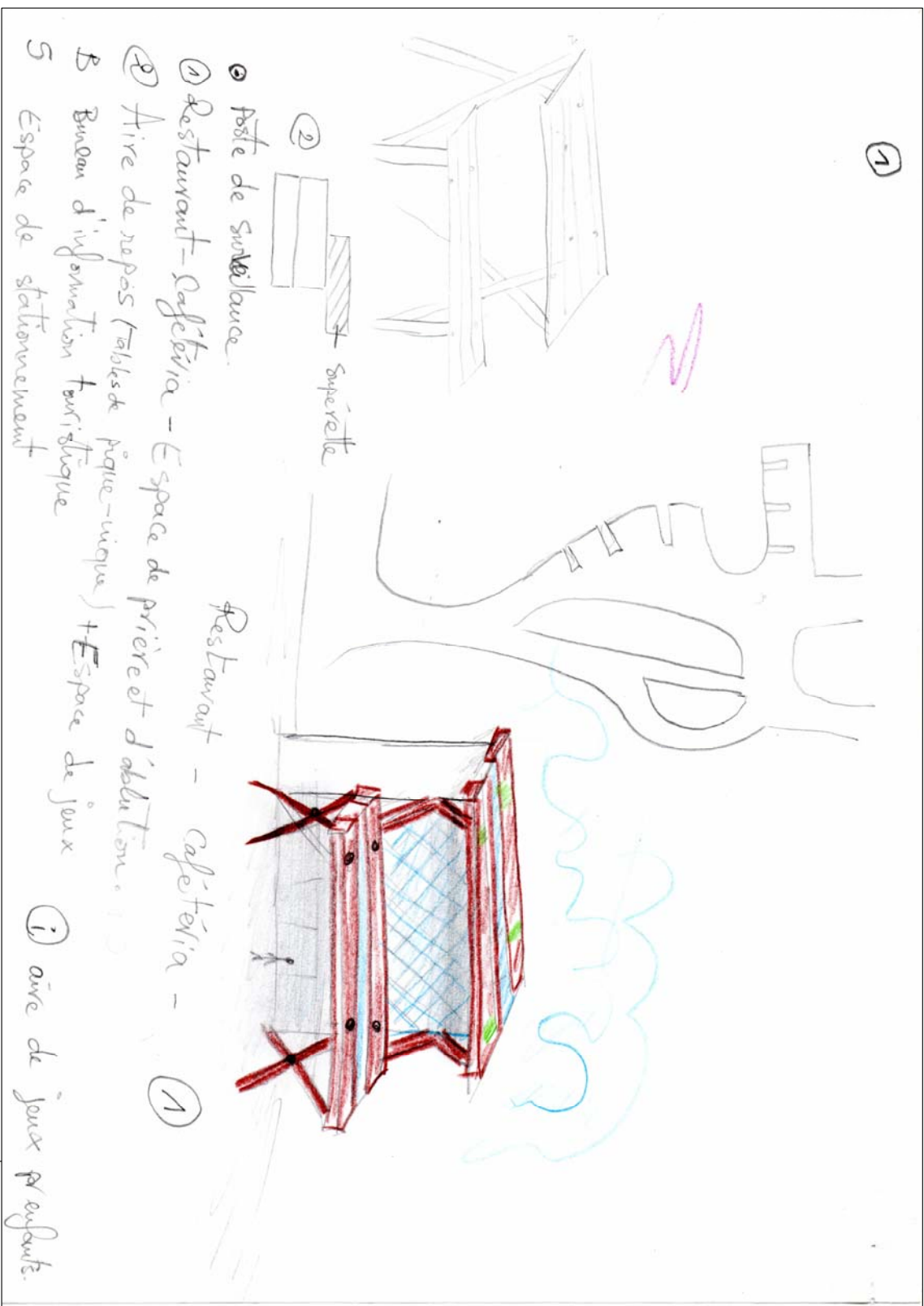


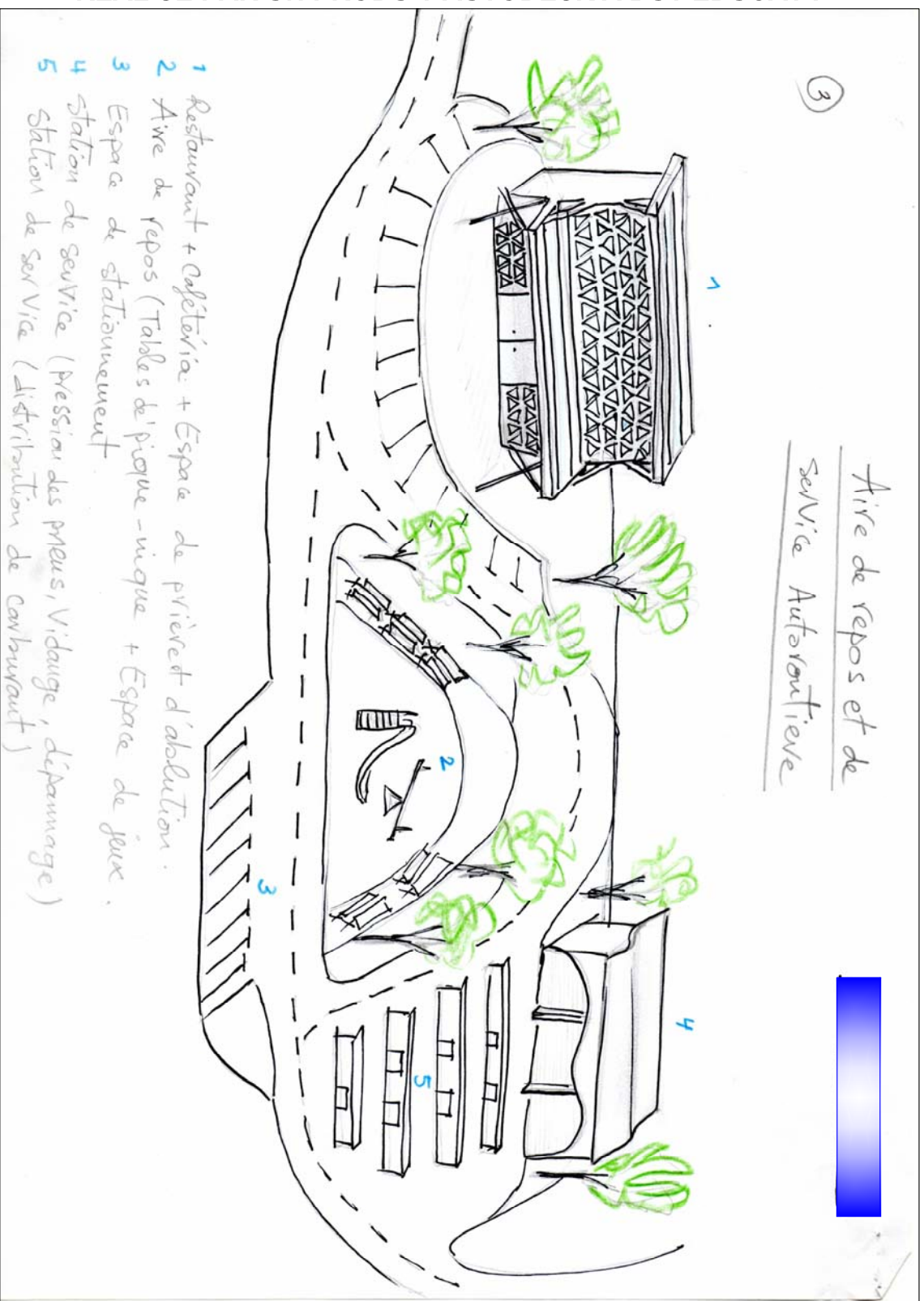




TERRAIN DE L'AIRE DE SERVICE DE MILEV (WILAYA DE MILA)

PLAN DE MASSE
Ech. 1/2000





3 Aire de repos et de service Autoroutiere

- 1 Restaurant + Cafeteria + Espace de priere et d'abolution.
- 2 Aire de repos (Tables de pique-nique + Espace de jeux.
- 3 Espace de stationnement.
- 4 Station de service (Pression des pneus, Vidange, dépannage)
- 5 Station de service (Distribution de carburant)

4

texte

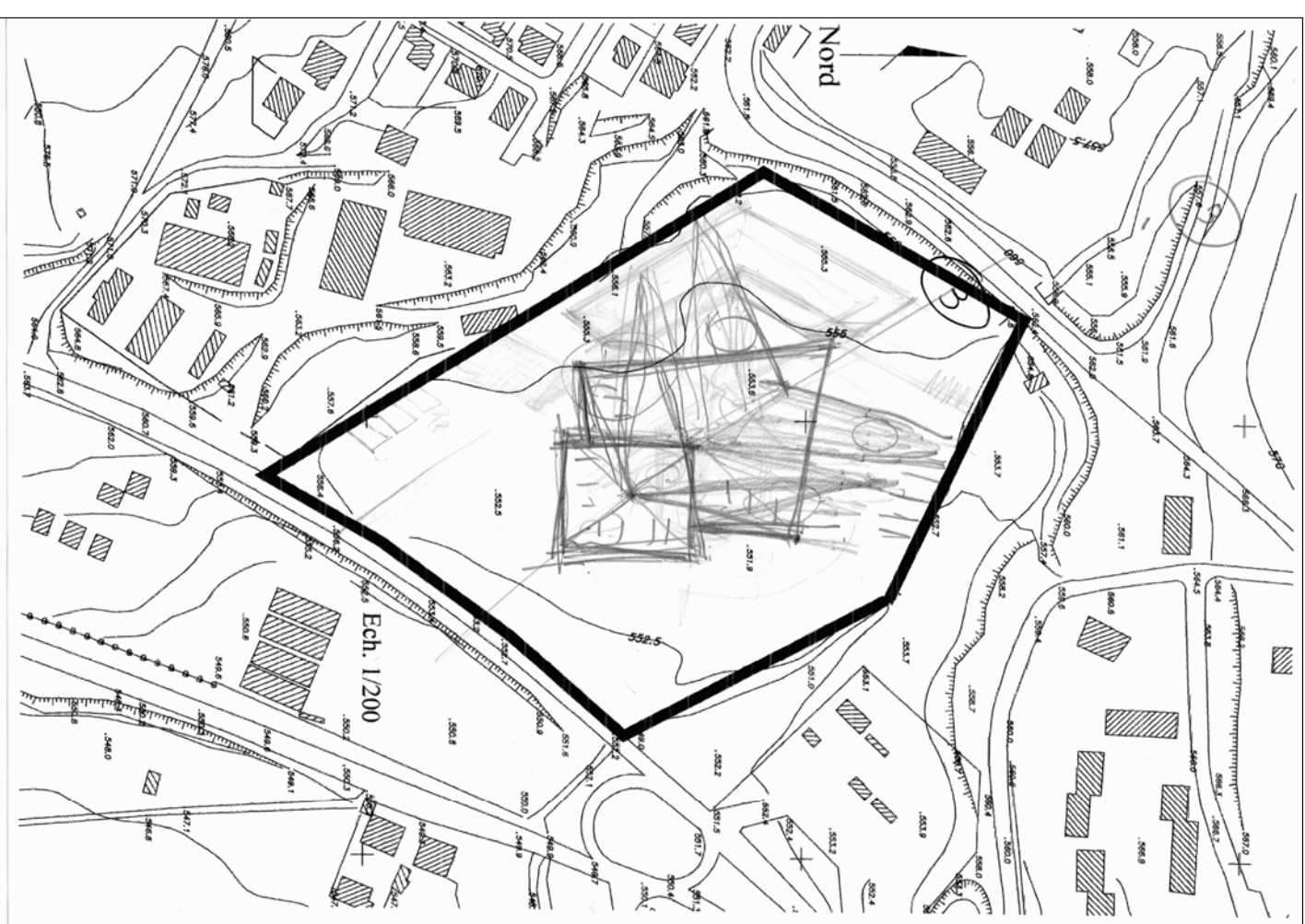
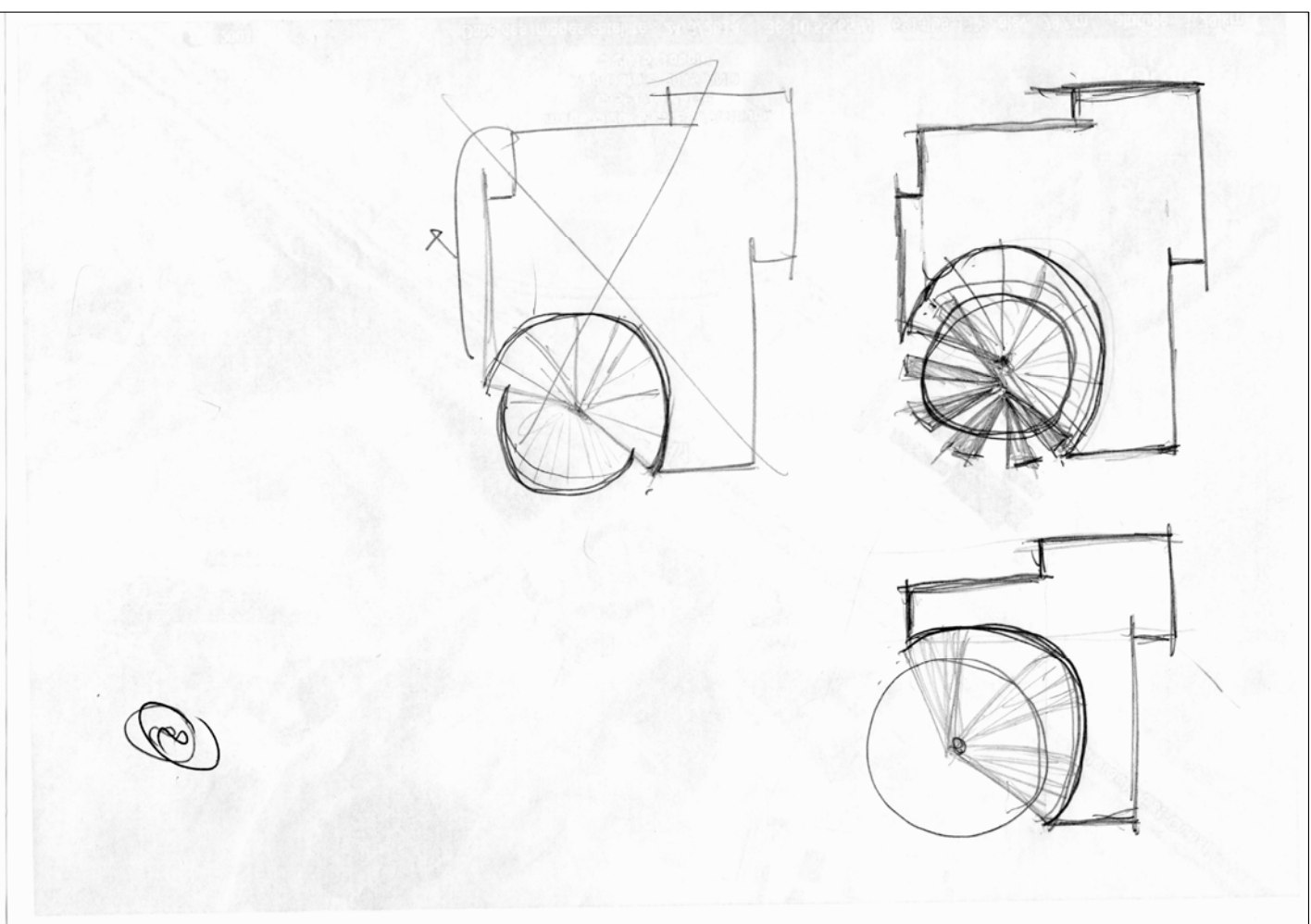
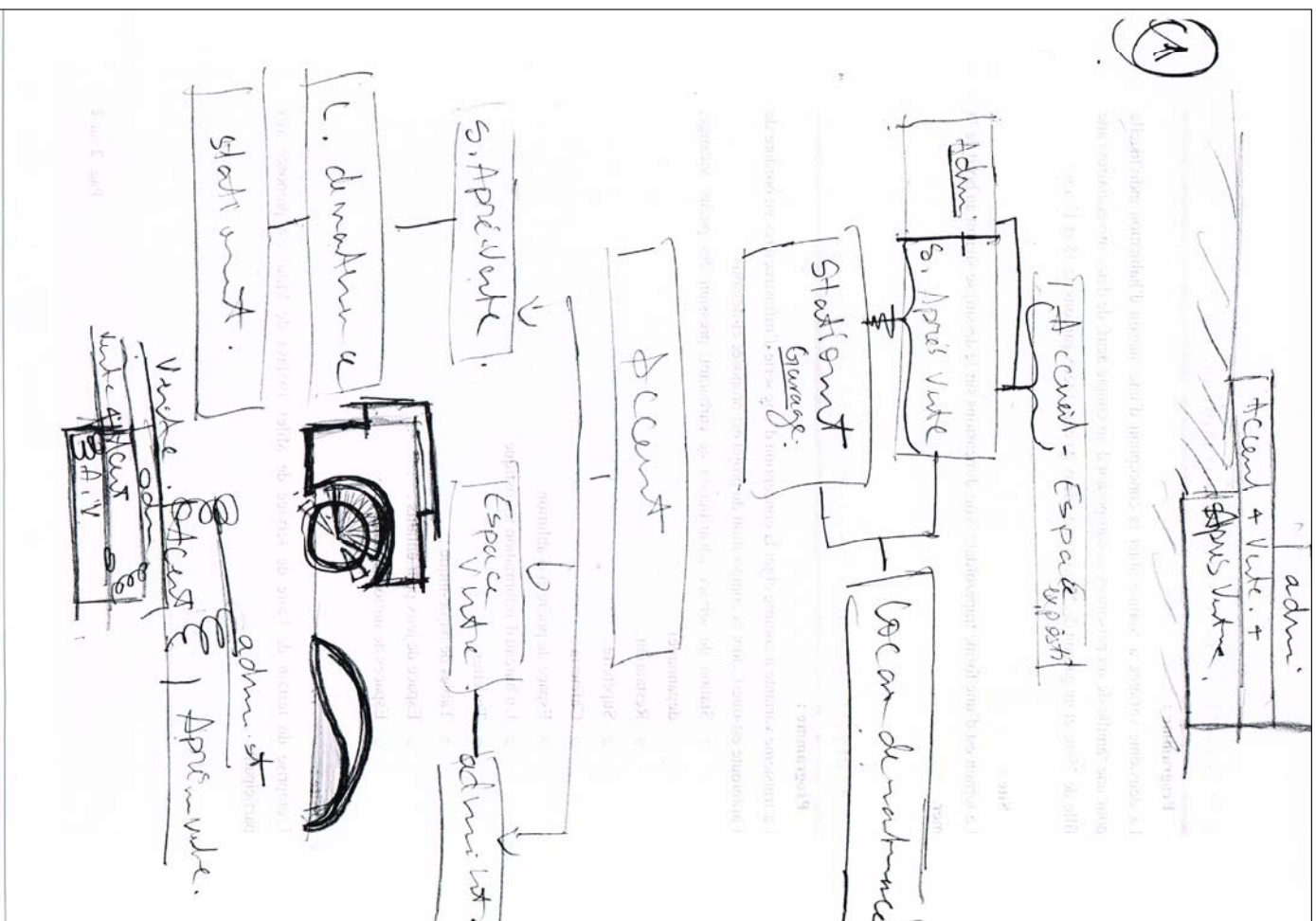
Le projet est un petit peu urbanistique que architectural, ce constitue de plusieurs zones.

- la zone est réservée pour la restauration et des espaces pour la prière. Elle est inspirée de la table de pique-nique avec un parking.

- la zone est réservée pour les jeux et les pique-niques.

- la zone c'est le stationnement.

- zone et 5 c'est la station de service.

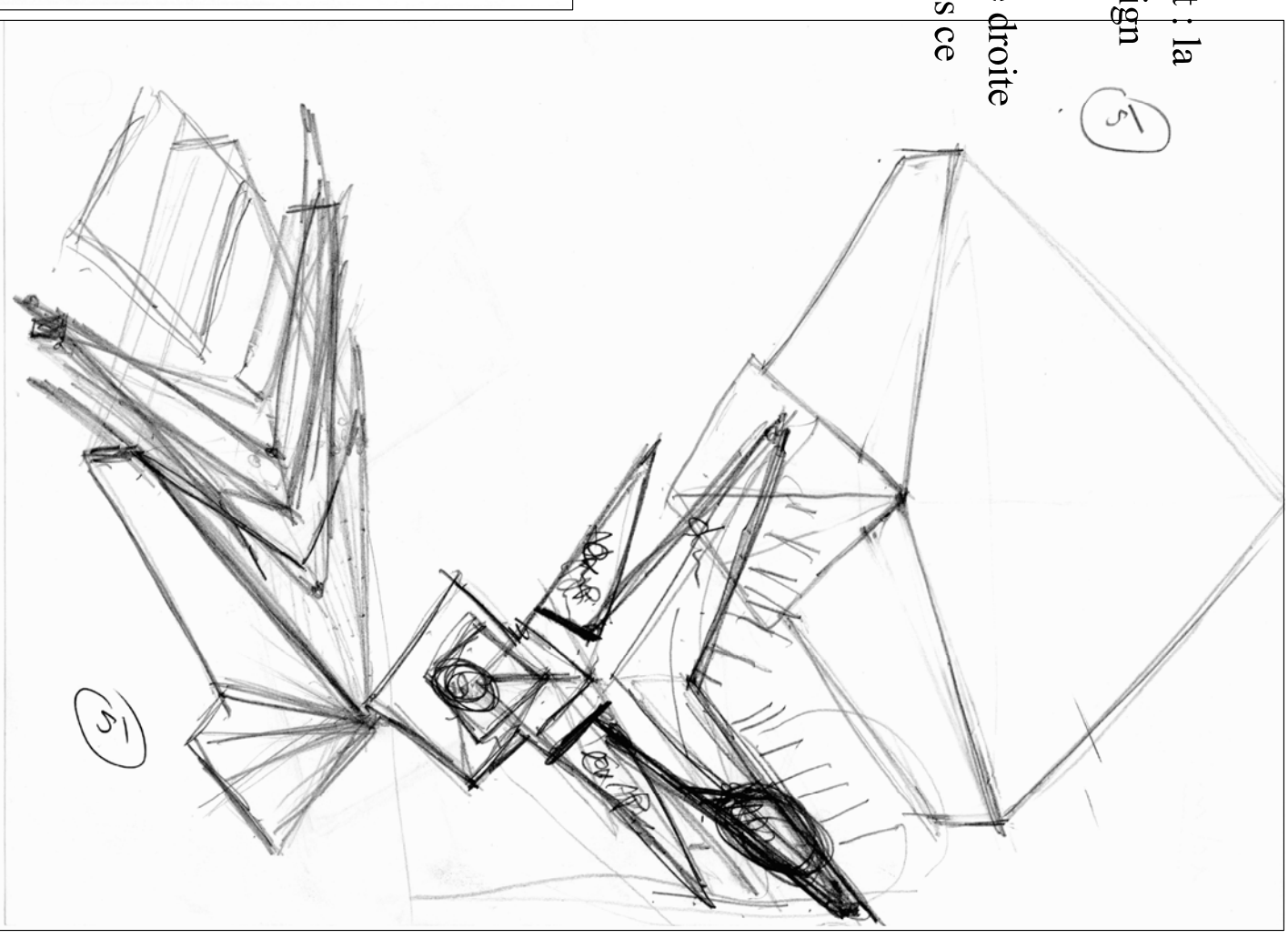
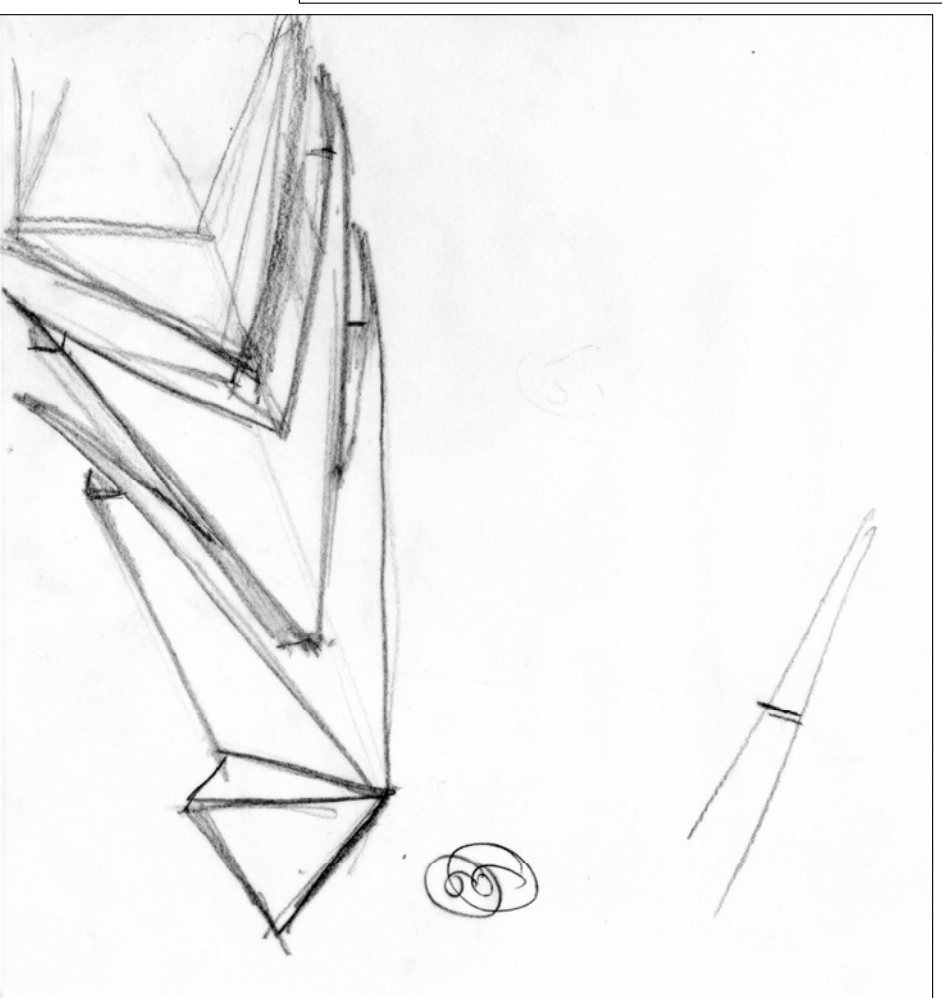
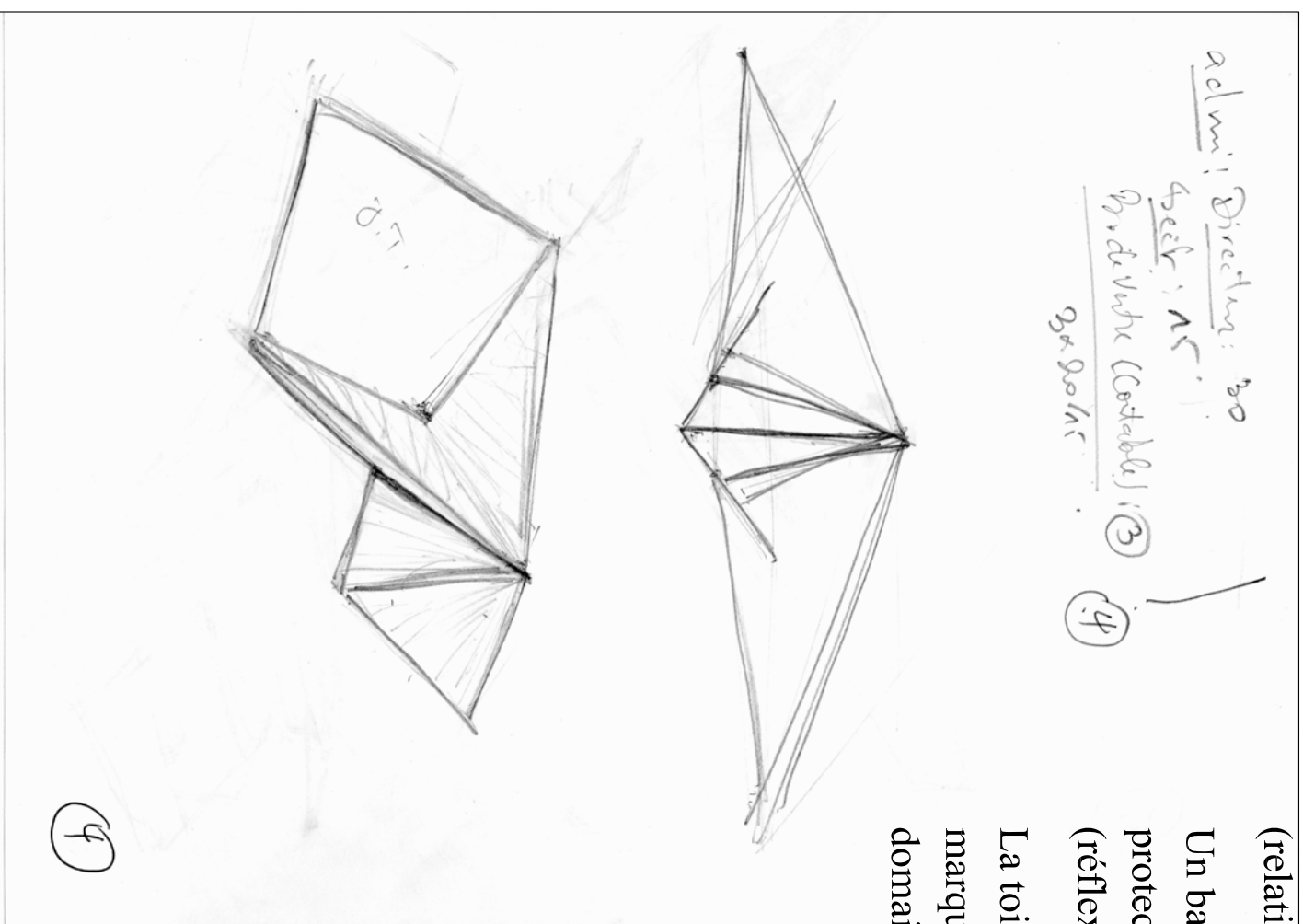


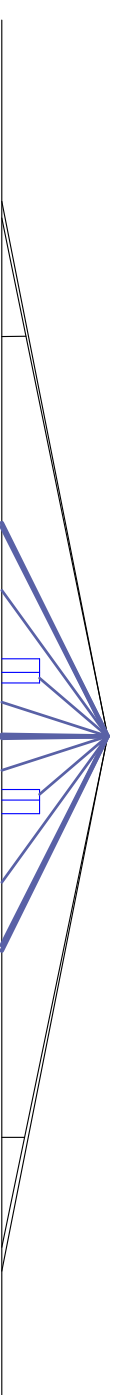
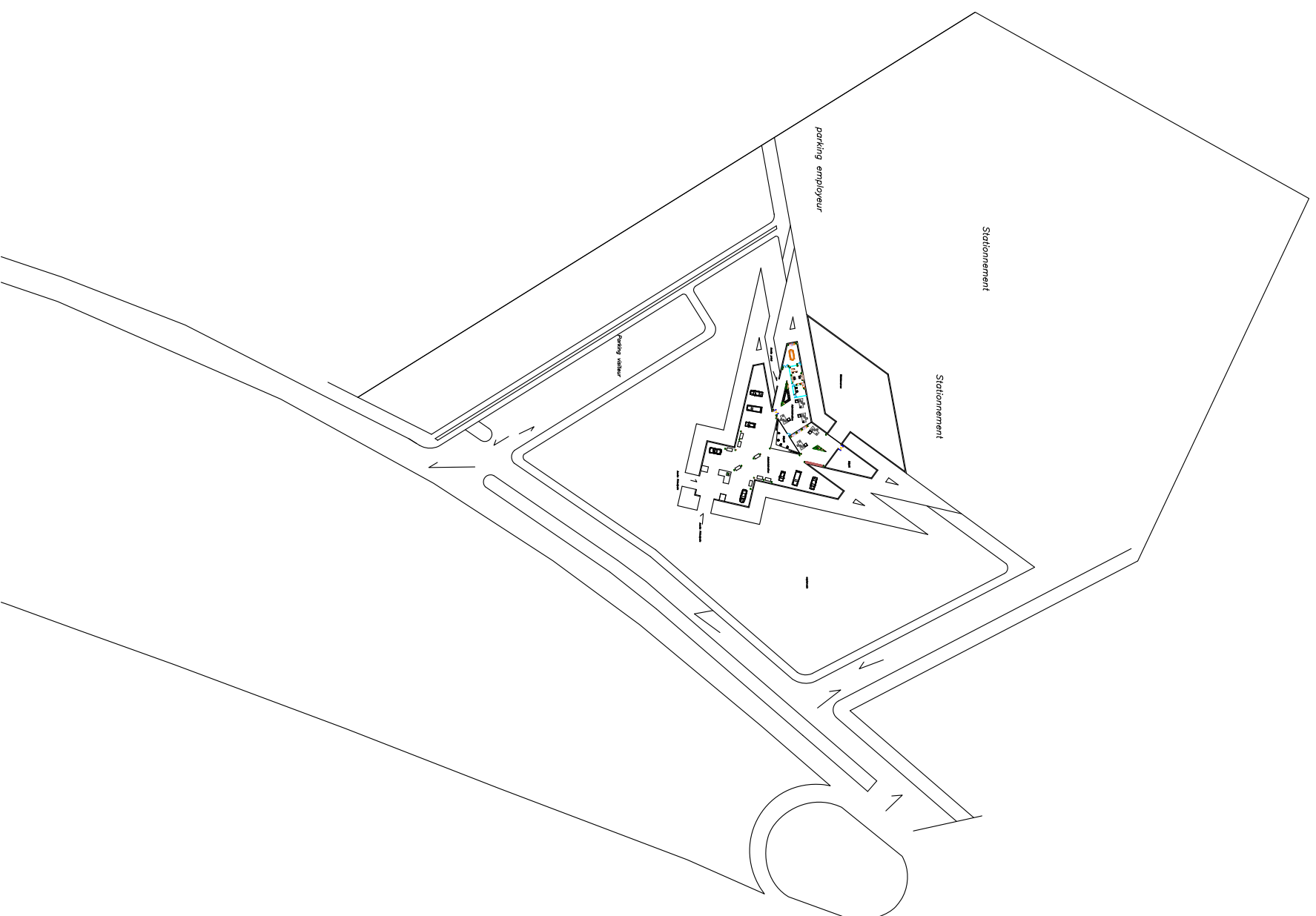
A la recherche d'une forme permettant les grandes portés, j'ai hésité entre la coque et la pyramide.

J'ai imaginé mon projet dédié à la marque des voitures « Citroën », j'ai pris le signe de la marque comme référence et comme inspiration au volume de mon équipement (sur plan), et j'ai opté pour la pyramide (relation d'angles).

Un bassin d'eau a été réfléchi autour du projet, il a comme but : la protection de l'édifice, chercher le bioclimat, mais aussi le design (réflexion).

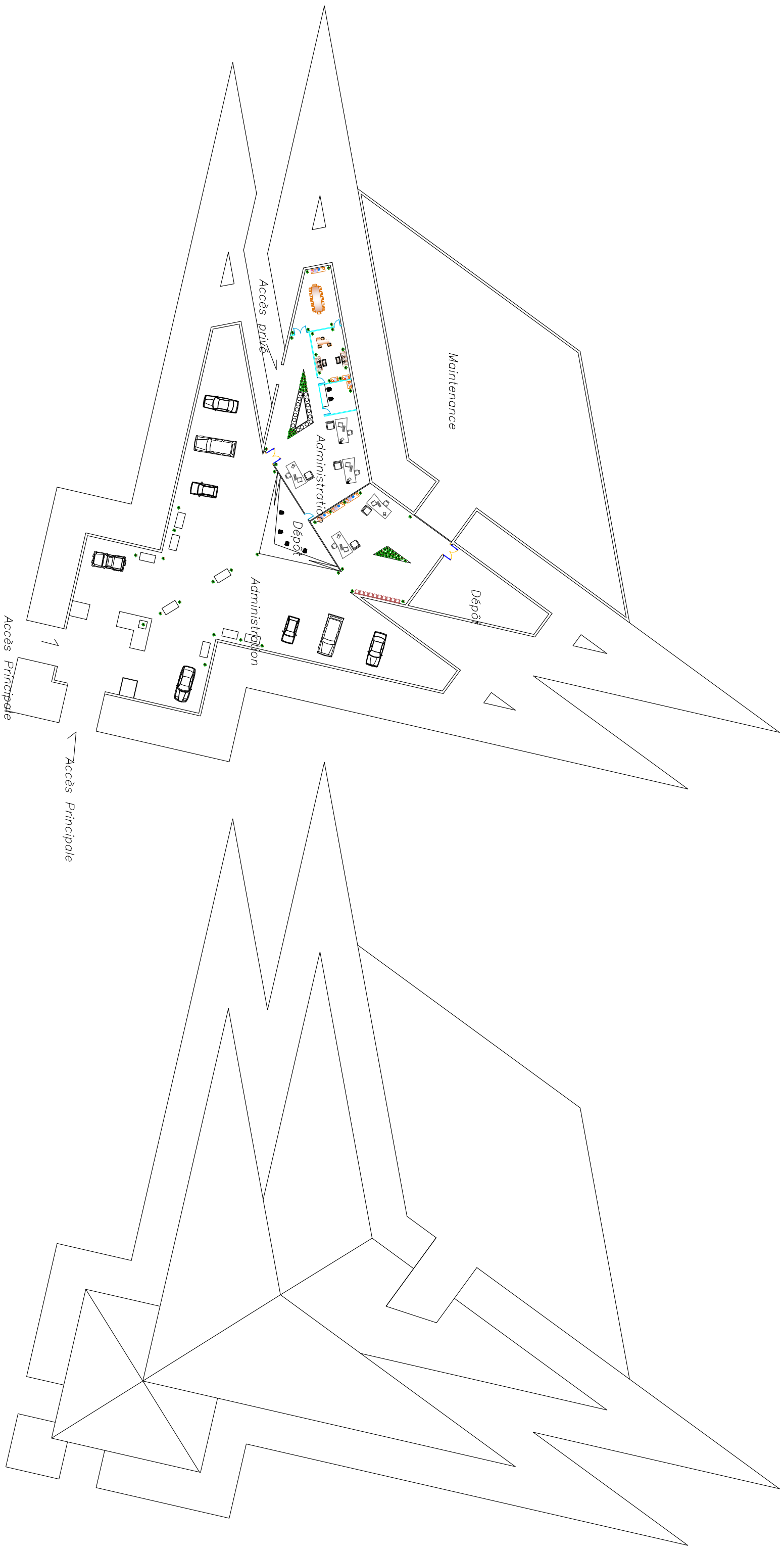
La toiture de l'équipement est inclinée, je trouve qu'une toiture droite marque une fin, une rupture... l'architecture et l'innovation dans ce domaine n'a pas de fin.





FACADE
Ech. 1/500

PLAN DE MASSE
Ech. 1/2000

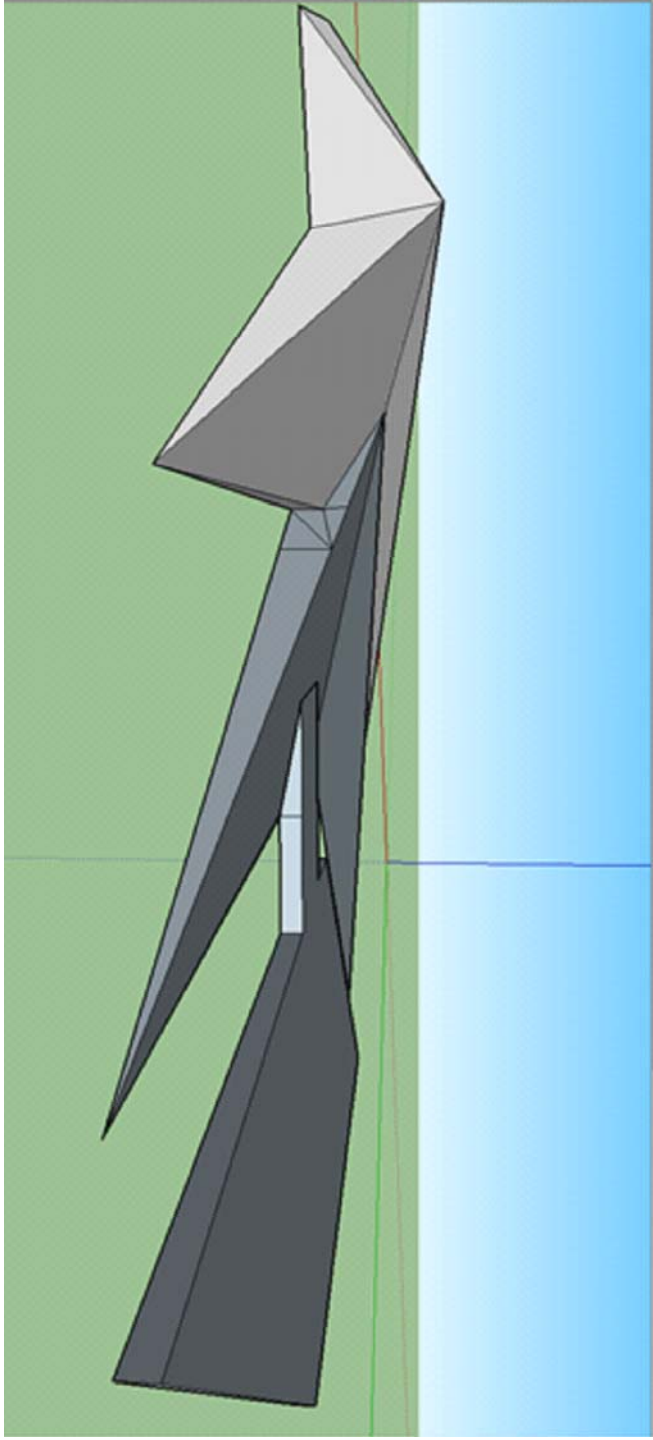
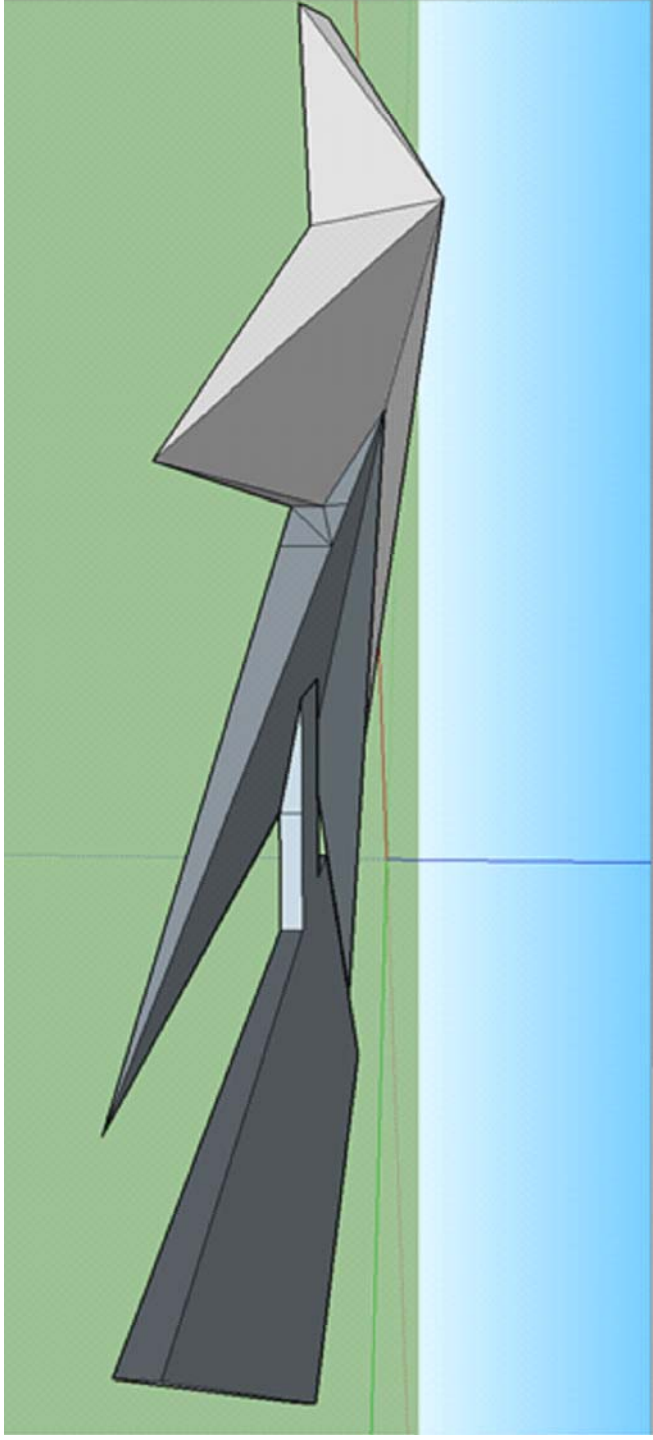
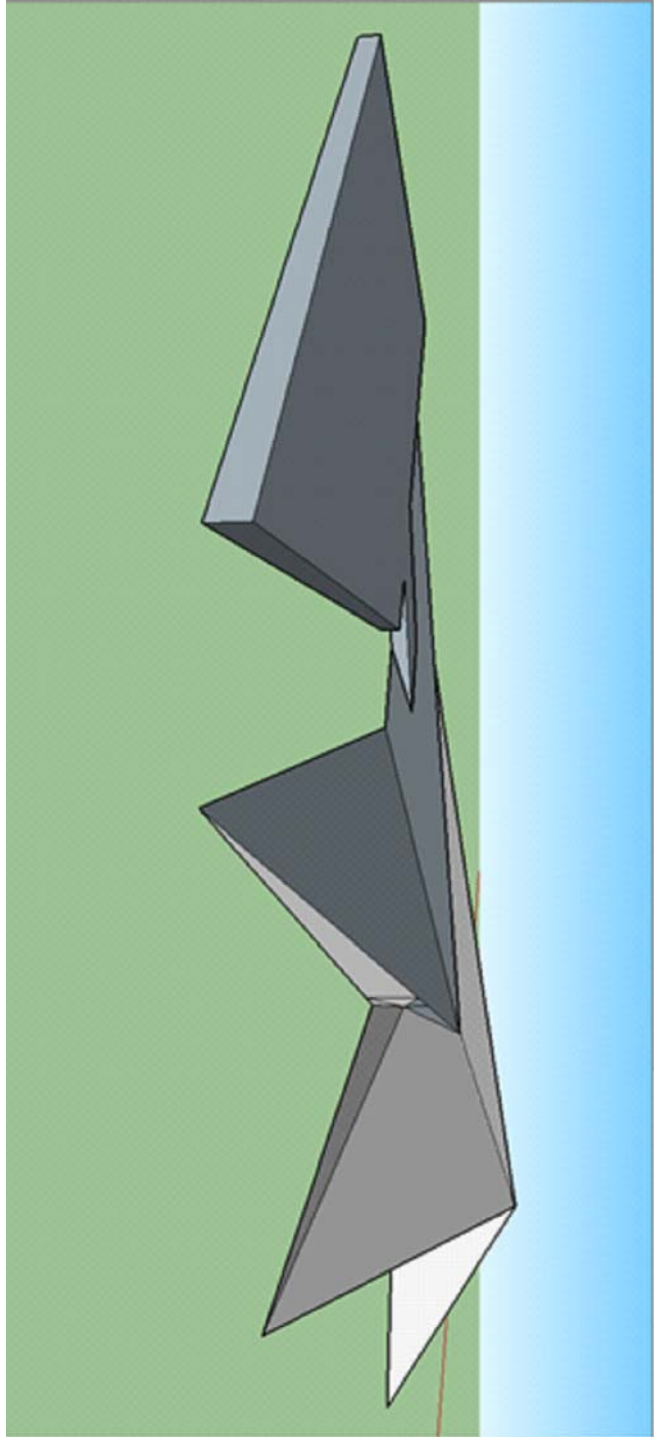
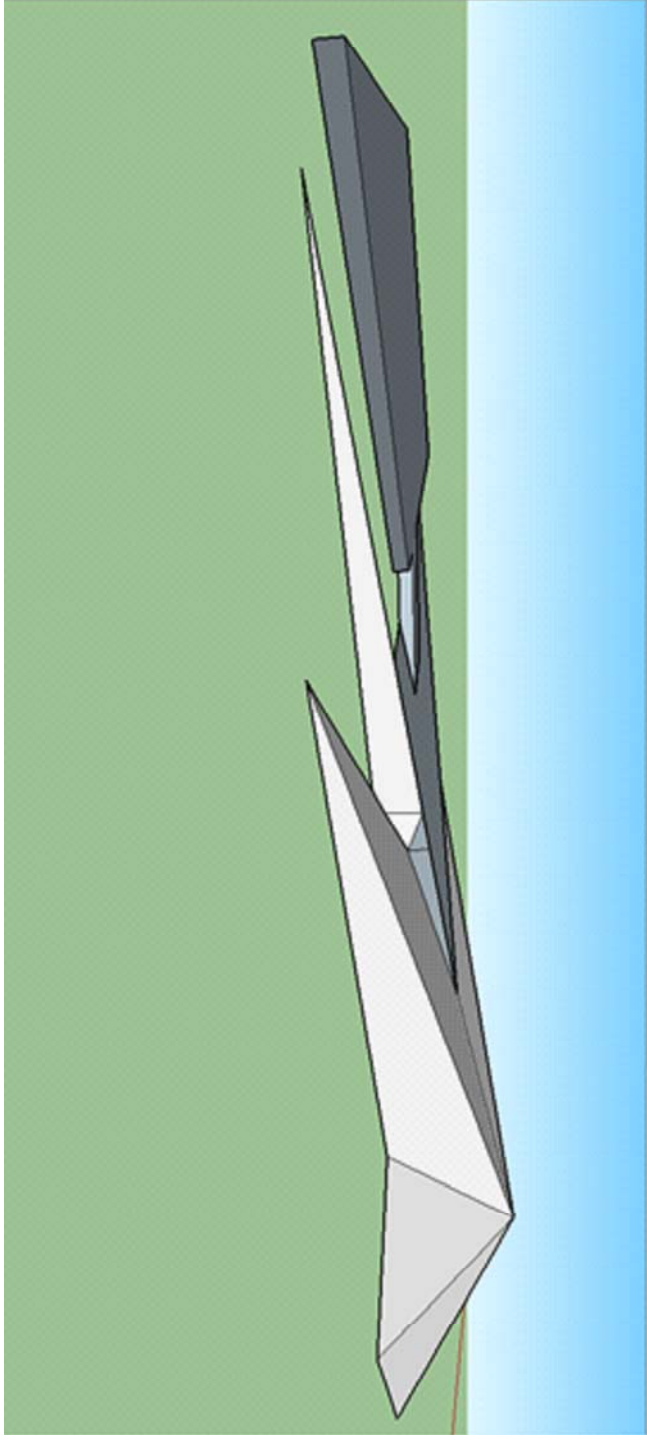


REALISE PAR UN PRODUIT AUTODESK A BUT EDUCATIF

REALISE PAR UN PRODUIT AUTODESK A BUT EDUCATIF

PLAN DU RDC
Ech. 1/500

PLAN DE TOITURE
Ech. 1/500



SHOW ROOM:

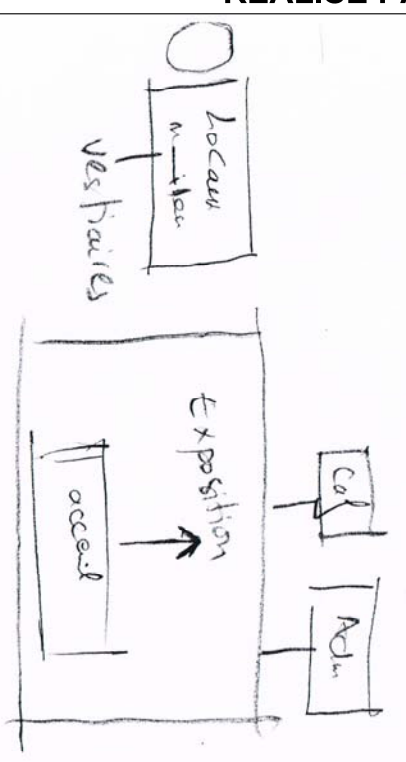
→ Show room → un espace où le produit est mis en valeur (Prendre en considération l'éclairage).

→ Produit mis en valeur bien souvent au sol (Prendre en considération l'éclairage).

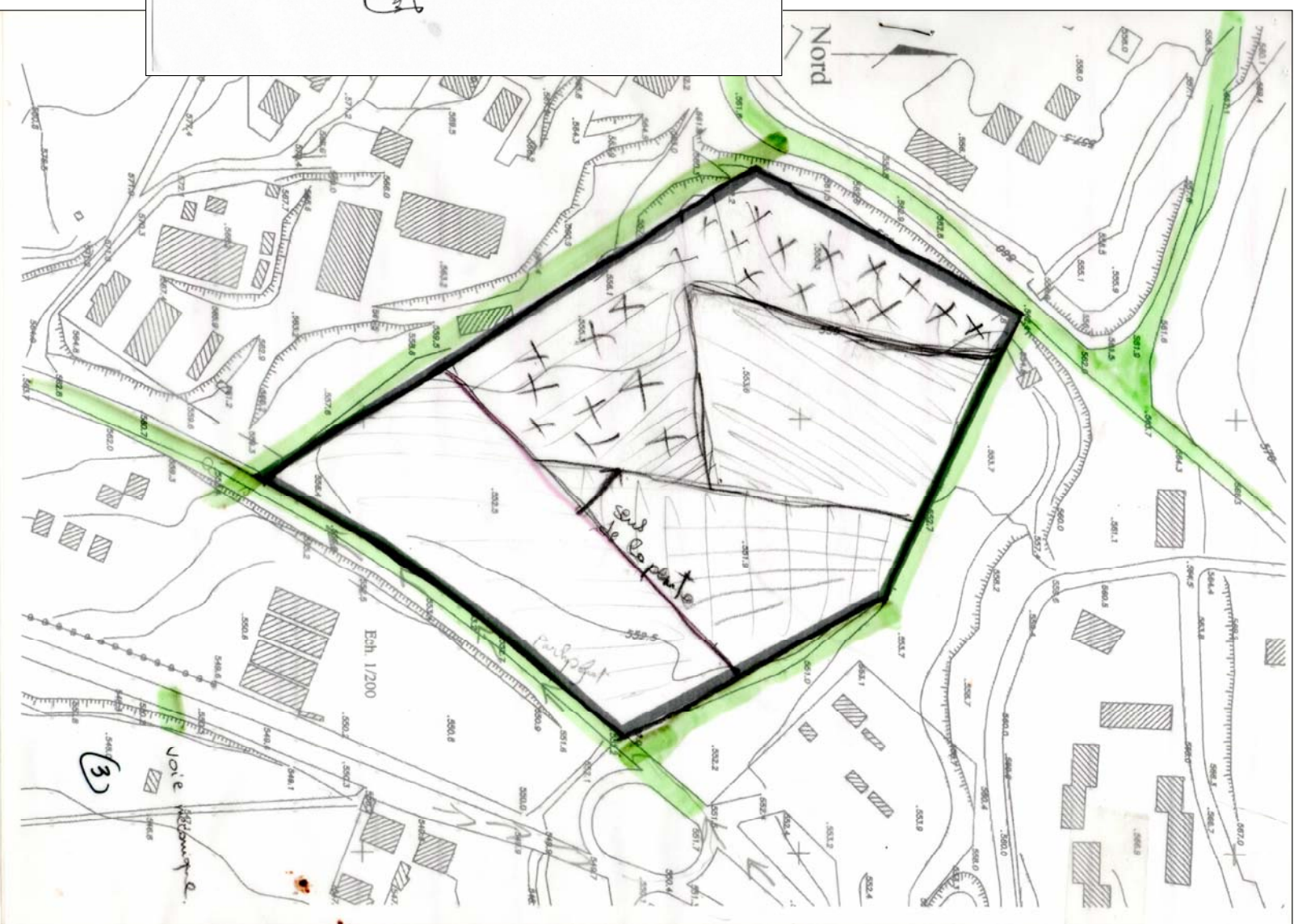
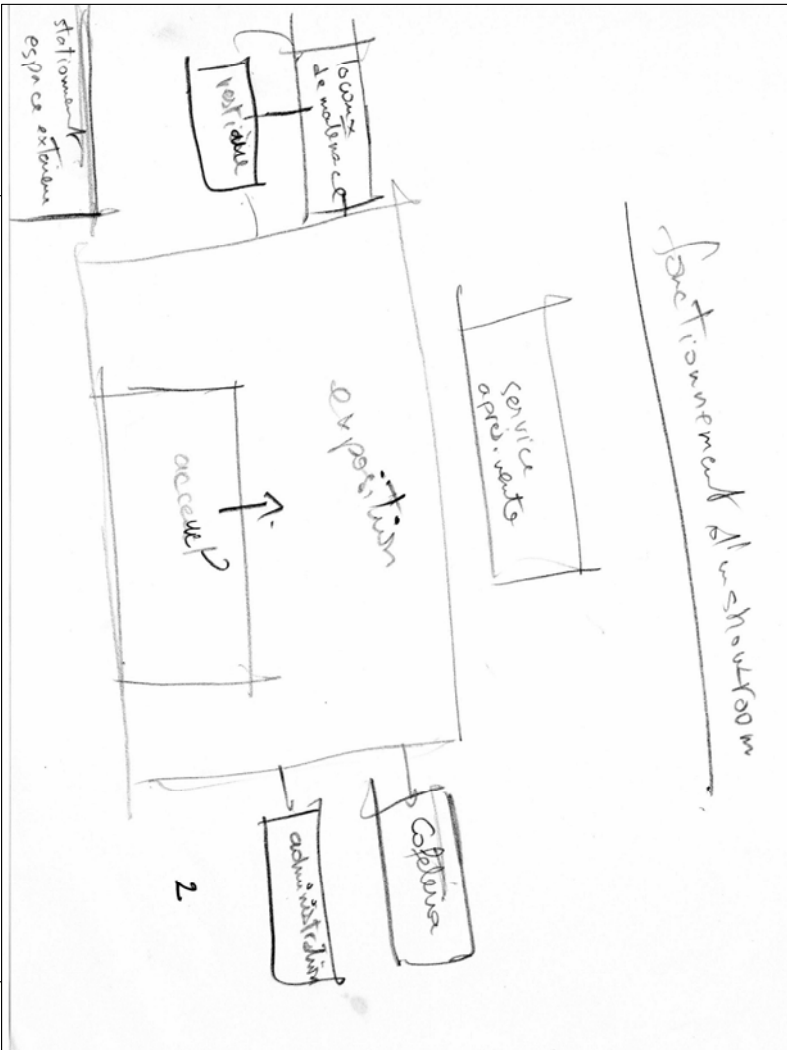
Pour faire:
 → marketing. Informer le client sur le produit. donner envie d'acheter (parcoure).
 → Aménagement et décoration curieux afin de mettre en valeur les produits exposés

exemple: Show room Shimano : agencement conçu d'un accueil combiné à un show room (permettant au client de découvrir les produits et d'acheter).

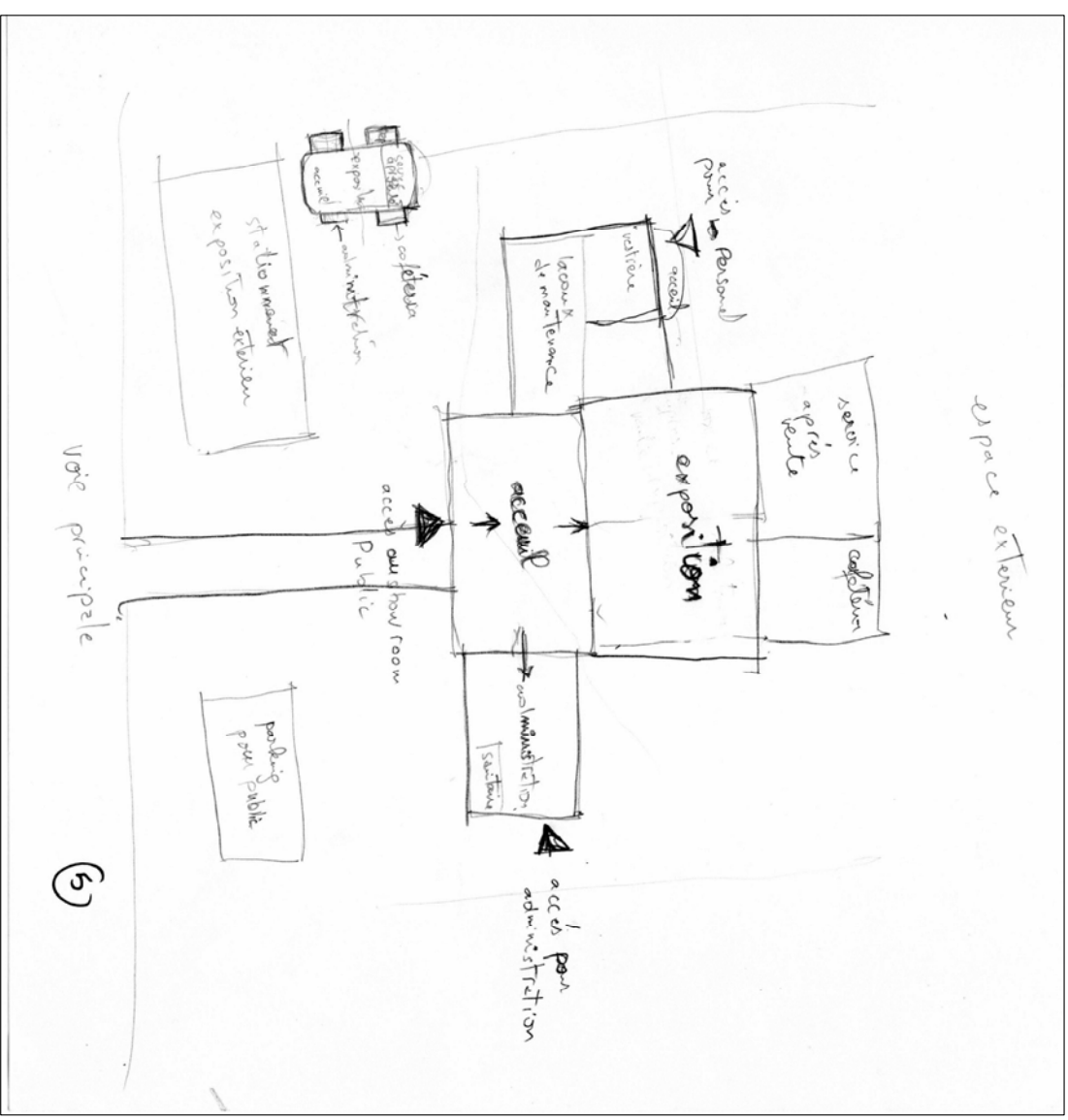
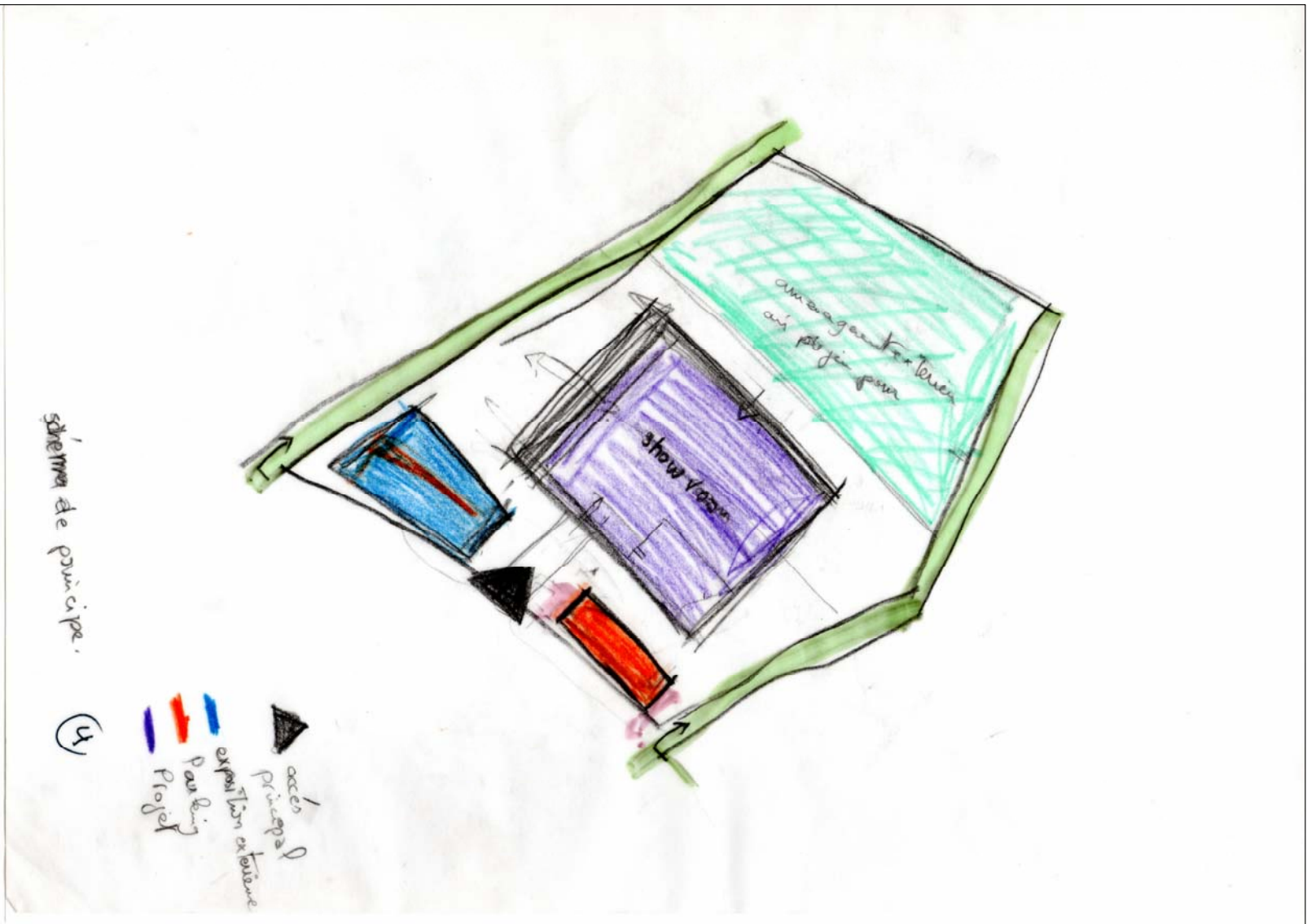
* il faut prendre en considération : l'éclairage. la structure (grande hauteur).
 Le parcours du client, les vitrines.
 exposition relié avec l'administration.

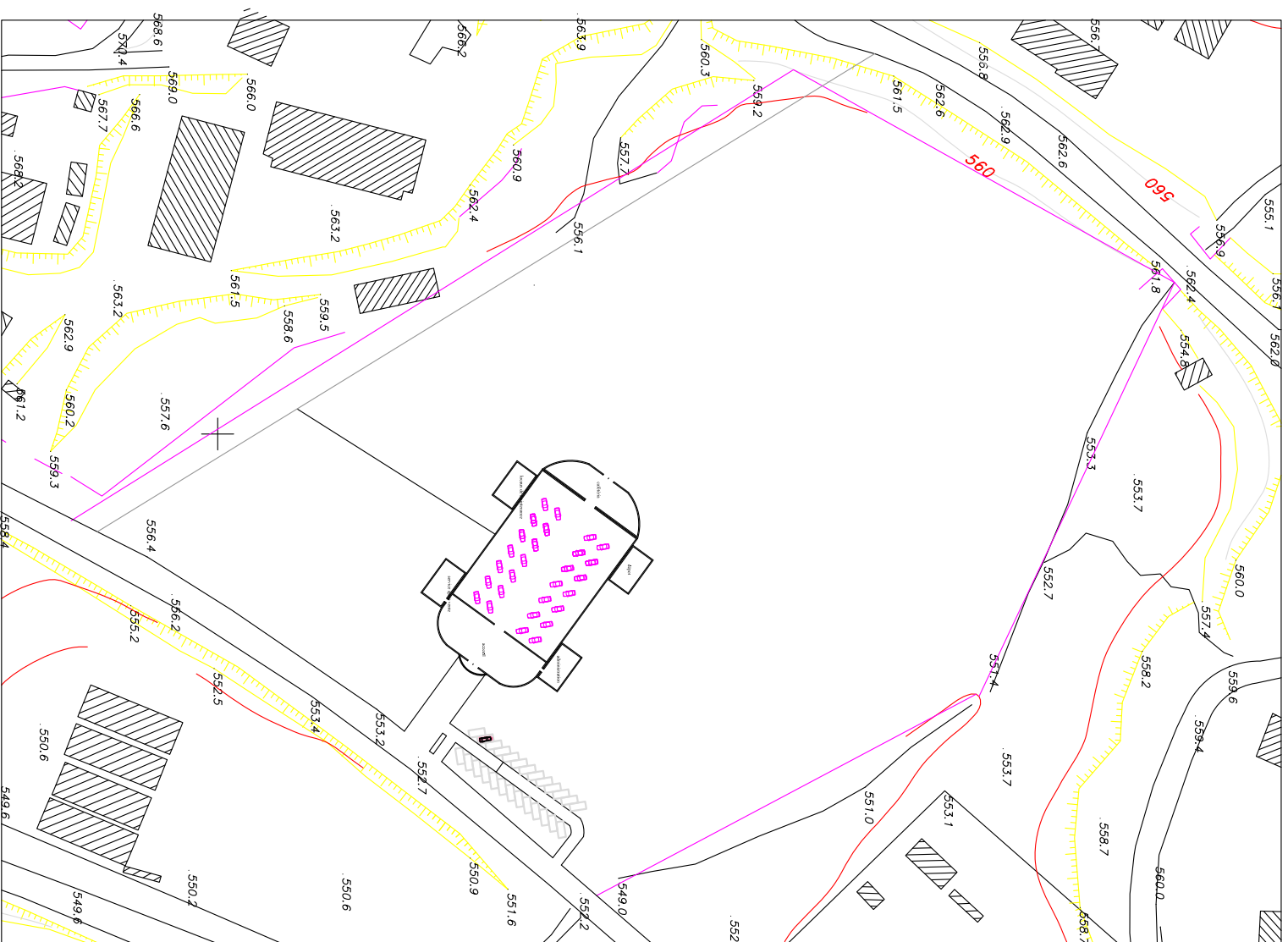
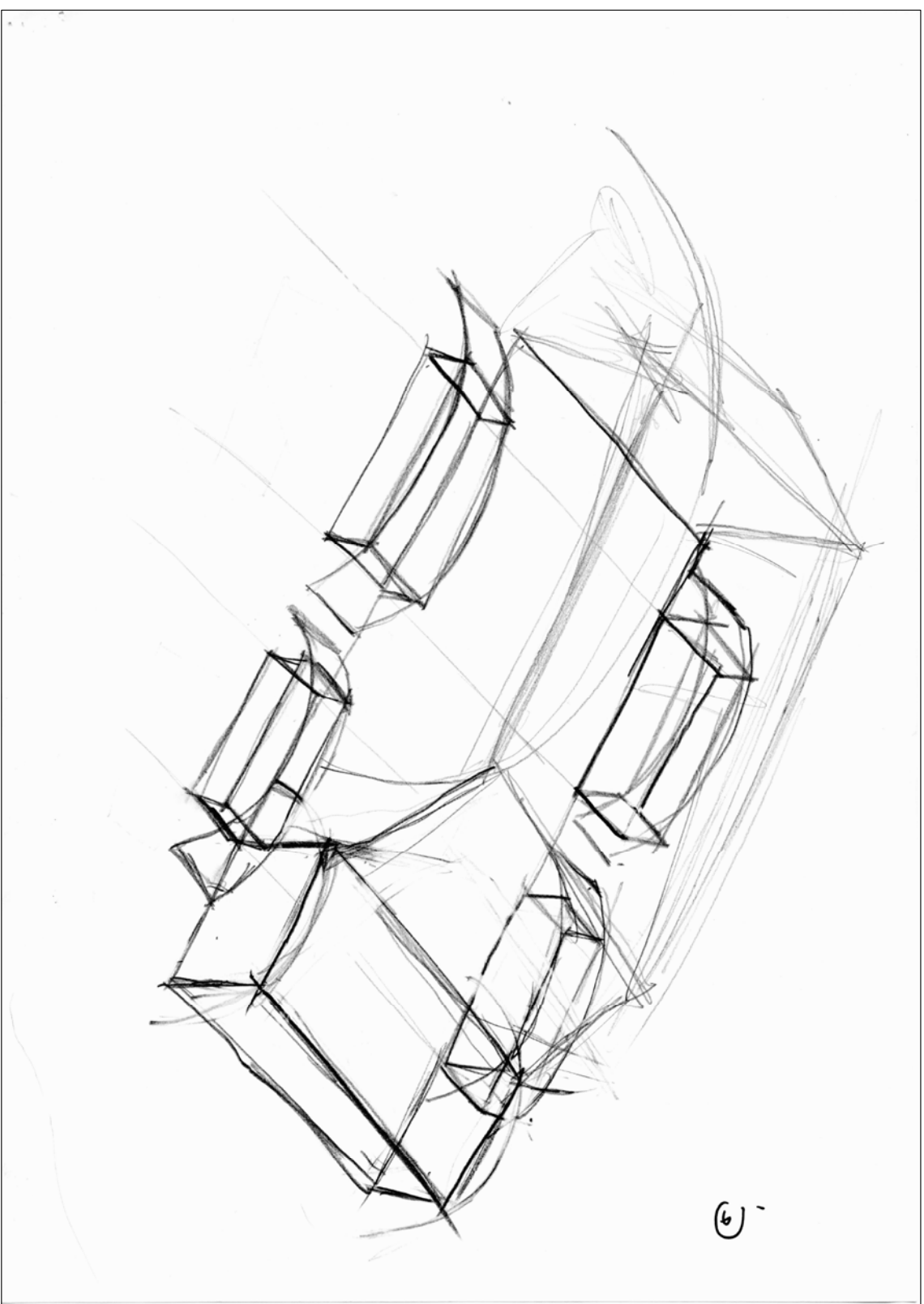


(1)

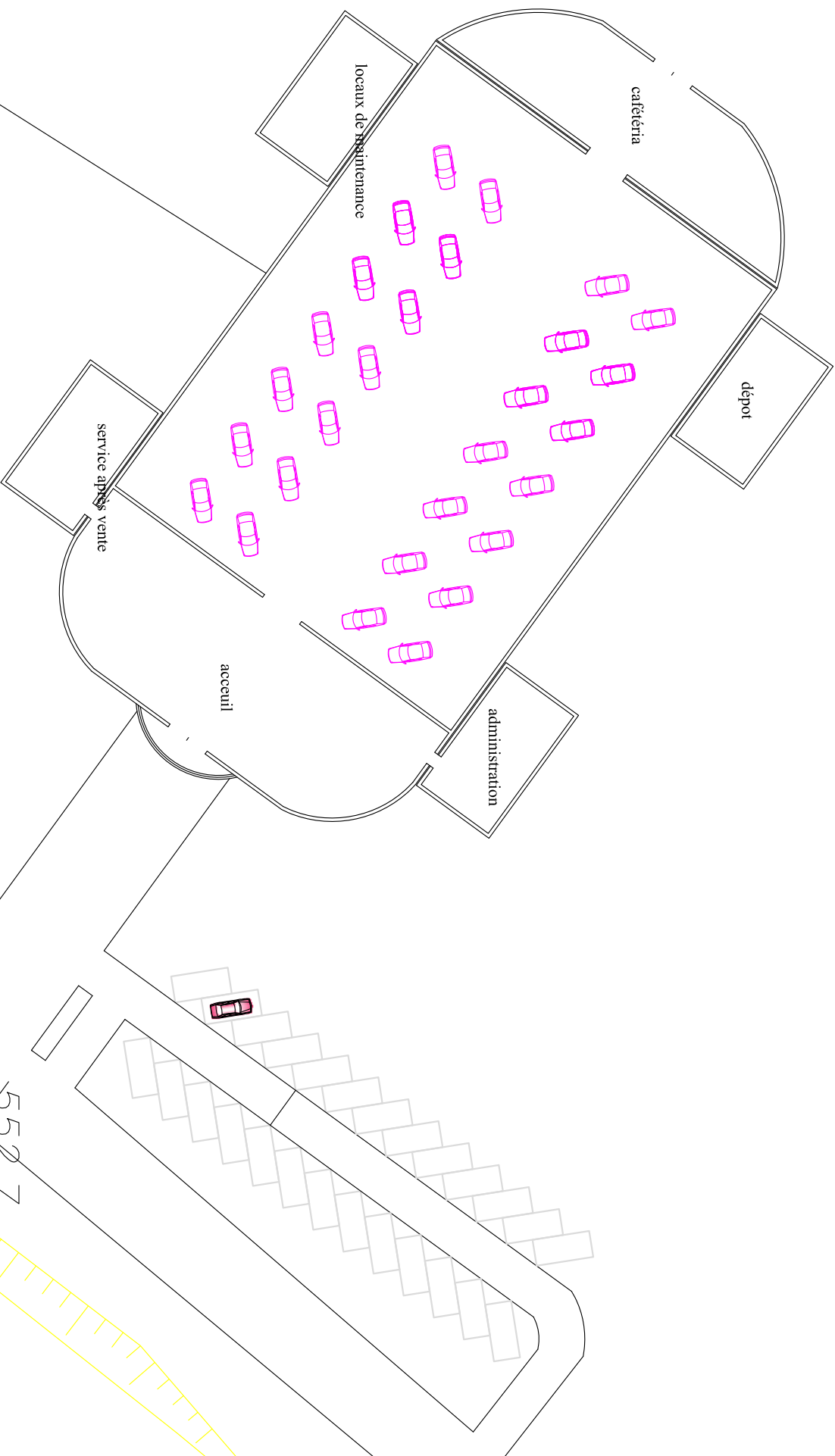


(3)





PLAN DE MASSE
Ech. 1/2000

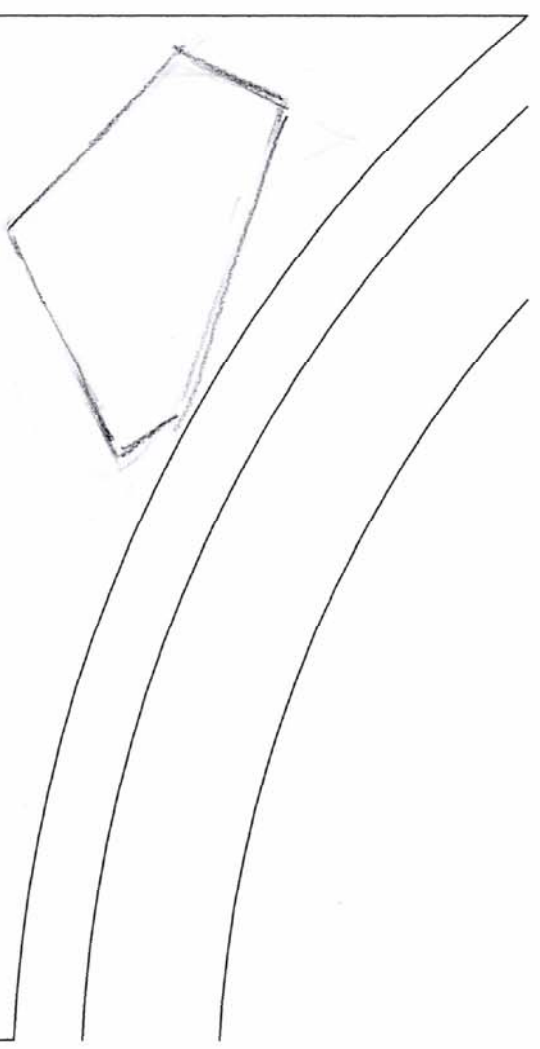


PLAN DU RDC
Ech. 1/500

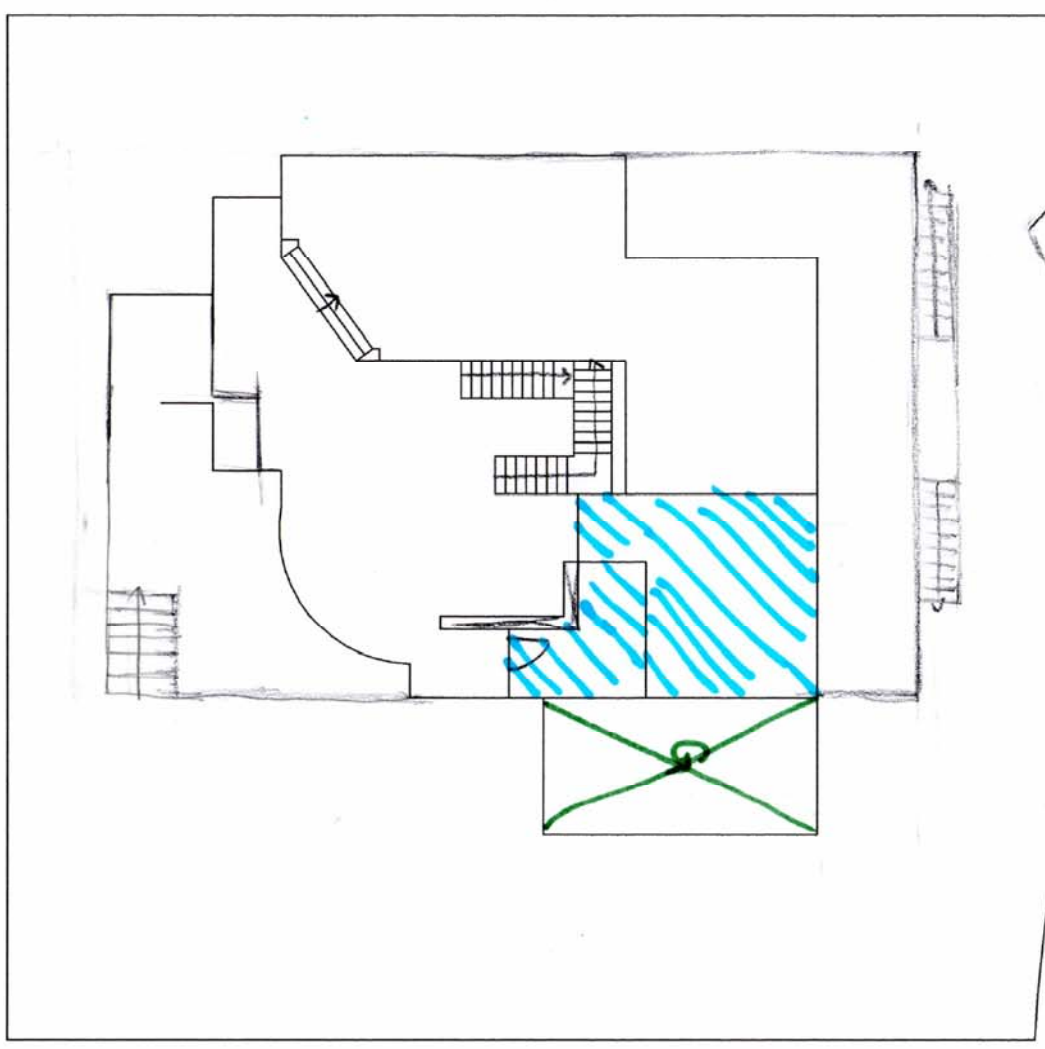


de projet consiste en une villa de 4 niveaux, dans un site accidenté au bord de la mer. j'ai commencé par faire un gabarit, puis j'ai essayé d'agencer les différents espaces en respectant les différentes relations entre ces derniers. la volumétrie est simple dans un esprit moderne. j'ai exploité la vue panoramique par faire des terrasses où on peut se défendre

REALISE PAR UN PRODUIT AUTODESK A BUT EDUCATIF

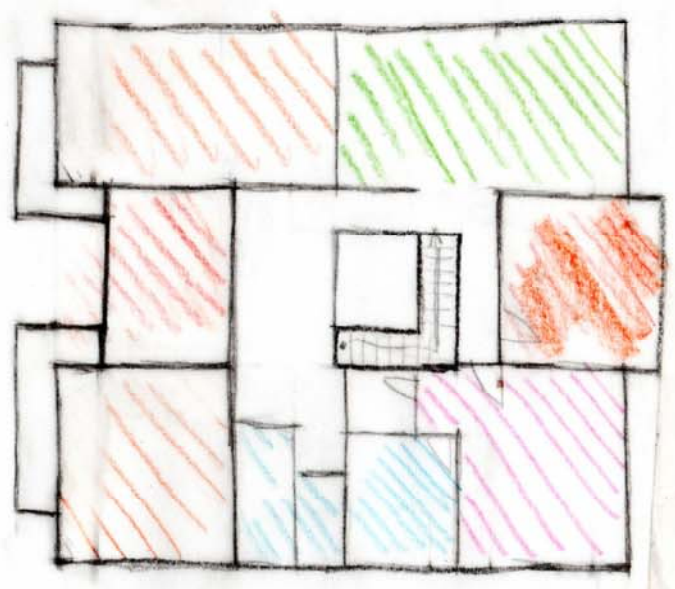


REALISE PAR UN PRODUIT AUTODESK A BUT EDUCATIF



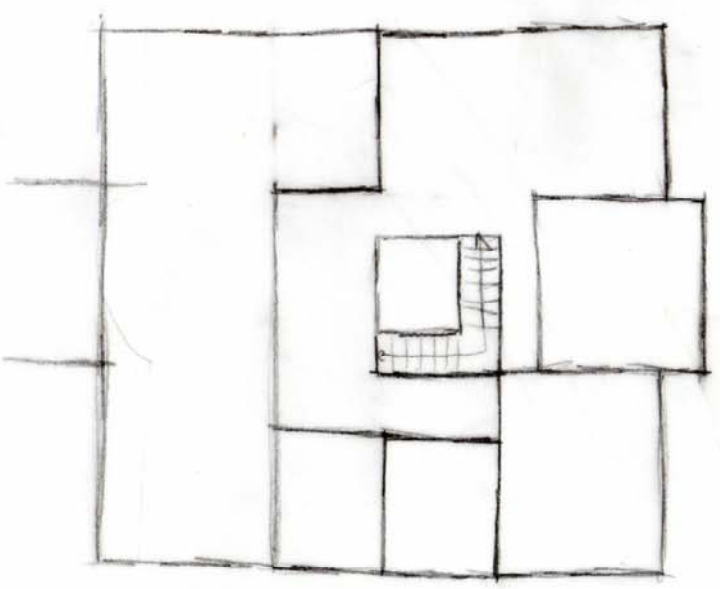
REALISE PAR UN PRODUIT AUTODESK A BUT EDUCATIF

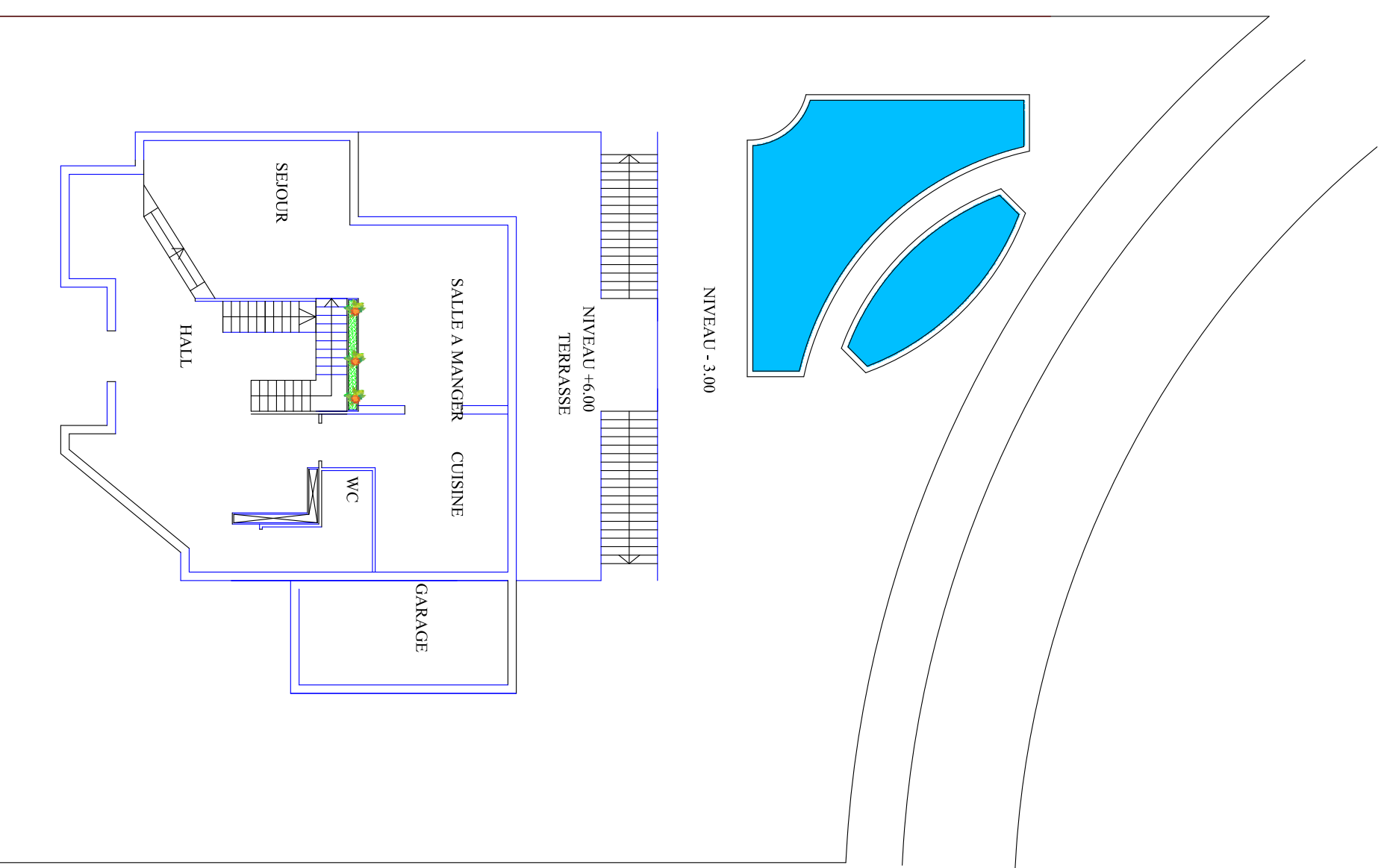
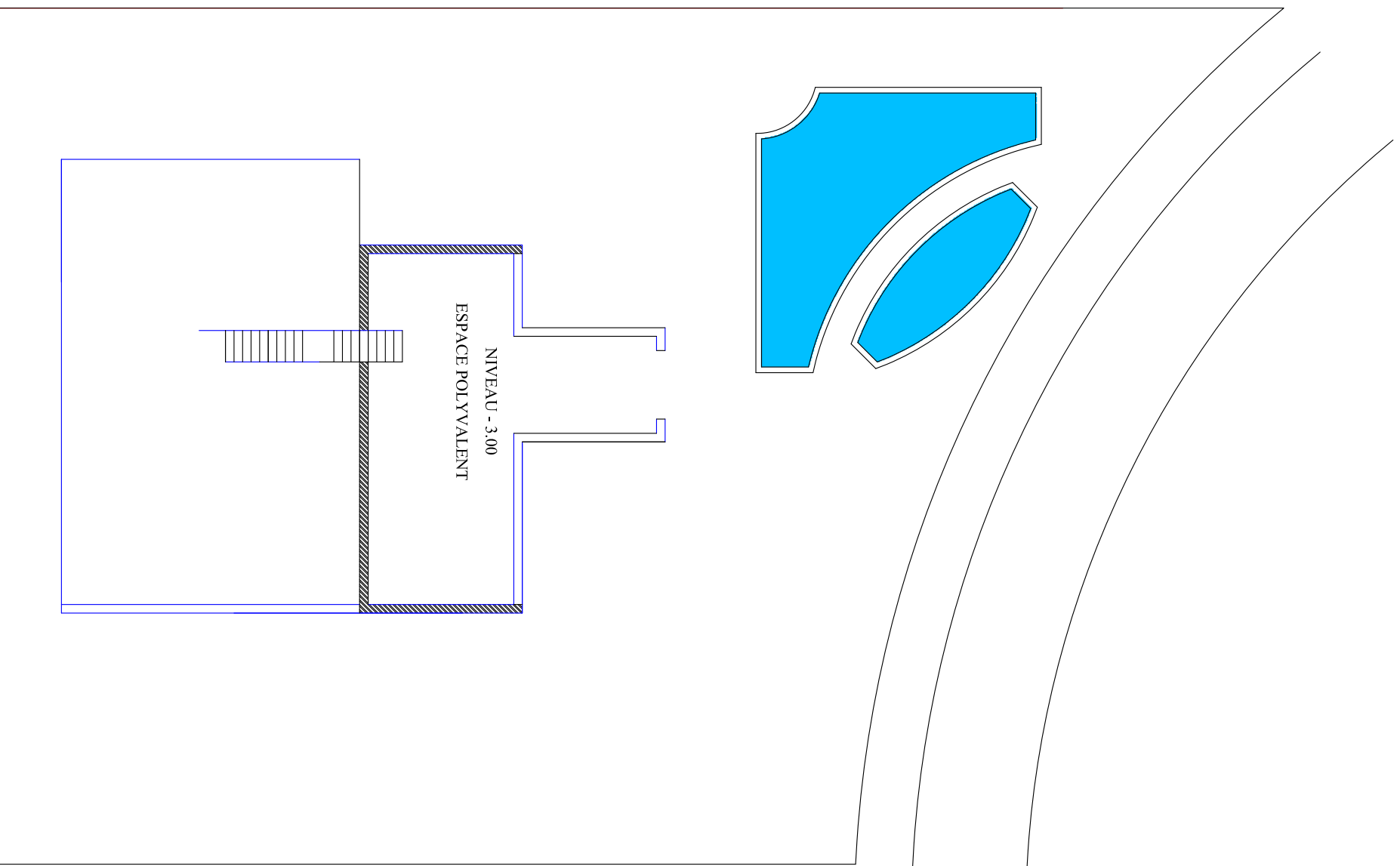
REALISE PAR UN PRODUIT AUTODESK A BUT EDUCATIF



- Bureau
- Séjour familial
- SDB + WC
- Chambres

REALISE PAR UN PRODUIT AUTODESK A BUT EDUCATIF

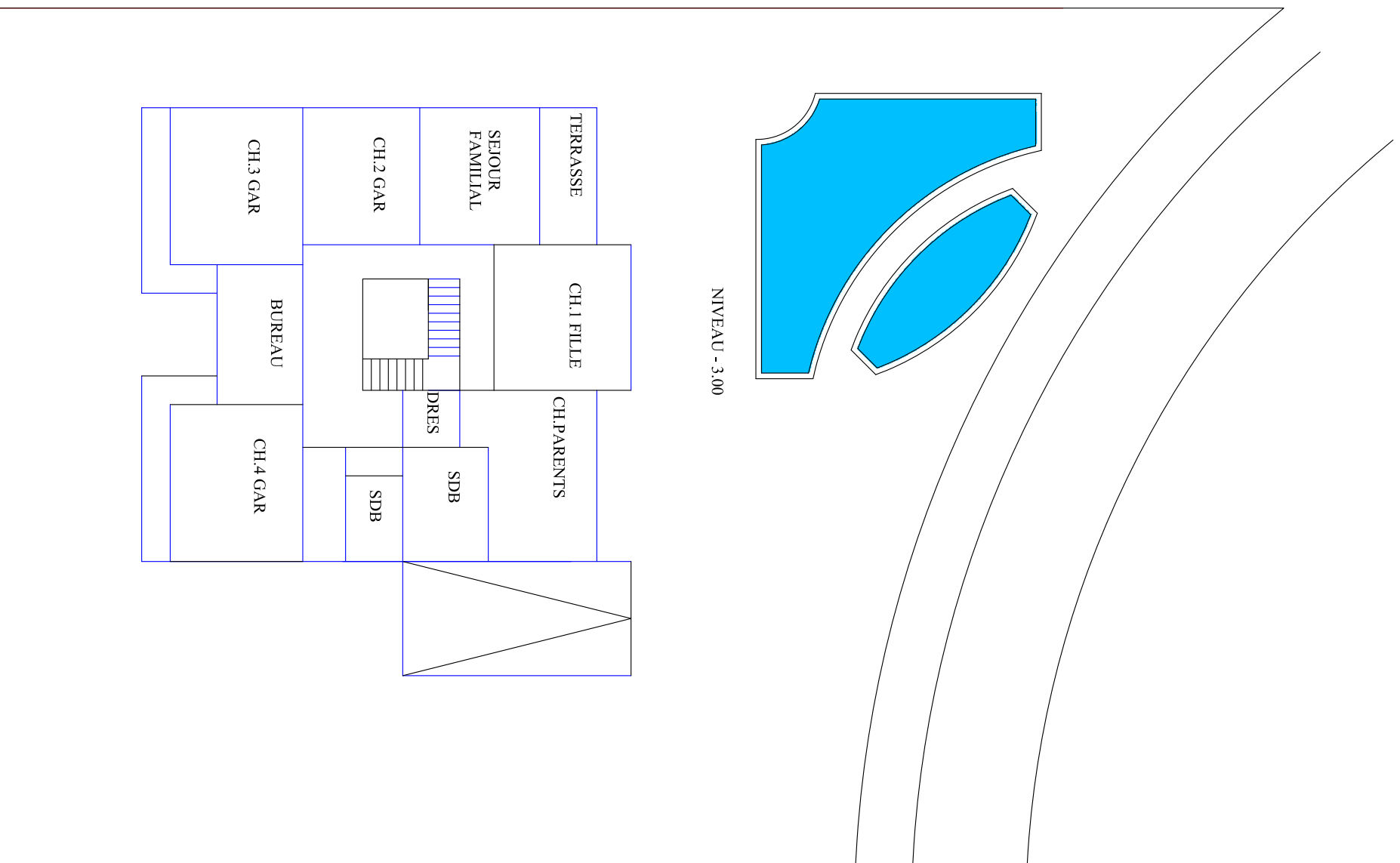




PLAN DE L'ENTRE SOL

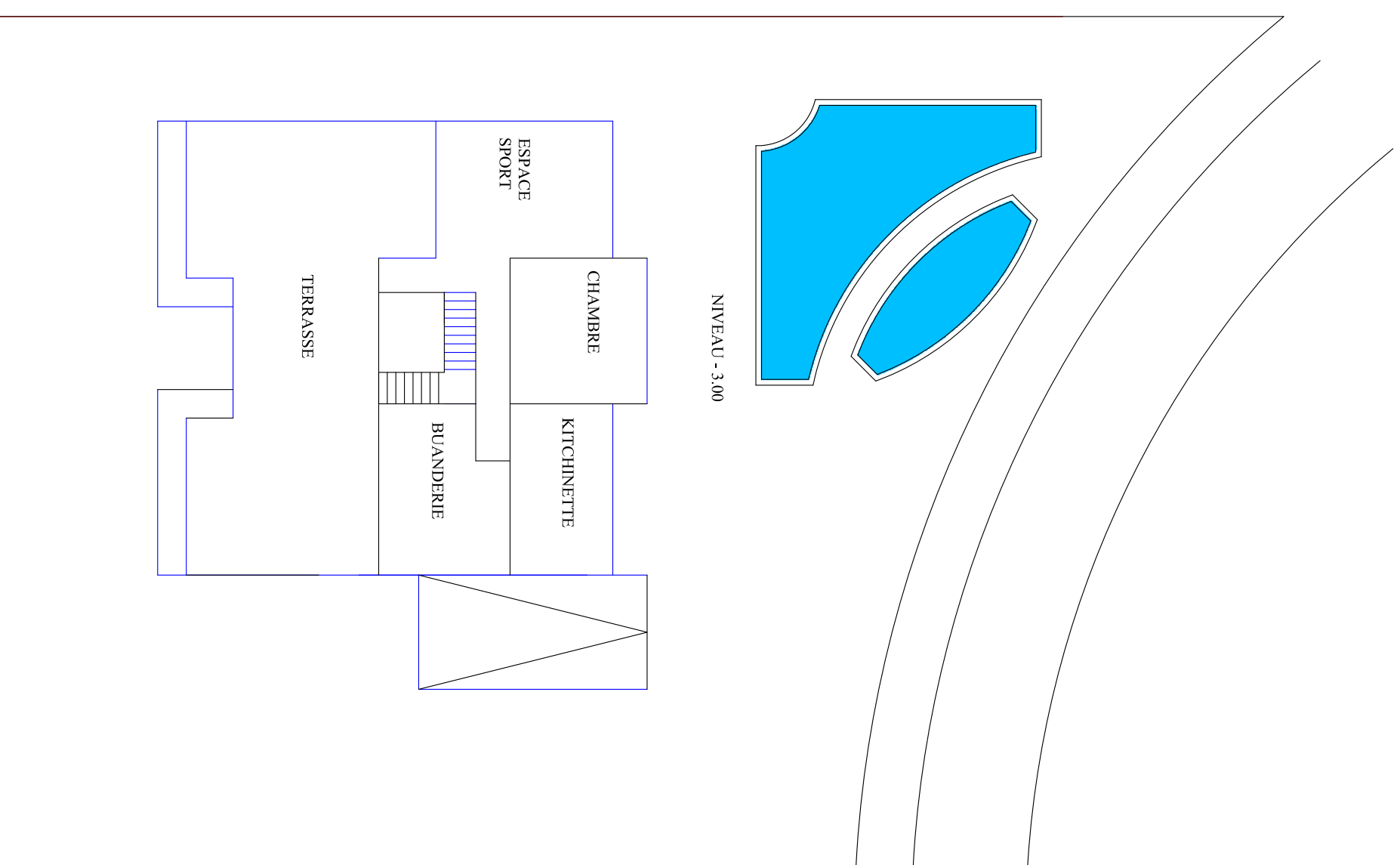
PLAN DE L'ETAGE

Ech. 1/200



PLAN DU 1er ETAGE

Ech. 1/200



PLAN DU 2ème ETAGE