

Le Velasquez

Recherches, analyses, expérimentations et
valorisation du patrimoine du XXème siècle



Avant toutes choses, je tiens à remercier grandement Marine Bagnéris pour son écoute, et ses conseils. De plus, je souhaite adresser de chaleureux remerciements à Adeline Manuel, et Anas Alaoui M'Darhri sans qui le travail sur Aioli aurait été impossible. Ensuite, je veux remercier Livio De Luca pour ses questionnements qui amène toujours à transcender la problématique initiale. Enfin, merci à toute l'équipe du MAP-GAMSAU pour leur gentillesse et leur accueil dans le laboratoire durant ces trois mois de travail. Pour conclure, un immense merci à mes parents : correcteurs, soutiens, et bien plus encore.

Le Velasquez :

Recherches, analyses, expérimentations et
valorisation du patrimoine du XXème siècle

Sommaire :

Introduction	6
Partie I : Le patrimoine XXème, un champ d'investigation laissé de côté	9
1. Le Patrimoine architectural du vingtième siècle	9
A. État de l'art et actions étatiques	9
B. Etat de l'art et actions citoyennes	13
C. La production régionale	17
2. L'apport du numérique ou la question du Digital Heritage	21
A. La place du patrimoine XXe dans le "Digital heritage"	21
B. Un contexte problématique	24
3. De l'interêt de la maquette	27
A. Plusieurs types de maquettes	27
B. Des projets de recherches autour des maquettes	33
C. Une clé pour les verrous du patrimoine XXeme	38
Partie II : Le Velasquez, objet de recherche	41
1. La recherche des données	41
A. L'accumulation	41
B. La restitution	43
2 L'analyse architecturale	47
A. Une volumétrie et une enveloppe forte	47
B. De la rue au logement	53

3. Dégradations et Acquisitions	57
A. Un bâtiment qui se dégrade	57
B. Des cartographies connectées	61

Partie III : Vers une meilleure communication et production du savoir ?

87

1. La dispersion des données	87
A. Une (trop) grande multitude d'acteurs	87
B. Quel devenir pour le savoir produit ?	88
2. Un modèle de plateforme citoyenne	91
A. La recherche ouvre la voie	91
B. Un modèle complet français ?	95
C. Une maquette physico-numérique comme interface	97

Conclusion

105

Bibliographie

106

Introduction :

L'enjeu de ce mémoire est pluriel. Il tente d'énoncer des problématiques et d'engager des réflexions. Tout d'abord, il porte sur l'aspect technique d'observation, d'acquisition et d'annotation des pathologies d'un bâtiment. Puis il scrute l'état de la recherche dans la conservation du patrimoine par l'outil numérique. Enfin il explore le potentiel disponible grâce à une méthodologie claire appliquée à l'outil numérique.

L'hypothèse première et la genèse du sujet étaient très centrées sur l'étude d'un objet architectural - Le Velasquez - et de ses dégradations en utilisant l'outil numérique. Patrimoine du vingtième siècle de la ville de Marseille et objet particulier dans la séquence urbaine de l'avenue du Prado, j'ai déjà eu l'opportunité de l'étudier par deux fois : une première fois sur le plan architectural, et une seconde fois sur l'analyse de ses dégradations et l'apport du numérique vis-à-vis des pathologies de l'immeuble. La première phase du travail consistait à recenser les dégradations sur l'ensemble du bâtiment, puis d'en faire des cartographies en utilisant l'outil numérique qu'est Aïoli. Quelle peut être la place d'un tel outil pour le patrimoine du vingtième siècle ? Comment la plateforme d'annotation 2D/3D développée par le laboratoire du MAP-GAMSAU peut-elle servir à la protection patrimoniale ? Si l'aspect purement technique d'observation, d'acquisition et d'annotation des pathologies du Velasquez fait toujours partie du mémoire, il n'en est pourtant plus le sujet unique. Les travaux entrepris durant le stage dans le laboratoire, ont fait surgir des questionnements face aux problématiques qui avait été soulevées durant le semestre précédent.

Avant tout, il est nécessaire d'engager une réflexion et une mise au point sur l'état de l'art à propos du Patrimoine XXe. Ce patrimoine est victime d'un désintérêt ; il est peu représenté, si l'on excepte ses grandes figures que sont Le Corbusier, Auguste Perret, ou Fernand Pouillon par exemple. Il est pourtant au coeur de nos villes, au centre du paysage urbain qui dessine l'urbanisme que nous pratiquons chaque jour. Il est important d'aborder l'état de la recherche, à la fois d'une manière généraliste sur ce patrimoine, mais aussi en la centrant de manière plus pointue sur le "Digital Heritage", coeur du sujet de notre séminaire.

C'est en questionnant la place du numérique dans le patrimoine du XXe siècle via les travaux des congrès « Digital Heritage » que j'ai pu constater la place très légère, pour ne pas dire l'absence, des œuvres du vingtième siècle dans le patrimoine architectural. D'autres équipes scientifiques ont engagé des travaux similaires. Il convient d'engager une réflexion sur le fond de la démarche mais aussi sur la diffusion du savoir, et la valorisation des travaux. En partant d'un constat propre à l'école Nationale Supérieure d'Architecture de Marseille, où les savoirs attachés à ce patrimoine XXe sont conséquents, on remarque pourtant que rien n'évolue. Le Velasquez n'est toujours pas protégé, pourquoi ? A travers les productions du Digital Heritage j'ai découvert tout un champ de la recherche destiné à mettre en avant ce patrimoine.

Lorsqu'on se confronte à ce patrimoine, on s'aperçoit vite qu'il n'est pas le plus simple à renseigner. Ses problématiques d'usage permanent inscrit dans un contexte complexe transforment n'importe quelle acquisition en un véritable défi. Il est nécessaire d'essayer de trouver des réponses à nos problématiques. La clé, qui est apparue au fil des discussions, des articles, des méthodologies, c'est bien la maquette, qu'elle soit physique ou numérique. Nous allons aborder la maquette comme outil de simplification pour les acquisitions des bâtiments du patrimoine XXe, mais aussi comme un lien vivant par la connexion directe entre les habitants et leur bâtiment, à travers la visualisation.

Dans la dernière partie de ce mémoire, on tentera de montrer tout le potentiel disponible produit par l'outil numérique. On recherchera une méthodologie claire permettant d'aller de la source d'archive à une plateforme numérique de protection, de valorisation, et de regroupement du savoir. Il serait en effet possible de mettre en place une pédagogie qui concernerait tout le patrimoine marseillais déjà étudié. On pourrait élargir ce champ en s'appuyant sur les travaux réalisés par les étudiants. Les savoirs seraient rapidement mis à disposition par un lieu interactif, convoquant sachants et non-sachants, professionnels et étudiants, organismes de protection et citoyens. Un récit commun surgirait autour de l'architecture et du patrimoine XXe visant à le protéger de l'intérieur.

Partie I : Le patrimoine XXème, un champ d'investigation laissé de côté

1. Le Patrimoine architectural du vingtième siècle

Avant d'aborder la problématique d'un bâtiment, issu du patrimoine du XXe siècle, comme l'est le Velasquez, il est important de traiter la question de l'état de l'art touchant d'une manière générale au patrimoine XXe dans le champ de l'architecture, puis d'affiner notre recherche en traitant le rapport entre ce patrimoine et l'acquisition photogrammétrique ou plus généralement tout ce qui touche au "Digital Heritage".

A. État de l'art et actions étatiques

Aujourd'hui, le corps architectural, qu'il soit praticien, scientifique, ou cumulant la double casquette, se trouve confronté à une question d'ampleur à l'échelle de la jeune histoire de la recherche architecturale (en son nom propre) française : quel avenir pour le patrimoine du vingtième siècle ? La réponse évidente serait : protégeons ce patrimoine, restaurons-le, au même titre que notre patrimoine plus ancien.

A première vue, le constat peut paraître relativement positif : Il est vrai qu'aujourd'hui en France, ce patrimoine si particulier est doté d'un label pour le repérer, le définir, le protéger :

« La connaissance, la conservation et la mise en valeur du patrimoine architectural et urbain du XXe siècle constituent l'un des enjeux majeurs du ministère de la Culture et de la Communication. »¹

Il semblerait donc effectivement que les pouvoirs publics se soient emparés de cette question. Et comme nous le disions, à première vue, cela semble réel... mais seulement pour certains architectes. En effet, si l'emblématique cité radieuse du Corbusier, ou les immeubles du quai du port de Fernand Pouillon sont respectivement classés et inscrits aux monuments historiques français, doublés d'un label XXe siècle, quid du reste du travail de dizaines, voir centaines d'architectes, pionniers eux aussi d'une architecture nouvelle portée dans ce continuum de pensée qu'a été le XXe siècle. Aujourd'hui, sur le territoire marseillais, vingt bâtiments sont recensés au titre du label XXe (Fig 1). A l'échelle de la France, ce sont 2800 édifices ou ensembles urbains qui sont concernés par ce label : une goutte d'eau. Et le constat est même pire que cela quand on apprend que sur ce faible échantillon seul un tiers des édifices faisait l'objet d'un classement ou d'une inscription.

1. Ministère de la Culture, *Patrimoine du XXe siècle*, <http://www.culture.gouv.fr/Aides-demarches/Protections-labels-et-appellations/archives/Label-Patrimoine-du-XXe-siecle>, (consulté le 15 avril 2018).

	13	Marseille	Condorcet (rue) 64	école primaire Saint-André-Condorcet	20e s.
	13	Marseille	Fortia (rue)	annexe du palais de justice	20e s.
	13	Marseille	Lattre de Tassigny (avenue de) 130	immeuble de bureaux dit Immunotech	20e s.
	13	Marseille	Lord Duveen (boulevard) 15	immeuble dit La Résidence	20e s.
	13	Marseille	Lorraine (cours de) ; Léonard-Dalmas (place) ; Gibbes (chemin de)	immeuble HBM Paul Strauss	20e s.
	13	Marseille	Luminy (avenue de) 184	édifice modulaire, anciennement bureaux de France-Télécom, dit pavillon tropical métallique Fillod	20e s.
	13	Marseille	Sainte-Marguerite (boulevard de) 205	synagogue Tiferet-Israël	20e s.
	13	Marseille	Sidi Brahim (square) 12-18	école primaire Abbé de l'Épée	20e s.
	13	Marseille	Tarascon (avenue de) ; Rognac (avenue de)	immeuble dit HBM Eugène Michéris	20e s.
	13	Marseille 15e arrondissement	Rove (avenue du) 22	Eglise Saint-Louis	20e s.
	13	Marseille 16e arrondissement	Estaque (plage de l') 126	Villa La Palestine	20e s.
	13	Marseille 1er arrondissement	Ernest-Reyer (place) ; Corneille (rue) ; Francis-Davso (rue) ; Molière (rue)	Opéra municipal	20e s.
	13	Marseille 2e arrondissement	Arenc (quai d')	silos à grains dit silo d'Arenc	20e s. ; 20e s.
	13	Marseille 2e arrondissement	Port (quai du) 42-66	Immeuble	20e s.
	13	Marseille 2e arrondissement	Tourette (quai de la) 1 bis	établissement administratif (consigne sanitaire)	20e s.
	13	Marseille 3e arrondissement	Général-Leclerc (avenue du) 2	bibliothèque universitaire Saint-Charles	20e s.
	13	Marseille 4e arrondissement	Jeanne-Jugan (rue) ; Chutes-Lavie (avenue des)	Pavillon de partage des eaux des Chutes-Lavie	19e s. ; 20e s.
	13	Marseille 7e arrondissement	sur l'île de Planier	Phare du Planier	20e s.
	13	Marseille 8e arrondissement	Michelet (boulevard) 280	Unité d'habitation Le Corbusier dite Cité Radieuse	20e s.
	13	Marseille 8e arrondissement	Rodocanachi (boulevard) 55	Immeuble	20e s.

Fig 1. Liste complète des bâtiments Label XXe à Marseille

Réponse n° 97



Inventaire général du patrimoine culturel	
édifice / site	silos à grains dit silo d'Arenc
localisation	Provence-Alpes-Côte d'Azur ; Bouches-du-Rhône ; Marseille
aire d'étude	Euroméditerranée
lieu-dit	Joliette (la)
adresse	quai d'Arenc
dénomination	silos
époque de construction	2e quart 20e siècle ; milieu 20e siècle
année	1926 ; 1950
auteur(s)	Vincent (ingénieur) ; Froment-Clavier (entrepreneur) ; Zublin (entrepreneur)
historique	Silo construit en 1926 par l'ingénieur Vincent et les entrepreneurs Froment-Clavier et Zublin. Une tour de distribution supplémentaire a été construite vers 1950. Il en existait un deuxième identique sur le quai, détruit aujourd'hui.
description	Ouvrage de stockage de 130 m de long pour 30 m de large, construit sur pilotis (886 pieux). Le corps du bâtiment est constitué de 57 cellules de 6 mètres de diamètre et de 18 mètres de hauteur, séparées par 42 cellules d'une contenance de 85 tonnes. Au-dessus de cette structure se trouve un toit-terrasse qui protège un plancher de chargement distribuant le grain vers les cellules de stockage. Le rez-de-chaussée est complètement libre, sur pylônes de béton, dégageant six voies de chargement, dont deux ferrées et surmontée d'un étage débordant par rapport aux unités de stockage et percé d'ouvertures. Après la dernière guerre, une seconde tour d'élévation au nord a été ajoutée. Cet édifice à vocation industrielle, conçu comme une machine, ne néglige pourtant pas une ordonnance et une composition classiques. Il constitue un signal urbain important à l'entrée du port d'Arenc.
gros-oeuvre	béton armé
couverture (type)	terrasse
couverture (matériau)	ciment en couverture
propriété	propriété privée (?)
type d'étude	pré-inventaire ; label XXe
réacteur(s)	Marciano Florence
référence	IA13000878 © Inventaire général, Région Provence-Alpes-Côte d'Azur
enquête	2001
date versement	2001/12/18
date mise à jour	2010/09/23
crédits photo	Denante, Sylvie - © Monuments historiques
service producteur	Région Provence-Alpes-Côte d'Azur - Direction Culture et Patrimoine - Service de l'Inventaire général du patrimoine culturel Grand Horizon, 11-13 boulevard de Dunkerque, 13002 Marseille - 04 88 10 76 66
voir aussi	Pour en savoir plus

Fig 2. Fiche Label XXe du silo d'Arenc

On en arrive alors à se poser la question : quelle est l'action de ce label ? Il est souvent cité comme gage de qualité architecturale significative, mais quel est son fonctionnement ?

« Le label Patrimoine du 20e siècle est actuellement remis en cause, un peu moins de vingt ans après sa création. Distinction ambiguë dans son objet et très limitée dans ses effets, puisqu'elle n'implique pas de protection, elle a cependant suscité de nombreuses recherches et discussions. Liée à la réunion au sein d'un ministère de la Culture du service des monuments historiques et de celui de l'architecture (resté vingt ans sous la tutelle du ministère de l'Environnement), la création de ce label incarne la coopération complexe entre ces deux cultures professionnelles »²

Nous sommes donc en lieu et place d'un label qui n'oblige à rien, si ce n'est à faire remarquer aux citoyens qu'ils sont en face d'un objet qu'on leur dit remarquable, par le biais d'une plaque posée à l'entrée. Si la démarche est faible à mon goût, elle a pour le moins le mérite d'exister. Cependant elle reste une simple inscription dans un inventaire obscur, consultable en ligne mais dont les données sont lacunaires : un nom d'édifice, une adresse, une époque de construction, le nom de l'architecte, le type de protection³. Si le constat est à charge, il n'en n'est pas moins mesuré : lorsqu'on lit les différentes fiches présentes sur la ville de Marseille, on voit rapidement qu'elles sont toutes rédigées par Sylvie Denante (Fig 2), adjointe au pôle architecture et espaces protégés à la DRAC-PACA. Dans ce contexte il est assez simple de comprendre pourquoi ce label semble si peu représentatif de la production architecturale massive durant le XXe siècle : peu de moyens, peu de marge d'action, car comme nous l'avons vu, le Label XXe n'entraîne pas d'actions. Il part du postulat, utopique, que des citoyens, des passants, des habitants, n'ayant aucune connaissance en architecture, vont naturellement prendre conscience de la valeur architecturale, urbaine, esthétique de l'immeuble qu'ils regardent ou qu'ils habitent. De même, l'apport théorique de leur immeuble dans la pensée architecturale ne va pas leur apparaître spontanément. La réalité est cruelle, tant l'attention citoyenne sur le sujet de l'architecture du XXe siècle - et notamment Moderne (au sens architectural du terme) - peut avoir mauvaise presse dans les consciences collectives. Prenons un exemple concret, iconique (trônant fièrement sur la page d'accueil de l'inventaire du label XXe), notre chère Cité Radieuse. Présente à bien des niveaux : esthétique, théorique, combinatoire, etc, elle est un manifeste du mouvement Moderne tant et si bien qu'elle est évidemment et naturellement classée aux Monuments Historiques. Cependant, aujourd'hui, ce classement pose problème, car il est perçu par les habitants comme une source de blocages, de crispations, les empêchant de disposer à leur guise de leur habitation. Pour nous, architectes, il est aberrant d'imaginer qu'on puisse poser des unités extérieures de climatisation sur les façades de cet édifice, ô combien remarquable. Pourtant si vous questionnez les habitants, vous pourriez entendre leurs doléances sur le thème « qu'on ne peut rien faire chez nous », et dans une certaine mesure c'est relativement vrai. La solution arrogante serait de leur dire de déménager dans du neuf où

2. Christian Hottin, « Genèse, implantation et remises en question du label Patrimoine du 20e siècle », mars 2018, no 137, p. 99-113 ; Yann Potin, Pascale Goetschel et Vincent Lemire (eds.), Spécial: Patrimoine, une histoire politique, Paris, Presses de Sciences Po, 2018, 245 p.

3. Ministère de la Culture, *Label XXe : Inventaire Patrimoine XXe siècle labellisé*, http://www2.culture.gouv.fr/documentation/memoire/VISITES/labelxx/lieu_frameset.htm, (consulté le 15 mai 2019).



Fig 3. La Cité Radieuse - Le Corbusier
Photo : Nicolas Janberg

AVANT-PROPOS DE LA DEUXIÈME ÉDITION

Trop de structures et de bâtiments historiques du XX^e siècle sont en grand danger. Ces édifices sont menacés en raison d'un manque général d'appréciation et de reconnaissance. Trop souvent, ils subissent les effets de la reconversion ou du changement ou tout simplement de la négligence et de l'absence de considération. Une confusion évidente est constatée concernant le recours général aux principes fondamentaux de la conservation du patrimoine historique qui devraient être appliqués aux biens du XX^e siècle. Cet ouvrage est une contribution du Comité Scientifique International de l'ICOMOS sur le patrimoine du XX^e siècle (ISC20C). Il est destiné à offrir des orientations de référence sur la manière de conserver et de gérer l'héritage bâti de cette époque importante du patrimoine international.

Ce texte a été élaboré par les membres de ISC20C en 2010-2011. À l'issue des débats animés dans un premier temps sur le contenu puis sur la rédaction du texte qui s'appuie sur l'expérience pragmatique vécue dans toutes les régions du monde. La version adoptée, intitulée « Approches pour la conservation du patrimoine architectural du XX^e siècle - Document de Madrid », a été approuvée à l'unanimité en Juin 2011 lors d'une conférence internationale sur les méthodes d'intervention pour le patrimoine architectural du XX^e siècle organisée au Campus de Excelencia Internacional Moncloa - Cluster de Patrimonio, et avec la collaboration de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid (ETSAM).

Le document connu aujourd'hui sous le vocable de « Document de Madrid » a été présenté à la 17^{ème} Assemblée Générale de l'ICOMOS en novembre 2011. L'Assemblée Générale a exprimé le souhait que ce document soit largement diffusé en vue de recueillir avis et commentaires au niveau international, y compris auprès des Comités Nationaux et Scientifiques de l'ICOMOS, compte tenu de l'étendue du domaine concerné par le patrimoine du XX^e siècle.

Au cours des années 2011 à 2014, le Document de Madrid a été diffusé avec ses commentaires, en anglais, en espagnol et en français. Il a été téléchargé sur le site Web de ISC20C ICOMOS. En raison de la demande croissante pour son utilisation il a été traduit dans plus d'une douzaine de langues - le russe, l'italien, le finlandais, l'allemand, le japonais, le portugais, le mandarin, l'hindi, le basque et le catalan - ce qui est un indicateur de l'intérêt manifesté pour l'utilisation des règles directrices élaborées pour les monuments et sites du patrimoine du XX^e siècle.

Le Comité Scientifique International de l'ICOMOS sur le patrimoine du XX^e siècle (ISC20C) a examiné attentivement tous les commentaires reçus de 2011 à 2014. Ces commentaires ont permis de réaffirmer la valeur du texte comme guide de la conservation du patrimoine architectural du XX^e siècle. Les commentaires ont montré également la nécessité d'élaborer un document d'orientation plus large qui puisse couvrir d'autres champs du patrimoine du XX^e siècle tels que les paysages et les zones urbaines. Une version illustrée a également été souhaitée. Le Comité Scientifique International a donc décidé de donner suite à ces propositions, en collaboration avec le Comité International de l'ICOMOS sur les paysages culturels de l'ICOMOS-PLA (ISCCL) et le Comité International de l'ICOMOS sur les villes et villages historiques (CIVVIH) afin de couvrir tout le champ des lieux patrimoniaux du XX^e siècle soit couvert dans la prochaine édition qui sera proposée à la 19^{ème} Assemblée Générale de l'ICOMOS.

Le Comité International de l'ICOMOS (ISC20C) est reconnaissant pour le soutien et la participation de tous ses membres dans le processus de développement intellectuel et celui de l'édition du Document de Madrid. Sont particulièrement remerciés pour leurs contributions le vice-président, Fernando Espinosa de los Monteros, qui organisa la conférence de Madrid 2011 et qui a soutenu la rédaction du texte et la vice-présidente, Susan Macdonald, qui présida le sous-comité chargé de la mise à jour du document fondateur et de la production de l'édition 2014.

Nous encourageons aujourd'hui tous les responsables de la gestion du patrimoine architectural - biens patrimoniaux - du XX^e siècle dans le monde à recommander l'utilisation du document de Madrid comme guide international fondamental, et nous nous félicitons de tous les commentaires reçus.

Sheridan Burke
PRÉSIDENT, ICOMOS ISC20C
DEUXIÈME ÉDITION, NOVEMBRE 2014

RECOMMANDATIONS POUR LA CONSERVATION DU PATRIMOINE DU VINGTIÈME SIÈCLE: LES BIENS PATRIMONIAUX ARCHITECTURAUX DOCUMENT DE MADRID 2014

PREAMBULE

Le Comité scientifique international de l'ICOMOS pour le patrimoine du XX^e siècle (ISC de 20C) élabore des lignes directrices pour la conservation des sites du patrimoine du XX^e siècle.

Comme une contribution à ce débat, la Conférence internationale, Méthodes d'intervention pour le patrimoine architectural du XX^e siècle - CAH 20thc, adoptée le 16 Juin 2011, le texte intitulé: Approches pour la conservation de la Twentieth-Century patrimoine architectural, Madrid document 2011. Le document a été largement diffusé pour commentaire et après avoir pris connaissance des commentaires, 20C ISC a décidé de publier cette deuxième édition, 2014.

OBJECTIF DU DOCUMENT

Le devoir de sauvegarde du patrimoine du XX^e siècle est aussi impératif que celui de sauvegarde du patrimoine historique des siècles passés.

Le patrimoine architectural du XX^e siècle est gravement menacé du fait d'un manque de reconnaissance et d'absence d'entretien. Une partie de ce patrimoine est d'ores et déjà perdue, une autre est fortement menacée. C'est un patrimoine vivant qu'il est essentiel de comprendre, de définir, d'interpréter et de gérer au mieux pour le transmettre aux générations futures.

Le Document de Madrid 2014 a pour objectif une gestion appropriée et respectueuse de cette période importante du patrimoine bâti. Il identifie parmi les documents existants en matière de conservation ceux qui sont déterminants pour la sauvegarde du patrimoine bâti sous toutes ses formes.

Ce document est destiné à tous ceux qui participent à la sauvegarde du patrimoine.

Les notes explicatives qui précisent certains points ainsi que le glossaire des termes utilisés complètent le Document de Madrid 2014.

Fig 4. Avant-propos et objectif de la charte de l'ICOMOS XXe 2014

ils pourront faire ce qu'ils veulent. La solution pédagogique serait de leur montrer pourquoi ce bâtiment doit rester tel qu'il a été pensé par Le Corbusier (Fig3). On voit bien ici que l'entre-deux proposé par le label XXe, à savoir : un inventaire, une plaque sur le bâtiment, et c'est tout, ne répond pas à la problématique de la labellisation de l'architecture et de sa protection. La notion fondamentale, le chaînon manquant ici, c'est une pédagogie, un intermédiaire entre le citoyen et l'Architecte des Bâtiments de France. Chaînon que l'architecte "classique" peut symboliser si on le sollicite, ce qui est loin d'être automatique, et peut parfois mener au conflit, car les discussions entre ABF et architectes peuvent parfois tourner au dialogue de sourd. Alors comment faire ? C'est bien là le sujet de ce mémoire, réfléchir à cette question si complexe de la transmission du savoir architectural, de la prise de conscience citoyenne, et ce, notamment grâce aux outils numériques. C'est le propos de ce séminaire, et cela me conduit à nourrir une réflexion plus large sur le patrimoine du XXe siècle, en s'arrêtant en particulier sur l'objet qu'est en lui-même le Velasquez. Aujourd'hui ce combat est mené solitairement par quelques écoles d'architecture où la notion d'attention au patrimoine est mise en avant. Des séminaires, des ateliers de projets, des professeurs mobilisent leurs connaissances autour des questions patrimoniales. C'est également via le développement de la recherche dans les écoles d'architecture qu'il nous est donné la possibilité d'avoir accès à ces questionnements. Dans notre cas, l'intervention du laboratoire du MAP-GAMSAU a facilité notre approche.

B. Etat de l'art et actions citoyennes

Pour débiter, nous avons abordé l'apport étatique sur la question de ce patrimoine si particulier. Mais qu'en est-il de la recherche, des publications extérieures ? Elles existent, mais restent confidentielles, destinées à un public curieux, se documentant à travers des revues, des publications d'organismes spécialisés, ou de certains masters dans les écoles nationales d'architecture. Pour la France, le catalogue de la conférence « Un bâtiment combien de vie, la transformation comme acte de création »⁴ reste une référence quant au questionnement sur le devenir de ce patrimoine, via la réhabilitation notamment. On peut également citer le travail de l'ICOMOS et notamment le groupe spécialisé sur le patrimoine XXe à savoir « ICOMOS Twentieth Century Heritage International Scientific Committee » qui a publié plusieurs documents pour la sauvegarde du patrimoine bâti du XXe siècle en 2011, 2014 et 2017 (Fig 4). Ils font office de feuilles de route, à suivre, en vue de sauvegarder, protéger et réhabiliter ce patrimoine en s'appuyant sur des textes références comme les chartes de Venise, de Florence, ou de Washington par exemple. L'ouvrage de Franz Graf « Histoire matérielle du bâti et projet de sauvegarde: devenir de l'architecture moderne et contemporaine »⁵ présente lui aussi une base théorique et pratique sur la restauration de ce type de patrimoine. Enfin une initiative émanant du corps architectural et à vocation "plus ou moins" citoyenne a émergé en 1988 avec l'organisme DoCoMoMo (groupe de travail pour la DOcumentation et la COnservation des bâtiments du MOuvement MOderne). L'idée de ce groupe est la suivante : la protection des icônes du mouvement

4. Cité de l'architecture et du patrimoine (ed.), *Un bâtiment, combien de vies ? La transformation comme acte de création*, s.l., Silvana Editoriale, 2014, 334 p.

5. Franz Graf, *Histoire matérielle du bâti et projet de sauvegarde: devenir de l'architecture moderne et contemporaine*, 1. éd., Lausanne, Presses Polytechniques et Univ. Romandes, 2014, 479 p.

- OUVRAGES SUR LA VILLE DE MARSEILLE :**
 Monnier (G.), "Le Corbusier à Marseille", in *Le Guide de Marseille. La Manufacture*, Besançon, 1991, pp. 226-227.
- OUVRAGES SUR L'ARCHITECTURE DE LA CITÉ RADIEUSE :**
 Arts Council of Great Britain, "Le Corbusier : architect of the century (1897-1965)", catalogue de l'exposition organisée à la Hayward Gallery, Londres en 1987, Pp. 220-238.
 Ville de Marseille, "Atelier du Patrimoine, Le Corbusier. La Cité Radieuse de Marseille", Marseille, 1988 (s.n.).
 Monographie publiée à l'occasion d'une exposition organisée par la Ville de Marseille, septembre-octobre 1988.
 Strigilio (J.), "Le Corbusier. L'Unité d'Habitation de Marseille", Parenthèses, Marseille, 1992.
- OUVRAGES D'HISTOIRE GÉNÉRALE DE L'ARCHITECTURE :**
 Dédigéation à l'architecture et à la construction, "La Ville à Lire Ouvert, Regard sur cinquante ans d'habitat", *La Documentation Française*, Paris, 77 pp. 87-88.
 Kopp (A.), Boucher (F.) et Pauly (D.), "L'architecture de la Reconstruction France, 1945-1953", ed. du Moniteur, Paris, 1982, pp. 145-148.
- OUVRAGES SUR LE CORBUSIER :**
 Jenger Jean, "Le Corbusier. L'architecture pour éveiller", Paris, Découvertes Gallimard, 1993, Pp. 76-81, 143-145.
 Collectif, "Le Corbusier une encyclopédie", ouvrage publié à l'occasion de l'exposition "L'aventure Le Corbusier", 1987-1988, Paris, Centre Georges Pompidou, CCI, 1987.

4. DESCRIPTION OF BUILDING

Disposé sur un vaste terrain de 3,684 ha, de forme sensiblement carrée ayant 200 m de côté, le bâtiment propose une réponse à la question du logement résolument "corbuséenne".
 L'immeuble se présente sous la forme d'un long parallépipède aux dimensions impressionnantes : sa longueur atteint 137 m, sa largeur 24 m et sa hauteur 56 m au niveau du toit terrasse.
 Il est positionné en oblique par rapport au boulevard Michelet qui borde le terrain dans sa partie est. L'orientation nord-sud de son axe longitudinal fait que les principales façades sont orientées est et ouest et que les pignons se trouvent orientés au sud et au nord, ce dernier étant aveugle.
 L'édifice repose sur 34 piliers, appartenant à 17 portiques en béton armé, espacés de 8,38 m, sous lesquels il est possible de circuler.
 L'Unité d'habitation s'organise sur 18 niveaux de planchers, desservis par 7 rues intérieures qui correspondent aux arêtes des ascenseurs. Ces rues se situent aux niveaux 2, 5, 7, 8, 10, 13, et 16. Elles parcourent le plan de l'étage courant sur toute sa longueur et, pour desservir les logements de la façade sud, se terminent en forme de T.
 Au 1^{er} étage, on accède au toit-terrasse où se situent certains des "embranchements du logis". Il s'agit d'une crèche, d'un jardin d'enfants avec un bassin, d'un gymnase fermé, d'une piste de course à pied de 300 m de longueur, d'un théâtre en plein air, d'un solarium et d'autres aires de détente.
 Aux 7 et 8^{es} niveaux, soit à mi-hauteur du bâtiment, se trouvent les espaces réservés aux commerces, aussi appelés "rue marchande de ravitaillement". Ces espaces sont visibles depuis l'extérieur car ouvrant sur des lamelles verticales en béton et non sur des loggias comme le reste de l'édifice. Ces rues courent sur la moitié de la longueur de l'immeuble. La liste des magasins à beaucoup varié. A l'origine s'étaient installés entre autres : une supérette, une boulangerie, une boucherie, un salon de coiffure hommes et dames, une droguerie, un petit hôtel avec bar et restaurant.
 Sur les façades ouest et est, ainsi que sur le pignon sud se répartissent des loggias. Elles sont l'une des caractéristiques majeures des appartements, dont le plus grand nombre sont traversants et disposés sur deux niveaux.
 L'appartement-typé loge 4 personnes. Toujours organisé sur un mode "duplex", il comprend un séjour ouvert sur la cuisine laboratoire, une chambre pour les parents et deux chambres plus petites, dont la cloison est mobile, pour les enfants. A partir de ce type dérivent les 22 autres, qui permettent de loger des célibataires ou couples sans enfant, jusqu'à la famille de 8 à 9 enfants.
 L'un des types d'appartements est la chambre d'hôtel de 15 m² imaginée comme une chambre d'amis extérieure au logement.
 Tous les appartements sont conçus à partir d'une cellule de 3,66 m par 10 m environ et 2,26 m de hauteur voire 4,84 m dans la partie double du séjour.
 Le hall d'entrée, complété à l'extérieur par un auvent en L, rappelle celui d'un grand hôtel. Il s'organise autour d'une salle hypostyle, comprenant 9 colonnes, un comptoir d'accueil, une batterie d'ascenseurs (3 plus un monte-charge), un kiosque à journaux, etc.

5. REASONS FOR SELECTION AS A BUILDING OF OUTSTANDING AND UNIVERSAL VALUE
 one page only except for groups of buildings, continuous text, arranged according to the following criteria

- 1. technical appraisal :**
 La trame de cet immeuble sur pilotis reprend celle du casier à bouteilles. La structure porteuse est en béton armé coulé sur place. Elle comprend les fondations, les pilotis, le soi artificiel et la superstructure, de type poteaux-poutres, portant les cellules.
 Le reste du gros oeuvre est constitué de panneaux ou éléments préfabriqués. Ce sont les revêtements de façades, les balcons bribe-acier, les escaliers, les parois des cellules formant les appartements.
 L'acoustique expérimentale des appartements s'explique par la présence de tampons isolants en plomb entre les panneaux formant la cellule et l'ossature en béton armé.
 Pour le calcul des proportions de chaque cellule et de l'ensemble, l'ATBAT et l'Atelier Le Corbusier ont par la première fois utilisé le Modulor.
 L'élaboration du plan de la cuisine revient à Charlotte Perriand. Dite "cuisine laboratoire", elle contient des équipements à la pointe du progrès des arts ménagers dont : un double évier en acier inoxydable équipé d'un broyeur d'ordures.
 L'organisation du chantier (sur 5 ans) a regroupé 30 corps d'Etat. Le nombre important d'intervenants a certes pu ralentir le bon déroulement du chantier mais il a aussi été arrêté notamment à cause d'un procès intenté par la Société pour l'Esthétique de la France.
- 2. social appraisal :**
 Commande expérimentale de l'Etat dans le contexte de la Reconstruction, soutenue et voulue par le premier ministre du MRU, Raoul Dautry. Les surfaces des logements excédaient de 45 % celles des normes en vigueur. Le confort proposé tant à l'intérieur que dans les parties communes dépassait de beaucoup celui des logements (individuels ou collectifs) d'alors. Et la qualité de l'isolation phonique n'a jamais atteint ce niveau dans le logement social.
 L'idéal du logement familial atteint des sommets : l'organisation du logis doit permettre pour la mère, le père et les enfants soit de se retrouver ensemble (dans la salle commune), soit d'avoir des moments d'intimité (les chambres à coucher). La conception de l'appartement dans la Cité radieuse aide au bon épanouissement de la famille, cellule sur laquelle s'appuie la société machiniste.
- 3. artistic and aesthetic appraisal :**
 L'esthétique de Le Corbusier s'est orientée vers deux axes : celui de la plasticité des formes des coffrages du béton ainsi que du béton lui-même, et celui de la polychromie avec l'utilisation de couleurs vives.
 Le toit-terrasse représente une composition avec des plans et des vides, des courbes et des droites. Avec cette composition, considérée comme la "quintessence de l'Unité d'habitation", Le Corbusier hisse le ciment, sous forme de béton, au rang de matériau noble.
 Le sculpteur Andreou a réalisé les coffrages en bois pour les relets en creux du Modulor situés au rez-de-chaussée, sur la façade est.
 Les couleurs sont présentes à l'extérieur sur les parois des loggias. Ce sont des couleurs primaires : rouge, vert, bleu, jaune. A l'intérieur, elles personnalisent les portes d'entrée des logements et sont accentuées par l'éclairage électrique indirect.
- 4. evidence of canonic status (local, national, international) :**
 L'Unité d'habitation de Marseille est reconnue comme l'aboutissement des 25 ou 30 années de recherches de Le Corbusier en matière de logement pour "l'homme de la civilisation machiniste".
 Chantier expérimental conçu comme un prototype voué à être copié de nombreuses fois, il fait l'objet de publications controversées. En effet, il fut tant décrié qu'un procès (en 1949) tenta de le stopper.
 Son succès certain auprès du public lui attirera de nombreux visiteurs.
- 5. evaluation as a reference point in architectural history and in relation to comparable buildings :**
 Dans le cadre de Le Corbusier cet édifice marque un tournant puisqu'il s'agit de sa première commande publique.
 Cette première Unité d'habitation en France et dans le monde sera suivie par un certain nombre.
 Trois autres sont construites en France et une à l'étranger : 1953/55, à Fozz-les-Nantes (44); 1956/58, Berlin Charlottenburg; 1958/61, Briey-en-Forté (54); 1964/67, Firminy (42).
 Cette réalisation a participé à construire un logement collectif de très grande qualité. Si le modèle en lui-même n'a pas été reproduit autant que l'aurait souhaité son auteur, l'idée est restée et se trouve aujourd'hui dans de nombreux immeubles.

Fig 5. Fichier DoCoMoMo -La Cité Radieuse - Le Corbusier
 Rédaction : Catherine Le Teuff



Fig 6. Carte interactive DoCoMoMo



Fig 7. Ecole d'architecture de Nanterre - Label XXe - Jacques Kalisz
 Photo : Serge Kalisz - 2015 et DoCoMoMo France - 1971

moderne et notamment le lancement d'alerte si un projet est en danger. Mais le but est également de valoriser tout ce qui touche à cette période : auprès des Etats, du public, des professionnels et des enseignants. Ainsi si vous réalisez une étude sur un bâtiment appartenant au mouvement moderne, vous pouvez la soumettre au comité de rédaction de votre pays pour la mise en ligne d'une fiche sur ce projet. Cette fiche répond à un certain nombre de questions comme une fiche technique du bâtiment (architectes, maître d'ouvrage, entreprises, etc), un recensement des sources, une description du bâtiment, les arguments justifiant la sélection du bâtiment, et quelques documents (Fig 5). Si la fiche est validée, le bâtiment peut être recensé sur le groupe de votre pays. En France on passe par une carte interactive où l'on peut voir les différents édifices traités (Fig 6) ; la fiche est accessible en ligne. Aujourd'hui une partie importante des éléments traités concerne la production de Le Corbusier, ou d'autres emblèmes architecturaux, comme la maison du peuple à Clichy de Jean Prouvé. On s'aperçoit bien vite que ce sont des bâtiments déjà reconnus, référencés, sourcés, étudiés, labellisés ; cependant l'apport et la surveillance de DoCoMoMo restent nécessaires, notamment pour certains édifices abandonnés comme l'école d'architecture de Nanterre. Cette école possède le label XXe et pourtant elle est à l'abandon depuis 2004⁶ (Fig 7) :

« La position du ministère de la culture et de la communication n'a pas changé depuis 2005 : l'intérêt patrimonial de cette œuvre de Jacques Kalisz relève du label « Patrimoine du XXe siècle » plutôt que d'une protection au titre des monuments historiques. La recherche d'une solution de reconversion respectueuse de l'architecture doit donc être privilégiée »⁷

On peut formuler autrement la position de l'état : ce patrimoine n'est pas assez intéressant pour être vraiment protégé, donnons lui simplement le label XXe. D'autant plus que le bâtiment restait à l'époque sur la liste des terrains à céder par France Domaine. On est dans le cas d'une situation malsaine où on laisse un bâtiment se dégrader pour mieux engager un processus de destruction en soulevant l'argument d'un coût trop élevé pour le réhabiliter.

On voit ici la limite du système, nous avons d'une part des pouvoirs publics pris entre deux revendications légitimes : celles, purement pratiques, presque triviales, des habitants, et de l'autre des revendications de sauvegardes fortes, chez les architectes. D'une part, nous avons la création d'un label qui n'accompagne pas les citoyens dans la compréhension de l'oeuvre architecturale, leur assénant comme seule pédagogie la pose d'une plaque à l'entrée. D'autre part, nous avons des actions citoyennes et/ou professionnelles et/ou d'entités qui essayent de se saisir de cette question mais qui, malgré toute leur bonne volonté, ne peuvent que, soit aider ceux qui ont la possibilité de faire (l'ICOMOS), soit créer leur propre inventaire. Cette volonté privée de valoriser le patrimoine se heurte aux bons vouloirs politiques et financiers, et leur marge de manœuvre se trouve ainsi limitée.

6. Serge Kalisz, *N'abandonnons pas le patrimoine architectural du XXe siècle!*, <https://www.humanite.fr/nabandonnons-pas-le-patrimoine-architectural-du-xxe-siecle>, 3 avril 2014, (consulté le 15 mai 2019).

7. Sénat Journal Officiel, *Devenir du bâtiment de l'école d'architecture de Nanterre* - Sénat, <https://www.senat.fr/questions/base/2012/qSEQ12090143S.html>, (consulté le 22 mai 2019).



L'Horizon



Soubassement de l'Horizon



Le Soleil et l'Altitude 117

Fig 8. Ensemble de Château Sec - Mario Fabre et Bernard Laville



La Réserve - Mario Fabre et Bernard Laville



Le Gréco - Mario Fabre et Bernard Laville



Les Jardins de Thalassa - Mario Fabre et Bernard Laville



Le Murillo - Mario Fabre et Bernard Laville

C. La production régionale

A ce constat déjà complexe se rajoute la question du reste de la production du XXe siècle, à savoir, tout ce qui n'est pas iconique, tout ce qui n'est pas exemplaire, mais qui présente pourtant un intérêt (Fig 8). Il ne s'agit pas de tomber dans une patrimonialisation extrême où tout ce qui est construit est patrimoine. Mais quid de tous ces architectes de régions, qui ont porté l'étendard d'un modernisme critique, à la production parfois abondante, dont le seul legs d'ici quelques années pourrait être des fonds en archives, dégradés voire détruits, par l'oeuvre du temps. Il n'est pas impensable que d'ici quelques années, au vu de la pression foncière, du coût de réhabilitation de certains édifices, on préfère les détruire, pour construire du neuf. De cet héritage si particulier, il ne restera alors quasiment rien tant il ne semble pas trouver grâce aux yeux de ceux qui doivent le défendre.

Alors pourquoi ? Pourquoi ce patrimoine n'intéresse-t-il pas autant qu'il le devrait les différents acteurs ?

« En analysant plus en détail le cas italien, nous pouvons avoir une idée de comment la reconnaissance de la valeur monumentale d'une œuvre contemporaine par un État est une chose longue et difficile. Lorsqu'au milieu des années 1960, la commission parlementaire « Franceschini » recueille une quantité importante de matériel afin de faire le point de la situation sur l'état du patrimoine culturel national et sur sa gestion, le patrimoine moderne est analysé seulement en termes de compatibilité environnementale, paysagiste et urbanistique. Dans les mêmes actes de la Commission, on trouve également une allusion aux débats qui à l'époque critiquaient fortement, pour leur incompatibilité environnementale, les mêmes bâtiments qui aujourd'hui sont considérés comme des chefs-d'œuvre (pensons à la « Torre Velasca » à Milan, à cette période-là considérée comme un exemple de dégradation du centre historique de la ville et du paysage) »⁸

Nous avons ici un début de réponse à ce désintérêt : le recul. Il est très difficile pour les acteurs qui la vivent, de juger la qualité de la production qui les entoure directement. Ce peut être par rejet d'une évolution propre à tous les champs de l'art : prenons l'exemple des expressionnistes, chassés des salons parisiens, et qui sont pourtant aujourd'hui présents dans tous ces musées qui autrefois ne voulaient pas d'eux. Comme le dit François Loyer dans l'ouvrage de Bernard Toulhier :

« Car le patrimoine n'appartient pas à l'époque qui le construit, mais à celle qui l'a identifié »⁹

Mais ce n'est pas la seule raison. Bernard Toulhier nous dit :

« L'architecture du XXe siècle souffre en France d'un profond discrédit. La construction de masse des Trente Glorieuses y est certes pour beaucoup; le mal semble néanmoins plus profond : force est en effet de constater quelle rupture s'est opérée, au cours de ce siècle, entre la production architecturale et sa réception par les publics auxquels elle était destinée »¹⁰

8. Mariangela Licordari, « Le béton armé dans le concept de patrimoine à préserver », e-Phaistos, 1 octobre 2015, IV, no 2, p. 72-82.

9. Bernard Toulhier, Architecture et patrimoine du XXe siècle en France, Paris, Editions du patrimoine, 1999, 356 p.

10. Ibid.



Fig 9. Le Léopard Vert - Mario Fabre
Logements intermédiaires et
Logements individuels
1976 - 1981



Ce malaise, profond, entre architectes et habitants, inscrit dans cette construction de masse qui a parfois mal compris le message de la Charte d'Athènes, a contribué à la piètre considération du patrimoine du XXe siècle aujourd'hui, le résumant, pour certains, aux grands ensembles. Cependant ce patrimoine développe une vraie diversité: expérimentations de logements intermédiaires, immeubles de standings modernes. Ce patrimoine existe, et il est en danger parce qu'il semble se dégrader plus vite que les précédents. Il convient de rester lucide et de se garder d'une muséification des villes, et de cette envie de tout conserver :

« Cela dit, nous devons aussi reconnaître que tous les ouvrages en béton armé ne doivent pas être forcément considérés comme patrimoine à protéger. De plus, il ne serait pas souhaitable qu'il y ait une muséification de la totalité des biens du XXe siècle. La question de ce qu'il faut protéger devient alors centrale. Afin de répondre à cette problématique, de nombreuses archives d'ouvrages architecturaux, nées de recensements et catalogages, sont en train d'être diffusées. Celles-ci peuvent aider sur le choix de ce qu'il faut transmettre aux générations futures ; un choix fait pas seulement en fonction des critères architecturaux, ou des valeurs liées à la figure professionnelle de l'auteur de l'œuvre en question, plus ou moins appréciée par la critique, mais aussi sur la base de minutieuses et précises réflexions critiques. »¹¹

Nous pouvons aujourd'hui, au vu des travaux et des avancées du numérique, procéder à un recensement plus efficace et à une protection plus pédagogique. Ces bâtiments sont d'un autre type que la plupart des monuments historiques : ce sont des usines, des bâtiments industriels, des habitations et nous l'avons vu, la question de l'usage devient un problème. Car ces bâtiments présentent deux options : être mis sous cloche, faisant perdre l'essence même du bâtiment dans la plupart des cas, ou laisser les usagers s'en occuper au risque de les voir se dégrader, par manque d'envie, d'argent, ou simplement de connaissances (Fig 9).

Le numérique a sa place. Il peut servir à protéger, il doit servir à protéger. On peut même l'envisager comme une ultime manière de protection, une sauvegarde, numérique, d'un bâtiment.

11. M. Licordari, « Le béton armé dans le concept de patrimoine à préserver », art cit.



Fig 10. Illustration de la plateforme Aioli
CNRS - MAP GMSAU



2. L'apport du numérique ou la question du Digital Heritage

A. La place du patrimoine XXe dans le "Digital heritage"

A l'image du champ généraliste de l'architecture, vis-à-vis du patrimoine du vingtième siècle, la question du Digital Heritage ne fait guère mieux quant au traitement de ce domaine d'investigation. Le constat, forcément légèrement réducteur, mais qui énonce une part de vérité, est clair : le champ du Digital Heritage, du visual heritage, n'a pas encore embrassé la question du patrimoine XXe en architecture, ou à de rares exceptions, en résonance avec le travail de recherche plus généraliste en architecture. Ce n'est pas forcément étonnant tant la place de l'acquisition photogrammétrique aérienne ou terrestre et la lasérométrie semblent ne pas encore toucher le secteur plus conventionnel de l'architecture. A titre indicatif, il m'a fallu attendre ma cinquième année, pour simplement découvrir le procédé. Pourtant, lorsqu'on s'y intéresse, le principe est formidable. Un relevé numérique des bâtiments pouvant, potentiellement, à terme, signifier une acquisition d'une précision exemplaire. L'enjeu est d'utiliser une plateforme comme Aioli : l'annotation 2D/3D via des photographies qui vont permettre d'établir une cartographie en 2D qui va se reporter en 3D sur un nuage de points (Fig 10). Ainsi se développe l'idée d'une plateforme participative pour les acteurs du patrimoine et de sa protection. Même si tout n'est pas encore complètement fonctionnel dans le domaine de l'imagerie 3D, comme on l'entend dans ce domaine de compétence, la science cherche, la science développe et c'est bien tout l'objet de notre séminaire et de notre travail : questionner les limites et le devenir d'un outil d'une puissance relativement incroyable.

Le devenir est simple et peut faire rêver : un outil d'utilisation simple, efficace, accessible à n'importe qui avec son smartphone, permettant une implication citoyenne dans le domaine d'étude patrimoniale en architecture. Mais nous y reviendrons plus en détail dans la troisième partie de ce mémoire. Car pour l'instant le constat n'est pas aussi idyllique.



Fig 11. Photographie de l'objet de travail : la gare de triage de Santander
Issu de : Documentation and 3D modeling of railway industrial heritage: study of the Cajo-Santander locomotive shed



Fig 12. Modélisation finale de la gare de triage de Santander
Issu de : Documentation and 3D modeling of railway industrial heritage: study of the Cajo-Santander locomotive shed

A travers ce séminaire et le sujet exploré, j'ai commencé à découvrir ce champ d'étude, inconnu jusqu'à présent. Dès lors je me suis mis en quête de matériels littéraires concernant soit le patrimoine XXe et même fin XIXe siècle et de travaux sur des objets relativement massifs comme l'est mon sujet (un bâtiment des années soixante, en angle sur trois rues, avec des hauteurs de plus de trente mètres et quinze mètres en façade, avec des attiques complètement invisibles depuis la rue). Le constat est assez simple : je n'ai trouvé quasiment aucun article dans les actes de Digital Heritage 2013 et 2015 et dans le visual heritage de 2018. Il existe un papier qui se rapproche de la problématique abordé dans un mémoire : « Documentation and 3D modeling of railway industrial heritage: study of the Cajo-Santander locomotive shed »¹². Ce document dépeint l'acquisition photogrammétrique d'une gare de triage à Santander (Fig 11). Il décrit l'utilisation de techniques multiples (laser et photo), utilisées par différentes équipes de chercheurs permettant de modéliser la gare de triage. Ils ont travaillé avec :

« For the photogrammetry part we used a drone built by our team and a digital camera Canon G12. This way we made a global model of the building »

On voit donc qu'ils ont du fabriquer leur matériel pour réaliser leur propres acquisitions aériennes et obtenir une base de travail sur laquelle venaient s'ajouter des détails grâce à une acquisition laser au sol. Pour réaliser celle-ci, il leur fallut se plier aux contraintes d'occupation du site : trafic, temps court. Cette capture laser leur a permis d'obtenir les couleurs :

« The scanner also has a built in digital camera with a coaxial optical axis and with the measuring beam from the laser, which allows to give every point a color with a RGB value taken from the photograph. »

Il a fallu ensuite traiter les données, lors d'une longue phase de post-traitement, d'orientation, réalisée par les différents groupes de travail, avant de pouvoir obtenir des modèles 3D, utilisables et animés avec Blender, dans un but de documentation du site.

« Doing a comparison, we discovered that there's no better technique than any other, in fact, hybrid use of techniques has allowed us an adequate model for every working scale and for the diverse documentation needs »

Le message de conclusion est clair : pour l'instant l'hybridation des techniques reste la meilleure technique pour un résultat optimal (Fig 12). Mais alors, quid d'une utilisation citoyenne, ou même simplement adressée à des professionnels non spécialiste de ces techniques ? La photogrammétrie et la lasérométrie sont-elles obligatoirement l'affaire de spécialistes privés ? La réponse est clairement non. La recherche se développe, mais n'ayant malheureusement pas eu accès aux actes du Digital Heritage de 2018, je ne peux rien affirmer, mais je reste persuadé que ce patrimoine, si particulier, sera bientôt investi par différents laboratoires. Rien que dans notre séminaire, des relevés d'une très bonne qualité ont été réalisés et montrent comment ce champ disciplinaire est accessible pour peu qu'on soit curieux. Le problème semble, pour l'instant, se poser autrement : tout est encore une fois, et comme toujours en architecture, une question d'échelle.

12. Oscar J. Cosido Cobos et al., « Documentation and 3D modeling of railway industrial heritage: Study of the Cajo-Santander locomotive shed », Granada, Spain, IEEE, 2015.

B. Un contexte problématique

Dès la lecture de l'abstract on se retrouve confronté à toute la problématique de l'acquisition 3D d'un bâtiment affilié à un patrimoine XXe :

« The article had the cooperation of the University of Cantabria, University of Naples "Federico II", University of Valladolid and the 3DIntelligence company. Within this project, it has been made the documentation of locomotive shed and the roundabout structure, key piece of industrial railway heritage in Santander. For this project we used the fusion of data (point clouds) from the Scanner-Laser and data from convergent photogrammetry. This initiative has enjoyed the cooperation of the RENFE company, who allowed access to their infrastructure »

On lit ici tout ce qui fait la difficulté de l'acquisition photogrammétrique à propos d'un patrimoine récent. Trois universités, une société privée en 3D, et la coopération des propriétaires du site ont été nécessaires pour obtenir le résultat que nous voyons. De plus, à l'addition de tous ces talents, s'ajoute la question de l'accumulation de moyens techniques pour obtenir un résultat qualitatif : laser, photo, drone. Tout cela a un coût, et nécessite un savoir particulier, du temps, de l'investissement. Au fil des recherches, je m'étonnais de l'absence quasiment complète de papiers sur ce sujet qui pourrait pourtant grandement bénéficier de ces "nouvelles" technologies. Pourquoi la question du Digital Heritage ne s'intéresse-t-elle, en grossissant le trait, qu'aux objets datant au maximum du Moyen-Age et/ou d'une taille raisonnable. Les causes sont clairement énoncées dans cette citation pour peu qu'on lise entre les lignes ; les objets archéologiques ou muséographiques sont accessibles facilement et simplement: si un musée a besoin d'une acquisition photogrammétrique, on intervient le jour de fermeture, sans problème d'usage, de gêne, de lumière changeante. Idem pour les sites archéologiques, qui peuvent être simplement rendus inaccessibles pour le temps d'une acquisition, car ce sont des sites à vocation représentative/pédagogique, dont les propriétaires (souvent publics encore une fois) peuvent décider de les fermer aux visiteurs. Qu'en est-il de ce patrimoine XXe si particulier, bien souvent en activité, propriété au mieux d'une société comme dans notre article (mais qui impose malgré tout des contraintes de temps) au pire d'une copropriété de logements ? Certes, certains se lancent dans d'ambitieux projets¹³ lié à des objets massifs: mais pour l'instant le constat est clair : la photogrammétrie (aérienne et terrestre) et la lasérométrie ne sont pas au point pour une utilisation accessible, citoyenne, et partagée d'objets massifs en activité, type patrimoine XXe.

13. Panagiotis Parthenios et al., « Three modes of a monument's 3D virtual reconstruction the case of Giali Tzamissi in Chania, Crete », Granada, IEEE, 2015.

Pour aborder le Velasquez, je me suis heurté à ces problématiques, directement. Car il existe des exemples de projets sur des objets massifs, des églises, dont les acquisitions sont faites en drone et dont les résultats sont d'assez bonne qualité. Alors pourquoi ce constat légèrement pessimiste ? Car tout est une question de contexte. L'acquisition, même partielle, du Velasquez, situé sur l'avenue du Prado, en plein coeur de Marseille, entre midi et seize heures, n'a rien à voir avec l'acquisition d'une église isolée dans un petit village des Bouches-du-Rhône, qui plus est, si l'acquisition est réalisée seule. Le contexte urbain dense implique nombre de contraintes qui sont tout sauf optimales quand on lit un protocole d'acquisition. La taille des objets est le premier obstacle, lié souvent à une absence de recul, ou si le recul est disponible à son obstruction par de la végétation (publique ou privée) qu'il est difficile de venir simplement débroussailler, comme sur un site archéologique que l'on va dégager avant l'acquisition. A ces obstructions végétales se rajoutent des obstructions humaines : un coeur de ville est vivant. Voitures et piétons sont parties intégrantes d'une acquisition urbaine. Il est difficile d'interdire l'accès aux terrasses, balcons ou entrées d'un bâtiment simplement parce qu'une acquisition en drone est en cours. Tout comme il est difficile de bloquer une rue du centre de Marseille, stationnement compris, pour obtenir une acquisition d'un soubassement en une seule passe de photo, qui couvre toute la hauteur ; une tentative d'acquisition en plusieurs phases risquerait de fragiliser l'acquisition tant le recul est faible, avec une simple largeur de trottoir marseillais pour seule profondeur.

De plus, il serait « normal » de solliciter l'accord des propriétaires pour photographier leur bâtiment. Et si cet accord est donné, il reste encore à obtenir des autorisations de voiries et de survol pour pouvoir réaliser pleinement l'acquisition d'un bâtiment comme le Velasquez. L'hybridation des techniques peut fonctionner : le soubassement en photogrammétrie (mon cas) et le reste en drone pour obtenir un modèle complet sur plus de 200m de longueur de façades. Cette pratique n'en reste pas moins assujettie à des autorisations qui, à première vue, ne sont pas distribuées facilement. Dès lors, comment réaliser une acquisition complète du Velasquez malgré tout ces limitations ? Au regard des outils de l'architecte, l'un d'entre eux semble offrir des pistes intéressantes : la maquette



Fig 13. Maquette de rendu de L' Institut méditerranéen de la ville et des territoires
Ensa-Marseille

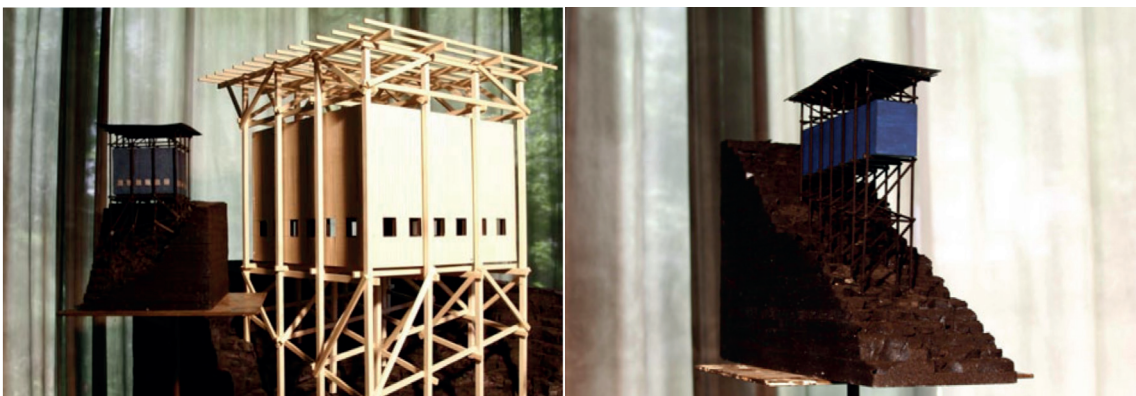


Fig 14. Série de maquette de conception de Peter Zumthor, pour le musée de la mine
Deezen

3. De l'interêt de la maquette

A. Plusieurs types de maquettes

Tout d'abord, il est nécessaire, avant d'aborder le sujet de la maquette comme objet de simplification des problématiques d'acquisitions du patrimoine XXe, de discuter de l'objet maquette en lui même, et de son utilisation. Selon Lisa Nash¹⁴, conservatrice en chef pour le Royal Institute of Britain Architects, il existe deux types de maquettes : les maquettes communément appelées "d'étude", ou de conception et les maquettes de rendu (Fig 13). Ce sont deux types de maquette complètement différents : le premier relate l'idée, l'intention, l'intuition, et souvent l'évolution de l'idée même du projet, le second est une représentation à un instant T (pour un concours, pour un rendez-vous client) du projet "fini". A ces deux types clairement établis, on peut ajouter un dernier type de maquette, globalement affilié aux étudiants. Il s'agit des maquettes que nous appellerons : "à postériori". Ces maquettes sont généralement le document qui se rapproche le plus du bâtiment dans son état construit, puisqu'il s'appuie sur une observation du bâtiment réel comme source d'élaboration de la maquette. Chacun de ces types transcrit un des temps du projet d'architecture, et chacune de ces maquettes présente des avantages, et des inconvénients.

La première maquette dans l'ordre chronologique est la maquette de conception. Elle s'adresse, la plupart du temps, à des professionnels. C'est un outil fait par des architectes, pour réfléchir avec d'autres architectes. La maquette de conception est d'ailleurs souvent abstraite et quasiment incompréhensible pour des personnes extérieures à la conception du projet, et aux idées sous-tendues par la dite maquette à l'instant T de l'évolution du projet. L'usage moderne effectif de la maquette est de l'utiliser sous plusieurs aspects. C'est ce que nous dit Daniel Estevez, citant lui même Leon Battista Alberti et son traité «De re Aedificatoria»¹⁵ :

*« Ces maquettes permettront ainsi sans danger d'ajouter, d'ôter, d'inverser, d'innover et même de bouleverser complètement l'ouvrage de fond en comble ». Ici la maquette est décrite à la manière d'un outil d'expérience, d'expérimentation, et non plus comme un simple instrument de contrôle. »*¹⁶

En cela, la maquette de conception est un outil qui peut parfois être difficile à lire si on le prend en tant qu'objet individuel. Figurer une idée à un instant T de l'évolution du projet peut ne pas être éclairant et risque de rendre complexe la compréhension de la maquette de conception. De fait ce type de maquette nécessite obligatoirement de convoquer le caractère sériel propre aux maquettes de conception (Fig 14). C'est par la série, et son évolution, jusqu'à l'arrivée à la maquette de rendu, qu'on obtient les clés de compréhension à rebours des maquettes de conceptions (Fig 15) :

*« la répétition possède une visée de mise en relief de la différence, il ne s'agit pas seulement du retour systématique de quelque chose ou d'une « reproduction du même » mais d'un dispositif raisonné qui concerne la fabrication novatrice »*¹⁷

14. Nash Lisa, Architectural Models: a conservation perspective, <https://www.vam.ac.uk/blog/projects/architectural-models-a-conservation-perspective>, 7 août 2018, (consulté le 2 mai 2019).

15. Leon-Battista Alberti, Pierre Caye et Françoise Choay, *L'Art d'édifier*, Paris, Le Seuil, 2004, 512 p.

16. Daniel Estévez, « Dialogue entre maquette et modèle en architecture » dans *Les modèles, possibilités et limites : jusqu'où va le réel ?*, s.l., Editions Matériologiques, 2014, p.

17. Ibid



Fig 15. Série de maquette de conception de Peter Zumthor pour les thermes de Vals et le pavillon Suisse Archdaily

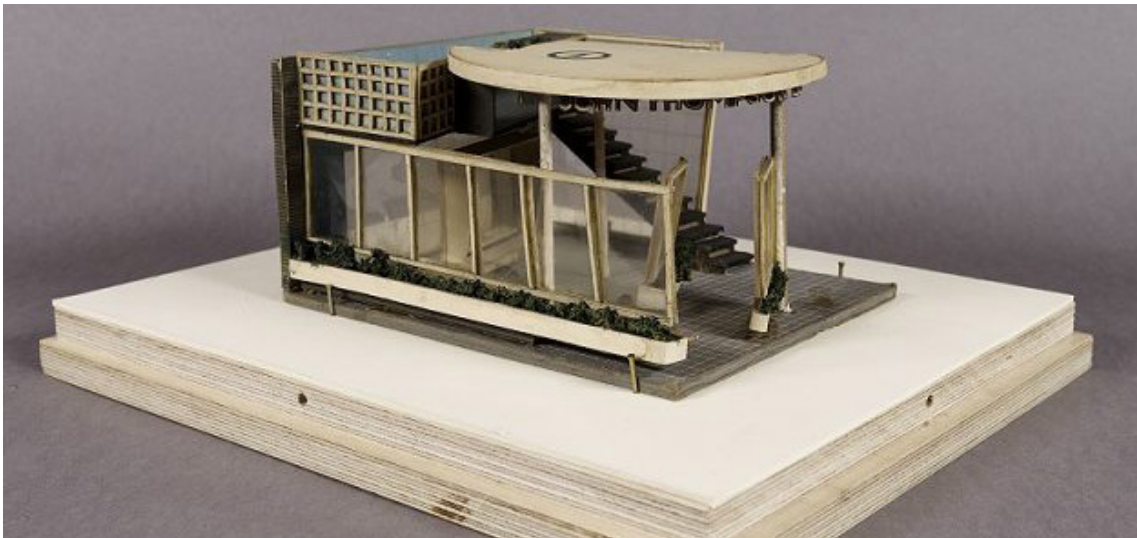


Fig 16. Maquette de conception de Carl Franck Collection RIBA



Fig 17. Exposition de maquettes lors de la biennale de Venise en 2016 ArchDaily

C'est une des raisons qui pourrait expliquer pourquoi on voit si peu de maquettes de conception à présenter au public.

A cette difficulté de lecture se rajoute la difficulté liée à la conservation de tels objets, que Lisa Nash nous signale, principalement au niveau muséographique :

« the working model, a tool of the design process often made from cheap, pliable and ephemeral materials and the presentation model »¹⁸

Les maquettes de conception sont souvent fragiles, voire très fragiles (Fig 16). Au cours du cursus scolaire d'une école d'architecture, l'étudiant se confronte à ce type de maquette. La maquette dans les premières années est souvent vue comme l'objet par excellence dédié à la compréhension et la fabrication du projet par l'étudiant. Ma propre expérience m'a permis d'appréhender la qualité de ces maquettes. Elles sont souvent précaires, et ne sont faites que pour une durée de vie d'une semaine, conséquence du mode de fabrication (matériaux, cartons, colle). Souvent les professeurs de projet insistent pour conserver ces maquettes : mises bout à bout lors du rendu final, elles sont la trace, visible et lisible, de l'évolution du projet, mieux et plus vite perçue que par tous les plans et coupes produits au cours du semestre. Cependant et de la même manière que dans un musée, l'étudiant, ou le professionnel, va se heurter à un problème majeur : la conservation. Suivant le site, l'échelle, le type de projet, la maquette peut être grande. Lorsqu'il s'agit d'une seule maquette, il est encore possible de la stocker. Cependant lorsque l'on doit stocker deux, trois, cinq, dix maquettes, il devient difficile de les conserver correctement, dans un lieu où elles ne vont pas s'abîmer (Fig 17). Car à la problématique de l'encombrement se rajoute la problématique de la dégradation des matériaux (souvent du carton). La poussière (une maquette étant difficilement nettoyable), l'humidité, sont des facteurs de dégradation possibles et sérieux des maquettes au fil du temps. Ce sont toutes ces causes qui font des maquettes de conception des objets invisibles aux yeux du public, alors qu'elles offrent pourtant la meilleure représentation de l'évolution du projet, de la proto-idée à la maquette de rendu.

La maquette de projet qu'il faut préférer comme création d'un modèle tangible du bâtiment, comme représentation finale, compréhensible par tous, communicable, du projet d'architecture est la maquette de rendu. Elle est conçue par des architectes, fabriquée par des maquettistes, et destinée aux clients, souvent non sachants. Ce type de maquette partage de fait les problématiques liées à l'encombrement et à la fragilité, mais dans une moindre mesure, car les matériaux sont souvent de meilleure qualité et mieux mis en œuvre par un professionnel. Elle est ce qui se rapproche le plus de la visualisation, dans les trois dimensions, du projet d'architecture tel que l'a imaginé l'architecte. Le bâtiment construit va afficher des différences. Les personnes extérieures au monde de l'architecture ou du bâtiment ignorent souvent ce décalage. On présente généralement les rendus de concours avec leurs maquettes comme des représentations définitives du bâtiment tel qu'il sera construit. Il n'en est rien. Le projet d'architecture, dans sa phase de conception, est une réalité quasiment utopique de l'architecte. Dès que le projet passe de sa phase de conception à sa phase d'exécution, par la préparation des documents qui vont servir à construire le bâtiment, il s'opère une série de modifications. Des contraintes apparaissent entraînant souvent des restrictions, qui peuvent grandement modifier dans sa partie visible ou cachée un bâtiment.

18. N. Lisa, « Architectural Models », art cit.



Fig 18. Maquette de rendu de
Peter Zumthor
Musée de la Mine et
Pavillon de la Suisse
ArchDaily

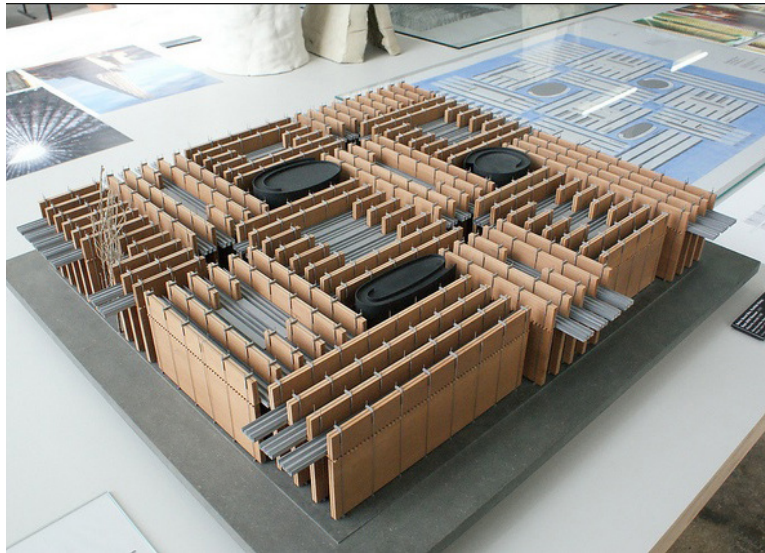
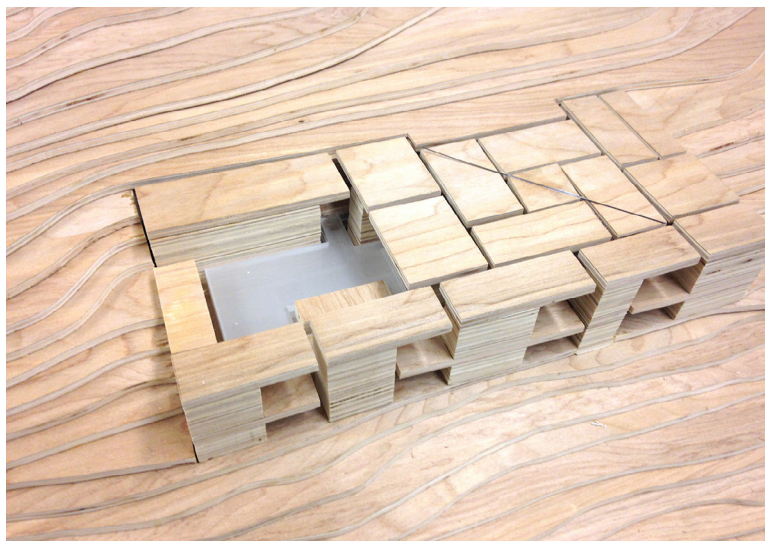


Fig 19. Maquette à postériori
d'analyse de la composition
des thermes de Vals
William Sendor, Yi-Chang Liao,
et Meredith Smith



Dès lors la maquette de rendu est bien l'objet le plus visualisable, le plus communicable, le plus proche de l'idée de projet initial du bâtiment, ignorant les contraintes imposées par le réel (Fig 18). Ces maquettes ne sont donc pas des préfigurations de l'état construit du futur bâtiment, elles sont un temps à part, une forme rêvée du projet. En outre, la prise en main par le maquetiste va amener une part, certes légère, d'interprétation lors de son élaboration. Ces maquettes ne sont pas des outils analytiques. Elles représentent, comme les maquettes de conception, l'évolution du projet, qui s'arrête à un temps T, comme dernière réalisation physique en trois dimensions avant l'édification réelle du bâtiment.

Cependant, il existe une troisième catégorie, à part, qui ne s'adresse ni aux architectes professionnels, ni aux clients. Ce sont les maquettes "à postériori" (Fig 19). Cette catégorie de maquette regroupe toute la production réalisée après la construction du bâtiment et selon sa réalisation. Elles sont fabriquées en se servant des documents d'archives (qui ne sont pas tout le temps cotés, et rarement scannés) ou à partir du relevé : les données qui servent à la réalisation de ce type de maquette sont soumises à de grands nombres d'incertitudes, sans oublier les aléas dus à la main de l'homme lorsqu'il réalise la maquette. Cette dernière variable peut être limitée par l'impression 3D. Ces maquettes restent de formidables outils d'analyse, et de visualisation, notamment dans le cadre muséographique. Dans une politique de valorisation de l'architecture en musée, la maquette reste le meilleur outil de synthèse quant à l'expression d'un projet et de ses volumétries. Réalisées à postériori, ces maquettes peuvent aussi permettre l'analyse du projet à l'intérieur de la maquette directement. Elles peuvent également être mises en scène comme outil de navigation et de valorisation.

La maquette est un formidable outil de communication du projet d'architecture. Elle relate l'évolution, figure la construction, permet l'analyse. Cependant, la maquette, est par définition, une simplification. La mise à l'échelle, l'abstraction du contexte (dans le cas d'un détail par exemple), la découpe, sont autant de biais par lesquels la maquette va radicalement se simplifier. Elle risque de s'éloigner du réel pour n'être plus qu'une image approximative. Mais c'est par cette interface, ce jeu de ressemblances, sans pour autant définir le réel dans son détail, qu'il va nous être intéressant d'explorer l'outil maquette, notamment comme clé offerte aux problématiques d'acquisition du patrimoine XXe. En effet, grâce à la littérature scientifique développée autour de la numérisation de maquette, et lors des discussions et réflexions menées sur le même thème au MAP-GAMSAU, des pistes ont émergé. Car si les maquettes se dégradent, et sont difficiles à stocker, l'intérêt de la numérisation de ces dernières peut donc être double : à la fois les protéger en créant leurs doubles numériques, mais aussi les définir comme interface, ou outil de simplification du réel pour la numérisation de certains édifices contraints par leurs contextes, ou par leurs utilisations.

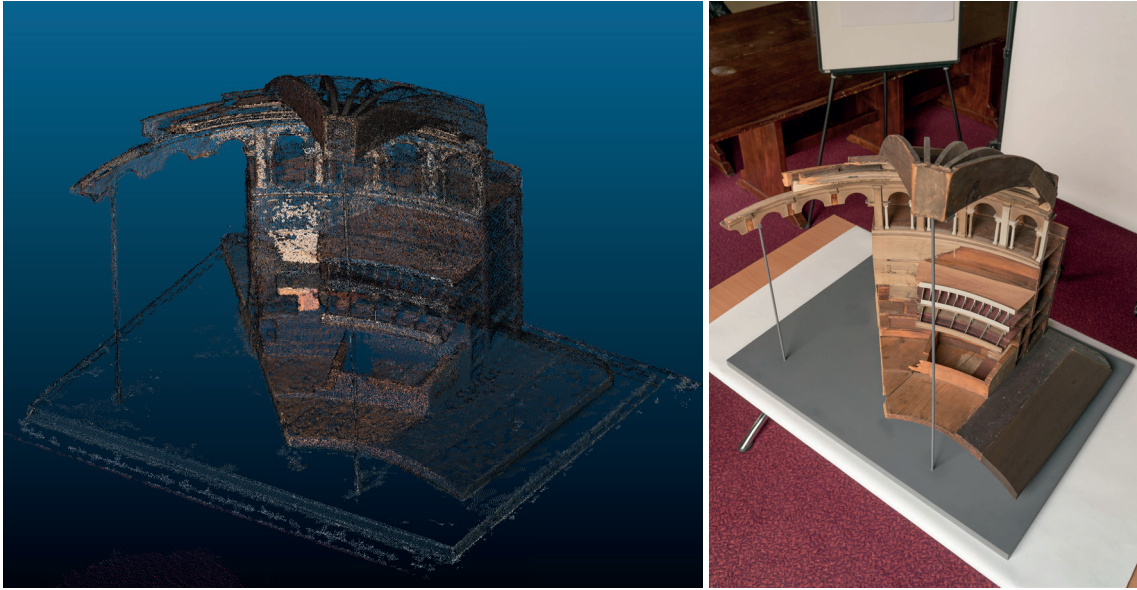


Fig 20. Nuage de points d'une maquette
Collection du Victoria and Albert Museum



Fig 21. Maquette du port de Nantes en 1900
Issue de la plaquette de présentation du projet Nantes 1900

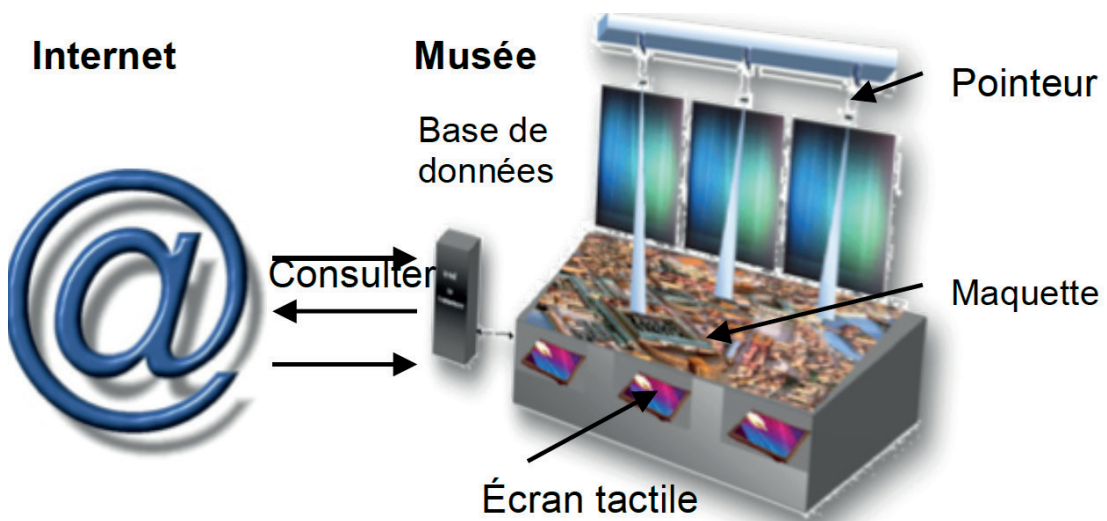


Fig 22. Schéma de fonctionnement du projet Nantes 1900
Issu de : Florent Laroche et al., « Un renouveau des pratiques muséographiques grâce au virtuel: un support à des applications pluridisciplinaire en pédagogie active »

B. Des projets de recherches autour des maquettes

Dans leurs publications, certains scientifiques préconisent l'utilisation de la maquette comme outil de simplification. Le travail de l'équipe basée à Nantes, autour du projet Nantes 1900, utilisant en grande partie un travail étudiant, sous la direction de Alain Bernard, Benjamin Hervy, Florent Laroche et Jean-Louis Kerouanton semble pertinent. De nombreux domaines de compétences sont nécessaires à la réalisation d'un projet comme celui que nous allons découvrir ; L'École Centrale de Nantes, l'École Polytech'Nantes, le laboratoire IRCCyN et le laboratoire LINA, (respectivement : Institut de Recherches en Communications et Cybernétique de Nantes et laboratoire d'Informatique de Nantes Atlantique) ont collaboré sur ce point de recherche : numérisation, informatique, et réalité virtuelle. Ce projet est empirique et inédit, des mots même des auteurs :

« Celui-ci est novateur et unique. Par conséquent, point d'état de l'art adapté car faute d'être inexistant ; on peut cependant noter quelques initiatives citées en bibliographie mais qui reste mono-disciplinaire et à l'état de « bidouillage » ne permettant pas une diffusion de la méthodologie et des résultats à plus grande échelle. »¹⁹

Ils ont créé, en développant le projet de manière pratique, une démarche scientifique, au regard de la valorisation du patrimoine industriel (notamment Florend Laroche²⁰). La question fut alors : comment enrichir le plan-relief de Duchesne, présent dans le Musée du Château des Ducs de Bretagne de Nantes, réalisé à l'occasion de l'exposition universelle, et qui représente le port de Nantes en 1900 (Fig 21) ? Ce plan-relief, cet objet physique doit être valorisé. C'est là que le numérique entre en jeu. L'équipe de Nantes voulait créer de l'interactivité entre le visiteur et l'objet pour la partie pratique, et définir une méthodologie et une généralisation du processus dans la partie recherche. Le projet consiste en la mise en place d'un écran tactile, sur lequel le visiteur du musée pourra interagir. Il aura alors accès à une base de données, ordonnée, dynamique, et surtout liée à des points d'intérêts de la maquette. A cela se rajoute une strate de visualisation puisque lorsque l'utilisateur choisit un point d'intérêt, un projecteur lumineux va afficher en temps réel, l'emplacement du dit point d'intérêt sur la maquette réelle. On a donc un apport d'informations numériques sur un objet physique, le tout relié par une connexion visuelle entre ce qu'on voit à l'écran et son emplacement dans la maquette. A cette première problématique muséographique, s'ajoute la possibilité de continuer à enrichir la base de données par des chercheurs, en ligne, et donc d'avoir accès à un lieu de regroupement des connaissances (Fig 22). Notons au passage que les auteurs imaginent des possibilités de développement hors du domaine architectural, avec la modélisation des intérieurs de certaines entreprises ou de machines en fonctionnement, projets dans l'actualité des auteurs²¹. La maquette existante propose de ne pas figer l'accumulation de savoirs à un instant donné, le jour de la mise en route du projet, mais bien de garder un projet évolutif,

19. Florent Laroche et al., « Un renouveau des pratiques muséographiques grâce au virtuel: un support à des applications pluridisciplinaire en pédagogie active », p. 12.

20. Florent Laroche, *KLM for Heritage*, HDR, s.l., 2017.

21. Florent Laroche et Cédric Rajaofera-Renard, « La réalité augmentée aux Forges de Paimpont Comment mettre en valeur le patrimoine historique et industriel des forges ? », Pessac, France, Ausonius, 2013, vol.6.



Fig 23. Lasérométrie sur la maquette du port
 Issu de : Florent Laroche et al., « Un renouveau des pratiques muséographiques grâce au virtuel: un support à des applications pluridisciplinaire en pédagogie active »

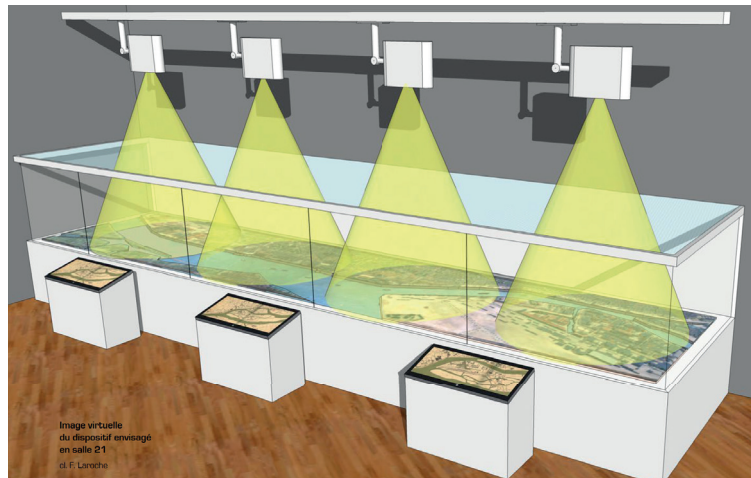


Fig 24. Visualisation du projet
 Issu de : Florent Laroche et al., « Un renouveau des pratiques muséographiques grâce au virtuel: un support à des applications pluridisciplinaire en pédagogie active »



Fig 25. Projet en fonctionnement
 Issu de : vidéo de présentation du musée

et reproductible, puisque la méthodologie est définie. Cette méthodologie est la suivante : on commence d'abord par accumuler les connaissances à propos de ce que représente cette maquette : dans notre exemple, on crée la base de données sur le port de Nantes en 1900. C'est un travail d'historien, que l'on fait en archives. Les sources qui émergent sont hétérogènes, à la fois dans leurs formats, mais aussi dans leurs provenances, ou dans leurs destinations. Il faut donc mettre en ordre cette masse de savoirs. En créant un indexeur, on va offrir une flexibilité de recherches dans la base de données, et regrouper des sources différentes sur des points d'intérêt commun. Par la suite il faut créer un support à la connaissance, c'est là que la maquette entre en jeu. D'abord, elle fixe les bornes géographiques et historiques, puis elle devient le piédestal à la connaissance, un point d'appui du savoir. Pour ce faire, il faut obtenir un modèle de référence ; ici c'est un modèle scanné en lasérométrie (Fig 23). On va alors se servir de ce modèle pour organiser la base de données de manière ludique en créant une interface didactique entre l'objet patrimonial et le visiteur :

« La base de données du projet supportant toutes les informations possibles sur la maquette (tant documentaire que numérique) a l'avantage d'être évolutive et ouverte, et en cela, elle est très innovante. »²²

La dernière étape est la connexion entre le pointeur lumineux et les zones de la maquette pour apporter le côté visuel très important à la compréhension, et à la pédagogie sur l'objet maquette (Fig 24).

On obtient une valorisation du physique par le numérique, consultable dans le musée. Sur le web la base de données sera accessible de n'importe où et permettra d'appréhender chez soi les connaissances, mais sans rapport direct à la maquette. Ce projet présente un intérêt évident pour ce mémoire. Comme nous l'avons dit il s'agit d'un projet étudiant :

« Depuis le début du projet il n'y a pas seulement un vieil objet âgé de plus de 100 ans : plus de 60 personnes sont mobilisées, des étudiants, enseignants, chercheurs et professionnels ont été et sont encore au travail pour cette étude. Des étudiants des écoles d'ingénieur et du département d'histoire sont impliqués mais des étudiants en géographie s'y joindront aussi. »²³

Ce projet a nécessité la collaboration d'un nombre important de personnes ; il apporte une méthodologie qui fonctionne²⁴ (Fig 25), qui questionne la valorisation de l'objet maquette, qui peut surtout être reproduite seule, avec un peu de détermination et plus de temps :

« Au-delà de cette expérience faite par un musée de France, ce projet affiche une dimension nationale et pionnière d'un point de vue de la valorisation de la recherche en histoire et de la diffusion de la culture scientifique et technique. »²⁵

22. F. Laroche et al., « Un renouveau des pratiques muséographiques grâce au virtuel: un support à des applications pluridisciplinaire en pédagogie active », art cit.

23. Ibid.

24. Plaquette d'information : Nantes 1900, Nantes, France, Château des ducs de Bretagne – Musée d'histoire de Nantes.

25. F. Laroche et al., « Un renouveau des pratiques muséographiques grâce au virtuel: un support à des applications pluridisciplinaire en pédagogie active », art cit.

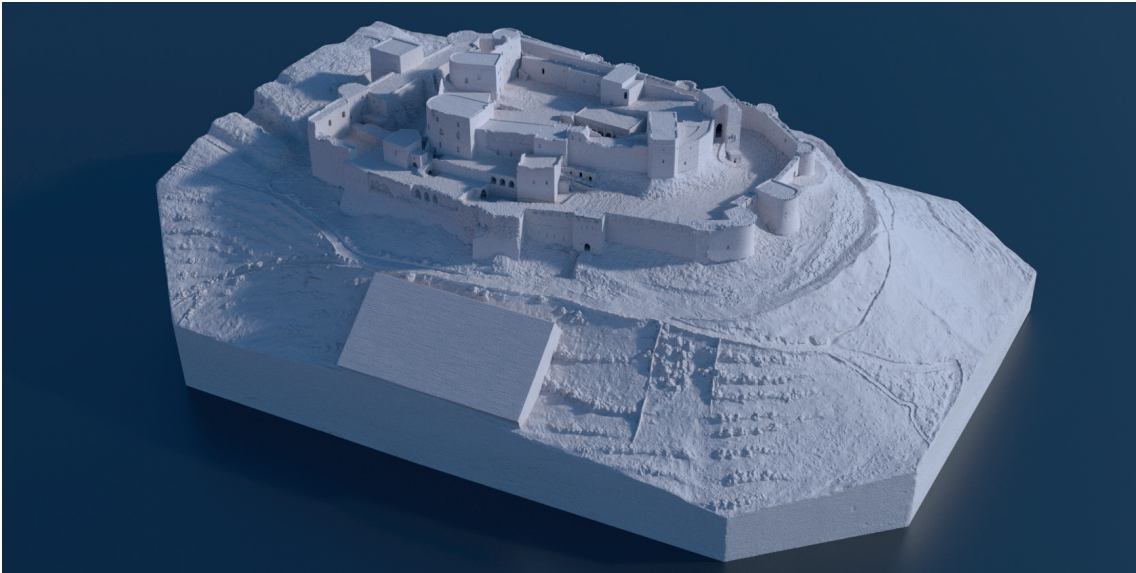


Fig 26. Illustration de la maquette et du nuage de points correspondant au Crac des chevaliers Iconem

C'est en me référant à cet article que j'ai commencé à construire la problématique liée à la maquette et la méthodologie à mettre en place dans mon cas d'étude. Nous allons l'aborder dans la deuxième partie. La méthodologie mise en place ici, et qui utilise la maquette comme support de valorisation, a grandement innervée la méthodologie autour du Velasquez .

Une des dimensions pouvant être perfectionnée était le rapport à la visualisation en ligne de la maquette, notamment via le nuage de points. C'est en découvrant un autre projet que l'idée de visualisation de la maquette à la fois en ligne et en concret dans le même temps, est apparue comme une nécessité : la numérisation de la maquette du Crac Des Chevaliers par Iconem²⁶. De la même manière qu'à Nantes, la maquette relate un état antérieur à celui que nous connaissons. Réalisé en 1930, d'après des plans et des relevés des années 1920, sous l'impulsion de Paul Deschamps, la maquette a vieilli et se trouve affaiblie et intransportable. On retrouve les problématiques liées à la maquette. Il a été décidé de la sauvegarder numériquement, en la numérisant. Là où la plus value est importante, c'est qu'on pourrait combiner ce travail avec celui de Nantes 1900 pour avoir une maquette numérique support de l'information, car, aujourd'hui le modèle est visualisable en ligne²⁷, donc n'importe où, sur "Sketchfab"²⁸ (Fig 26). Dernière composante et non des moindres : la réalisation de ce nuage de points numérique, d'un site très complexe, qui n'existe plus, ou tout du moins dans la temporalité de la maquette en 1930, fait office d'une trace inestimable, surtout par suite des bombardements qui ont touché la zone. La maquette, fragile et intransportable, et le nuage de points lui correspondant, sont la dernière trace précise, en trois dimensions, qu'il reste de ce site, et possède donc une valeur inestimable pour les archéologues, lors de leur travail de restauration. On pourrait réaliser une nouvelle maquette, la scanner, et cette fois l'intégrer dans Aïoli pour permettre aux chercheurs d'annoter directement sur le nuage de points et désigner les dégradations. On pourrait également imaginer des comparaisons de nuages. De nombreuses possibilités s'offrent aux chercheurs via la maquette. La maquette offre de multiples possibilités face aux problématiques de contextes et de numérisations de certains lieux, comme dans notre cas.

26. Startup travaillant sur la numérisation du patrimoine

27. https://sketchfab.com/3d-models/model-of-the-krak-des-chevaliers-625cb9bd89f64b73befdb3ba-c734a2e1?utm_medium=embed&utm_source=website&utm_campaign=share-popup

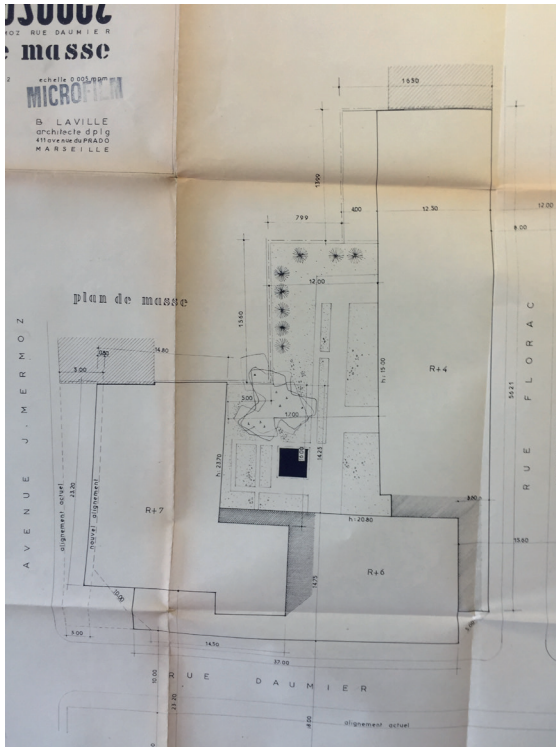
28. Sketchfab est un site d'hébergement et de lecture de fichiers 3D en ligne

C. Une clé pour les verrous du patrimoine XXeme

Pour comprendre le processus et la réflexion qui vont suivre, il est nécessaire de contextualiser ce travail. Ce mémoire s'inscrit dans la droite ligne d'un premier mémoire, purement architectural, et d'un deuxième, plus orienté sur les pathologies et leurs cartographies, mené dans un séminaire de l'ENSA-Marseille et lié au laboratoire du MAP-GAMSAU. A travers ce travail, je me suis heurté aux difficultés que nous évoquions plus haut liées à l'acquisition d'un bâtiment en centre ville. Ce troisième mémoire se présente comme une version enrichie du second, et tente de répondre aux questions soulevées par ce dernier. Il est nécessaire de se confronter aux points bloquants et de tenter de les résoudre. L'objectif tout au long du processus de travail était de réussir à obtenir un nuage de points complet (de quelque manière que ce soit), qui sert d'interface générale de localisation, pour des acquisitions provenant du réel et relevant les différentes pathologies du Velasquez, toujours dans l'optique de protection du patrimoine. En effet, une des limites perçue durant le semestre précédent était le fractionnement obligatoire des acquisitions (au regard des considérations techniques de la plateforme Aioli). Il était nécessaire de passer par des applications tierces pour pouvoir localiser et faire comprendre où se situaient les dégradations sur le bâtiment. Dès lors, comment réaliser un nuage de points complet du Velasquez de manière pratique ? L'action consiste à centraliser les données sur ce nuage de points de référence, qui, ainsi, fait office de contextualisation aux acquisitions fractionnées réalisées précédemment.

Comme nous l'avons vu, la maquette et le numérique sont mis à contribution l'un avec l'autre, et s'entrelacent de plusieurs manières, et dans plusieurs cas. C'est de ce constat qu'est née l'idée que nous allons développer dans la suite du mémoire. Le propos consiste à utiliser la maquette à la fois comme un outil de simplification de l'acquisition photogrammétrique complète d'un bâtiment, mais aussi comme une interface numérique et physique avec les utilisateurs, en vue de valoriser et de protéger le patrimoine XXeme.

Ainsi, en application et dans le détail, nous avons vu que l'acquisition complète d'un bâtiment du patrimoine XXème, représente à la fois un défi logistique, mais aussi physique. L'usage, le recul, l'utilisation obligatoire du drone, la dimension intrinsèque des volumes sont autant de facteurs qui, si on se place à l'échelle de l'individu dans le réel, sont des facteurs inextricables mais qui, si on se place à l'échelle de la maquette, disparaissent, au profit d'un objet manu-portable, occultable, dont l'éclairage peut être maîtrisé durant l'acquisition, dans un cadre fixe, aménageable en fonction des besoins. C'est de cette constatation que le processus autour de la réalisation, puis de la numérisation d'une maquette du Velasquez (l'objet d'étude de ce mémoire, que nous allons détaillé dans la deuxième partie), a vu le jour. Il n'était pas nécessaire d'utiliser une maquette de rendu du Velasquez, puisque on ne cherche pas à obtenir un nuage le plus précis possible. Dès lors, on entre parfaitement dans le cas d'une maquette à postériori, à savoir : une maquette réalisée d'après plusieurs sources, après la construction et qui a une portée analytique. Ici notre objectif est donc de réaliser une maquette du bâtiment simplifiée, qui donne à lire les caractéristiques volumétriques et architectoniques du Velasquez. En découle alors un nuage de points général, permettant à un utilisateur de pouvoir se repérer pour ensuite implanter les différentes dégradations du bâtiment sur ce nuage général. Il n'est pas nécessaire de réaliser une maquette très détaillée ; il n'est pas non plus nécessaire de réaliser une maquette creuse, puisque le processus d'acquisition photogrammétrique va avoir du mal à représenter chaque détail et ne pourra pas créer des données dans les intérieurs exigus de la maquette (l'acquisition intérieur/extérieur étant déjà un enjeu délicat dans une échelle réelle). Ainsi au regard de ces non-impératifs, le tout mêlé à une question de temps de réalisation, l'impression 3D a été choisie comme moyen de fabrication pour la maquette (nous verrons par la suite qu'il existe des workflow différents). Cependant, pour obtenir cette maquette il a été nécessaire de fournir un modèle CAO du Velasquez, et ce ne fut possible que par un travail en amont de recherche sur le Velasquez.



DEMANDE DE PERMIS DE CONSTRUIRE

DÉPARTEMENT: Bouches du Rhône
 COMMUNE: Marseille
 Réserve aux services de la Construction

DEMANDEUR: Monsieur LAVILLE Georges
 NOM ET PRÉNOM (du mari ou de la femme)
 Adresse: Souterrain général de Bâtiment
 11 Place Felix Barot à Marseille
 TÉLÉPHONE: 33.21.44 / 33.21.37

TERRAIN: Adresse: 11 Place Felix Barot à Marseille
 Section D 94 56 P - 59.60 - 62
 SUPERFICIE: 20a
 SERVICE DE L'ASSAINISSEMENT: 16968
 SECTION D'EXPLOITATION: 31375
 Le terrain est situé dans un lotissement: Non X

NATURE DES TRAVAUX AFFECTATION DU BATIMENT UTILISATION DES LOCAUX

Construction Usage d'habitation Habitation Nbre de logements: 55
 Surélévation - Addition Usage industriel Occupation personnelle
 Modif. de distrib. intérieure Usage commercial Location Vente
 Modification de façade Usage de bureaux Location-vente Location meublée
 Annexes Usage agricole Bâtiment public RESIDENCE SECONDAIRE
 Clôtures Bâtiment public

AUTRE TRAVAIL: AUTRE AFFECTATION: AUTRE QU'HABITATION

JE SOLICITE → le PERMIS DE CONSTRUIRE
 le dossier est complété par la notice et les pièces annexes exigées en matière de
 BATIMENTS INDUSTRIELS OU COMMERCIAUX IMMEUBLES A USAGE D'HABITATION
 ou à usage de bureaux comportant plus de 200 logements
 Je déclare formuler la présente demande en qualité de propriétaire
 Prénoms: propriétaire, mandataire ou locataire autorisé.

DATE: 23 Février 1962
 SIGNATURE: [Signature]

AVIS DU MAIRE: La présente demande a été reçue en mairie le [Date] date à laquelle récépissé a été délivré au demandeur.
 Transmis avec: AVIS FAVORABLE AVIS DÉFAVORABLE
 Date: 27 Février 1962 Le Maire: [Signature]

Fig 27. Photographies du plan masse et permis de construire du Velasquez Archives de Marseille



Fig 28. Photographies du plan d'étage du Velasquez Archives de Marseille

Partie II : Le Velasquez, objet de recherche

1. La recherche des données

A. L'accumulation

Pour en arriver à une maquette imprimée en 3D d'un bâtiment il y a un certain chemin quasiment obligatoire à suivre. Le travail, qui dans mon cas, était une étude à propos de la qualité architecturale du bâtiment, tout en intégrant une approche patrimoniale, débute obligatoirement par une forme d'accumulation des savoirs. Ainsi il est nécessaire de se rendre aux archives de la ville, pour théoriquement obtenir tout les documents relatifs au bâtiment étudié. En effet, en France, un permis de construire est théoriquement conservé²⁹. Cependant les permis peuvent être éliminés avec l'accord du directeur des archives³⁰. Souvent les archives municipales peuvent fixer un délai au terme duquel, si le permis n'est pas attaché à un bâtiment remarquable, il sera éliminé des archives municipales. Si le bâtiment présente un intérêt, le permis peut être transmis aux archives départementales, où il sera conservé jusqu'à ce qu'il subisse le même processus de tri. Parfois il arrive que les architectes et leurs agences versent leurs fonds aux archives de leur ville ou du département. C'est le cas de Mario Fabre. L'architecte du Velasquez, à fait don de ses archives aux départements des Bouches-du-Rhône. Cependant, à l'époque du projet, et nous y reviendrons, Mario Fabre est associé à Bernard Laville. Cette précision pourrait expliquer pourquoi, dans le fond départemental Mario Fabre, il n'est fait mention que de dessins du Velasquez et en aucun cas d'un permis complet. C'est d'ailleurs un des rares bâtiments dans ce cas. Malgré cela, une partie du permis de construire est disponible aux archives municipales de la ville de Marseille (Fig 27 et 28). Le permis est incomplet et ne présente pas de façades. Seuls, le plan de masse, les plans d'étage courant, de rez-de-chaussée, et de sous-sol sont disponibles. Dès lors le fond documentaire se trouve incomplet, et après avoir effectué les recherches dans les services d'archives, il est nécessaire, notamment à Marseille, de chercher dans les revues locales. Il en existe une, qui a couvert la production des années cinquante à soixante : La revue Prado. Mario Fabre faisait partie du comité de rédaction. On y trouve un article mais rien concernant les documents techniques du bâtiment. On en apprend un peu plus sur l'histoire du bâtiment, les desseins des architectes, et leurs pensées.

Dès lors, il est nécessaire de se rendre face au bâtiment réel et de se confronter au relevé. Une première ambiguïté apparaît : la différence entre les documents de conception disponibles et la réalité de la construction. Pour le Velasquez, en l'absence de vues des façades, il était nécessaire d'obtenir un mélange entre documents en plan et relevé de façade. Le relevé permet justement de vérifier la véracité des documents d'archives et de conforter ou non la pertinence de ces plans comme fond d'analyse. C'est également l'occasion de se faire questionner par les habitants du bâtiment sur les raisons de nos mesures, photographies, et visites du bâtiment. Souvent ces discussions permettent d'en apprendre un peu plus sur le bâtiment, de glaner des anecdotes inaccessibles à n'importe quelles archives, ou revues. Ce savoir direct est très impor-

29. Circulaire DGP/SIAF/2014/006 du 22 septembre 2014 et l'instruction DAF/2009/018 du 28 août 2009

30. Code du patrimoine : Art. L. 212-2, L. 212-3, R. 212-14, R. 212-49, 50 et 51

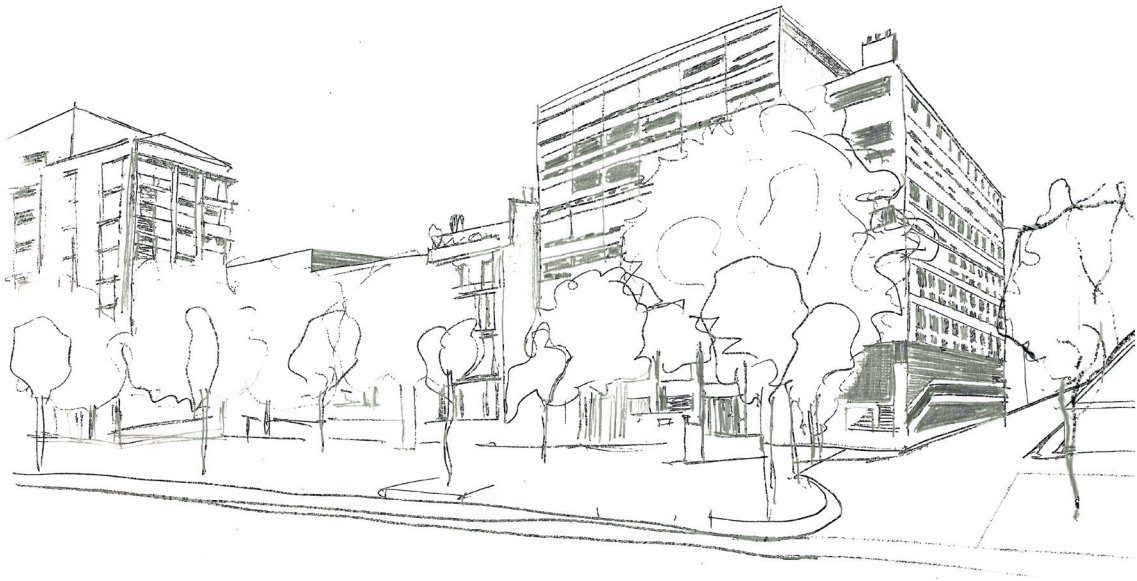


Fig 29. Croquis du bâtiment
Depuis le Prado

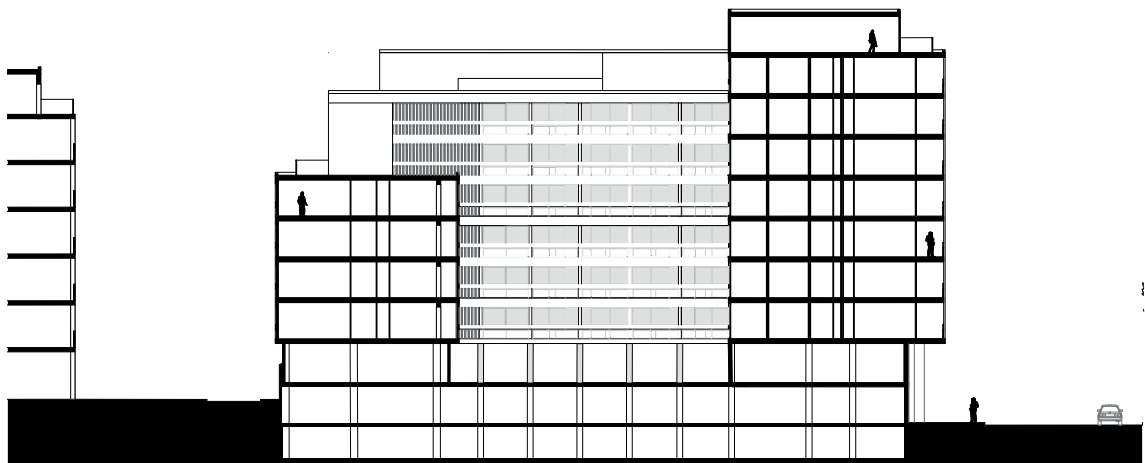


Fig 30. Façade/Coupe intérieure
Entre la rue Jean Mermoz et la rue Florac

tant, car il peut constituer la seule source de données dans certains cas : quand les permis ont été perdus ou éliminés.

Enfin, j'ai eu la chance de rencontrer l'architecte et de mener un entretien avec lui. S'il ne m'a rien appris concernant de potentiels documents graphiques, il a facilité la compréhension du bâtiment, et répondu à des interrogations concernant des dispositifs architecturaux. Il a également fourni des détails sur les modes de construction, permettant de comprendre sa pensée, ses envies, ses combats architecturaux. La richesse de ces échanges est à noter comme une rareté et s'avère être une chance précieuse permettant d'enrichir une bibliographie relativement pauvre, causée par l'âge du bâtiment, et le caractère très régionaliste de l'architecture de Mario Fabre. En effet, cet architecte est un architecte de région, qui a construit partout dans le Sud-Est de la France, mais dont l'ensemble de l'oeuvre architecturale n'est même pas indexé complètement dans un quelconque ouvrage. Il fut donc intéressant de mener un rapide état des lieux de la production Marseillaise du duo d'architecte, pour établir une forme de contextualisation du Velasquez au regard de la production de l'époque.

B. La restitution

Face à cette quantité de documents, il est nécessaire de produire une synthèse. C'était tout l'enjeu du premier mémoire sur le Velasquez : produire une connaissance absente de l'histoire architecturale, à propos d'une oeuvre référence de son époque. Le corpus de bâtiments avait en effet été choisi par la DRAC qui voyait dans ces immeubles des jalons de l'histoire marseillaise qu'il était important de relater et d'analyser. La production d'un jeu de fond de plans était nécessaire pour produire une analyse. Le Velasquez est un bâtiment assez complexe à restituer puisqu'il se déroule sur trois façades extérieures et sur trois façades intérieures autour d'une cour. De plus la topographie du terrain fait évoluer les altimétries des différents blocs qui composent le Velasquez. Donc, après avoir redessiné les différents plans d'après les archives, en assemblant les photographies prises sur place, et avoir redessiné les façades, en utilisant un mélange de technique (photographie redressées et relevé avec un laser de mesure), il fallait en déduire des coupes permettant de synthétiser des documents coupes/façades (Fig 30) permettant d'obtenir des documents cotant les différentes altimétries au sein des relations intérieures/extérieures, public/privée, niveau de la rue/niveau de la cour. Ce processus de restitution est une complète mise à plat des différents plans de lecture du bâtiment à travers l'outil classique de l'architecte : le dessin. La particularité ici, est qu'on se présente dans un entre-deux : fond d'archives/relevé sur le réel ; ceci rappelle la notion évoquée précédemment dans la construction des maquettes "à posteriori". On retrouve cette idée du re-dessin par le document de conception mais aussi par le document d'exécution, dont la trace est le bâtiment construit.

Après avoir acquis ce jeu de documents, il convient d'en constituer une base de données. Pour l'instant elle est interne. Il est dommage que plus d'un an après la rédaction du mémoire, les documents graphiques du Velasquez ne soient toujours pas accessibles numériquement et indexés en fonction des documents. Il existe à ce jour, un plan de sous-sol, un plan de rez-de-chaussée, un plan d'étage, un plan masse (Fig 31), les trois façades extérieures, les trois coupes/façades intérieures, et un assem-



Fig 31. Plan masse

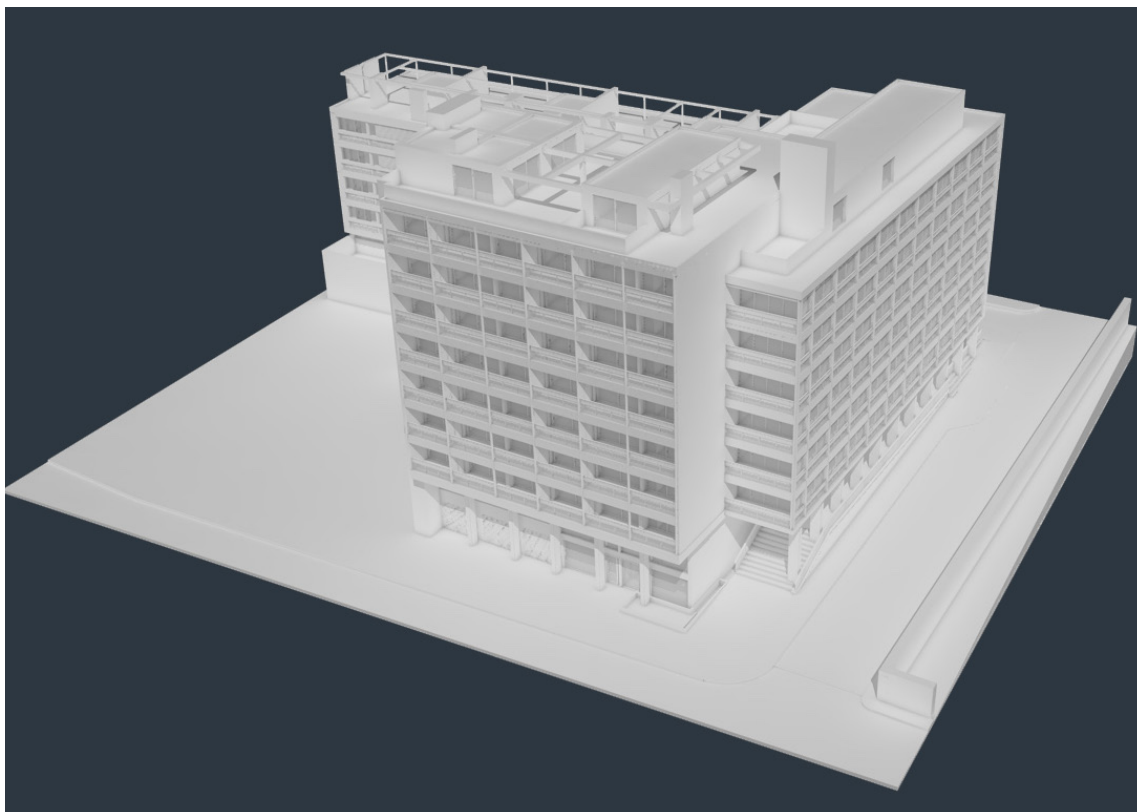


Fig 32. Modèle CAO
Archicad

blage des façades intérieures et extérieures. Ces documents ne sont accessibles qu'en version papier, dans le mémoire donné au professeur, et numériquement à l'intérieur du dit mémoire. Il serait pourtant nécessaire, pour un futur travail, d'un autre étudiant, ou d'un organisme de protection, de pouvoir ordonner ces différents documents dans une base de données propre, et non à l'intérieur d'un mémoire, afin de centraliser les informations. L'index est assez simple à définir suivant les catégories propres à l'architecture.

Une autre pièce qui vient nourrir cette base de données, c'est le modèle 3D en CAO du Velasquez (Fig 32). Ce modèle est une composante très importante de la base de données créée pour la restitution du Velasquez. Il donne en effet beaucoup d'information sur la représentation en trois dimensions du Velasquez. Il est manipulable, et est, à défaut de maquettes disponibles, une visualisation pratique du Velasquez. De plus il va permettre de réaliser potentiellement des maquettes en impression 3D, une fois la modélisation réalisée. C'est donc une pièce importante, notamment pour l'analyse dont nous parlerons par la suite.

De plus, aux éléments purement graphiques, se rajoutent des éléments de recherche et restitution à propos de l'histoire du bâtiment, du travail des architectes, et du contexte architectural de l'époque. Le Velasquez a été conçu et construit durant une période particulière, que ce soit à la petite échelle du duo de concepteur, ou à la grande échelle de l'architecture. Pour ce qui est des deux architectes, ils sont, lors de la réalisation du Velasquez en 1962, dans la force de l'âge. Mario Fabre a 29 ans (né en 1933) et Bernard Laville a 34 ans (né en 1928) lorsqu'ils se lancent, dans leur premier projet. La commande est la suivante : une cinquantaine de logements de standing sur l'avenue du Prado. A cette époque la parcelle du Velasquez est occupée par une maison, et les parcelles aux alentours n'ont pas la densité que l'on connaît aujourd'hui. La Cité Radieuse de Le Corbusier a été livrée il y a environ dix ans, et le cursus scolaire d'un étudiant en architecture est innervé par le culte de l'architecture moderne :

« On a beaucoup travaillé sur Corbu évidemment notre dieu de l'époque »³¹

L'architecture des Richard Neutra ou Kenzo Tange fait également référence pour Mario Fabre³², il admet n'avoir pas ou peu été influencé par ses professeurs d'atelier dans son travail ; il cite volontiers sa rencontre et ses travaux dans l'atelier d'André Devin comme figure importante de son développement en tant qu'architecte.

C'est ainsi que, par l'intermédiaire du père de Bernard Laville, (George Laville, un important promoteur et constructeur marseillais) la commande du Velasquez va être attribuée aux deux jeunes architectes associés. Cette commande va par ailleurs lancer le début d'une collaboration d'environ huit ans entre les deux hommes. Ils y développeront une forme de style Fabre/Laville qui innovera leurs six réalisations communes.

Dans le même temps, à Marseille, la ZUP 1 sort de terre; le besoin en logement est grand, et les réalisations de standing dans le centre de Marseille répondent à des logements beaucoup moins qualitatifs à la frontière de la ville. Si l'histoire a lissé la production moderne aux yeux des gens, la résumant aux grands ensembles, il n'est pas faux de trouver dans les barres des quartiers Nord de Marseille, des idées profondément modernes. On les devine au niveau de l'implantation, avec la fameuse «tabula rasa» des modernes, aussi bien que dans la forme architecturale des immeubles. On retrouve ces idées également dans le Velasquez, avec sa composition en bloc, même si l'agencement entre les volumes y est plus développé qu'une simple barre posée sur une parcelle. On n'est pas très loin de la conception en barre et tour de l'époque.

31. Mario Fabre, « Entretien avec Mario Fabre, 20 novembre 2017 ».

32. Ibid.



Fig 33. Photographies depuis chaque rue
 Depuis le Prado, la rue Daumier, et la rue Florac



Fig 34. Photographies de la cour
 Depuis l'entrée et dans la cour

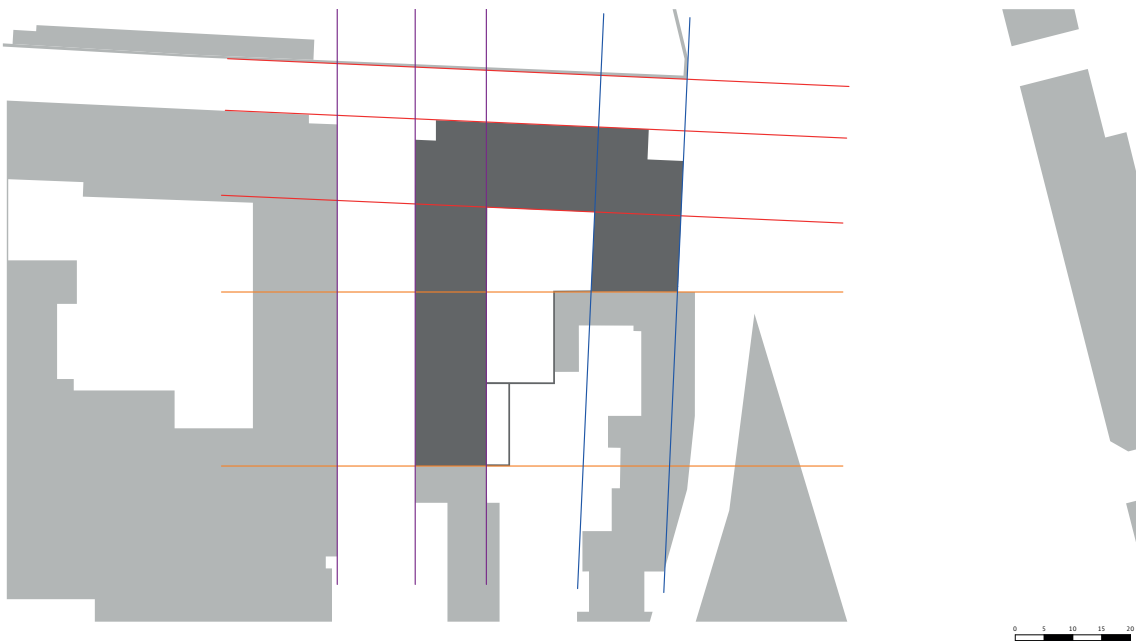


Fig 35. Analyse du plan masse

2 L'analyse architecturale

A. Une volumétrie et une enveloppe forte

L'immeuble de standing, dit le Velasquez, est réalisé par Mario Fabre et Bernard Laville. Conçu au début de l'année 1962³³, il est construit puis livré en 1965 par la société de George Laville. Sa situation est un peu particulière car il est légèrement en retrait de l'avenue du Prado. De plus, c'est un immeuble à l'angle de trois rues : l'avenue Jean Mermoz, la rue Daumier et la rue Florac. Il vient fermer un îlot et dégage en son coeur de parcelle une cour. Particulièrement marquante, sa séquence d'entrée nous fait nous glisser sous le bâtiment, entre les poteaux. Elle nous amène sur un niveau distributif, celui de la cour, pensée véritablement comme une extension de l'espace public³⁴. On a alors accès, en extérieur, à 5 halls et cages d'escaliers qui distribuent les 55 logements de standing de l'immeuble. Un local commercial (donnant sur le Prado) et des chambres de bonnes forment le reste du programme du bâtiment.

Si l'on démarre notre analyse par la lecture du bâtiment à l'échelle humaine, il est intéressant de voir comment le Velasquez s'inscrit dans un tissu complexe et contraint. La lecture de l'édifice est assez hétérogène tant les différentes valeurs de lectures offertes varient. Parfois le bâtiment apparaît clairement en retrait, avec beaucoup de recul. Dès que l'on passe dans la rue Daumier, le recul disparaît et on se sent écrasé par l'immensité de la façade. Pour autant cette façade reste lisible depuis le Prado en arrivant depuis la place Castellane. Enfin la rue Florac offre un rapport différent avec la partie la plus basse du Velasquez, c'est une rue un peu moins étroite qui offre une lecture dans la longueur, où l'effet des fuyantes va faire lire facilement la composition horizontale et verticale du bâtiment soulignée par le capotage métallique qui se détache des linteaux (Fig 33 et 34).

Cette lecture implique une composition urbaine complexe. En effet, lorsqu'on se plonge dans le plan masse du Velasquez (Fig 35), on découvre qu'il s'inscrit sur une parcelle assez profonde (dans ses dimensions les plus larges) : 60m par 47m, d'une surface de 1920m². La composition du plan appelait dès lors une cour, dont les architectes se servent pour accueillir la déformation de la parcelle. De plus, un léger biais, imperceptible lors d'une visite du bâtiment, vient encore contrarier la géométrie de la cour. En effet, les droites violettes ne sont pas à angle droit avec les droites rouges. Cependant les droites rouges le sont avec les droites bleues. Ce biais s'explique par le fait que l'immeuble est frappé d'alignement (dans le projet d'élargissement de la rue Jean Mermoz). Le bâtiment vient alors obligatoirement se mettre en retrait vis-à-vis de son mitoyen. Il était prévu de démolir le bâtiment au sud pour commencer à créer le nouvel alignement³⁵. Au fil du temps et des codes d'urbanisme, les dispositions ont changé, et seul le Velasquez garde la marque de cette ancienne règle d'urbanisme. De cet alignement naît donc une nouvelle ligne de référence (en bleu), qui rentre en opposition avec les droites violettes, qui, elles, reprennent l'alignement sur rue, du côté de la rue Florac. En résulte alors un balancement assez fin entre la longue bande Ouest et le reste du bâtiment.

33. George Laville, dans la demande de permis de construire. Aux archives municipales de la Ville de Marseille, Boîte 449W1096

34. Entretien oral avec Monsieur Mario Fabre, à son domicile à Marseille, le 20 novembre 2017

35. Ibid.

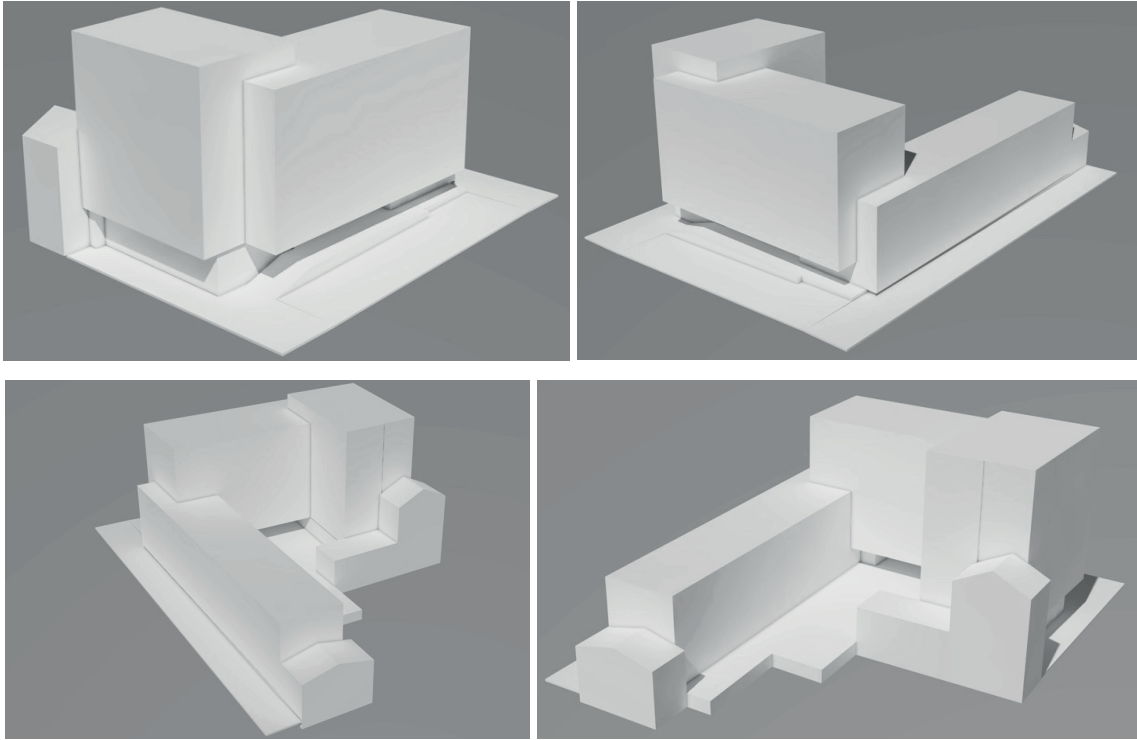


Fig 36. Volumétrie simplifiée

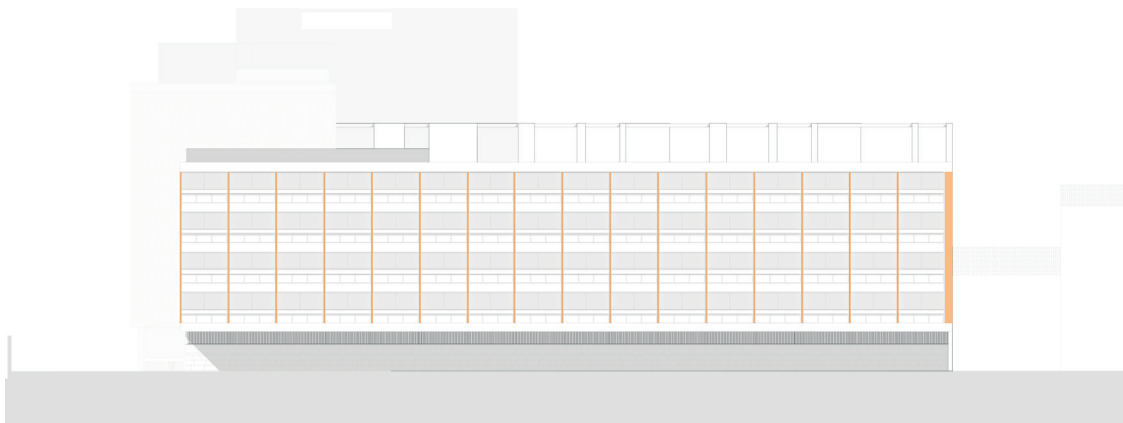


Fig 37. Façade analysée en fonction des verticales
Rue Florac

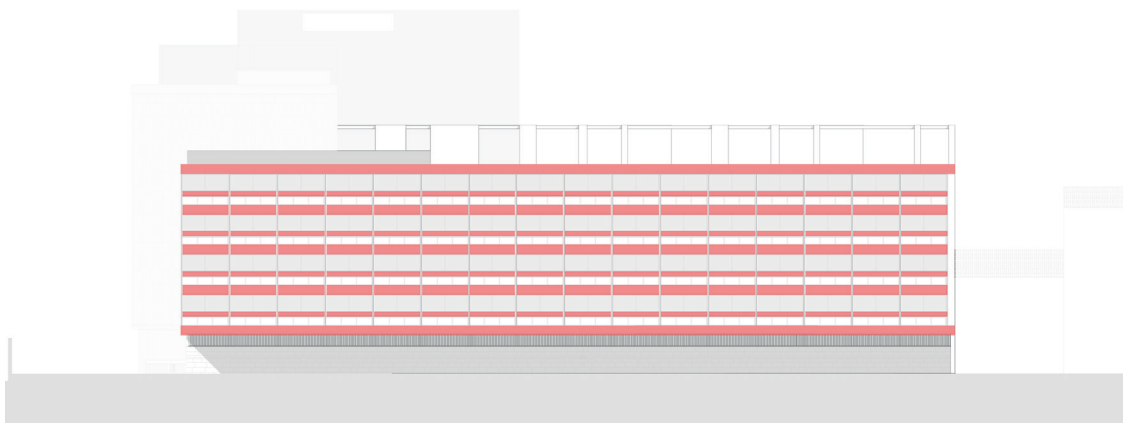


Fig 38. Façade analysée en fonction des horizontales
Rue Florac



Si on poursuit notre analyse, le Velasquez tranche complètement en terme de volumétrie, vis-à-vis de ses mitoyens directs ou des immeubles alentours. Le rapport de mitoyenneté est d'ailleurs aussi particulier en terme d'alignement (comme nous l'avons vu avant) qu'en terme de gabarit. Le Velasquez ne compose pas vraiment en fonction de ce qui lui est accolé. Que ce soit rue Florac, ou rue Jean Mermoz, il n'est pas étonnant d'entendre que les mitoyens devaient être détruits pour laisser place à des immeubles reprenant le nouveau gabarit instauré par le Velasquez (Fig 36). Mais la ville et l'urbanisme se faisant sur un temps long, on voit aujourd'hui quelques dissonances dans le tissu. En interne, la composition fait sens : le soubassement du bâtiment, en retrait par rapport au corps de bâti, vient résoudre un problème de terrain. La rue Daumier est en pente, donc le point le plus haut de la parcelle sert de niveau de référence à la cour du bâtiment. À travers ce soubassement, la séquence d'entrée s'installe et nous emmène donc vers la cour et les cages d'escalier. De plus la composition des volumes renvoie au caractère des voies. Le bloc le plus haut, orienté sur le Prado s'élève à 28,90 mètres. Il vient donc s'intégrer parfaitement dans une séquence urbaine de l'avenue du Prado (qui doit à l'époque devenir la nouvelle Canebière), tout en offrant une protection auditive et visuelle à la cour. Le soubassement de ce bloc accueille, logiquement, le seul local commercial du bâtiment. De l'autre côté, le bloc à l'ouest orienté sur la rue Florac, ne fait que 15 mètres de haut en accord avec le caractère beaucoup moins monumental de la voie sur laquelle il donne. Enfin, un bloc de transition, orienté sur la rue Daumier, vient créer une continuité entre les blocs. Mesurant 23,60 mètres, le volume maintient une hauteur en rapport avec la façade principale tout en amorçant la perte d'étage sur la façade arrière: de 8 étages sur le Prado, à 7 sur la Rue Daumier, et 4 sur la rue Florac. C'est à travers ce bloc que se règle également la question du traitement de l'angle en creux, qui commence à inviter le visiteur à rentrer à l'intérieur du bâtiment.

L'enveloppe du Velasquez est également une partie importante de sa qualité architecturale. A l'extérieur d'abord, la question de la trame apparaît clairement, comme un élément immuable aux façades du bâtiment. Voulant convoquer une certaine modernité architecturale, tout en s'éloignant du style d'un immeuble de bureaux³⁶, les architectes ont fait un travail important sur les modénatures de façades en aluminium. Comme on le voit, ce qui prime sur le corps de bâtiment c'est la verticalité (Fig 37). Tous les éléments verticaux sont ininterrompus et trouve même une lecture en continuité avec les poteaux du soubassement. L'idée est bien de définir la monumentalité de façade et son caractère répétitif, avec ces grandes travées. On abandonne les trois fenêtres pour offrir quelque chose de nouveau à la bourgeoisie marseillaise qui quitte justement le centre et ses immeubles plus du tout adaptés. Horizontalement, on a des éléments très marqués, que ce soit avec les bandeaux filants qui cachent les dalles et les faux plafonds, ou les gardes corps (Fig 38). Ces deux éléments assurent d'ailleurs le «plein» de la façade, car tout le reste est en verre ou en «vide» (espaces extérieurs ou façade vitrée). Le rapport est d'ailleurs assez particulier puisque toute la hauteur d'étage est vitrée, le garde-corps offre lui, un peu de protection visuelle. À noter que le corps de bâti est soclé et couronné par un élément horizontal, qui marque bien la différenciation entre le soubassement et l'attique.

36. FABRE Mario et LAVILLE Bernard, «Le Velasquez», in Prado Architecture, n° 2, 1965, p.74

Fig 39. Façade analysée en fonction
des horizontales
Entre la rue Jean Mermoz
et la rue Florac

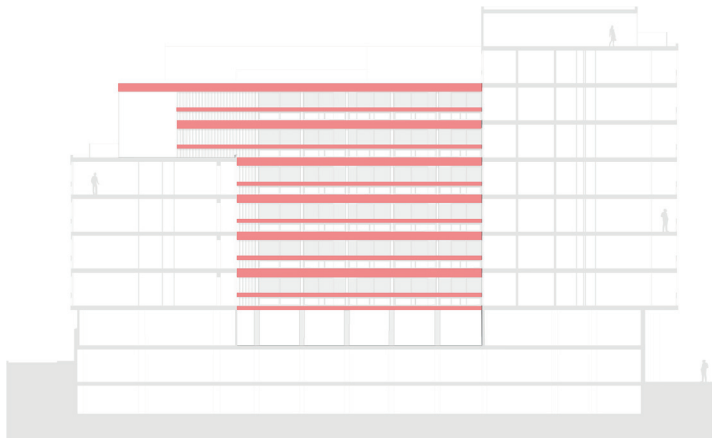


Fig 40. Façade analysée en fonction
des verticales
Entre la rue Jean Mermoz
et la rue Florac

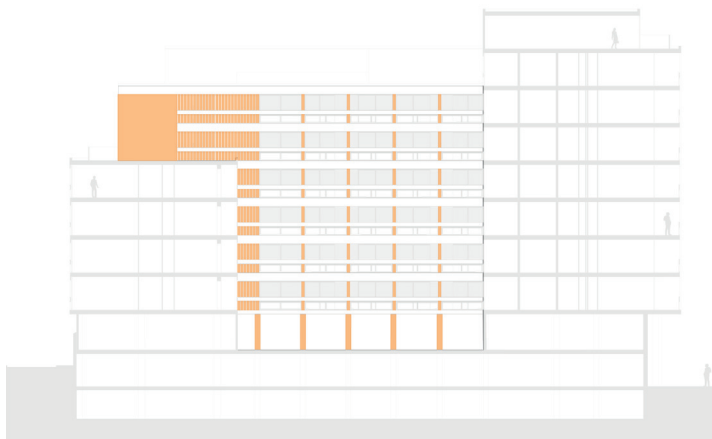


Fig 41. Traitement des angles
Angle extérieur et angle intérieur

Sur les façades intérieures, si on continue bien l'alternance entre façade avec des espaces extérieurs et façade vitrée, la différence majeure est le changement entre ce qui domine. Nous avons des verticales continues en premier plan en extérieur, alors qu'à l'intérieur, ce sont les éléments horizontaux qui priment (Fig 39). La trame devient dès lors moins lisible. Certes on continue à la voir aisément, mais c'est la travée verticale qui s'efface au profit d'une lecture par étage (Fig 40). La façade qui exprime le plus ce changement est la façade intérieure Est avec sa claustra. Les éléments verticaux n'ont jamais été si nombreux et pourtant c'est bien une unité horizontale et une lecture très claire par niveaux qui domine lorsqu'on pénètre dans la cour. Cette attention pour le dessin n'est pas étonnante quand on sait que la façade était un lieu particulièrement important pour les architectes modernes. Le Velasquez ne déroge pas à la règle, et ses façades représentent à elles seules, un style architectural.

L'attention à la composition de façade continue avec le traitement des angles. À défaut d'un angle sortant classique, qui serait assez dur, notamment pour l'entrée, les architectes font ici le choix d'un angle rentrant, en creux. Mais le traitement de cette question architecturale, au-delà du simple appel visuel qu'il crée dans la façade et le volume, vient également montrer toute l'attention portée à la qualité des façades. Comme on le voit sur les documents, il existe une continuité de matière entre l'intérieur des espaces extérieurs et le mur de refend. L'absence de poteau d'angle sur les deux angles extérieurs met clairement en lumière l'idée d'un bloc qui s'intègre à l'autre et non de deux éléments apposés. Le rapport volumétrique, et notamment le jeu de hauteur, permet également d'appuyer ce glissement et cette continuité puisque le parement de façade file au-dessus du bloc (Fig 41). En intérieur, la continuité, et le caractère filant des éléments horizontaux existent toujours, mais on voit apparaître un poteau d'angle (Fig 41). Cette différenciation intérieur- extérieur (qu'on retrouve dans le dessin de façade) vient marquer le changement de caractère des espaces: d'un extérieur très travaillé qui invite le visiteur à rentrer, à une intimité plus intime, ou les différenciations entre les appartements et plus généralement les volumes sont plus lisibles.



Fig 42. La pénétration de la ville dans le projet
En blanc le privé en noir le public

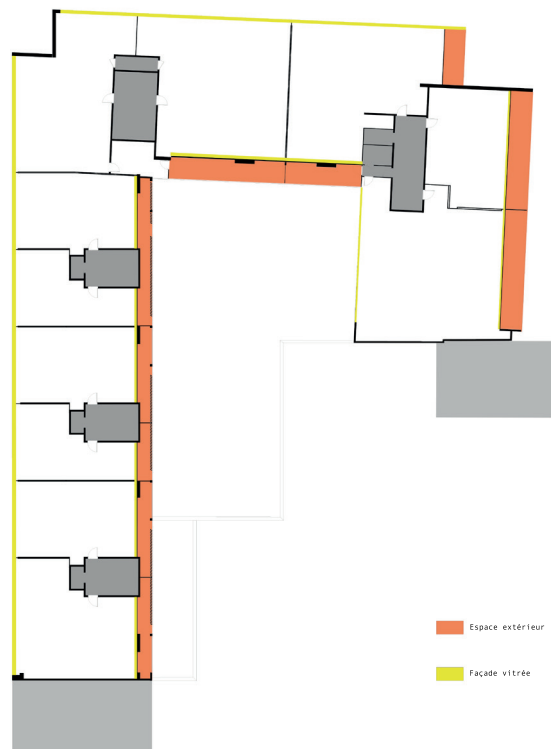


Fig 43. Disposition des types de façades
En orange les loggias et en jaune les fenêtres

B. De la rue au logement

A une échelle plus humaine, il est nécessaire de noter le traitement apporté à la transition entre la rue et l'appartement. L'idée de cette séquence d'entrée est bel et bien d'amener l'habitant, ou le visiteur à passer de la ville à son appartement de manière progressive, sans coupure brutale. La ville se glisse à l'intérieur de la cour. Le fait de laisser le regard filer après le premier escalier nous garde dans le rapport à la ville, tout en entrant dans autre chose, avec cette sous-face très présente. Rapport qui va disparaître progressivement lorsqu'on se tourne sur la cour, où l'intériorité est bien marquée par le mur séparatif. Cependant, la végétation derrière rappelle une certaine continuité du cœur d'îlot. De plus l'effet de compression disparaît lorsqu'on quitte la sous-face du bâtiment avec cette idée qu'on est toujours dehors, dans la cour. D'ailleurs, la cour apporte à la fois lumière et extérieurs aux logements mais elle se lit, notamment en plan de rez-de-chaussée également comme un espace intermédiaire entre la ville et l'immeuble³⁷ (Fig 42). Le fait d'utiliser des poteaux, de libérer le sol, n'est pas anodin et marque une vraie envie architecturale autour de cette cour : ne pas être un simple moyen d'éclairage, mais un lieu de sociabilité. Il n'est pas étonnant alors de ne véritablement pousser la première porte du bâtiment qu'après avoir fait l'expérience de la cour. Le hall devient l'ultime étape de gradation entre le public (la ville), un entre-deux (la cour) et le privée (le logement).

Arrivé à l'étage du Velasquez, on trouve plusieurs types de logements : du T1 au T4, traversant pour la plupart, en angle ou mono-orienté pour deux. Il est intéressant de noter une répétition d'assemblage dans la partie en « bande » sur la rue Florac. En effet, si on occulte la légère déformation due à la composition du plan, on trouve exactement le même assemblage entre un T1 et un T2. Cependant, on voit qu'en bout, on a une déformation et que le T2 n'est pas associé à un T1 mais à un T3. Les architectes récupèrent la trame supplémentaire pour offrir deux chambres en plus. Une des choses importantes à noter est la taille des appartements : à l'époque les surfaces moyennes d'un T3, T4, T5 étaient respectivement de 65m², 80m², 90m². Dans le standing, et c'est là la différence majeure, les surfaces étaient augmentées d'environ 10%³⁸. Le Velasquez est parfaitement dans les normes et c'est une première indication quant à la qualité des logements. Les espaces extérieurs en sont également la marque. Comme une règle architecturale, les espaces extérieurs sont situés à l'Est et au Sud, ce qui pourrait sembler discutable.

En effet, placer les espaces extérieurs (Fig 43) sur l'avenue du Prado est quelque peu étrange au vu de la pollution sonore qu'un tel axe peu générer. Au fil des recherches, et après confirmation de l'architecte, les raisons sont beaucoup plus triviales. D'abord, les espaces extérieurs au sud ne répondent qu'à une qualité d'espace extérieur et à une gestion du confort thermique d'été, en évitant la surchauffe estivale et en apportant un espace agréable en automne. Pour ce qui est des espaces extérieurs sur le Prado, ils ne sont qu'une façon de reculer la vue directe sur les appartements, car, comme nous l'avons vu, le caractère très transparent de la façade donne beaucoup à voir. Dès lors, les architectes offrent une intimité aux appartements situés sur le Prado, d'où on a beaucoup de recul pour observer la façade. Le choix n'est pas appliqué sur les façades Nord et Ouest dans le but de glaner le plus d'apport énergétique. Enfin les espaces extérieurs des appartements avec leur claustra répondent à

37. Entretien oral avec Monsieur Mario Fabre, à son domicile à Marseille, le 20 novembre 2017

38. Ibid

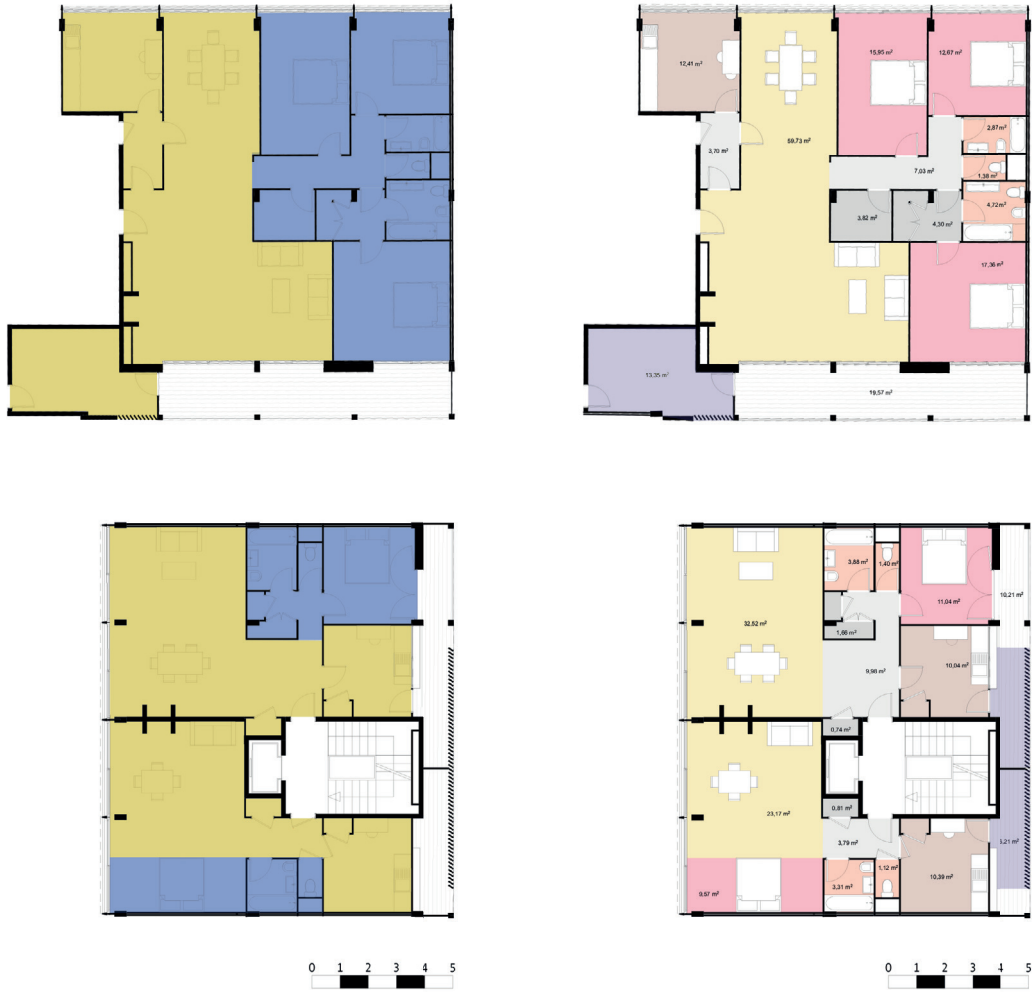


Fig 44. Plans analysés
Les espaces jours et nuits - Les surfaces des différentes pièces



Fig 45. Photographies du Velasquez

une problématique disparue aujourd'hui mais qui avait toute son importance : le séchage du linge. Bien avant la question du vis à vis entre les différents volumes, le but était d'offrir des espaces extérieurs pour faire sécher le linge correctement, donc derrière une protection, d'où cet espace extérieur et sa claustra.

Les appartements sont d'ailleurs, à l'image de cette problématique disparue, à des dimensions qui ont également disparu aujourd'hui. Sur les appartements étudiés, on comprend ce que voulait dire : faire du logement de standing dans les années 60. La surface générale, sans compter les extérieurs, est très importante (ici le T4 est à 145m², le T2 à 72m², et le T1 à 52m²), les pièces sont très grandes, un soin est apporté à l'espace de rangement, la distribution est ample, les toilettes sont séparées de la salle de bain même dans le T1. On voit aussi un dédoublement de la salle de bain dans le T4, qui vient créer une suite parentale. De plus, il est intéressant de lire que les pièces de vie (salon et cuisine) composent une continuité, ce qui donne une qualité quasiment traversante à l'espace de vie qui devient très ample. On voit que, dans chaque type, l'entrée vient distribuer des fonctions précises de l'appartement qui sont : la cuisine, le salon, la salle à manger (lorsqu'il y a une différenciation). Les pièces de vie sont donc directement visibles depuis l'entrée. Elles offrent alors des diagonales qui vont agrandir psychologiquement la surface du logement. On a donc une circulation très peu cloisonnée entre les différents espaces, l'entrée en tant que pièce fermée n'existe pas, elle n'est qu'une représentation mentale induite par le cloisonnement des autres pièces. Par la suite, le couloir, dont la taille varie en fonction du type, va desservir les salles de bains, les sanitaires et les chambres. Ainsi, on vient créer une intimité à l'intérieur du logement, une partie un peu plus privative, qui implique un cheminement plus dirigiste. Cette différenciation de distribution s'explique aussi par le schéma familial du couple avec un ou plusieurs enfants : un grand espace de réunion, de vie, d'apparat pour la famille et ses convives, avec la cuisine à part, et des pièces plus personnelles pour le travail (Fig 44).

Si tout ce travail d'analyse peut sembler désuet au regard des problématiques soulevées par la question du numérique, des acquisitions, des cartographies de dégradations, dont nous allons parler juste après, elle a pourtant, à mon sens tout à voir avec l'idée de protection du patrimoine. Au fil du temps, après deux ans de travail sur le Velasquez, j'ai eu l'occasion de discuter avec des habitants, des riverains. Leur première remarque était toujours : « Pourquoi étudiez-vous un bâtiment comme celui-ci ? ». Cette remarque sous-tend la problématique que nous développons à travers tout le mémoire : comment protéger le patrimoine XX^{ème} ? Et cette question trouve ici un élément de réponse : la pédagogie, l'explication. Si la personne qui pose la question ne peut jamais obtenir de réponse à propos des qualités de son bâtiment, du caractère remarquable de l'édifice dans lequel elle vit, alors il est impossible de lui demander d'en prendre soin comme il le faudrait. Il y aura peut-être des copropriétés motrices, mais elles seront rares. Nous l'avons vu, le patrimoine XX^{ème} n'est pas le patrimoine le mieux protégé. Alors lorsque des étudiants en architecture fournissent un travail de re-dessin, (qui à lui seul pourrait susciter la curiosité des habitants), doublé d'une analyse sur les qualités et les faiblesses du bâtiment, ces documents doivent être accessibles. Ces documents, ces analyses doivent être des fils à tirer par les habitants, les amenant à comprendre pourquoi un étudiant en architecture s'intéresse à leur bâtiment, et pourquoi il est nécessaire non pas de payer pour clôturer la cour du Velasquez, mais plutôt pour réparer les pierres du soubassement.



Fig 46. Ancien portail
Séquence d'entrée



Fig 47. Le risque de fermeture
Séquence d'entrée



Fig 48. Renfort structurel
Séquence d'entrée



Fig 49. Remplacement du garde-corps pour un barreaudage
Rue Daumier



Fig 50. Colonisation d'algues
Rue Daumier



Fig 51. Décoloration de la pierre
Rue Florac

3. Dégradations et Acquisitions

A. Un bâtiment qui se dégrade

Le bâtiment présente à la fois des dégradations et des modifications. Cette distinction se base sur le fait qu'on peut classer en deux catégories les évolutions du bâtiment. D'un côté, nous avons des réelles pathologies qui se répandent sur le bâtiment. De l'autre nous avons des modifications qui altèrent la nature d'origine du bâtiment au regard des qualités précédemment citées. Ainsi on peut noter une transformation de poteau dans la séquence d'entrée du Velasquez, où un renfort en biais a été ajouté (Fig 48). Simple renfort structurel, ou traitement de fissure, il n'est fait mention dans aucun plan d'architecte d'une telle évolution. Peut-être que le renfort était nécessaire, et a été ajouté de manière empirique sur le chantier, mais il serait très étonnant qu'une telle modification soit apparue sans que l'architecte s'en souvienne.

Parlons maintenant du changement majeur apporté au projet au fur et à mesure de son vieillissement : le rapport entre la ville et la cour. La cour était un espace majeur du Velasquez, mais ne l'est plus aujourd'hui. Au fil du temps les copropriétaires ont décidé de fermer cette cour qui devait être le prolongement de la ville dans la propriété privée commune, une valeur fondamentalement perdue. L'année dernière, en 2017, la copropriété du Velasquez avait déjà ajouté un portail d'entrée en haut et en bas de la rue Daumier (Fig 46). Ces portails, s'ils pouvaient dissuader les intrusions, n'étaient pourtant jamais fermés à clé ou à code, il suffisait de les pousser pour entrer ! Par la suite, un cap a été franchi : les habitants ne voulaient plus que les jeunes du lycée, situé plus haut dans la rue Daumier, viennent manger dans leur cour. Ils ont donc fait changer le garde-corps initial situé sur le bord de la dalle d'entrée, intégré dans le revêtement de sol avec une lisse en bois, pour un garde-corps/grille de protection, avec digicode, badge, bloquant l'entrée au bâtiment (Fig 49). Ce garde-corps dessiné avec ses détails d'intégration faisait partie du dessin original de la façade comme une modénature à part entière. Il a été remplacé par une grille sans qualité, générique, sans détail d'accrochage. On passe donc d'une modénature architecturale de garde-corps, à un objet générique garde-corps. La forme se trouve dégradée, et appauvrie. Malheureusement, l'appauvrissement est bien plus grave quant au fond. En effet, si la qualité plastique est souvent l'élément principal relatif à la vision qualitative d'un bâtiment pour une personne non sachante, le sens théorique d'un élément, d'un principe de composition l'est beaucoup moins. Une culture architecturale est nécessaire pour comprendre vraiment. Dans notre cas, la perte de sens est claire : la cour n'est plus un espace de transition, appropriable, mais une forme de couloir à l'air libre (Fig 47). Le but de l'architecte était d'offrir une pénétration de la ville dans le privé, afin d'éviter la transformation de cette cour en espace résiduel. Au fil des visites étalées sur deux ans, la cour n'a jamais été occupée. C'est malheureusement l'évolution que prend cette cour, se résumant à sa fonction d'éclairage pour une parcelle trop profonde.



Fig 52. Intégration de l'ancien garde-corps
Rue Daumier



Fig 53. Réparation d'une pierre sur un nez de dalle
Angle Prado



Fig 54. Intégration du nouveau garde-corps
Rue Daumier



Fig 55. Epaufrures de la pierre
Rue Florac

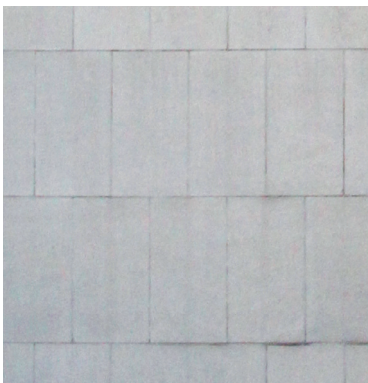


Fig 56. Matérialité
Pierre murale dans les angles, pierre du soubassement, pierre de sol extérieur

En parallèle, nous avons les pathologies propres au patrimoine XXème et au béton. Le Velasquez est un bâtiment qui a vécu pendant plus de cinquante ans, à l'heure où j'écris ces lignes. Il fut conçu à une époque où, selon les propos de son architecte :

« Les ingénieurs étaient en général en bagarre avec les architectes, il n'y avait aucune compréhension entre les architectes et les ingénieurs, que ce soient des ingénieurs d'entreprise ou des ingénieurs de Bureau d'Etudes »³⁹

Cette époque qui peut nous sembler bien lointaine, prônait une utilisation nouvelle du béton, théorisée par l'architecture moderne et ses recherches formelles. L'intégration des porte-à-faux, des pilotis, du toit plat, retrace l'influence d'une époque et d'un enseignement. Cette utilisation nouvelle du béton est une des causes importantes d'une grande partie des dégradations du Velasquez. En faire une cartographie est intéressant : un grand nombre de dégradations est localisé sur la façade arrière en béton. La dégradation est simple, selon le relevé visuel : on constate de nombreux éclatements sur le nez de dalle en pierres au dessus du rez-de-chaussée (Fig 55). Quand on regarde plus précisément, on voit que ces pierres ont été collées sur le nez de dalle ; les dégradations proviennent de ce collage. La corrosion des aciers, probablement trop peu enrobés, a fait éclater le béton qui, par ricochet, a fait éclater la pierre. On a donc une pathologie systématique de double épaufrure, béton puis pierre, qui peut présenter des dangers si elle intervient au mauvais moment, ou, plus haut sur les façades. Ce qui est le cas sur l'angle du Prado, où un morceau de pierre s'est cassé au quatrième étage. Ce n'est pas la seule dégradation présente sur le Velasquez de manière récurrente. Des colonisations d'algues noires sont apparues sur les pierres en façades (Fig 50). Un travail au niveau du joint entre la pierre posée à plat et celle qui la supporte verticalement pourrait limiter la propagation. L'eau ruisselle sur pierre puis tombe sur la tranche de la pierre souvent beaucoup plus noire que la pierre en dessous. Ce désordre est sûrement lié à la granulométrie de la pierre ou à la qualité du joint. La disparition du joint crée une sorte de goutte d'eau de fortune qui protège légèrement le ruissellement sur les pierres en façade. C'est une des hypothèses qui pourrait expliquer pourquoi certaines pierres verticales sont noires et d'autres pas du tout. Cependant il ne faut pas exclure l'action humaine et principalement l'arrosage catastrophique pour la façade du Velasquez. La localisation des différentes dégradations varie selon les façades. On note quand même une zone privilégiée : le soubassement. Non seulement il est plus facile d'accès, mais il présente également une meilleure qualité de données pour les nuages de points. On voit que la cartographie prend toute sa place.

Enfin, la question de la matérialité est une question intéressante qui s'applique très bien à l'outil Aïoli pour traiter une simple zone sur chaque type de revêtement, selon son origine (Fig 56). Malheureusement, il existe très peu de documents ; la qualité et la provenance des matériaux restent difficiles à déterminer, rendant la création de ce calque plus abstraite, du fait du manque de connaissances.

39. M. Fabre, « Entretien avec Mario Fabre, 20 novembre 2017 », art cit.



Après le constat des différentes modifications, pathologies et autres matérialités, le Velasquez devient, malgré des problématiques d'acquisitions et leurs tentatives de résolution, un objet d'étude intéressant. Il provoque le développement d'une pensée plus large. Il s'agit de faire comprendre aux usagers de l'immeuble qu'il ne faut pas tordre l'idée initiale du projet. Il ne faut pas blâmer les habitants, qui sont confrontés aux problèmes propres aux copropriétés ; garder le contrôle de qui entre dans notre ensemble est une revendication habituelle. Mais ici, cela va à l'encontre du sens du bâtiment. C'est pourquoi il faut expliquer, et valoriser les connaissances produites. En montrant ce qui est vraiment grave sur le bâtiment (les dégradations), et en expliquant le dessein initial de l'architecte (valorisation), on peut amener les copropriétaires à s'investir dans la protection du patrimoine, et les dissuader de le modifier. C'est ce qui fait du Velasquez un objet d'étude exceptionnel car il est à la fois un cas d'étude théorique très intéressant, (architecturalement et historiquement) mais aussi un révélateur des problématiques liées aux immeubles de logements des années soixante, édifices types du patrimoine XXème. Le bâtiment présente des qualités architecturales que les habitants ne sont pas forcément en mesure de lire, tout en se dégradant. A travers le travail de cartographie, il est intéressant de commencer à faire émerger visuellement les pathologies, leurs caractéristiques, et de tisser les raisons qui peuvent amener ces désordres dans l'enveloppe du bâtiment.

B. Des cartographies connectées

Avant d'aborder en détail les cartographies, il faut s'arrêter sur les outils mis à notre disposition au MAP-GAMSAU, principalement Aioli. La plateforme de coworking développée par le laboratoire est un outil formidable mais qui présente certaines limites que l'on découvre lors du traitement d'un projet "inhabituel". C'est le cas du Velasquez, immeuble marseillais sur trois rues, avec des façades allant jusqu'à trente mètres de haut, et développant cinquante-cinq mètres de long. Ces dimensions peuvent sembler habituelles pour des immeubles de logements des années 60. Cependant, pour l'outil Aioli, c'est différent. Aioli fonctionne très bien tant que l'objet d'étude n'est pas trop important ou volumineux. Cette particularité peut parfois s'effacer selon la forme de l'objet.

Le principe de la plateforme est simple : annoter une photographie en deux dimensions, pour en voir la propagation sur le nuage 3D, et obtenir un nuage de points manipulable en trois dimensions, utilisable par plusieurs acteurs. Cette plateforme prend naissance lors du constat d'absence de véritable outil adapté à l'annotation patrimoniale. Ce projet a été porté par Adeline Manuel, lors de sa thèse⁴⁰. A l'époque il n'existait pas de solution viable pour l'étude d'objets patrimoniaux nécessitant plus qu'une analyse classique dimensionnelle ou tridimensionnelle. Aioli investit le champ de la photogrammétrie, et la propagation d'annotations spatialisées. Le concept est le suivant : à partir d'une acquisition photogrammétrique (donc une série de photographies se superposant à 75 % au moins l'une par rapport à l'autre), on va générer un nuage de point 3D. Lorsqu'on va appliquer une zone sur une photographie, en 2D, la plateforme

40. Adeline Manuel, *Annotation sémantique 2D/3D d'images spatialisées pour la documentation et l'analyse d'objets patrimoniaux*, Science des Métiers de l'ingénieur, s.l., 2016, 214 p.

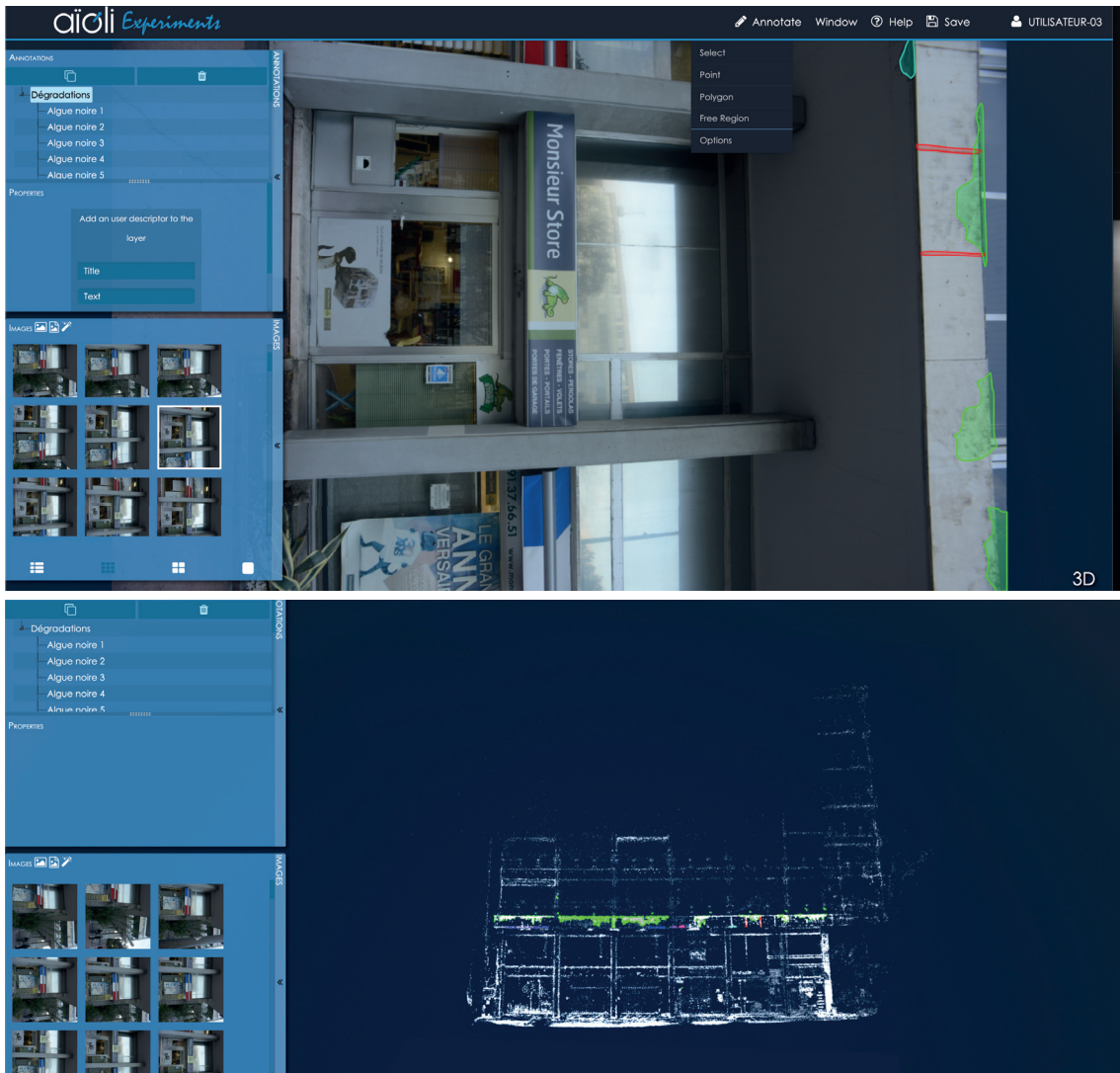


Fig 57. Interface Aioli Version 1

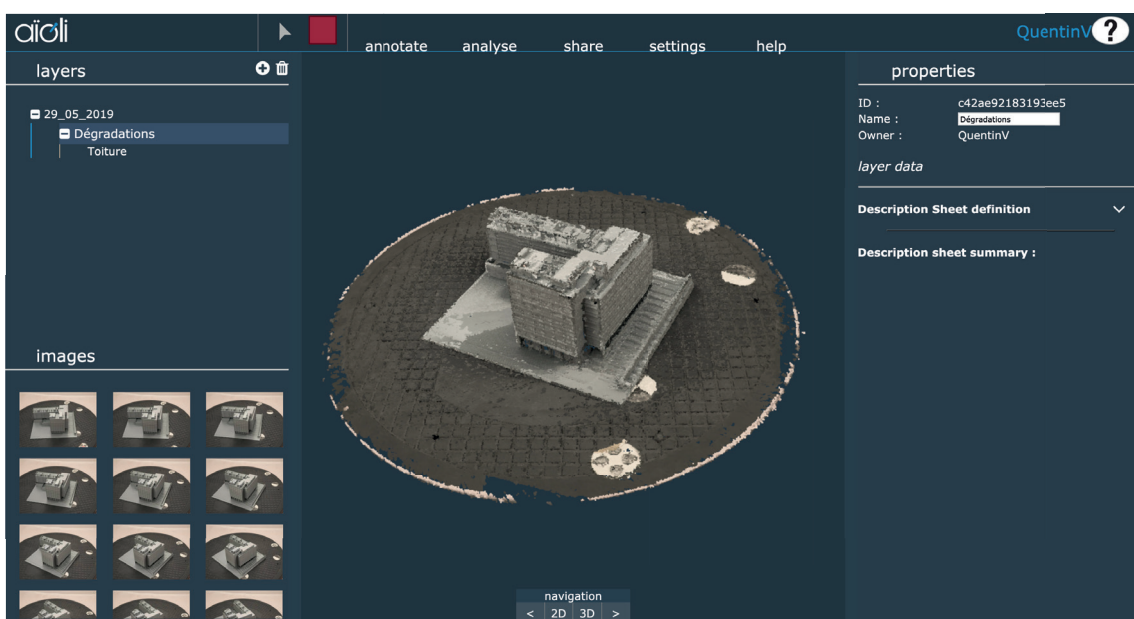


Fig 58. Interface Aioli Version 2

va projeter cette information sur le nuage de points donc en trois dimensions, mais aussi sur les autres photographies du jeu de données. On crée alors un fichier commun, qui sera accessible en ligne via le cloud, donc théoriquement partout et par tous. Les différents acteurs (conservateurs, restaurateurs, architectes, ingénieurs) peuvent intervenir, ensemble, avec différents niveaux de privilèges. A l'image du BIM en architecture, leurs interventions contribuent à enrichir un seul document. Un enrichissement sémantique fondamental est produit sur l'objet étudié. Aioli est donc un outil nécessaire, d'une puissance impressionnante, en cours de développement.

La première version d'Aioli (Fig 57) sur laquelle j'ai travaillé fin 2018, a été supplantée en 2019 par la version deux (Fig 58). Cette version plus robuste, plus simple d'utilisation présentera à terme toutes les demandes nécessaires à la réalisation de nuages de points partagés. Pour l'instant, la majorité des évolutions porte sur des modifications de codages. Les échanges avec le principal développeur de Aioli, Anas Alaoui M'Darhri, pour la partie plateforme web et son architecture, se sont doublés d'entretiens avec la développeuse principale, Adeline Manuel, traitant les nuages de points, la projection, les générations et les annotations. J'ai pu comprendre les changements, l'évolution, et même beta tester l'application au laboratoire, obtenant des réponses directes aux questions formulées à la suite de bugs. Ce rapport direct entre l'utilisateur et le développeur fut pour moi formidable, et m'a même donné l'envie d'apprendre ce langage pour mieux comprendre cet outil, et même pratiquer un peu de développement. Certaines choses qui peuvent paraître très simples vues de l'extérieur, ne le sont pas forcément, et des points plus complexes peuvent être résolus en très peu de temps, sous réserve d'un minimum de connaissances du codage.

Une des problématiques actuelles de Aioli est son caractère en développement qui limite des fonctionnalités. Celles-ci seront présentes à terme, mais pour l'instant les possibilités d'expérimentation sont limitées. De la même façon, Aioli n'a que quelques serveurs à sa disposition. Ces serveurs sont limités quant aux quantités de données qui transitent, ce qui peut poser problème quand l'on possède un grand nombre de photographies à importer dans la plateforme. Ce fut le cas et nous avons enregistré des bugs au gré des expérimentations. Le nombre de photographies transitant sur le serveur, par projet, est forcément limité ; cela tient au caractère interne des serveurs de traitement. Ceci peut être dépassé facilement par une ligne de code modifiée, ce qui fut le cas durant l'expérimentation sur Aioli 2 (de 20 photographies et 800mo maximum à 100 photographies et 2go). De même, il y a tous les bugs qui ont trait à des caractéristiques d'interfaces, qui ne sont pas forcément les priorités de développement, mais qui sont pourtant ce sur quoi un néophyte va juger l'application. Par exemple : les barres de chargement des zones qui ne disparaissaient pas, forçant à recharger la page, à choisir un nouveau calque, sa photo, sa couleur, avant de pouvoir faire une zone et de recommencer l'opération pour la zone suivante. Ce bug présent dans la première version a complètement disparu maintenant. L'ergonomie d'utilisation et d'annotation dans la nouvelle version est devenue bien plus claire et les barres de chargement infini ne sont plus. L'utilisation et la praticité de la plateforme est bien meilleure aujourd'hui qu'il y a quelques mois. La visualisation, ainsi que le passage entre 2D et 3D (photographie et nuage de point) est limpide. Toutes les problématiques liées aux non-changements, après création d'une zone, ont quasiment disparu : les calques sont paramétrables à posteriori. Il y a vraiment eu un travail efficace suite aux remarques soulevées au premier semestre.

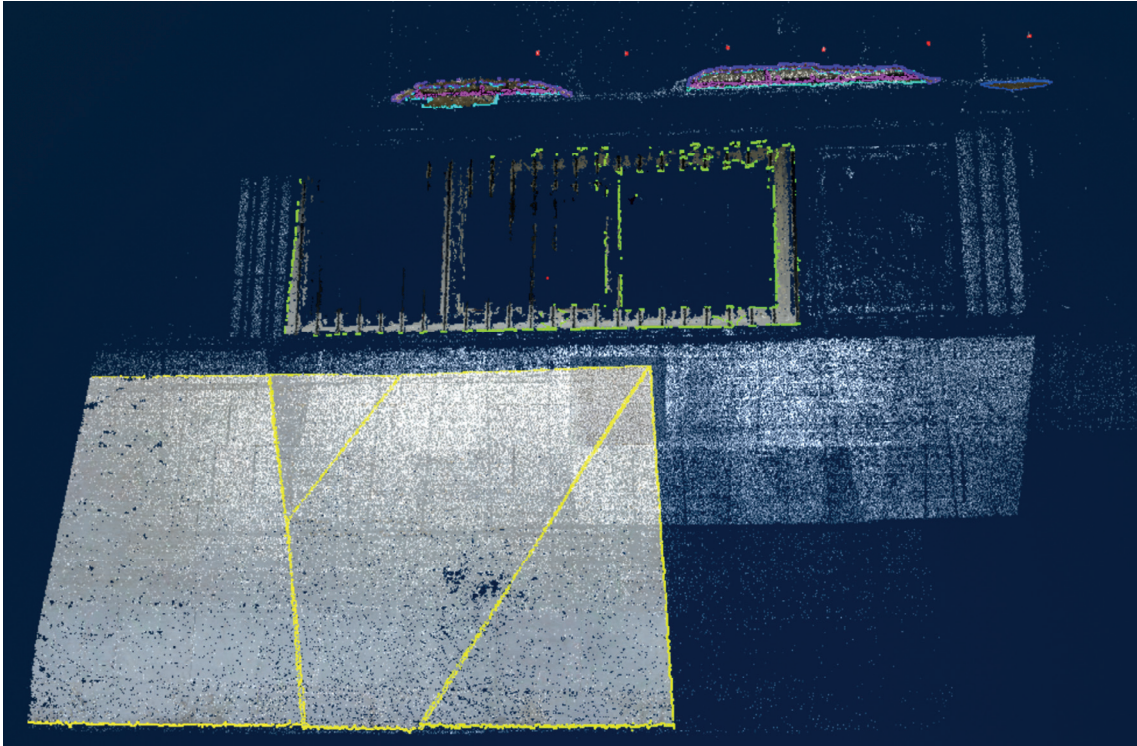


Fig 59. Réalisation d'une zone en plusieurs annotations
Impossible de fusionner les zones

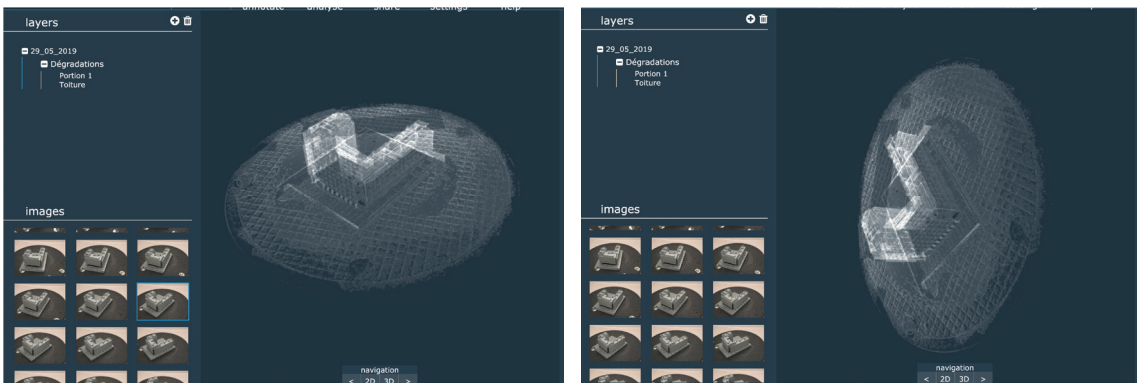


Fig 60. Rotation de la vue dans l'espace 3D
Rotation automatique lors de la navigation à la souris

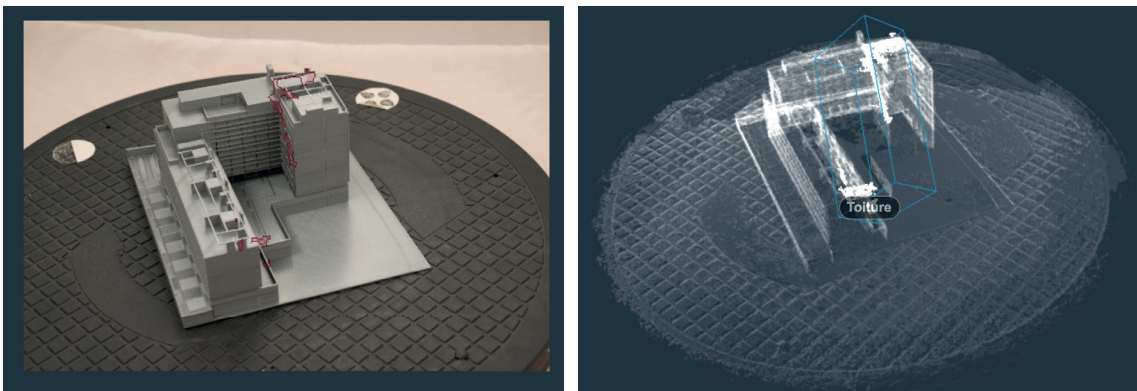


Fig 61. Déformations de l'annotation lors de la propagations
Probablement causées par des trous dans le nuage de points

Bien sur il reste des problèmes, des bugs et des fonctionnalités manquantes : le fait qu'il soit impossible de paramétrer les modes de calcul du nuage de points par exemple peut poser problème dans l'annotation. En effet, pour une acquisition, MicMac⁴¹ constitue le nuage avec certains niveaux de reconnaissance de points. S'il n'arrive pas à constituer un nuage avec le niveau le plus bas d'association de points, il passe automatiquement au niveau supérieur. Dans l'absolu, ce process ne pose pas de problème, et se montre satisfaisant. Le problème se pose lorsque, une fois dans Aioli (qui fonctionne grâce à MicMac), le nuage se trouve constitué de trop de points, et que les annotations qui se reprojettent entre les différentes photographies et le nuage ne peuvent transiter avec le serveur, car les requêtes sont trop lourdes, et bloquent la propagation des annotations. Par ailleurs, l'impossibilité d'agrandir une zone depuis une autre photographie est dommageable, car la multiplicité des contours brouille la lecture (Fig 59). Enfin, un problème plus complexe se pose quant à la question de certaines formes. En effet, lorsqu'un objet présente un creux, il se peut que le process d'annotation dysfonctionne. Si dans la zone au premier plan, il existe un trou dans le nuage de point, l'annotation va aller chercher des points dans le second plan, le creux de la forme, derrière le premier plan. Si au premier semestre, ce problème s'appliquait à n'importe quel objet circulaire (l'annotation allant combler le vide par les données diamétralement opposées), il est résolu par l'ajout de la prise en compte de l'orientation des vertex⁴². Si la normale⁴³ associée au vertex est orientée en sens opposé, alors on ne le sélectionne pas. Dans le cas d'un creux, si les deux plans sont dans le même sens, cela devient problématique et on se trouve face à des zones qui se déforment grandement par rapport à l'image et l'annotation initiale. Ce genre de problèmes est lisible et visualisable grâce à l'expérimentation, sur certains jeux de données particulières (Fig 61). Ainsi on peut mettre en lumière la nécessité d'ajout de certaines fonctionnalités, et ce n'est possible que par l'interaction utilisateur/développeur. C'est de cette interaction que va naître un Aioli encore plus performant, complet et robuste à l'utilisation. Par exemple, l'importation de chantier MicMac est une des fonctionnalités à traiter. Aioli est en développement, et une application en développement n'est pas parfaite.

Je suis très reconnaissant au MAP-GAMSAU d'avoir pu travailler, à ma manière, sur ce projet de recherche, en l'utilisant ou en apportant un retour critique. Car les bugs que je viens de citer ne sont en rien rédhibitoires quant à son utilisation par des professionnels de l'architecture et du patrimoine. La seule problématique qui subsiste est la visualisation du travail, notamment dans un cas de rendu papier comme le nôtre. La représentation se limite malheureusement à des captures d'écrans, ce qui amoindrit la performance de l'application. Malheureusement il reste impossible de présenter cela autrement. Il serait intéressant de pouvoir visualiser un nuage annoté, extrait sur un visualisateur en ligne, et d'intégrer ce travail dans une présentation mais qui serait forcément orale, ou inscrite dans un dossier numérique.

Ces limites, ces problématiques, génèrent le travail au laboratoire, et par les interactions on finit toujours par trouver une façon de contourner le problème, en étant ingénieux. L'utilisation de la maquette vient d'une recherche pour transcender les limites liées au patrimoine XXe et à son acquisition, que nous évoquions plus haut.

41. Logiciel de photogrammétrie opensource, utilisé dans Aioli

42. Un point du nuage de points

43. Vecteur d'orientation d'un point

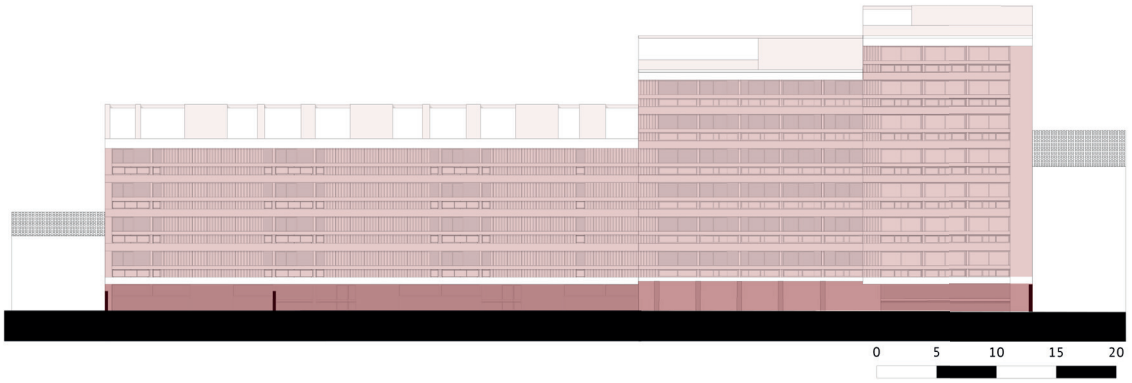


Fig 62. La composition des façades intérieures
Le soubassement comme lieu privilégié des dégradations

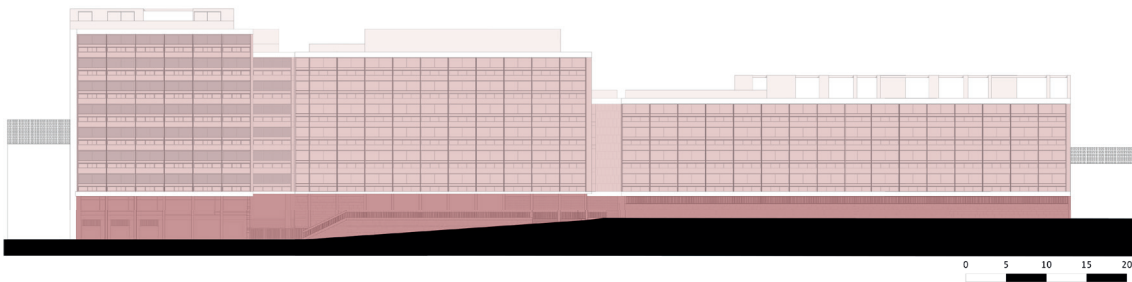


Fig 63. La composition des façades extérieures
Le soubassement comme lieu privilégié des dégradations



Fig 64. Méthodologie d'acquisition de la façade rue Florac
Séquence matricielle

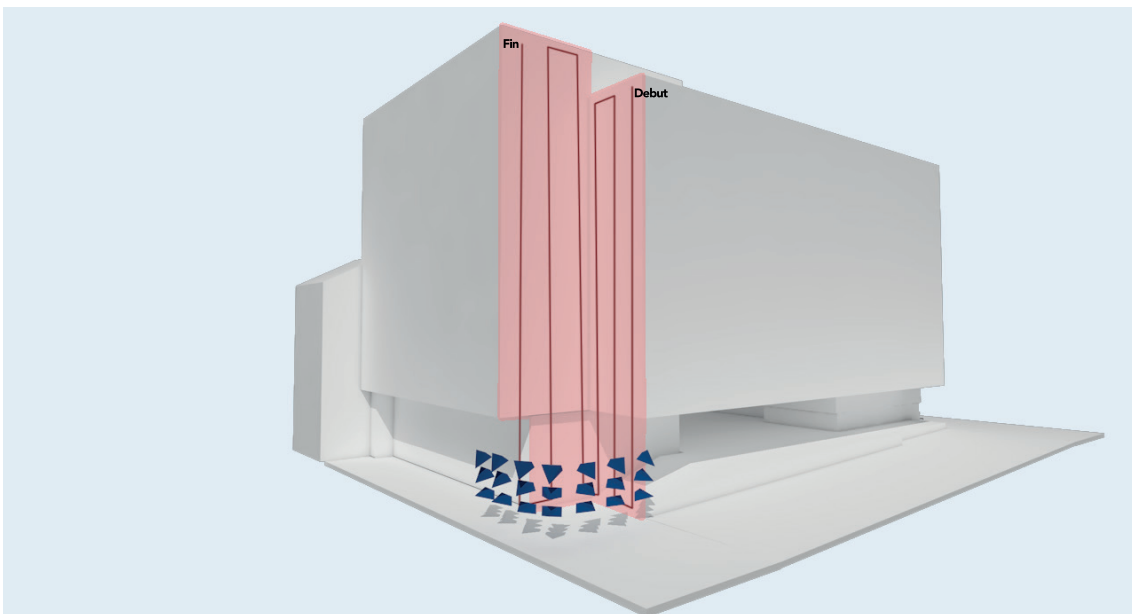


Fig 65. Méthodologie d'acquisition de l'angle Prado
Séquence matricielle

La première série d'acquisitions fut d'ailleurs un processus complexe : étant un pur novice en la matière, j'ai effectué des erreurs lors de mon premier jeu de photos : principalement l'absence de changement sur l'axe Y pour prendre les photos, me contentant de simplement modifier l'orientation de l'appareil mais pas sa hauteur. Il est très intéressant de remarquer que devant une 3D, on a l'impression que l'acquisition sera facile mais qu'elle devient beaucoup plus complexe dès lors qu'on se retrouve face à face avec l'objet. La prise de vue de la façade arrière en une seule fois en hauteur n'était pas possible tant le recul était faible. J'ai donc du faire plusieurs passages, une acquisition dite en séquences matricielles (Fig 64 et 65), dont on nous avait parlé au MAP, et qui s'inscrit dans un continuum de pensée sur l'acquisition photogrammétrique⁴⁴. Par ailleurs, si l'idée d'une acquisition de tout le soubassement (Fig 62 et 63) pouvait sembler noble, en pratique, elle n'était pas réalisable, puisque sur la rue Daumier, l'acquisition du barreaudage n'aurait rien donné d'intéressant ; de plus on rencontrait ici une difficulté encore plus grande à cause du nombre de passages nécessaires pour une acquisition complète. Or l'idée initiale était de réaliser une acquisition d'un seul coup de tout le soubassement pour obtenir un nuage général de celui-ci, permettant un repérage beaucoup plus simple, même pour un non-connaissseur du bâtiment. Anthony Pamart, ingénieur du laboratoire MAP-GAMSAU, avec qui j'ai discuté des méthodes d'acquisitions, ainsi que du type de matériel à utiliser pour celles-ci, m'a conseillé de fragmenter par façade et ensuite d'assembler le nuage de points. Même si la derrière partie n'est pas réalisable sur Aïoli, c'était la bonne façon de faire, puisque certaines façades nécessitaient un traitement en plusieurs prises.

Nous avons donc fragmenté l'acquisition pour avoir globalement quatre parties du Velasquez sur lesquelles les cartographies ont été réalisées. Cependant plus on fragmente, plus il est difficile de se reperer, puisque le contexte disparaît ce qui questionne sur une praticité d'usage pour une personne qui ne connaît pas le bâtiment. Malgré tout, nous avons la façade arrière sur la rue Florac, la façade avant donnant sur le Prado, et les deux angles en creux du bâtiment : celui entre le Prado et Daumier et celui entre Daumier et Florac.

Ces derniers pourraient servir à la définition des matériaux, puisqu'il présentait un échantillonnage intéressant de la diversité des revêtements du Velasquez. Les trois autres parties ont servi principalement à établir les cartographies des dégradations suivantes : Un calque général : dégradations. Il permet de visualiser toutes les dégradations, et la superposition de leurs formes dans le but de visualiser clairement la corrélation des différentes zones.

S'en suit alors la série de calques représentant les différentes pathologies :

- Corrosion des aciers
- Épaufrure du béton
- Épaufrure de la pierre
- Points d'impact sur la pierre (probablement lié à la mise en œuvre des pierres durant le collage)
- Colonisation biologique d'algues noires
- Réparations visibles
- Altération chromatique de la pierre (en partie basse, sous l'allège des fenêtres)
- Tags

Les deux dernières altérations ne sont présentes que sur la façade arrière.

44. Livio De Luca, *La photomodélisation architecturale: relevé, modélisation, représentation d'édifices à partir de photographies*, Paris, Eyrolles, 2009, 263 p.

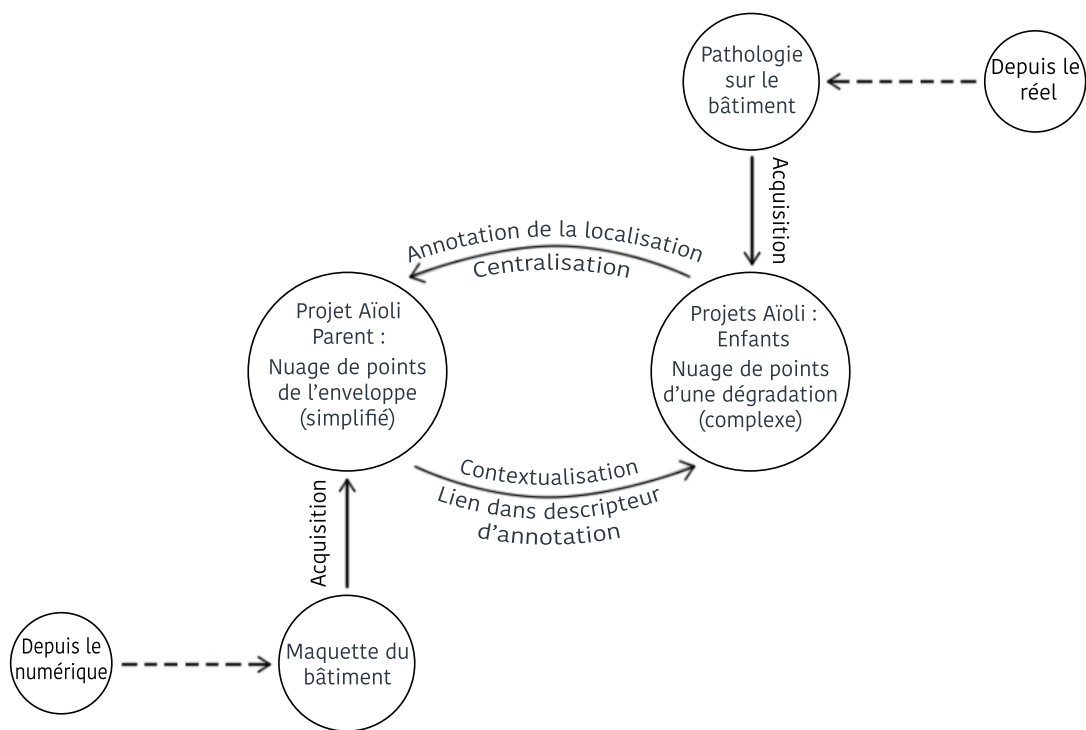
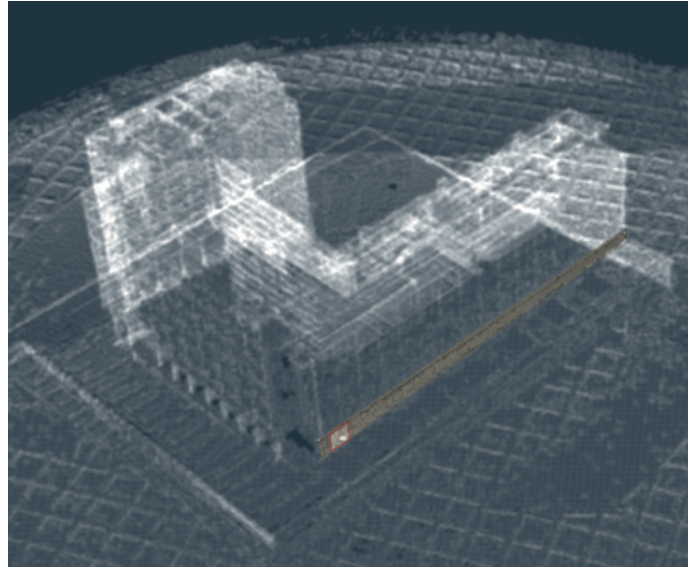


Fig 66. Schéma de fonctionnement de la connectivité des cartographies
Suppression des logiciels tierces et centralisation sur Aioli

Les acquisitions ont été réalisées en plusieurs séquences. Lors du premier semestre, l'utilisation d'Archicad, Photoshop, Photoscan et Aioli avait été nécessaire pour obtenir une des planches de présentation que vous pouvez voir. L'idée était de rationaliser ce processus en centralisant l'action sur la plateforme Aioli à travers une connectivité des cartographies (Fig 66). Par l'acquisition d'une maquette du bâtiment, on obtient un nuage général, sur lequel on va annoter la zone de dégradation (provenant du réel), puis on réalise un second projet aioli lié à cette zone (dans un descripteur) à l'intérieur duquel on importe une acquisition d'une dégradation provenant du bâtiment réel. On obtient donc un nuage de point de l'enveloppe (simplifiée) que l'on vient enrichir par des nuages de points des dégradations (détaillées), sans utilisation d'un logiciel tierce, une fois que l'on possède l'acquisition de la maquette. Ces cartes peuvent être un moyen parfait et accessible en ligne pour l'étude de pathologies contextualisées conduisant à la protection des édifices, grâce à la connaissance des lieux d'intervention et de la gravité des dégradations. Cependant, si l'idée semble simple, sa mise en place découle d'une méthodologie bien plus longue, que nous allons découvrir juste après les cartes. La présentation de ses dernières ne rend que difficilement honneur au processus de travail, entièrement numérique.

- Réparation au mortier
- Altération chromatique



Repérage sur le nuage de points de l'enveloppe Aioli

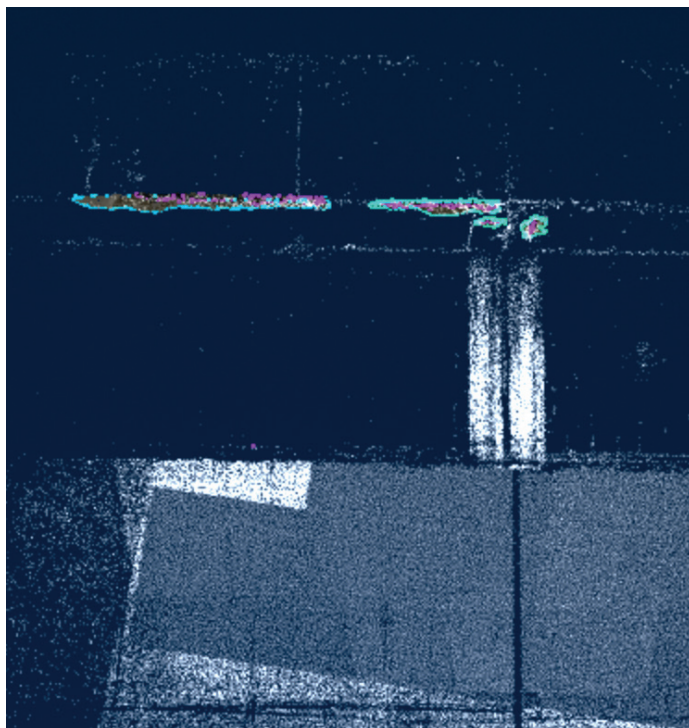
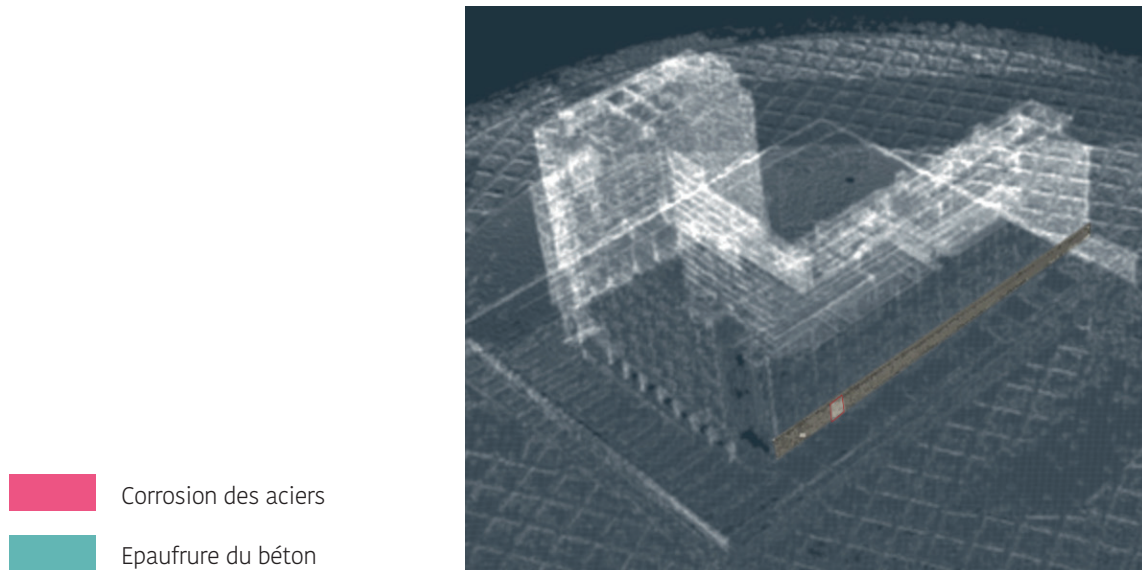


Nuage de points (3D) annoté
Aioli



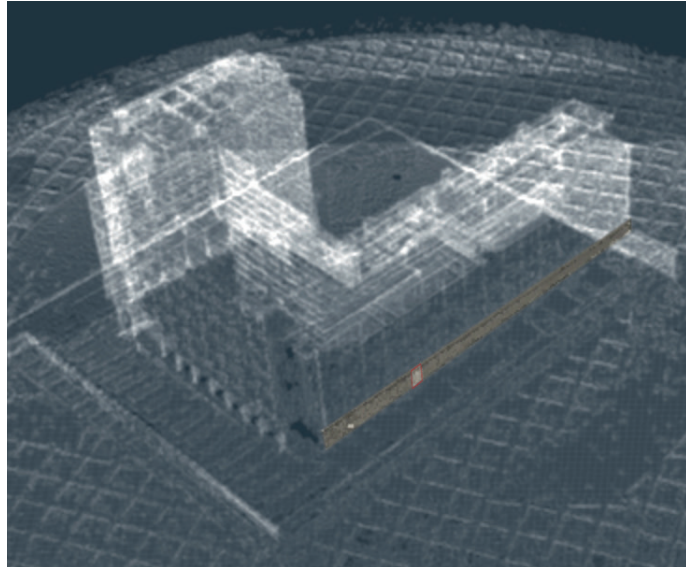
Photographie (2D) annotée
Aioli

Nous commençons donc par la façade arrière, et la première portion de celle-ci traitée sur Aioli. Elle a été choisie pour sa représentation d'une altération chromatique assez particulière. En effet la forme de la tâche est assez irrégulière contrairement à une autre tâche présente par la suite. Sûrement dû à un nettoyage de la pierre, pour enlever un tag, cela affecte grandement la lecture du soubassement en pierre de la façade sur la rue Florac.

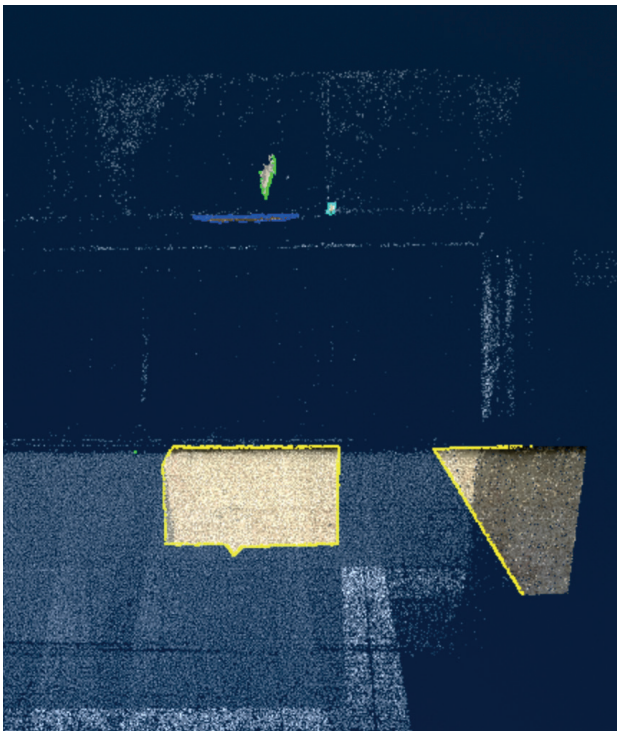


Sur cette cartographie, on peut voir apparaître le début de la pathologie récurrente sur la façade arrière du Velasquez : les épaufures du béton dues à une corrosion des aciers (probablement due à un enrobage trop faible). Ici elles sont localisées sur la sous-face des porte-à-faux. De fait la pierre n'a pas éclatée. Les aciers sont noirs, ce qui pourrait être la trace d'une passivation des aciers. Cependant je n'affirme rien puisque je n'ai rien trouvé concernant de telles interventions.

- Réparation au mortier
- Altération chromatique
- Colonisation biologique (Algues noires)
- Epaufrure du béton



Repérage sur le nuage de points de l'enveloppe Aioli









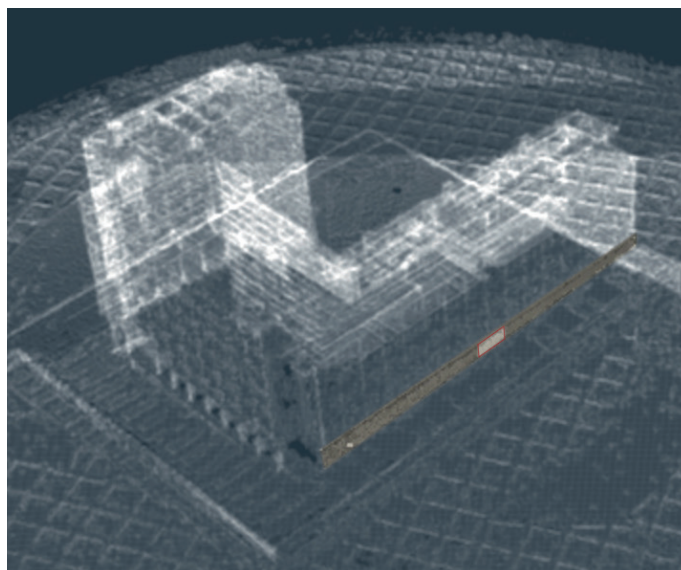
Nuage de points (3D) annoté
Aioli



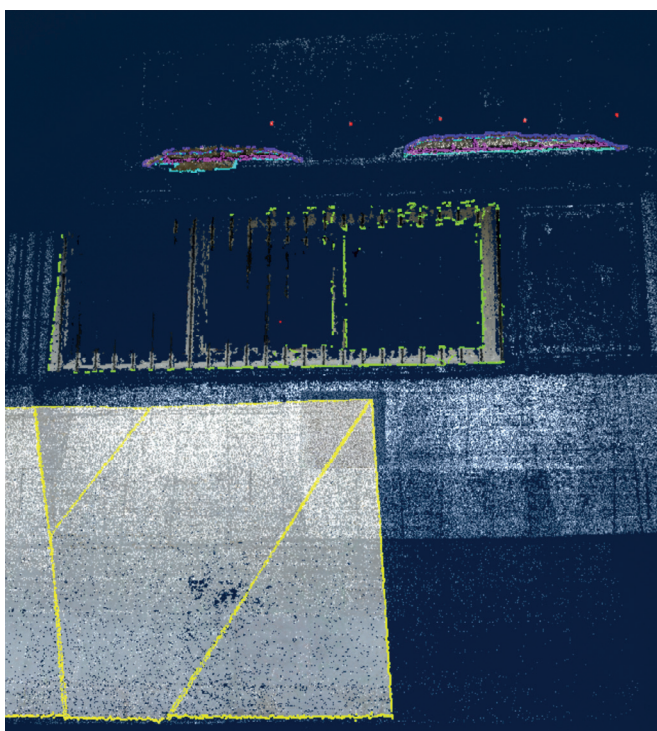
Photographie (2D) annotée
Aioli

Ici on commence à découvrir les colonisations d'algues noires et nous retrouvons une réparation quelque peu malhabile. Certes, cette pathologie n'est pas dangereuse pour le bâtiment, mais sur une routine de dégradation/réparation régulière, nous pourrions avoir une modification avec ces tâches de mortiers sur toutes les sous-faces des porte-à-faux.

-  Epaufrure du béton
-  Epaufrure de la pierre
-  Point d'impact
-  Altération chromatique
-  Colonisation biologique (Algues noires)
-  Corrosion des aciers



Repérage sur le nuage de points de l'enveloppe Aioli








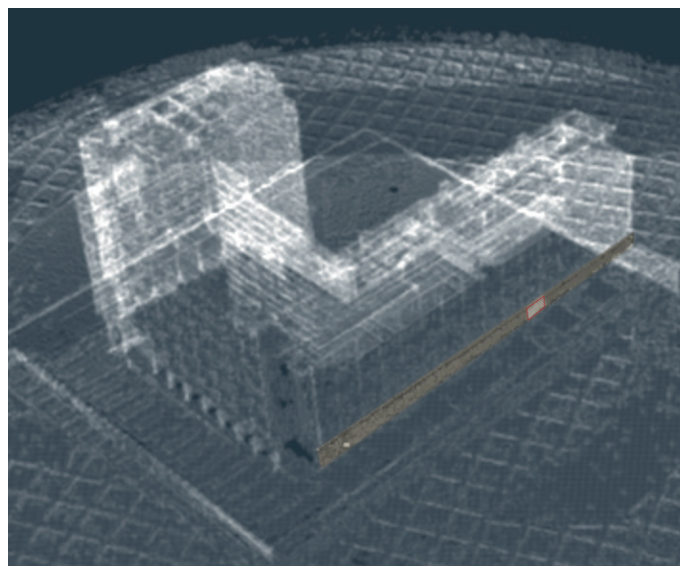
Nuage de points (3D) annoté
Aioli



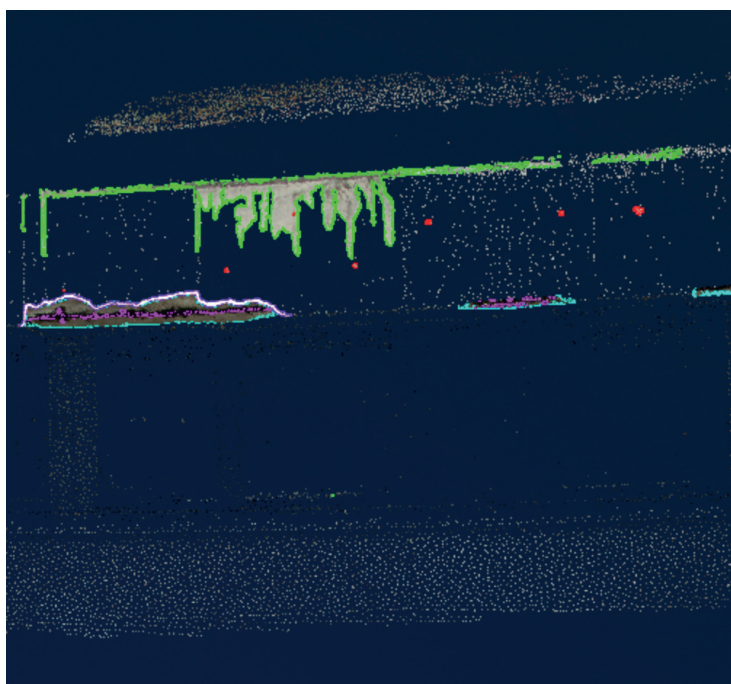
Photographie (2D) annotée
Aioli

Ici, nous avons une double épaufrure : béton et pierre. On remarque un retour d'une altération chromatique et un changement de menuiseries. Cette modification est une pathologie au même titre qu'une épaufrure. A mon sens, le changement de matière et de couleur brise autant la qualité de la façade, que l'éclatement d'une pierre. Même si les menuiseries noires en aluminium peuvent coûter plus chères, il serait nécessaire de proposer une aide, pour empêcher l'ajout de cadres en pvc blanc.

-  Epaufrure du béton
-  Epaufrure de la pierre
-  Point d'impact
-  Colonisation biologique (Algues noires)
-  Corrosion des aciers



Repérage sur le nuage de points de l'enveloppe Aioli

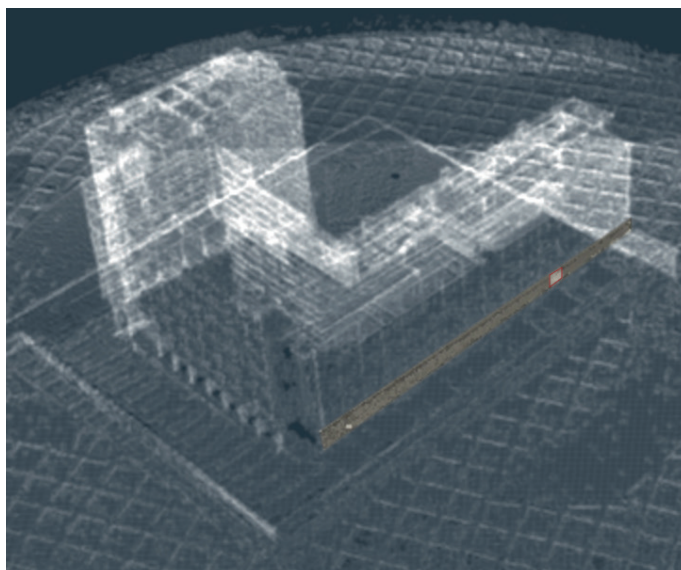


Nuage de points (3D) annoté
Aioli



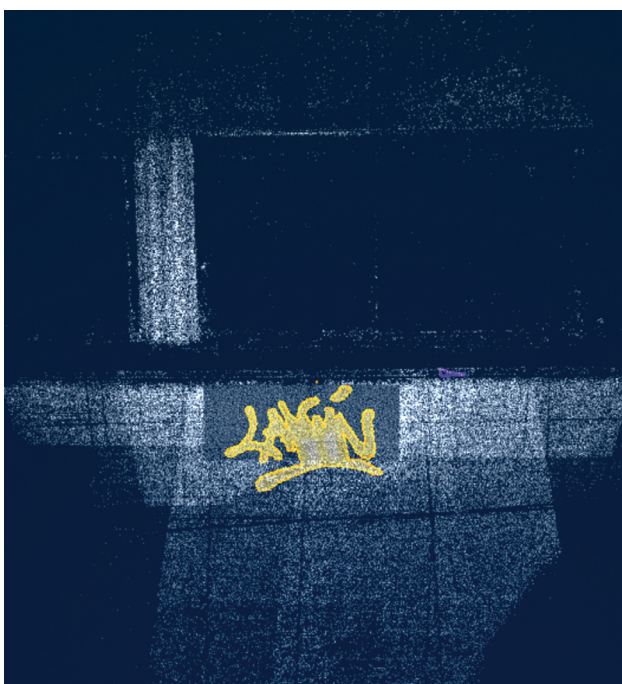
Photographie (2D) annotée
Aioli

Sur cette portion, on retrouve nos épaufrures, mais on y ajoute une forte colonisation d'algues noires, probablement provoquée par l'absence de goutte d'eau sur la pierre à plat au dessus du nez de dalle. Mais on constate aussi un arrosage des plantes des fenêtres supérieures, qui peut expliquer la colonisation. De plus on remarque des points d'impact sur la pierre, qui sont sûrement du à la mise en oeuvre des pierres. On devait sûrement tenir en place la pierre pendant la prise de la colle.



Tags

Repérage sur le nuage de points de l'enveloppe Aioli








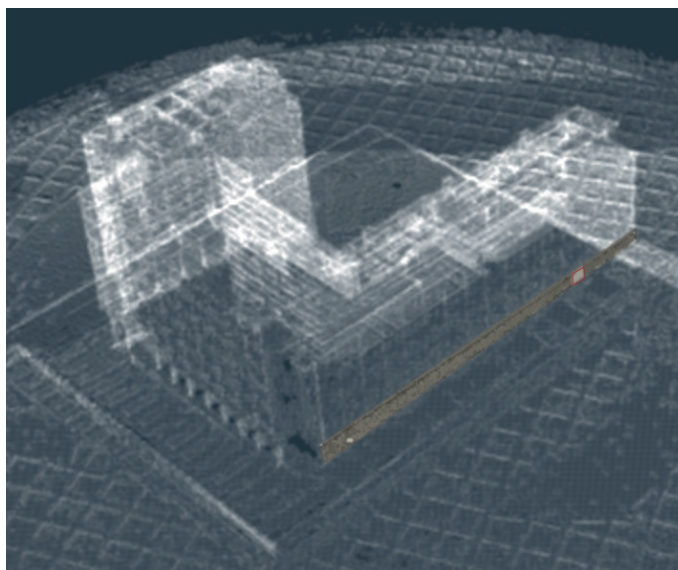
Nuage de points (3D) annoté
Aioli



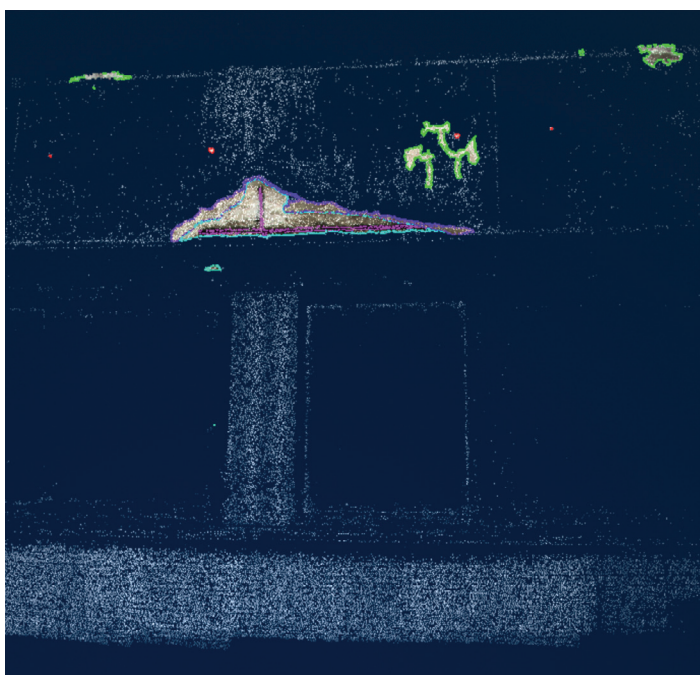
Photographie (2D) annotée
Aioli

Cette cartographie nous révèle la présence de tag, et explique sûrement les altérations chromatiques vu précédemment. Un nettoyage des tags doit être effectué de temps à autre. Cependant, il est difficile d'affirmer ce fait, tant les informations à propos de ce type d'intervention, sont peu accessibles pour quelqu'un d'extérieur à la copropriété.

-  Epaufrure du béton
-  Epaufrure de la pierre
-  Point d'impact
-  Colonisation biologique (Algues noires)
-  Corrosion des aciers



Repérage sur le nuage de points de l'enveloppe Aioli



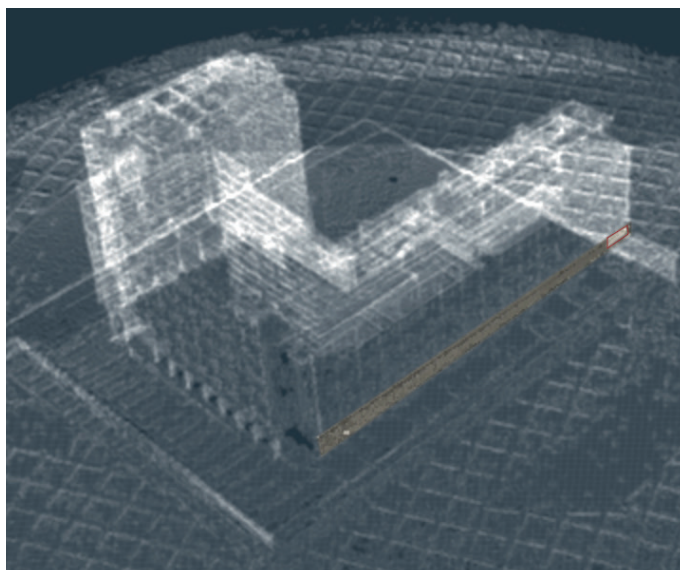
Nuage de points (3D) annoté
Aioli



Photographie (2D) annotée
Aioli

Sur cette portion on retrouve une double épaufrure. Cependant celle-ci est un peu particulière puisque la pierre ne semble pas avoir éclatée de la même façon. En effet il semblerait que la pierre soit restée en partie collée et n'est pas éclatée de manière nette. Il est également à noter que les épaufrures prennent souvent place près des joints des pierres.

- Point d'impact
- Colonisation biologique (Algues noires)
- Tags



Repérage sur le nuage de points de l'enveloppe Aioli








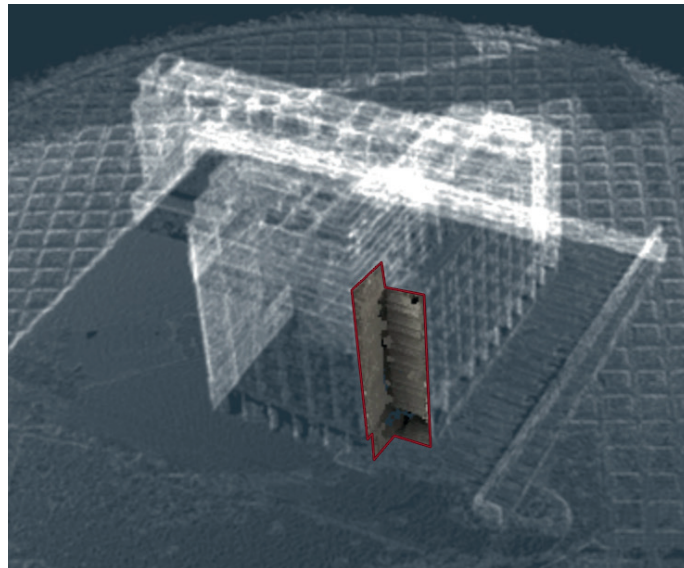
Nuage de points (3D) annoté
Aioli



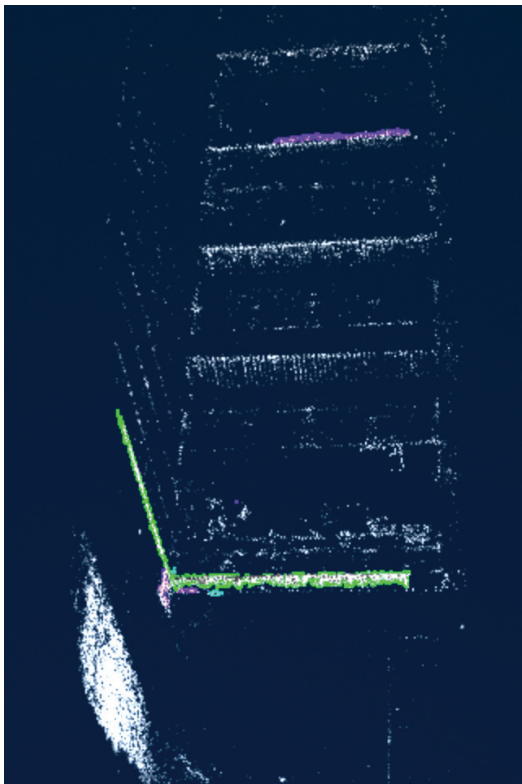
Photographie (2D) annotée
Aioli

Cette cartographie, nous représente une colonisations forte d'algues noires, avec un détail intéressant. La tranche de la pierre sur la gauche de la photo est complètement noire, alors que la pierre en dessous ne l'est pas. Cependant la pierre de droite présente une colonisation complète. Néanmoins, il est très difficile d'expliquer ce phénomène.

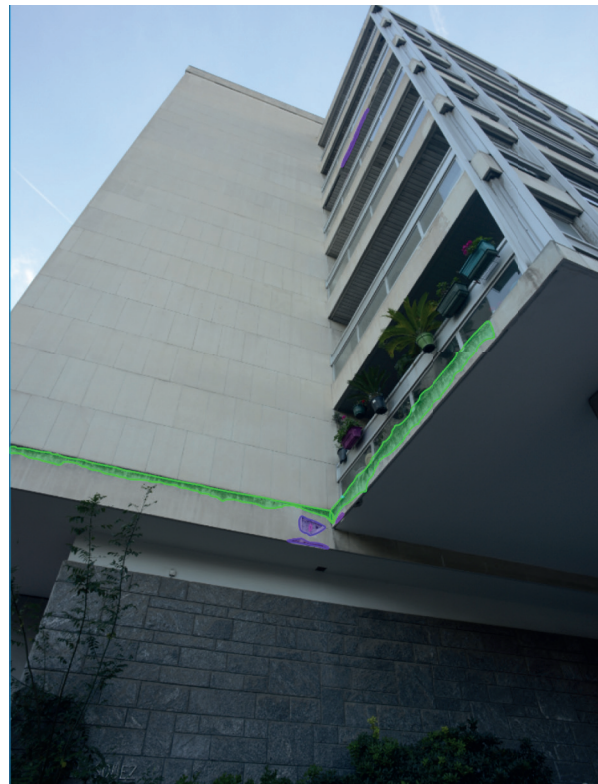
-  Epaufrure du béton
-  Epaufrure de la pierre
-  Point d'impact
-  Colonisation biologique (Algues noires)
-  Corrosion des aciers



Repérage sur le nuage de points de l'enveloppe Aioli



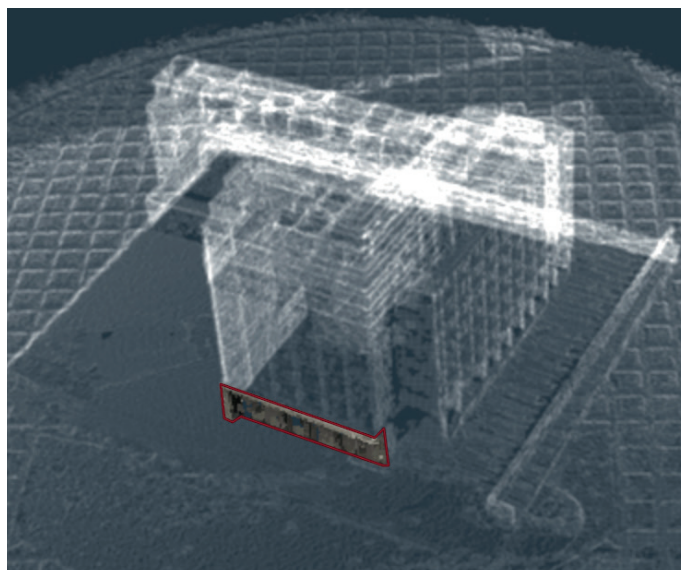
Nuage de points (3D) annoté
Aioli



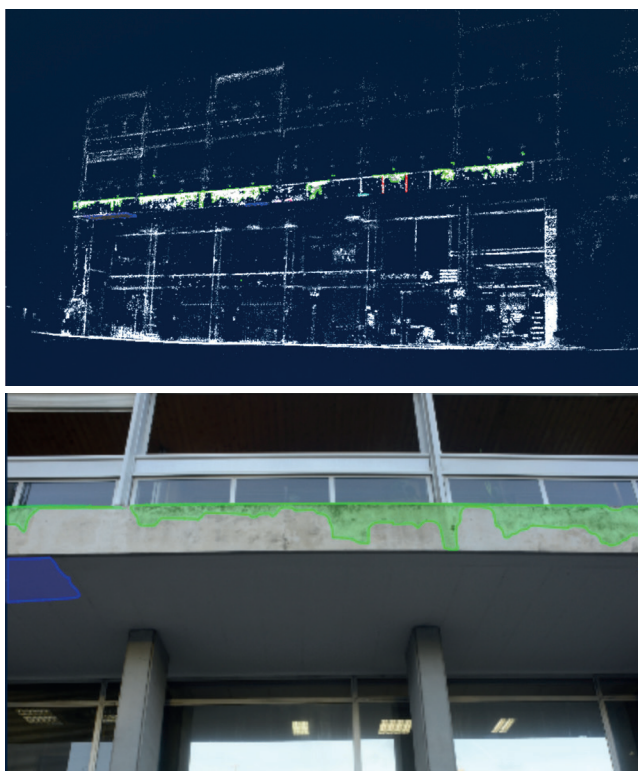
Photographie (2D) annotée
Aioli

Nous nous situons, à présent sur l'angle sur le Prado. Ici on retrouve, toute la collection de dégradations présentes sur la façade arrière. L'arrosage des plantes est bel et bien facteur de colonisation. Les épaufrures sont encore présentes, même si on remarque une épaufrure en centre de pierre, alors que toutes les autres étaient situées sur les bords. Il serait fortement intéressant dans des cas comme celui-la de pouvoir ajouter les géométraux en fond, pour ajouter un degré de lecture au nuage de points.

- Réparation au mortier
- Epaufrement du béton
- Epaufrement de la pierre
- Point d'impact
- Colonisation biologique (Algues noires)
- Corrosion des aciers



Repérage sur le nuage de points de l'enveloppe Aioli



Nuage de points (3D) annoté
Aioli



Photographie (2D) annotée
Aioli

De la même manière, sur la façade Prado, on retrouve toutes les dégradations. Et on sent encore l'apport que pourrait avoir la superposition des géométriques (façades, coupes, détail) sur un nuage et sur un repérage comme celui-ci. En effet, le détail pourrait venir nourrir la compréhension d'une photographie et d'une cartographie. On pourrait mieux lire les dégradations au regard d'un détail et enrichir le détail au regard d'une cartographie.

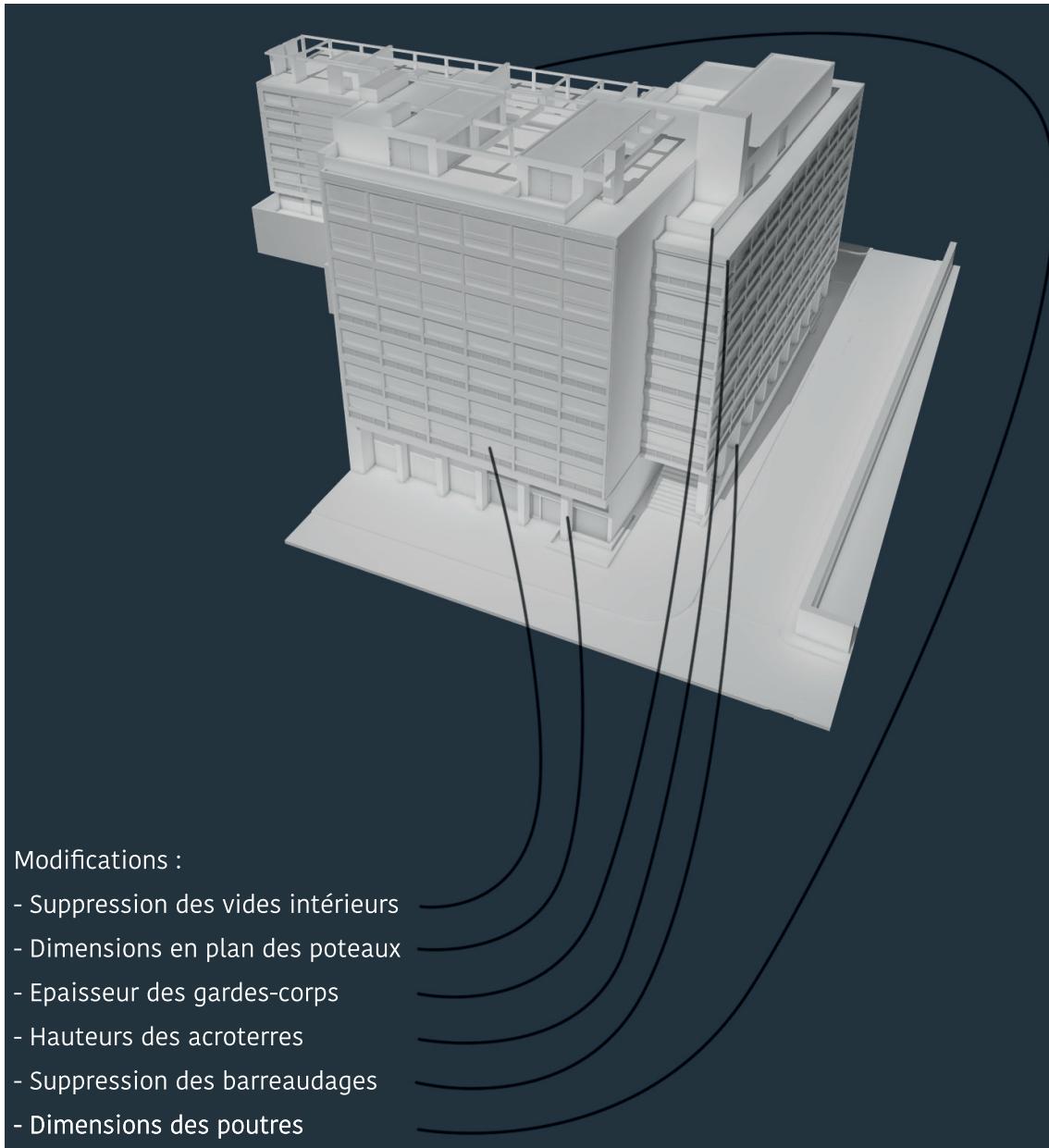


Fig 67. Modèle CAO pour l'impression de la maquette
Annotation des modifications nécessaires pour l'impression

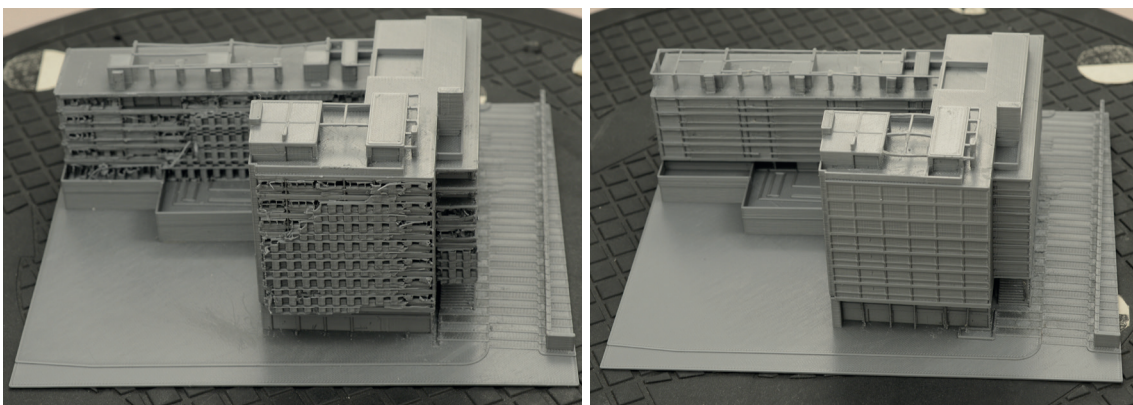


Fig 68. Photographies des deux premiers modèles imprimés
A gauche un modèle avec les loggias, et à droite un modèle sans loggias

C. Du modèle CAO, en passant par l'impression 3D, jusqu'à Aioli.

Pour obtenir les cartographies que vous venez de voir, il a été nécessaire d'établir un protocole, qui a comporté un nombre important de tentatives. Nous essayons ici de développer une méthodologie qui permet l'obtention d'un nuage de points de l'enveloppe générale du bâtiment, qui puisse être assez représentatif pour permettre de se repérer rapidement en tant qu'individu, par rapport à l'édifice, tout en repérant les dégradations. Ce type de nuage semblait inaccessible avant le début du stage au laboratoire. Pourtant, grâce à une méthodologie, nous avons pu obtenir les nuages vus précédemment dans les cartographies, et c'est cette méthodologie que nous allons détailler.

Tout d'abord il est nécessaire d'obtenir la maquette. On peut réaliser la maquette de plusieurs manières : traditionnelle à la main ou en impression 3D. Nous avons choisi ici d'utiliser l'impression 3D (Fig 68), pour plusieurs raisons. La première relève d'une intention de recherche et d'expérimentation. Les maquettes en cartons sont très intéressantes, et peuvent être réalisées à n'importe quelle échelle, mais sont très chronophages. Vu mon statut d'étudiant, en semestre final à l'école d'architecture, le choix s'est porté vers une praticité et une efficacité de fabrication. Dès lors, l'impression 3D s'est imposée comme évidence. Cependant, si la main ne travaille pas à la fabrication et à la coupe du matériaux, la maquette ne se fabrique pas seule. Il est nécessaire de réaliser, avant, un modèle numérique du projet. En préalable à l'obtention d'un code d'impression, (généralisé par les logiciels propres à chaque imprimante, qu'on appelle des "Slicers"), il faut obtenir un fichier de stéréolithographie. Ces fichiers sont des descriptions du modèle décomposé en triangle, avec les coordonnées de chaque triangle et l'orientation de ces derniers. Ce type de fichier s'obtient avec la plupart des modélisateurs 3D, ou les logiciels de CAO usuels en architecture. Dans notre cas c'est avec Archicad que le modèle a été réalisé. Lors du premier mémoire, les plans et les coupes étaient générés grâce à la fabrication de la maquette numérique. Nous n'allons pas revenir davantage sur le fonctionnement d'Archicad. Dans tous les cas, le modèle très détaillé réalisé pour l'utilisation en plans, coupes, et façades, lors du premier mémoire, se devait d'être très précis, ou au moins, le plus précis possible, pour obtenir les fonds graphiques que nous avons vus précédemment. Malheureusement, si l'impression 3D permet de ne pas avoir à couper et assembler la maquette soi-même, elle impose d'autres limites. L'imprimante 3D utilisée ici fonctionne par dépôt de matière fondue. Le plastique entre dans un extrudeur à un diamètre de 1,75mm et sort par une buse, de 0,4mm. De fait, suivant l'échelle et la taille des éléments, certaines pièces, trop petites, vont être effacées du code d'impression lors du transit dans le Slicer. Il est donc nécessaire d'effectuer une simplification et une mise à l'échelle de certains éléments si ces derniers sont nécessaires à la compréhension, ou à la structure de la maquette (Fig 67). On opère donc obligatoirement une simplification du modèle. Cela rejoint ce que nous affirmions dans la première partie : toutes les maquettes, sont, par définition, des simplifications. La maquette en impression 3D n'échappe pas à ce constat. Dans notre cas, cela n'a rien de rédhibitoire puisque nous cherchons à représenter une maquette qui permet l'identification des zones et non une maquette la plus précise possible. D'autant plus que l'acquisition photogrammétrique va impliquer elle aussi, une perte de données. Il ne faut pas rechercher l'exacte

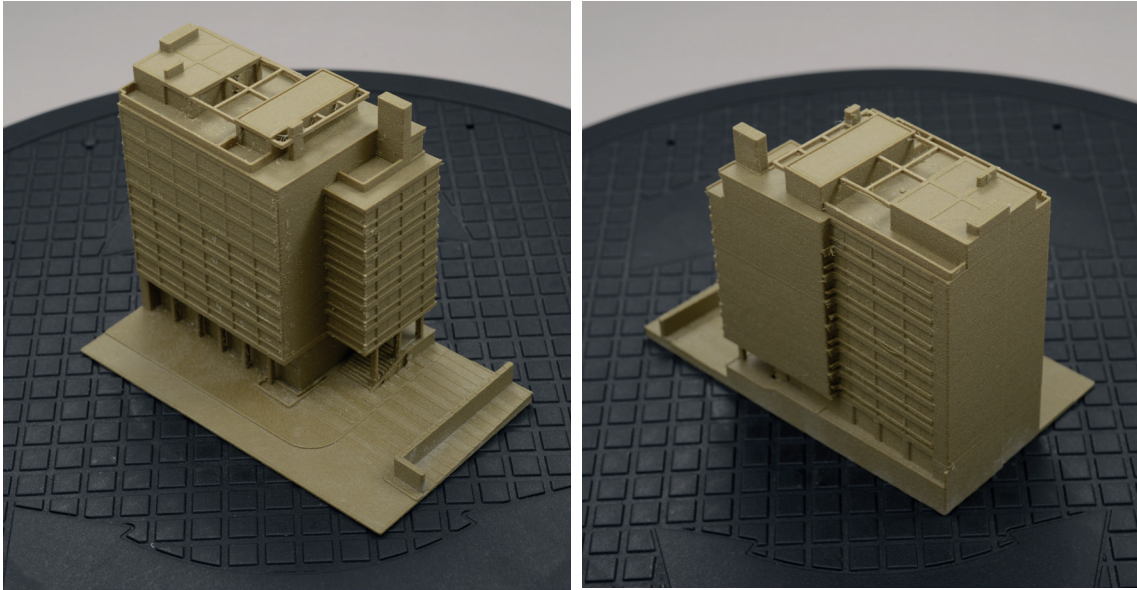


Fig 69. Photographies du deuxièmes bloc
Changement de matériaux et d'échelle

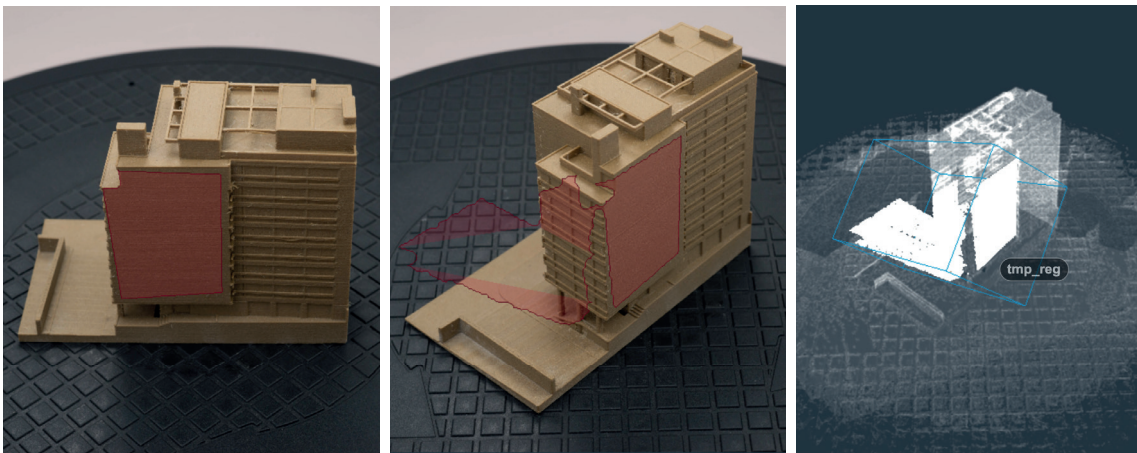


Fig 70. Test d'annotation sur le deuxième bloc
Déformation toujours présente sur les images autres que celle initiale



Fig 71. Installation pour l'acquisition de la maquette
Panneaux LED et appareil photo sur trépied

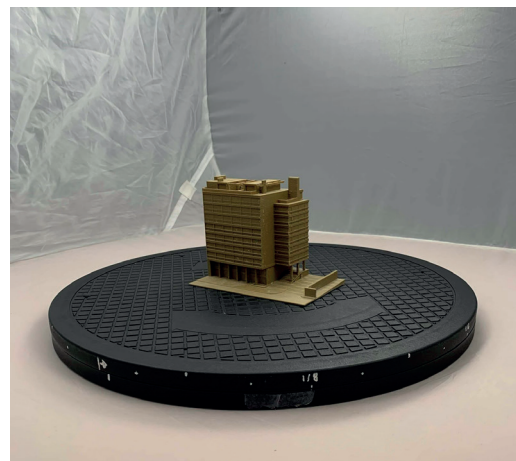


Fig 72. La maquette sur le plateau tournant
Les traits blancs marquent le pas des photographies

précision. Celle-ci viendra des acquisitions photogrammétriques en provenance du bâtiment réel. Notre modèle se doit donc, d'être une version modifiée pour l'impression 3D. Une fois cette alternative modélisée, nous pouvons l'exporter pour pouvoir obtenir notre code d'impression, et ainsi réaliser notre maquette.

Le processus d'impression de la maquette est d'une durée plus ou moins longue. Il dépend de beaucoup de paramètres. Le premier est la dimension de l'impression. Le plateau de l'imprimante utilisée mesure 25*21*21cm, il est, de fait, dimensionnant. Si l'on peut imprimer en plusieurs morceaux, en découpant un modèle, la méthode la plus simple est d'imprimer en un seul bloc. Un des autres paramètres est la taille de la buse. Plus elle est grande, plus l'impression est rapide car le volume de plastique extrait est plus grand. Enfin il existe une grande variété de paramètres dans le logiciel, à définir, pour obtenir une impression plus rapide ou plus détaillée. On peut citer par exemple : la taille d'une couche (de 0,05mm à 0,30mm), la densité de remplissage des pièces (en pourcentage), ou encore l'utilisation de support ou non pour les parties d'impression en porte-à-faux. Il en existe bien d'autres, et ce sont eux qui, en fonction des attentes autour de la pièce vont définir une durée d'impression. Le matériau d'impression a un rôle important également. Dans les deux premiers tests de maquettes, nous avons utilisé un fil de plastique (PLA) plutôt brillant. Le premier test a échoué : il comportait trop de pièces de supports nécessaires à la réalisation de la maquette en un bloc. Lors de la deuxième impression de ce premier modèle, nous avons encore simplifié le modèle et surtout découpé celui-ci en deux parties, minimisant ainsi les supports nécessaires (Fig 68). Enfin, après diverses discussions au sein du laboratoire, il est apparu que les trous présents dans le nuage de point que nous évoquions plus haut (et qui entraînent des déformations d'annotations) peuvent apparaître de manière accrue avec un matériaux brillant, ce qui va faire perdre des points de reconnaissance lors de la reconstitution de l'acquisition photogrammétrique. Lors d'un deuxième test d'impression sur une partie réduite du bâtiment, avec un autre matériau (PLA Liane) et à plus grande échelle (Fig 69), ces trous n'ont pas semblé disparaître. Lors de la reconstruction, l'annotation se déforme toujours, et va chercher des points sur la face opposée (Fig 70). La modification de l'algorithme prenant en compte l'orientation des normales est en cours de développement au moment où j'écris ses lignes et elle réglera le problème, reste encore la question des bâtiments à cours, comme nous l'évoquions plus tôt. Cependant un matériau plus mat accrue la qualité du nuage de points.

Une fois la maquette obtenue, après évaluation des différents tests de matières, il faut réaliser l'acquisition de cet objet. L'immense avantage d'une maquette comme nous le disions précédemment est le caractère manuable. Il est donc assez simple de contrôler l'environnement lumineux pour obtenir une bonne acquisition photogrammétrique. Dans notre cas, nous avons utilisé une light box, avec un éclairage de panneaux LED sur les quatre côtés accessibles. Les deux autres côtés servent à poser le socle de la maquette et à avoir un accès pour le positionnement de l'appareil (Fig 71). Une fois les réglages de l'appareil photographique effectués, on peut placer la maquette (Fig 72). L'utilisation de la light box et des panneaux permet de réduire les ombres portées. De plus un protocole a été mis en place pour la mise à l'échelle et l'orientation du nuage de points au regard des axes X, Y et Z directement, sans besoin d'intervention à posteriori. Tout se déroule avant l'acquisition. Cependant,

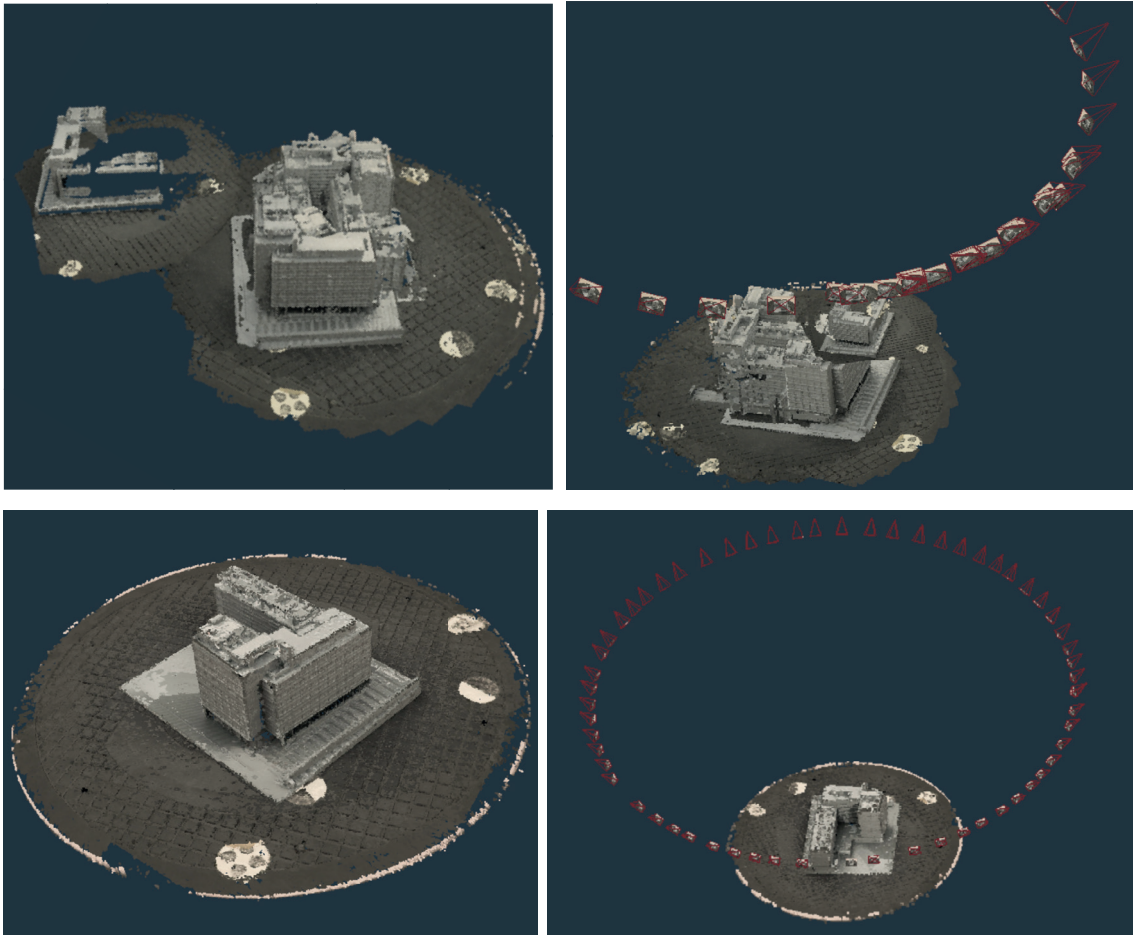


Fig 73. Nuage de points et position des caméras sur Aioli
 En haut : 32 photographies, échec de reconstruction
 En bas : 64 photographies, reconstruction réussie

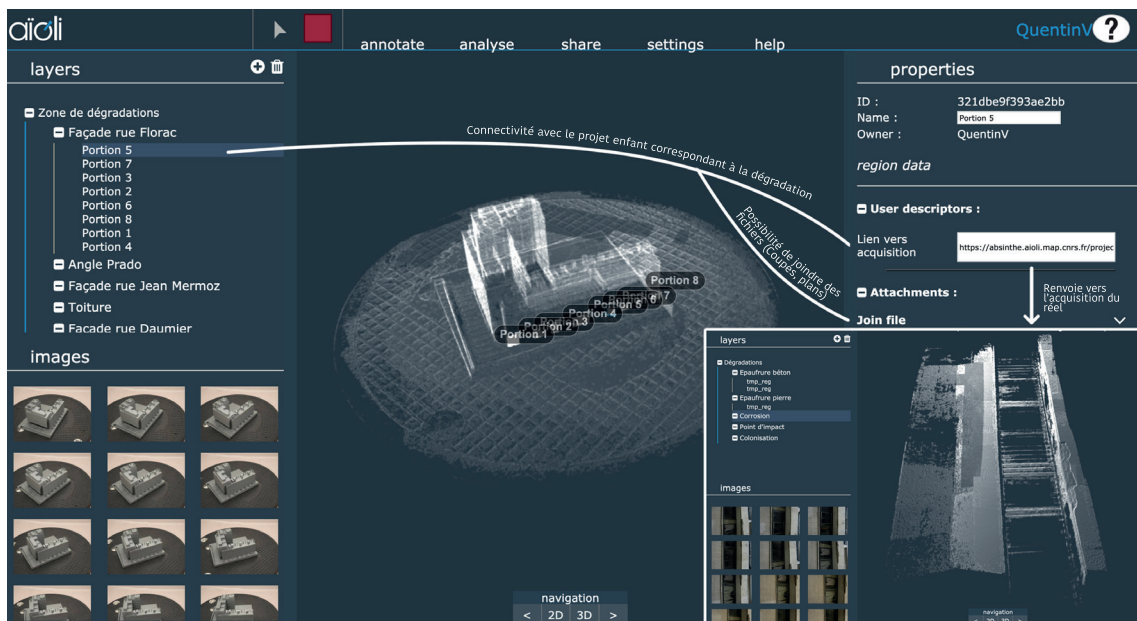


Fig 74. Connectivité d'un projet Aioli à l'autre
 Du nuage de l'enveloppe au nuage des dégradations par le descripteur

ce protocole n'a pas été réalisé lors de cette acquisition, par manque de temps pour le développement de la fonction d'importation de chantier MicMac dans Aioli. L'idée est de créer un socle. Sur ce dernier, on positionne des qr codes, des apriltags, et des cibles. Ces derniers vont contenir les dimensionnements de la maquette, la position des points dans l'espace, dans le but d'obtenir un modèle à l'échelle, et l'orienter, par reconnaissance, lors de la reconstruction photogrammétrique dans MicMac. Malheureusement, pour l'instant on ne peut pas importer soi-même un chantier MicMac dans Aioli. La fonctionnalité sera disponible bientôt mais compte tenu des délais pour ce mémoire, la réalisation était impossible. La méthodologie existe. Il ne restera plus qu'à l'expérimenter par la suite. Une fois la maquette et son socle réalisés, ils sont positionnés dans la light room, sur un plateau tournant et des photographies sont réalisées. Le pas réalisé est annoté sur la tranche de la plaque qui a été découpée en trente-deux. Dès lors, on fait tourner la plaque d' $1/32$ et on prend une photographie. Dans les objectifs de tests, nous avons fait une deuxième acquisition en doublant le pas, et en réalisant une photographie à chaque $1/64$ du disque (Fig 73).

Dès lors que l'acquisition est réalisée, on peut tester les jeux de données en les important dans Aioli. Le jeu de trente-deux images n'a pas fonctionné et la reconstruction du nuage de points a superposé les photographies d'un demi cercle sur l'autre. Le jeu de soixante-quatre images a fonctionné. Il a été nécessaire de réduire le poids de chaque photographie pour pouvoir les importer en surveillant les contraintes des serveurs du laboratoire. Ainsi nous avons notre nuage de points de l'enveloppe entière du Velasquez, en ligne, prêt à être annoté, fonctionnel, sur Aioli. On peut annoter sur ce nuage une zone de repérage, lui ajouter un descripteur, dans lequel on colle le lien, d'une cartographie de dégradations réalisée auparavant (Fig 74). L'enrichissement est très intéressant puisqu'il n'est plus nécessaire d'avoir une planche explicative pour repérer l'emplacement des dégradations. Il peut être également intéressant d'utiliser le nuage de l'enveloppe pour représenter, par exemple, l'emplacement de documents. On peut imaginer annoter une façade et lier à cette annotation le document façade, en pdf, ou dwg correspondant. Ainsi on commence à créer un nuage enrichi par la base de données graphiques précédemment créée. Les documents sont indexés au regard de leur emplacement directement sur le nuage. Cet index est assez clair, utilisant la hiérarchie de calque sur Aioli. On obtient les fondations d'une organisation pour la création d'une base de données interactive, simple d'utilisation, où les édifices sont visuellement identifiables. C'est l'idée que nous allons développer dans une dernière partie : la création d'une plateforme, qui permettrait de regrouper, à travers Aioli notamment, les connaissances disponibles sur un édifice. Le but étant de construire une plateforme citoyenne pour le patrimoine XXe.

Partie III : Vers une meilleure communication et production du savoir ?

1. La dispersion des données

A. Une (trop) grande multitude d'acteurs

Un des problèmes majeurs rencontré lors de nos études d'architecture, et principalement en master lorsque nous avons entrouvert la porte vers la recherche, a été la dispersion des données. C'est bien simple, aujourd'hui si vous travaillez sur une œuvre d'un architecte régional, comme Mario Fabre, vous pouvez établir une liste de lieux, numériques et physiques, à explorer. C'est aujourd'hui une vérité, assez établie dans la recherche, une forme de fardeau qui n'est pas pour autant dépourvu d'un côté jouissif lorsqu'on finit par trouver quelque chose dans cette enquête que l'on mène. Certes il existe bien des registres en ligne, où vous pouvez trouver des informations, mais ils n'existent que dans les grandes villes, et encore. Aux archives municipales de la ville de Marseille, l'index des fonds est indisponible un jour sur deux. Et lorsqu'il fonctionne il vous est impossible de connaître la nature précise des documents présents dans le fond : le fond Mario Fabre est disponible sur le site des archives départementales mais impossible de connaître son contenu sans aller sur place consulter le classeur dédié à ce fond. Fond où on apprend que les documents graphiques du Velasquez ne sont pas présents mais sont classés aux archives municipales et sont incomplets. Une fois les archives traitées dans cette institution, il faut théoriquement vérifier les fonds de l'Institut Français d'Architecture qui peuvent contenir des documents sélectionnés par les archivistes de l'IFA (certains consultables en ligne, mais nous y reviendrons). Il ne faut pas oublier qu'une partie des documents peuvent avoir été achetés par des collectionneurs privés. Toutes ces destinations sont obligatoirement physiques, et peuvent se trouver dans la ville de réalisation du bâtiment. En effet les archives n'ont pas encore lancé de processus de numérisation à grande échelle, par manque d'envie ou de moyens, car cela représente vraiment un défi.

Passée cette première étape, vient la recherche sur cet océan numérique. Citons pêle-mêle des lieux communs de la recherche numérique : Cairn, HAL Archives ouvertes, SUDOC, etc. Entendons-nous, le problème fondamental n'est pas le fait de devoir chercher, c'est la base même d'un travail scientifique, établir l'état de l'art. Pour autant, le numérique devrait pouvoir simplifier le temps purement factuel de recherche numérique pour trouver tout document relatif à son sujet, notamment dans le cas précis de l'architecture. Le temps passé à simplement regrouper les références devrait pouvoir décroître au profit du temps passé à analyser les références, les questionner, les approfondir, et finalement, encore une fois, arriver au but final de la recherche : produire un nouveau savoir. En outre, l'accès aux papiers scientifiques peut parfois se révéler compliqué tant certains ouvrages, dans des domaines spécifiques sont peu accessibles : couteux, plus édités, disponibles mais à l'autre bout de la France.

Pourtant, malgré tous ces lieux d'investigations, il est possible de ne rien trouver. C'est le cas d'une collègue de travail au semestre précédent qui, après visite de tous les lieux ci-dessus, plus d'autres comme le service d'urbanisme et le centre technique de la voirie de Vitrolles (lieu de l'opération), n'a toujours rien trouvé et en conclusion a appris que le permis avait été tout simplement perdu. Nous sommes donc dans le cas concret d'une perte sèche de données. Pour autant, grâce au relevé extérieur, au travail d'observation, elle a réussi à produire une connaissance nouvelle, qui pour l'instant n'est toujours pas accessible.⁴⁵

B. Quel devenir pour le savoir produit ?

Quel devenir pour la quantité de savoir produit, rien qu'à l'échelle d'une école d'architecture ? Il me semble impensable de ne pas voir apparaître une plateforme communautaire destinée aux écoles d'architecture françaises où le travail, à la fois théorique (les séminaires), mais aussi pratique (les ateliers de projet), puisse être partagé, mis en avant, et surtout disponible au plus grand nombre. La question n'est pas de savoir si la qualité du travail est suffisante pour offrir une visibilité. Si un étudiant effectue une recherche sur un projet, passant par tout le processus cité précédemment (archives, internet, référence bibliographique), il est dommageable qu'un élève ou chercheur, reprenant un sujet similaire, doive réaliser encore une fois le dépouillement des boîtes d'archives, des sources, etc. Aujourd'hui le numérique est un levier qui doit accélérer la diffusion du savoir produit. Il existe des plateformes comme Issuu qui ouvre à la publication citoyenne. Pour autant, elles ne sont qu'un site de plus à fouiller pour l'instant. Aucun lieu ne tente de regrouper le savoir.

Un exemple extrêmement parlant et directement lié à l'école Nationale d'Architecture de Marseille est le suivant : il existe un séminaire mené par Harold Klinger⁴⁶, qui s'intéresse à la question du patrimoine XXe marseillais, la première année sur l'avenue du Prado, et cette année plutôt orienté sur la rue paradis. Pourquoi ce travail de repérage ne sert-il pas à la DRAC (moteur dans le choix des bâtiments du Prado) à mettre un point sur une carte interactive pour signaler l'intérêt que peuvent représenter ces bâtiments pour le label XXe ?

45. Roxane Roussel, Les Romarins à Vitrolles, Fichier DoCoMoMo. ENSA Marseille, juin 2018, 68p.

46. Séminaire de master à l'ENSA-Marseille : Transmission des formes, mutation des usages

Nous l'avons vu, ce label n'est pas contraignant, on pourrait s'en servir pour repérer ces bâtiments sur le simple fait du travail réalisé. Si cela peut sembler simple, ça implique de créer une plateforme, de demander des autorisations pour citer le travail réalisé; ce sont des démarches lourdes. Mais si nous ne lançons pas la machine, cet atlas qui commence à se créer sur une production marseillaise restera à jamais confiné dans les ordinateurs des étudiants qui l'ont réalisé. La recherche en serait potentiellement spoliée. Ce n'est pas un problème isolé et il est temps de s'en saisir.

Nous parlions de numérisation plus haut. Là encore, la production de base de données photographique d'archives par les étudiants est impressionnante⁴⁷ et reste pourtant une richesse invisible. Il existe des moyens pour la rendre plus accessible : lorsqu'un étudiant, un chercheur, ou un doctorant travaille sur un projet et va, de fait, fouiller une boîte complète, il va la prendre en photo. On pourrait alors la numériser si les moyens étaient disponibles et proposer au chercheur de garder les scans pour son travail, tout en les rendant accessibles numériquement sur le site des archives. C'est une autre problématique en soi mais qui mérite d'être soulevée dans ce souci de devenir du savoir. Nous avons avec des camarades de promotion fouillé tous ensemble des milliers de plans, coupes, documents techniques, et ces photographies resteront dans nos disques durs. L'INAMA essaye de créer son propre fond en regroupant nos données, mais pour l'instant nous n'avons vu aucune mise à disposition de ce savoir.

La question n'est pas de savoir si le travail est bon, mauvais, passable, médiocre. La question est de savoir si le travail est accessible ou non. Un chercheur (au sens large du terme) se doit de remettre en question la référence qu'on lui présente, en fonction de sa provenance, surtout au temps d'internet et des fausses informations. Cependant, aujourd'hui cette possibilité ne lui est même pas proposée et c'est à lui de trouver ou non des documents, de passer à côté de certains, dans cette multitude de données. Il existe déjà un mémoire sur le Velasquez que j'ai rédigé, il n'est probablement pas exhaustif, pourtant, il brasse déjà bon nombre de ces différents lieux de stockage du savoir que j'ai exploré. Ce document restera, probablement à jamais, dans un disque dur et sur l'étagère de mon enseignant. Si demain quelqu'un travaille sur le Velasquez, il devra tout reprendre. Alors pourquoi ne pas essayer de créer un lieu de regroupement du savoir sur le patrimoine XXe ?

47. 200 photos pour le Velasquez / 1400 pour le Léopard Vert : mes deux projets de recherches en 4eme année



Fig 75. Le projet A.I.M
Interface graphique et fiche de bâtiment

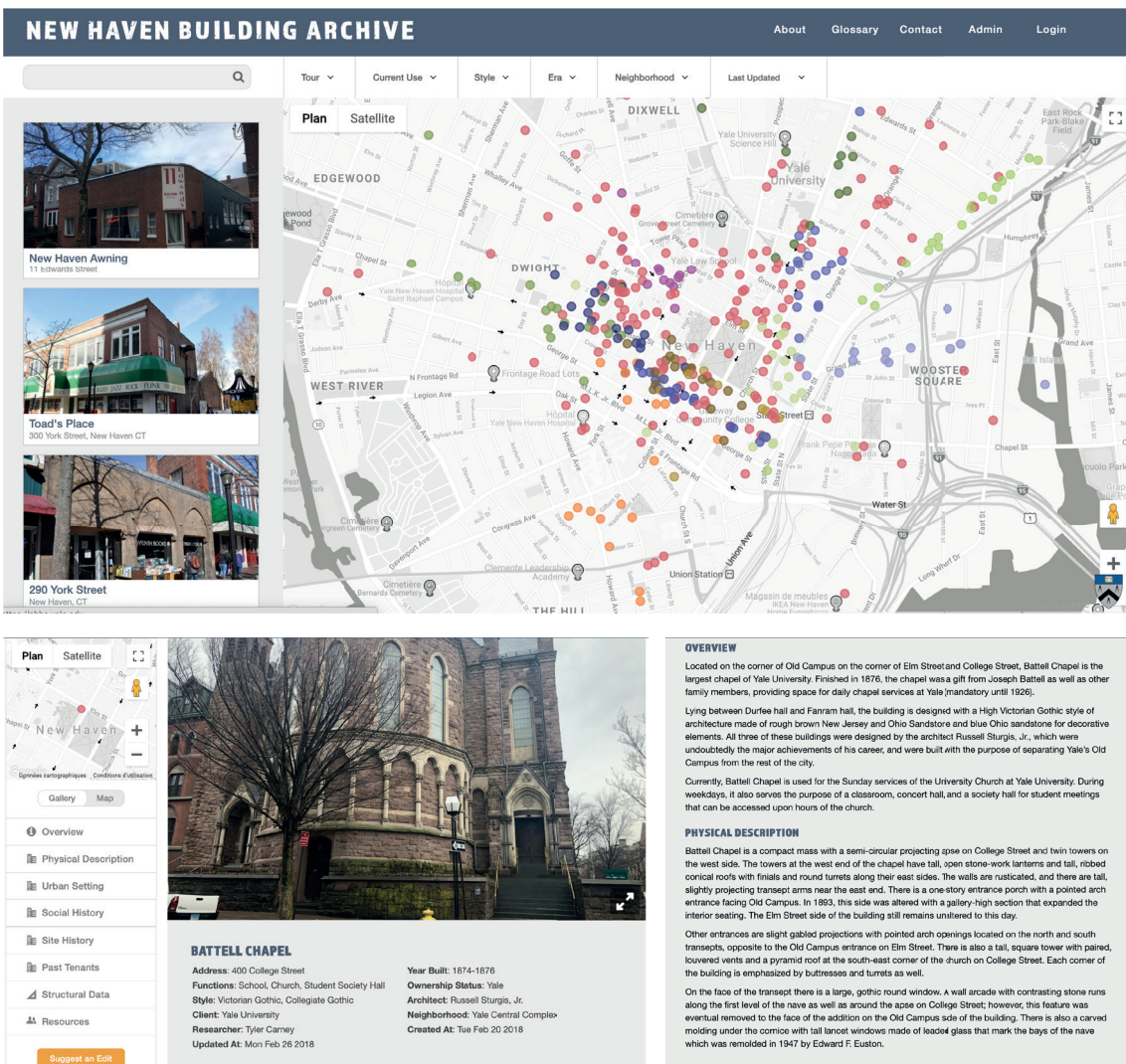


Fig 76. Le projet : New Haven Building Archive
Interface graphique et fiche technique partielle d'un bâtiment

2. Un modèle de plateforme citoyenne

A. La recherche ouvre la voie

La recherche n'a pas attendu ce mémoire pour se lancer dans cette idée d'une plateforme regroupant des informations sur le patrimoine d'une ville, ou plus simplement d'un quartier. Nous allons voir notamment deux papiers qui tendent à montrer que le travail est en marche à l'étranger, mais reste pour l'instant, d'après les publications, un champ non représenté en France.

Le premier « A.I.M.- Advanced Interactive Map »⁴⁸, présente un projet de recherche mené sur la ville de Cetinje et sur la ville de Gioia del Colle, situées au Montenegro (Fig 75). Le but est clairement énoncé : améliorer la visibilité de sites patrimoniaux moins connus, notamment à destination touristique. Partant du postulat que de plus en plus de personnes planifient leurs voyages avant de partir, en se basant sur les avis disponibles sur l'internet, le but est de créer une plateforme, en se basant sur les fonctions SIG, pour mettre en avant des points d'intérêt nouveaux. L'idée est d'utiliser les métadonnées disponibles dans les appareils photos des smartphones

« A “list” file containing, for each P.o.I.⁴⁹, basic information (longitude and latitude; title; accessibility level; century; age; address; short description; marker name; typology; typology marker name; survey date; filename of extended description; name of the main photo at different resolution and frame; rating).

• A “media” file containing additional information about media available for each P.o.I. (reference P.o.I.; media type as sheet, image, video, 3D; preview image of media; P.o.I. title; media description; media URL; source; source URL; media date of production).»

Ces données sont par la suite implantées directement sur une carte interactive. Cette carte présente une interface graphique, avec la possibilité de choisir son mode de représentation (vue satellite ou vue cartographique), d'avoir une série de photographies sur chaque point d'intérêt, et la liste des données liées à ce site. Si le but n'est pas clairement le même que celui énoncé dans ce mémoire, à savoir une valorisation pour la recherche, il pose déjà des bases quant à une potentielle visualisation graphique d'une future carte française.

Un autre papier « New Haven Building Archive: A Database for the Collection, Study, and Communication of Local Built Heritage »⁵⁰, mené par l'université d'architecture de Yale, l'institut de préservation du patrimoine, et le département des sciences informatiques, présente une approche sensiblement différente :

« Ultimately, the development of the NHBA will aid in the co-production of knowledge about the city by students, academic researchers and local citizens in a way that will facilitate conversations about the historical patterns and future development of New Haven while suggesting a model for engaged teaching and research for urban studies more broadly. »

48. Nicola Maiellaro, « A.I.M. - advanced interactive map », Granada, Spain, IEEE, 2015

49. Point d'intérêt

50. Elihu Rubin et al., « New Haven Building Archive: A Database for the Collection, Study, and Communication of Local Built Heritage », Eurographics Workshop on Graphics and Cultural Heritage, 2018.

On voit ici que le concept n'est plus à but touristique mais véritablement patrimonial. Leur idée est simple : renseigner non plus les monuments et les sites déjà (sur) documentés, mais bien le patrimoine "commun", individuel, ce qui fabrique la ville. Le but est d'accroître les connaissances disponibles sur le quartier d'étude à travers une implication, des chercheurs, des étudiants, et des citoyens. Tous les étudiants d'architecture se sont vus demander d'effectuer des recherches sur un bâtiment de la ville, reprenant le processus classique de fouilles en archives. Documenter la ville, son histoire, ses rapports parfois complexes entre planification moderne et urbanisation plus ancienne. Les porteurs du projet voulaient également encourager à synthétiser et vulgariser leur propos pour une lecture accessible au grand public. Ce projet est une base de données géantes pour les acteurs de la recherche sur ce territoire : une mine d'information à la fois scientifique et citoyenne, mais aussi une invitation au voyage, une invitation à la découverte. A travers la carte, on peut avoir accès encore une fois, à des photographies actuelles ou d'archives, des plans, des informations sur les matériaux, les propriétaires, des descriptions du bâtiment, la structure de ce dernier, et l'accès aux sources. Une recherche par date, affectation, style est également possible pour faciliter l'accès (Fig 76). Le futur du développement en 2015 était de continuer en reprenant un modèle proche de wikipedia notamment dans le processus d'édition. On trouve un écho à ce projet en France, à Toulouse, où a été entreprise la création d'une immense base de données sur le patrimoine architectural, archéologique de la ville, à travers la plateforme Urban-hist⁵¹. Le projet offre un navigateur qui permet des recherches selon de nombreux critères (Nom, rue, époque, matériaux, type de protection...) (Fig 77). C'est un projet titanesque, où il existe quasiment une fiche par parcelle cadastrale (plus ou moins remplie) qui présente : le nom du patrimoine, des photographies, une localisation, un historique, une description, son type de protection, son statut juridique, sa gestion documentaire, ses références documentaires et des données complémentaires de la région et de la ville.

Il est très intéressant de voir que les initiatives internationales trouvent des échos en France. A ce propos, il est nécessaire de parler des initiatives menées par la cité de l'architecture et du patrimoine : deux projets se rapprochent de l'idée évoquée dans les dernières parties, à savoir Archipédie (Fig 78) et Archiwebture (Fig 79). Ces projets en ligne, veulent impliquer la recherche architecturale française dans la mise en commun du savoir. D'une part, Archiwebture consiste en l'écriture de notices descriptives d'archives classiques à propos des fonds disponibles à l'IFA, tout en créant petit à petit des fonds numériques, indexés. C'est un grand pas pour un accès plus large au savoir, notamment lorsque, comme cette année, l'IFA ferme ses portes pour cause de travaux, et rend donc inaccessibles tous ses fonds. D'autre part, Archipédie fonctionne sur un modèle de carte interactive et de points d'intérêts mais ne relate qu'un côté très historique des architectes nommés, avec une fiche descriptive de leur vie, de leurs réalisations, et appelle le milieu architectural à contribution. Cette plateforme n'a jamais été mise en avant lors de tout mon cursus scolaire. A mon sens, la critique principale qui peut être adressée à toutes ces plateformes, est la difficulté de compréhension et de vision. Et c'est là que la maquette, dont nous ne cessons de parler en filigrane à travers ce mémoire, trouve toute sa place : l'aspect visualisable, et la compréhension immédiate d'un bâtiment. C'est le plus apporté par la maquette.

51.<https://www.urban-hist.toulouse.fr/uhplus/>

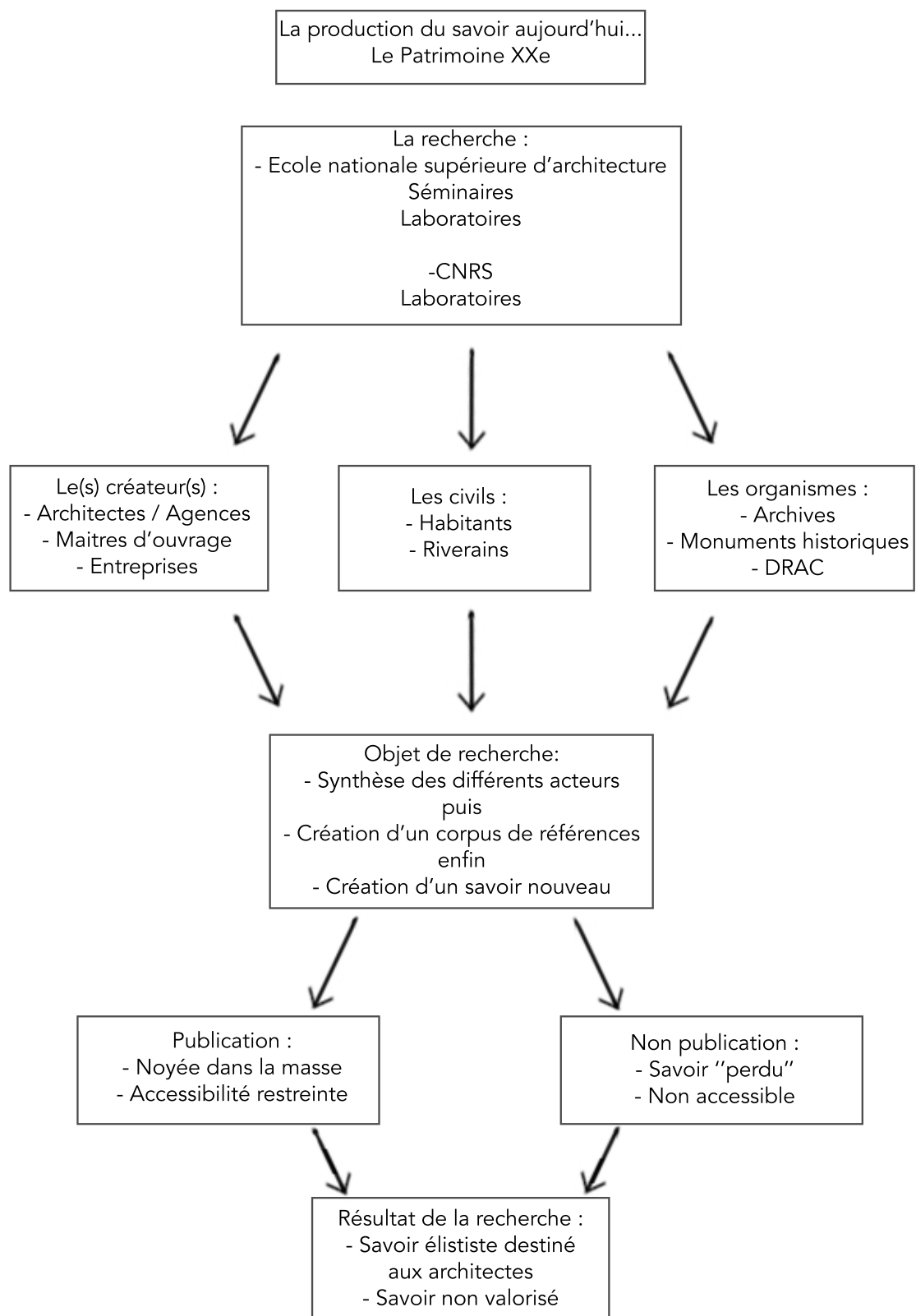


Fig 80. Schéma de la production linéaire du savoir
Un point de départ et un point d'arrivée

B. Un modèle complet français ?

L'idée est de lancer une bouteille à la mer pour un futur projet de recherche français. Nous l'avons vu, certaines initiatives prennent la bonne voie, mais multiplient encore un peu plus les lieux de recherches, se concentrant souvent sur leur fond propre. Qu'en est-il d'une plateforme qui regroupe toutes ces données en un point. Nous avons, à l'image de l'école d'architecture de Yale, un corpus disponible, qui sauf changement, devrait continuer à grossir chaque année grâce à la production interne de l'école d'architecture de Marseille (Fig 80). Cet ensemble d'études pourrait servir de point de départ marseillais quant à la recherche sur un projet de carte interactive du patrimoine XXe. Porté par une production étudiante, il serait alors intéressant de jumeler très tôt cette initiative avec un apport institutionnel comme la DRAC notamment, qui pourrait fournir une caution étatique au projet, et une légitimité à cette plateforme. Il ne faut absolument pas oublier qu'il est, à mon sens, nécessaire d'impliquer le citoyen dans cette démarche. De porter haut les couleurs d'une pédagogie architecturale quant à la valeur profondément moderne de ce patrimoine, d'impliquer les habitants pour leur faire appréhender la qualité parfois seulement théorique de leur ouvrage, expliquer pourquoi ajouter une grille à une entrée peut complètement détruire un projet, et travailler avec eux pour trouver des solutions différentes, en argumentant, et non en imposant. Ce véritable lieu de centralisation du savoir pourrait porter un message bien plus valorisant que celui qui colle à la peau du patrimoine XXe. Au fil des visites, des acquisitions, des photographies, je l'ai dit, j'ai eu l'occasion de discuter avec des habitants curieux, ravis de découvrir pourquoi un étudiant d'architecture pouvait s'intéresser à leur bâtiment : il n'est pas simplement un énième bâtiment sur le Prado, mais il présente des qualités, qui ont été étudiées et qui font de cet objet un jalon, à son échelle, dans l'histoire d'un quartier, d'une ville, ou d'une région. Car impliquer le citoyen, le sensibiliser, le responsabiliser, c'est la meilleure façon d'obtenir, d'une part des informations potentiellement disparues de toute archives⁵², mais aussi une meilleure diffusion du savoir et donc par ricochet une meilleure protection de ces bâtiments, puisqu'elle émane des gens qui habitent le lieu (Fig 81). Oui, c'est une idée quelque peu utopique, mais qui pourtant pourrait réduire la fracture qui existe aujourd'hui entre les architectes et les gens qui habitent les bâtiments que nous construisons.

De ce concept peuvent découler bon nombre d'applications, de connections, de potentialités. Cette base de données du patrimoine serait un formidable outil d'enrichissement à la fois historique et sémantique, notamment pour la construction contemporaine et les architectes qui pourraient avoir accès en quelques clics à une analyse urbaine et historique des bâtiments qui les entourent. En outre, l'idée, contrairement à DoCoMoMo par exemple, serait de traiter les bâtiments sans question de valeur. Certes la valeur d'un bâtiment peut être traitée par un architecte qui désire contribuer, mais chaque citoyen pourrait renseigner les données dont il dispose sur son bâtiment. Le caractère sélectif pourrait toujours avoir lieu a posteriori par les instituts de protection. Cela permettrait d'éjecter la question du choix sur un critère qualitatif : si le savoir existe, il doit pouvoir être accessible, peu importe qu'on considère le bâtiment comme intéressant ou non. De plus le côté temporel et éditable de cette

52. Un plan dessiné par une habitante rencontrée dans le cas du fameux dossier de permis disparu cité précédemment

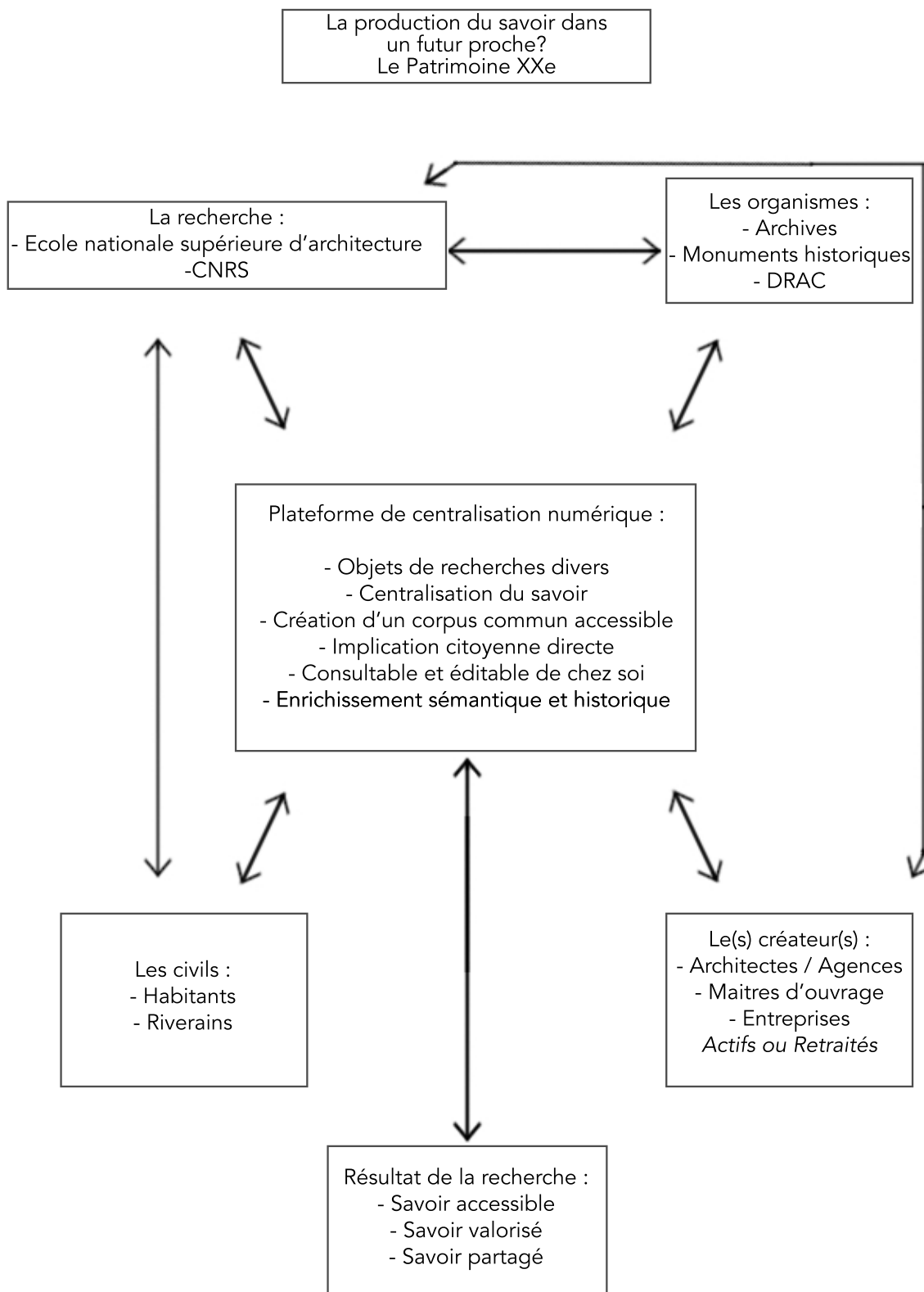


Fig 81. Schéma d'une production participative du savoir
L'objet de recherche n'est ni le départ ni l'arrivée : il est au centre

base de données pour retracer l'état d'un bâtiment, et ses évolutions, avec obligation pour une agence d'architecture de déposer un dossier de permis d'intervention sur la plateforme si le bâtiment a déjà été renseigné. On retrouve toute la question portée par la conférence : « Un bâtiment combien de vies »⁵³. On créerait ainsi un carnet de bord numérique des interventions sur le patrimoine XXe. Une question reste entière, et elle m'avait été posé lors de la soutenance de mon précédent mémoire. Si l'idée et l'envie peuvent emplir certains habitants, comment pousser les habitants à utiliser une telle plateforme et à potentiellement investir leur argent pour la création d'une maquette, la réalisation d'une acquisition, ou encore la participation active à la base de données, grâce à son Iphone ?⁵⁴

C. Une maquette physico-numérique comme interface

L'idée exposée dans ce dernier paragraphe est de construire un arbre méthodologique permettant à des agences spécialisées d'architectures, ou éventuellement à une personne motivée, de pouvoir obtenir un nuage de l'enveloppe d'un édifice, et de permettre l'ajout de connaissances directement sur ce nuage. Pourquoi tout centraliser autour de cette idée du nuage, de cette maquette numérisée ? La visualisation, l'aspect « user-friendly »⁵⁵ ne doit pas du tout être négligé dans l'optique d'une utilisation par le plus grand nombre. La maquette est l'outil le plus facilement compréhensible lorsqu'il s'agit de faire comprendre l'architecture. L'apport visuel d'un nuage de points d'un bâtiment, cette maquette numérique, n'est pas à négliger car il offre un moment de clarté pour la compréhension du bâtiment, et pour l'ordonnancement des données, autour d'une accessibilité accrue. Alors pourquoi parler de maquette physico-numérique ? Parce que, malgré l'obtention d'un nuage de l'enveloppe permettant d'obtenir un enrichissement sémantique fort, la maquette physique reste plus accessible, à tous, sans distinction d'âge, de connaissances :

« Par comparaison, les autres outils traditionnels de représentation (plan, coupe, perspective ou axonométrie) mobilisés par l'architecte, s'expriment exclusivement en deux dimensions. Il convient d'ailleurs de rappeler que leur lecture s'effectue de manière théorique, autorisant notre œil à franchir planchers, murs et cloisons sans même s'en rendre compte. Ces moyens de représentation parviennent cependant à rétablir certaines notions inhérentes à la tridi-mensionnalité du projet : volume, ensoleillement, luminosité, profondeur grâce à une large palette d'artifices et de codes graphiques (épaisseur de traits, ombres projetées, pointillés, textures), considérablement facilités par le développement des logiciels graphiques. La maquette physique, vue comme objet tridimensionnel, semble quant-à-elle se suffire à elle-même pour être interprétée, sans avoir à faire appel à des conventions ou à des artifices graphiques autres que sa propre matérialité. »⁵⁶

53. Cité de l'architecture et du patrimoine (ed.), *Un bâtiment, combien de vies ?*, op. cit.

54. Acquisition test fonctionnelle réalisée par curiosité avec mon Iphone

55. Peut se rapprocher d'ergonomie, cependant une interface ergonomique n'est pas forcément user-friendly.

56. Émilien Cristia, Pierre-Paul Zalio et François Guéna, « Quand le BIM met la maquette à l'épreuve du numérique », SHS Web of Conferences, 2018, vol. 47, p. 12.

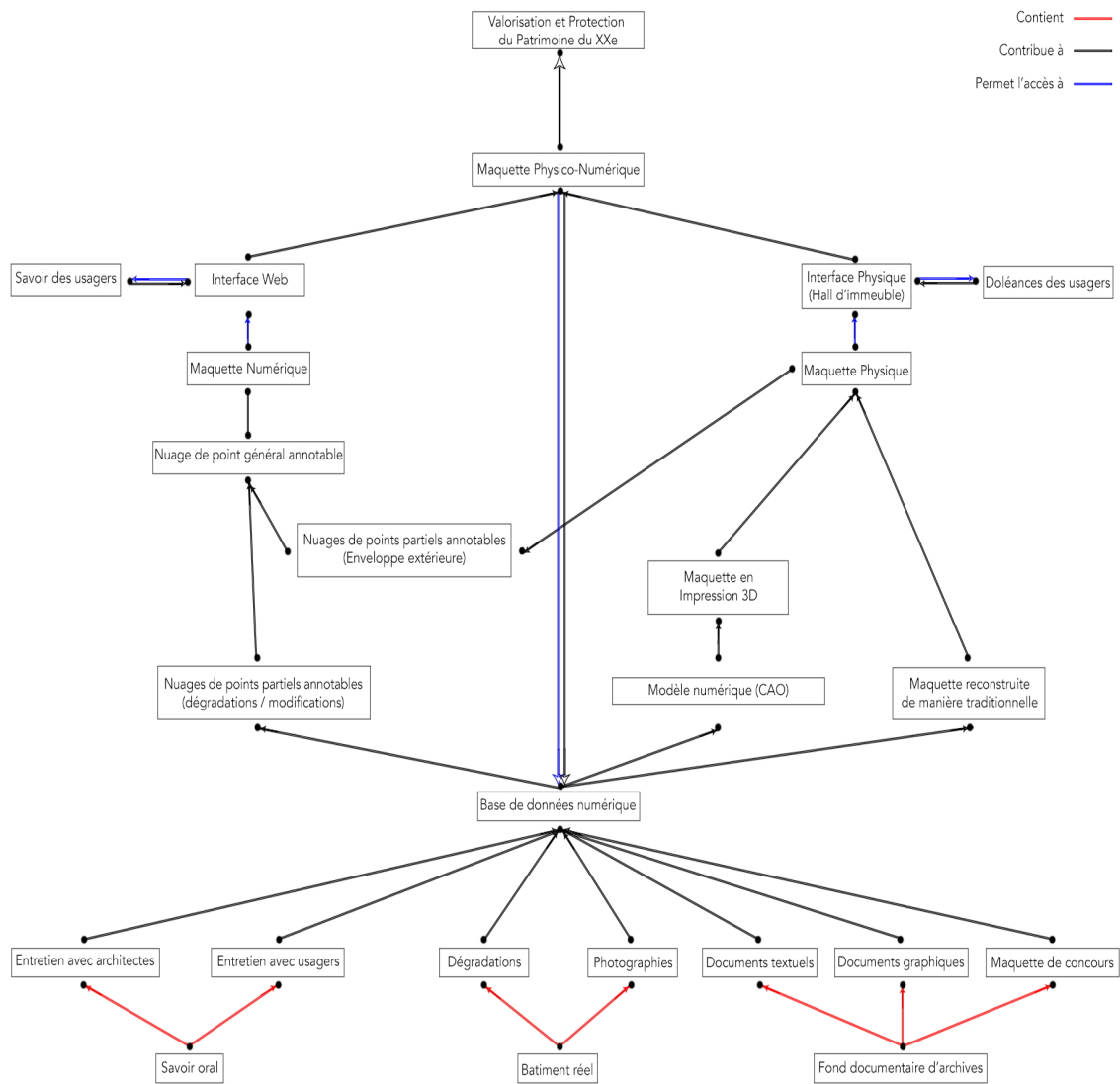
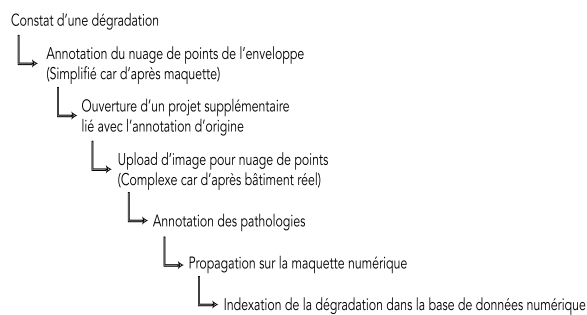


Fig 82. Méthodologie pour la création d'une maquette physico-numérique
Des archives à la valorisation

Méthodologie pour le renseignement d'une dégradation du bâtiment



Méthodologie pour l'ajout de savoirs

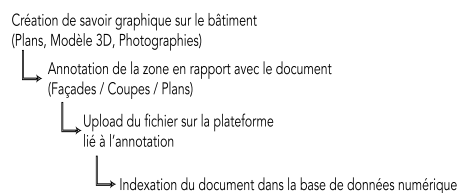


Fig 83. Méthodologie pour l'ajout de données
Via l'interface physique et l'interface numérique

Mais, sans autres actions, elle est un objet inerte. Alors, pour briser les faiblesses de l'un, utilisons les forces de l'autre : faisons appel à une maquette physico-numérique dont l'accès serait le plus simple possible. Il ne faut en aucun cas donner le sentiment d'une technicité inaccessible. Si l'une des interfaces possibles est physique, alors on peut, sans se tromper, imaginer que nombreux seront celles et ceux qui voudront s'investir. Doubler les moyens d'accès rend les chances de contribution plus grandes (Fig 82).

L'intérêt de toute cette démarche que nous décrivons est triple. Il est d'abord général, convoquant une envie de voir le patrimoine XXe, et le patrimoine au sens large, mieux protégé. Une envie de voir l'architecture sur le devant de la scène, valorisée, et pas seulement lorsque des grands moments de notre histoire et de notre culture partent en fumée. Le second intérêt est bien plus trivial. Il émerge du constat développé dans ce mémoire : le patrimoine XXe n'est pas un patrimoine aimé, ni connu, ni renseigné, hormis ses superstars. Donc intéressons et impliquons les habitants par une récompense pour leur participation. C'est là que l'interface physique prend de l'importance. Imaginons que cette maquette, dont nous nous sommes servis pour notre acquisition, devienne une interface pour un cahier de doléance numérique. L'idée serait qu'une maquette présente dans le hall de l'immeuble puisse (grâce à un QR code, ou une tablette fixé à la maquette, qu'on active en appuyant sur cette dernière) être un cahier numérique de tous les problèmes dans le bâtiment (Fig 83). Le gain de temps, la centralisation des problèmes, la création d'un historique ordonné, d'une traçabilité des demandes et des interventions pourraient permettre à un syndic d'avoir une gérance plus simple, plus réactive, et moins conflictuelle avec les habitants. Tout est enregistré dans le cahier de doléance physico-numérique, et on peut largement imaginer une réunion de copropriété où toutes les dégradations sont visualisables directement, et sont passées en revue. La maquette physique devient de plus le support de visualisation des dégradations de manière assez simple avec du visual mapping par exemple⁵⁷. On imagine alors un habitant qui importe une dégradation dans la base de données et qui voit cette dernière directement représentée sur la maquette physique, et sur le nuage numérique. Il en découle immédiatement une facilité de préparation d'intervention pour une entreprise qui va voir où se situe l'intervention, et savoir ce qu'elle doit mobiliser comme moyens techniques et humains pour régler le problème sans avoir besoin d'une visite préalable. Ainsi, si l'habitant obtient ce type d'outil pour dialoguer efficacement avec son syndic, en transitant obligatoirement par la plateforme, il va se retrouver confronté, si les documents existent, à des plans, des coupes, des analyses, des articles ou toute documentation qui aura pu être mise en ligne par un étudiant, un scientifique, un organisme de protection (Fig 84). Ainsi le non-sachant a accès à toutes ces connaissances potentielles, qui dorment dans des disques durs. Le néophyte a un lieu où chercher, un lieu qu'il utilise pour renseigner ses problèmes. Tout est à disposition. Alors, lorsqu'on classera un bâtiment patrimoine XXe, la plaque sur le bas du bâtiment ne sera plus le seul signe montrant l'importance du bâtiment dans l'histoire de l'architecture. Un corpus théorique, graphique, analytique pourra être accessible. Ce corpus initial pourra même être enrichi par les connaissances des habitants, et pas seulement par les problématiques triviales d'une copropriété. Cette plateforme pourrait alors être une instance de dialogue beaucoup plus rapide entre le citoyen qui désire protéger son bâtiment et les organismes de protections.

57. Eclairage de la zone d'annotation dessinée dans Aioli qui se reporte directement sur la maquette.

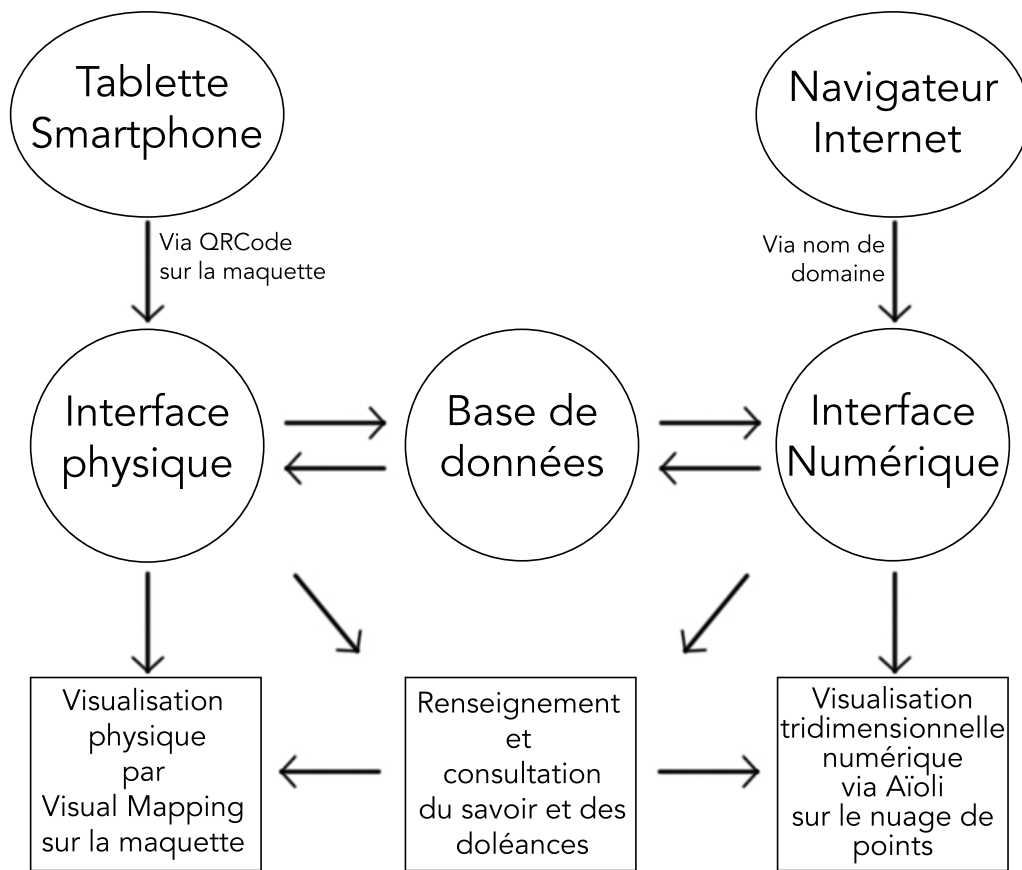


Fig 84. Schéma conceptuel pour l'interaction utilisateur/maquette Numérique et physique

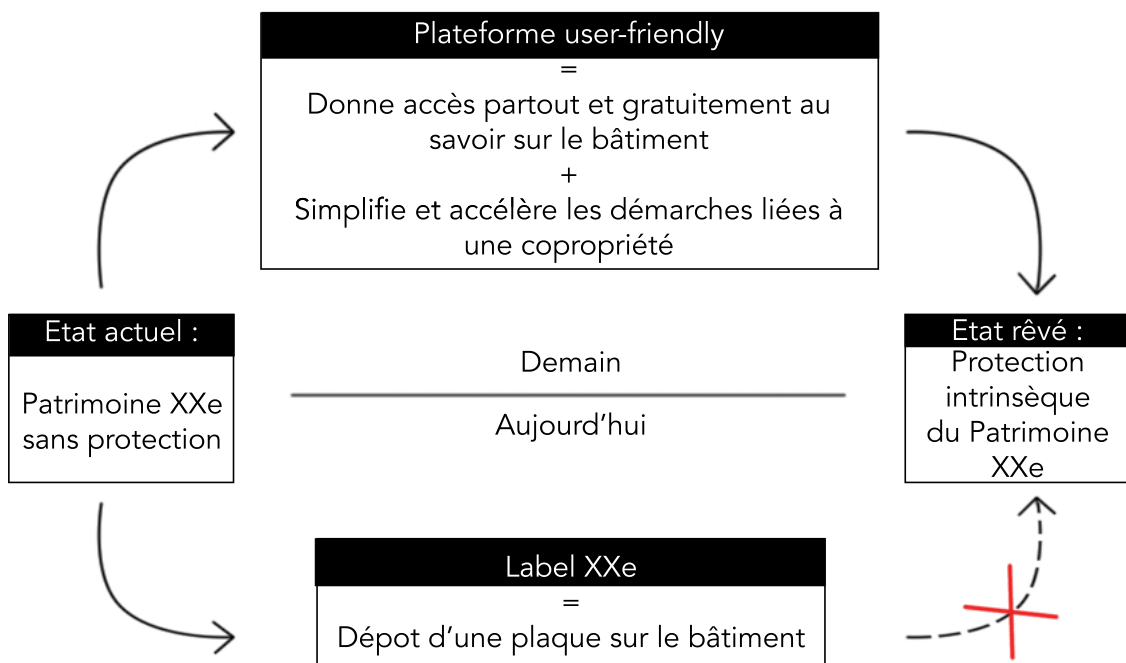


Fig 85. Schéma conceptuel pour la valorisation du patrimoine XXe Doléances, valorisation, protection intrinsèque, et patrimonialisation

A l'image d'un rapport à déposer en ligne, pour un classement, une inscription, ou un label XXe, qui serait alors examiné en interne par des spécialistes. On pourrait imaginer la même chose quant à des dégradations qui apparaissent sur un bâtiment déjà classé ou inscrit. De la même manière qu'avec le syndic mais avec une option spéciale dans le cas de bâtiment remarquable : on a une ligne directe avec les services des monuments historiques qui voient une alerte, (puisqu'aujourd'hui il n'existe aucun suivi régulier à proprement parler sur les monuments historiques). Le constat est clair : les monuments historiques ne font pas l'objet de toutes les attentions nécessaires à leur entretien et à leurs protections. Donc si l'on veut protéger le patrimoine XXe régional, il faut que la protection soit intrinsèque (Fig 85). Or sans connaissances, on ne peut espérer une prise de conscience ex-nihilo. C'est tout l'objectif de ce travail : donner accès à la connaissance de la manière la plus large possible, dans une base de données qui centralise le savoir produit. Ainsi, lorsqu'on accède à la connaissance, lorsqu'on comprend pourquoi la cour du Velasquez est, des mots même de son créateur, plus qu'une cour, mais le lieu et le moment où la ville rentre dans l'immeuble, on a alors la capacité de pouvoir mettre son argent dans une réparation plutôt que dans un nouveau portail. Et quand bien même les gens resteraient attachés à leur problématique de voisinage, ils auront au moins compris pourquoi c'est un non-sens, et pourquoi cette qualité fait de leur bâtiment un objet remarquable. Rendre le savoir accessible ne sera jamais une perte de temps, car si cela suffit à faire changer d'avis une personne et qu'un vote d'une assemblée de copropriétaire change grâce à cela, alors le patrimoine est sauvé. C'est en cela que l'intérêt trivial, la récompense à l'usage, est intrinsèquement lié à l'intérêt général de protection à travers la valorisation du savoir. L'un ne va pas sans l'autre. Si on souhaite provoquer la curiosité et l'intérêt, il faut offrir quelque chose en retour.

Le dernier intérêt de ce travail se trouve dans la recherche. Quelques jours après l'incendie de la cathédrale Notre Dame de Paris, des chercheurs du Vassar College se sont manifestés. Ils avaient réalisé un relevé laser de toute la cathédrale⁵⁸. Quid des données qui sont stockées uniquement sur disque durs externes ? Ces données ont une valeur inestimable aujourd'hui, au même titre que celle évoquées précédemment pour la maquette Du Krak des Chevaliers. L'objet numérique qu'elle représente se doit de devenir, à mon sens au même titre que le bâtiment, une partie du patrimoine. Ces données sont les dernières traces visualisables d'une partie du bâtiment qui a disparu. Certes nous avons la documentation pour reconstruire, mais les données sont l'état d'une temporalité disparue à jamais du bâtiment. Pourquoi ne sont-elles pas stockées, avec un fichier de métadonnées ? On renseignerait l'heure, la date, le matériel utilisé, les personnes qui ont travaillé, leur but, le nuage de points en binaire, et bien d'autres informations qu'il serait nécessaire de fournir lorsque l'on crée un nuage de points. Ces données peuvent devenir les seules traces d'un bâtiment, une forme de sauvegarde numérique. La plateforme dont nous parlons pourrait tout à fait traiter cette question de la patrimonialisation du numérique, avec justement la création d'index précis à renseigner sur les personnes qui ont participé à la création de ce nuage de points et aux méthodes qu'elles ont employées.

58. *How One Man's Legacy Could Help Rebuild Notre-Dame Cathedral* - Architizer Journal, <https://architizer.com/blog/practice/tools/andrew-tallon-notre-dame-cathedral/>, 16 avril 2019, (consulté le 22 mai 2019).

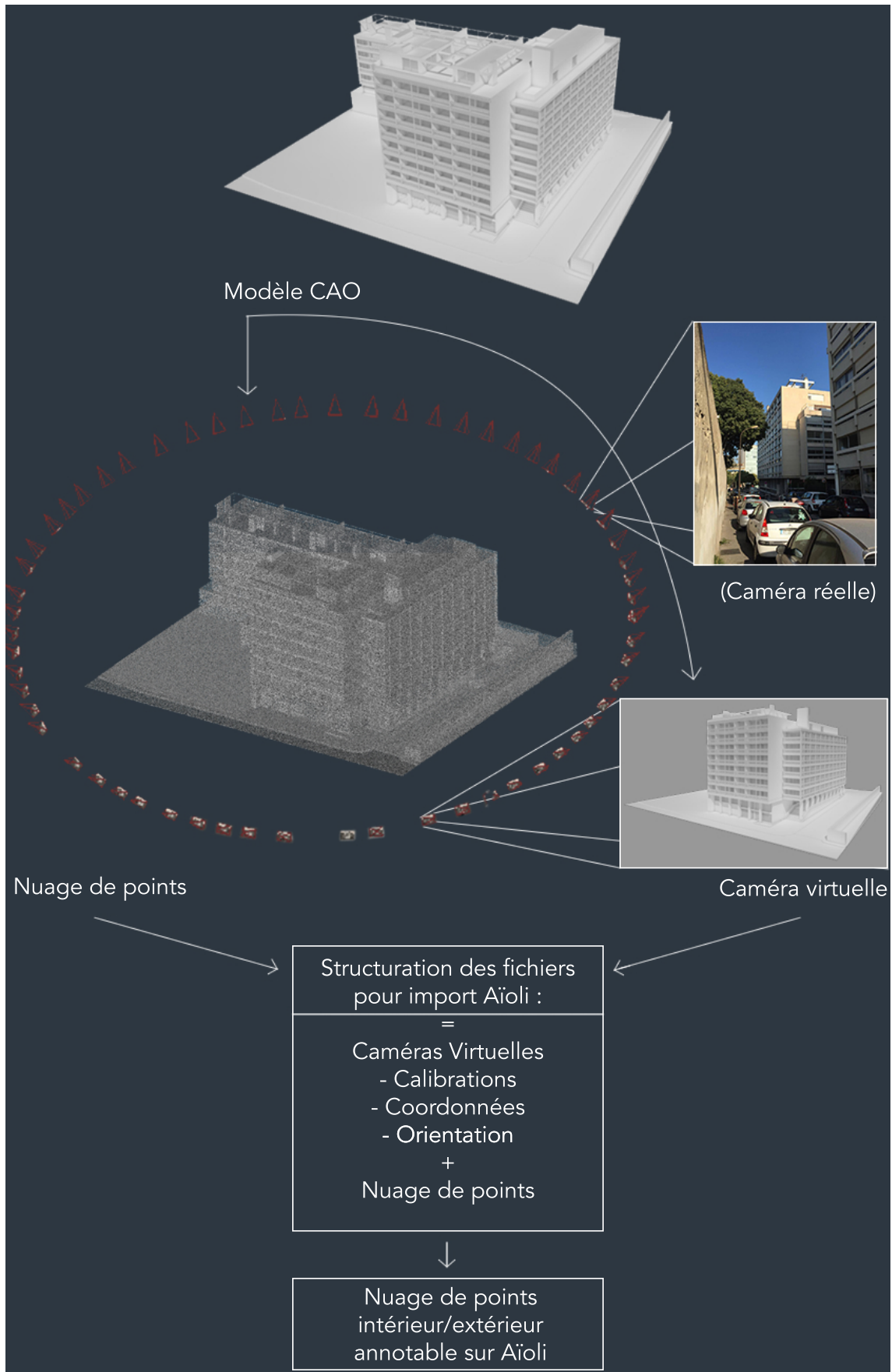


Fig 86. Schéma d'une autre méthodologie
 Le processus d'acquisition de maquette disparaît, mais la maquette doit rester

Nous venons de présenter une méthode, celle qui, au regard d'une période, d'un contexte, d'outils et de connaissances disponibles, semblait la meilleure. Mais au fil des semaines, et grâce à la stimulation que l'on trouve en travaillant dans un laboratoire, d'autres méthodologies sont apparues pour obtenir ce fameux nuage de points complet d'un bâtiment du patrimoine XXe (Fig 86). L'idée majeure, et qui pourrait grandement simplifier le processus, est la suivante : une transformation du modèle CAO en nuage de points, avec de "fausses caméras" généré par le logiciel de CAO. Nous allons la développer d'un point de vue méthodologique, comme une forme d'ouverture pour un développement ultérieur. L'idée émerge du questionnement suivant : pourquoi se compliquer la tâche à réaliser une acquisition de maquette, pour obtenir un nuage de points, alors qu'on peut l'obtenir directement depuis le modèle numérique. En effet, une maquette numérique comme celle du Velasquez dans archicad, n'est qu'une addition de triangles facettés : ce qu'on appelle un "mesh" (objet tridimensionnel constitué de polygones). La plupart du temps, on souhaite réaliser une acquisition pour obtenir un nuage de points puis un mesh d'après les points. Là, on souhaite réaliser l'action inverse. On possède un mesh, comment obtenir un nuage de points ? C'est assez simple, CloudCompare⁵⁹ le réalise en quelques secondes. Là où cela se complique légèrement, c'est dans la nécessité d'obtenir des caméras. En effet dans Aioli, vous annotez sur les photographies, et cela se projette sur le nuage. Donc il faut créer ces photographies, avec leurs emplacements, leur calibration. Il est nécessaire de reproduire les conditions à la génération du nuage de points par MicMac. Il faut donc créer des images avec le logiciel de CAO, exporter la calibration et la position des caméras associées aux images.

Par la suite il faut créer un ordonnancement de fichier, qui reproduit celui d'un chantier MicMac classique. Une fois cela fait, on pourrait théoriquement importer ce chantier "factice" dans Aioli pour pouvoir annoter un nuage de points très précis avec des vues texturées du projet. L'idée finale serait même de pouvoir importer de vraies photographies du bâtiment et de définir des points de concordance entre la photographie et le nuage de points. On superposerait les acquisitions qui proviennent du réel directement sur le nuage de points qui vient de la maquette numérique. On aurait alors un nuage de l'enveloppe (et potentiellement des intérieurs aussi) sur lequel on annoterait une zone de dégradation réelle ainsi que son nuage, qui serait synchronisé sur le nuage de points "factice". Si cela fonctionne on pourrait même se passer des fausses caméras évoquées précédemment et utiliser les photographies réelles du bâtiment comme objet 2D du nuage de points 3D provenant de la maquette numérique. C'est un sujet très intéressant, qui pourrait encore accentuer la représentation du bâti. La maquette physique deviendrait-elle inutile ? Il n'en est rien, à mon sens. Nous l'avons vu, et nous avons insisté à plusieurs reprises : la maquette physique est importante car elle permet une représentation tangible, imprescriptible (pas de format numérique qui pourrait disparaître), qui ne nécessite pas de connaissances techniques et qui permet tout simplement la visualisation d'un projet. Elle devrait donc garder sa place de support visuel et valorisable, en tant que carnet de doléances, et en restant un objet qui traverse le temps si on la conserve correctement. Il n'y a pour l'instant pas de méthodologie ultime, chacune a des avantages et des inconvénients. A nous de les convoquer comme des alliés au service du patrimoine.

59. Logiciel opensource de visualisation de nuage de points et de mesh



Conclusion :

A travers ce mémoire, nous avons parcouru l'état de l'art à propos d'un patrimoine qui semble représenter une niche bien trop confidentielle quant à l'ampleur de sa représentation. Comme nous le dit Bernard Toulhier en citant François Loyer :

« De ce siècle plus productif qu'aucun autre, de ce bâti plus menacé qu'aucun autre car, non content d'être mal aimé, il est généralement plus fragile -, quelle part faudra-t-il protéger? « Il n'est pas facile de décider ce qui fera patrimoine... Car le patrimoine n'appartient pas à l'époque qui le construit, mais à celle qui l'a identifié »

Nous l'avons identifié, nous le connaissons, nous le reconnaissons et nous l'idolâtrons lorsqu'il est porté par les grandes figures de l'architecture. Qu'attendons-nous pour le protéger ? Faute d'action, il finira par tomber en ruine, ou sera rasé sous le coup d'une pression foncière qui finira par impliquer de telles mesures. Il n'est pas trop tard. Le numérique peut permettre de mettre en lumière ce patrimoine XXe bien trop souvent mis de côté. Le numérique représente une formidable opportunité pour aider à la sauvegarde du patrimoine architectural. Des projets de recherche comme Aioli permettent d'ouvrir la porte, doucement, à un futur de coopération entre acteurs, pour une protection améliorée, plus efficace, plus juste, moins invasive. Saisissons les opportunités que la recherche nous offre.

Le Velasquez est un bâtiment qui évolue, objet idéal pour traiter les maux que subit le patrimoine XXe. L faut lutter contre ce désamour, ce non-intérêt, cette incompréhension parfois qui existent entre le créateur et les habitants cinquante ans après la conception et la construction du bâtiment. Le Velasquez n'est déjà plus en accord avec le vouloir architectural de Mario Fabre, le sens du projet a été perdu. De plus, Il présente des dégradations dangereuses quant à son intégrité structurelle mais aussi vis-à-vis de tous les habitants qui passent sous ses porte-à-faux chaque jour. Sa qualité esthétique subit de plein fouet ces dégradations. Ses défauts de construction apparaissent soulignés, tant et si bien qu'on pourrait peut-être le détruire, puisque, déjà, il se désagrège seul. Nous avons recensé ses pathologies, nous les avons cartographiées, mais pour l'instant il n'y a aucun moyen d'agir, aucun levier à abaisser pour changer cet état de fait.

Le numérique est un outil formidable qui ne doit pas être un simple puits sans fond de données, mais bel et bien un lieu de mise à disposition claire, rapide, et précise du savoir. Un lieu de pédagogie, de vulgarisation, dans son sens le plus noble, qui doit amener tous les acteurs de la ville et du patrimoine, à travailler de concert pour la valorisation du patrimoine XXe. Des initiatives existent, les institutions ont conscience du problème, les écoles d'architecture commencent à sensibiliser à la problématique d'intervention dans le patrimoine bâti. Nous avons essayé ici de mettre en place une méthodologie, avec ses protocoles, permettant à n'importe quel futur étudiant en architecture de numériser un immeuble du patrimoine XXeme malgré toutes les contraintes que cela présente à première vue. Ce processus est perfectible et nous avons vu que des portes s'ouvraient pour faciliter le travail. Nous avons vu comment un intérêt trivial pouvait porter un dessein scientifique beaucoup plus puissant. C'est un chantier qui implique des compétences variées, propres à la conception d'un projet en développement, au sein d'un laboratoire comme le MAP-GAMSAU et de l'école d'architecture. Cette recherche implique d'autres domaines de connaissances : la sociologie (que nous n'avons malheureusement pas encore pu questionner dans ce travail), l'informatique, l'architecture, la photogrammétrie, ou encore celui de la maquette. Le chemin commence à peine à se dessiner, mais ce n'est qu'en le parcourant à plusieurs reprises qu'il deviendra lisible et facile à emprunter. Les cartes sont sur la table, à nous de les utiliser correctement.

Bibliographie :

Digital Heritage :

Projet participatif :

- Cacciotti R. et Valach J., « The MONDIS project Semantic Web and the protection of historic buildings », Granada, Spain, IEEE, 2015
- Donato Renato De, Santo Massimo De, Negro Alberto, Pirozzi Donato, Rizzolo Diletta, Santangelo Gianluca et Scarano Vittorio, « A Social Platform to Support Citizens Reuse of Open 3D Visualisations: a Citizen Science Approach », Eurographics Workshop on Graphics and Cultural Heritage, 2018.
- Maiellaro Nicola, « A.I.M. - advanced interactive map », Granada, Spain, IEEE, 2015.
- Rubin Elihu, Akhtar Saima, Brown Benedict et Rushmeier Holly, « New Haven Building Archive: A Database for the Collection, Study, and Communication of Local Built Heritage », Eurographics Workshop on Graphics and Cultural Heritage, 2018.

Patrimoine XXe :

- Balzani M., Maietti F. et Mugayar Kühl B., « POINT CLOUD ANALYSIS FOR CONSERVATION AND ENHANCEMENT OF MODERNIST ARCHITECTURE », ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 23 février 2017, XLII-2/W3, p. 71-77.
- Cobos Oscar J. Cosido, Soto Jose Luis Lalana, Vega Leticia Teran, Campi Massimiliano, Catuogno Raffaele, Ramirez Lucia Hernandez, Llamas Jose Pereda et Vidal Esteban Sainz, « Documentation and 3D modeling of railway industrial heritage: Study of the Cajo-Santander locomotive shed », Granada, Spain, IEEE, 2015.
- Laroche Florent, KLM for Heritage, Habilitation à diriger des recherches, , s.l., 2017.

Prévention et restauration :

- Alby Emmanuel, Grussenmeyer Pierre et Perrin Jean-Pierre, « Visualization of architectural works by photogrammetry: a compromise between measurement and representation », 2004, p. 12.
- Chen Jie et Chen Baoquan, « Architectural Modeling from Sparsely Scanned Range Data », p. 17.
- Fregonese L., Achille C., Adami A., Fassi F., Spezzoni A. et Taffurelli L., « BIM: An integrated model for planned and preventive maintenance of architectural heritage », Granada, Spain, IEEE, 2015.
- How One Man's Legacy Could Help Rebuild Notre-Dame Cathedral - Architizer Journal, <https://architizer.com/blog/practice/tools/andrew-tallon-notre-dame-cathedral/>, 16 avril 2019, consulté le 22 mai 2019.

Projet massif :

- Cabrelles M, Galcerá S, Navarro S, Lerma J L, Akasheh T et Haddad N, « INTEGRATION OF 3D LASER SCANNING, PHOTOGRAMMETRY AND THERMOGRAPHY TO RECORD ARCHITECTURAL MONUMENTS », p. 6.
- Parthenios Panagiotis, Peteinarelis Alexandros, Lousa Sofia et Efraimidou Nicky, « Three modes of a monument's 3D virtual reconstruction the case of Giali Tzamis-si in Chania, Crete », Granada, IEEE, 2015.

Sémantique et enrichissement :

- Bernard Catherine, Comelongue Marc, Friquart Louise-Emmanuelle, Krispin Laure, Lavedan Géraud de et Moreau Laure, « Urban-Hist, le patrimoine toulousain à la carte », Les Cahiers de Framespa. Nouveaux champs de l'histoire sociale, 25 juillet 2012, no 10
- De Luca Livio, La photomodélisation architecturale: relevé, modélisation, représentation d'édifices à partir de photographies, Paris, Eyrolles, 2009, 263 p.
- De Luca Livio, Busayarat Chawee, Stefani Chiara, Véron Philippe et Florenzano Michel, « A semantic-based platform for the digital analysis of architectural heritage », Computers & Graphics, avril 2011, vol. 35, no 2, p. 227-241.
- François Paul, Laroche Florent, Leichman Jeffrey et Rubellin Françoise, Mettre en place les fondations d'un outil de restitution à large audience : VESPACE, s.l., 2018
- Garcia-Fernandez Jorge, Anssi Joutsiniemi, Ahn Yushin et Fernandez Juan Jose, « Quantitative + qualitative information for heritage conservation an open science research for paving 'collaboratively' the way to historical-BIM », Granada, Spain, IEEE, 2015.
- Hervy Benjamin, Laroche F, Bernard Alain et Kerouanton Jean-Louis, « Framework for historical knowledge management in museology », International Journal of Product Lifecycle Management, 1 janvier 2017, vol. 10, p. 44.
- Hervy Benjamin, Quantin Matthieu, Laroche Florent, Bernard Alain et Kerouanton Jean-Louis, « Gestion de connaissances pour l'acquisition, le traitement et la valorisation des connaissances du patrimoine technique ».
- Laroche Florent et Rajofera-Renard Cédric, « La réalité augmentée aux Forges de Paimpont Comment mettre en valeur le patrimoine historique et industriel des forges ? », Pessac, France, Ausonius (coll. « Archeovision »), 2013, vol.6.
- Manuel Adeline, Annotation sémantique 2D/3D d'images spatialisées pour la documentation et l'analyse d'objets patrimoniaux, Science des Métiers de l'ingénieur, s.l., 2016, 214 p.
- Quantin Matthieu, Hervy Benjamin, Laroche Florent et Kerouanton Jean-Louis, « Semantic integration in cultural heritage 3D modeling for multi-dimension access to historical knowledge », Granada, Spain, (coll. « Digital Heritage »), 2015, vol.1.
- Sinclair P., Lewis P., Martinez K., Addis M. et Prideaux D., « Semantic web integration of cultural heritage sources », Edinburgh, Scotland, ACM Press, 2006.

Matériaux et Patrimoine :

Béton :

- Association Française de Génie Civil et Centre Français de l'Anticorrosion, Réhabilitation du béton armé dégradé par la corrosion, s.l., 2003.
- Conseil international des monuments et des sites. Section française (ed.), Béton et patrimoine., Le Havre, 5, 6 et 7 décembre 1996, Paris, France, Section française de l'ICOMOS, 1999, 202 p.
- Licordari Mariangela, « Le béton armé dans le concept de patrimoine à préserver », e-Phaïstos, 1 octobre 2015, IV, no 2, p. 72-82.
- Marie-Victoire Elisabeth et Bromblet Philippe, Altérations visibles & défauts d'aspect : Béton, Champs sur Marne, Cercle des Partenaires du Patrimoine, (coll. « Les cahiers techniques du Cercle des Partenaires du Patrimoine »), 1996.

Pierre :

- Cartwright Tamara Anson, Vergès-Belmin V. et International Scientific Committee for Stone, Illustrated glossary on stone deterioration : Glossaire illustré sur les formes d'altération de la pierre, Paris, ICOMOS (coll. « Monuments and sites »), 2008, 78 p.

Maquette :

- Alberti Leon-Battista, Caye Pierre et Choay Françoise, L'Art d'édifier, Paris, Le Seuil, 2004, 512 p.
- Bousquet Stéphanie, La numérisation 3D de maquettes et de plans-reliefs, s.l., 2012
- Busayarat Chawee, « La maquette numérique comme support pour la recherche visuelle d'informations patrimoniales: définition d'une approche pour la sémantisation de sources iconographiques par référencement spatial. », p. 126.
- Cristia Émilien, Zalio Pierre-Paul et Guéna François, « Quand le BIM met la maquette à l'épreuve du numérique », SHS Web of Conferences, 2018, vol. 47, p. 12.
- Estévez Daniel, « Dialogue entre maquette et modèle en architecture » dans Les modèles, possibilités et limites : jusqu'où va le réel ?, s.l., Editions Matériologiques, 2014.
- Estevez Daniel, « Petite mythologie de la maquette », l'Architecture d'Aujourd'hui, décembre 2014, vol. 404, p. 86-91.
- Hervy Benjamin, « Contribution to the implementation of a PLM for museology dedicated to the conservation and promotion of cultural heritage », 12 décembre 2014.
- Jacquot Kévin, Numérisation et restitution virtuelle des maquettes de la collections de Louis XIV, Université de Lorraine, Nancy, 2014, 304 p.
- Laroche Florent, « De la maquette réelle à la maquette virtuelle : quelle représentation ? Quels usages ? Quelle véracité ? Une déontologie à affirmer... », Paris, France, Université d'Evry, 2016.

- Nash Lisa, Architectural Models: a conservation perspective, <https://www.vam.ac.uk/blog/projects/architectural-models-a-conservation-perspective> , 7 août 2018, consulté le 2 mai 2019.
- Numériser la maquette du Krak des Chevaliers de la Cité de l'architecture, <http://syrianheritagerevival.org/fr/numerisermaquette/> , 22 septembre 2016, consulté le 28 mars 2019.
- Plaquette d'information : Nantes 1900, Nantes, France, Château des Ducs de Bretagne – Musée d'histoire de Nantes.

Patrimoine et Patrimoine XXe :

- Cité de l'architecture et du patrimoine (ed.), Un bâtiment, combien de vies? La transformation comme acte de création, s.l., Silvana Editoriale, 2014, 334 p.
- Docomomo France, <http://www.docomomo.fr/>, consulté le 15 mai 2018.
- Graf Franz, Histoire matérielle du bâti et projet de sauvegarde: devenir de l'architecture moderne et contemporaine, 1. éd., Lausanne, Presses Polytechniques et Univ. Romandes (coll. « Architecture essais »), 2014, 479 p.
- Hottin Christian, « Genèse, implantation et remises en question du label Patrimoine du 20e siècle », mars 2018, no 137, (coll. « Vingtième siècle »), p. 99-113.
- Icomos, Approaches to the conservation of Twentieth-century heritage, New Deh, 2017.
- Icomos Isc20c, Recommandations pour la conservation du Patrimoine du vingtième siècle : Les biens patrimoniaux architecturaux, Madrid, Icomos, 2014.
- Icomos Isc20c, Approche de la sauvegarde du patrimoine bâti du XXe siècle, Document de Madrid 2011, Madrid, Icomos, 2011.
- Journal Officiel Sénat, Devenir du bâtiment de l'école d'architecture de Nanterre - Sénat, <https://www.senat.fr/questions/base/2012/qSEQ12090143S.html>, consulté le 22 mai 2019.
- Kalisz Serge, N'abandonnons pas le patrimoine architectural du XXe siècle!, <https://www.humanite.fr/nabandonnons-pas-le-patrimoine-architectural-du-xxe-siecle> , 3 avril 2014, consulté le 15 mai 2019.
- Ministère de la Culture, Label Architecture contemporaine remarquable, <http://www.culture.gouv.fr/Regions/Drac-Bourgogne-Franche-Comte/Action-Culturelle-et-Territoriale/Valorisation-du-patrimoine/Label-Architecture-contemporaine-remarquable>, consulté le 15 mai 2019.
- Ministère de la Culture, Label XXe : Inventaire Patrimoine XXe siècle labellisé, http://www2.culture.gouv.fr/documentation/memoire/VISITES/labelxx/lieu_frame-set.htm, consulté le 15 mai 2019.
- Ministère de la Culture, Patrimoine du XXe siècle, <http://www.culture.gouv.fr/Aides-demarches/Protections-labels-et-appellations/archives/Label-Patrimoine-du-XXe-siecle>, consulté le 15 mai 2019.

- Potin Yann, Goetschel Pascale et Lemire Vincent (eds.), Spécial: Patrimoine, une histoire politique, Paris, Presses de Sciences Po (coll. « Vingtième siècle »), 2018, 245 p.
- Toullet Bernard, Architecture et patrimoine du XXe siècle en France, Paris, Editions du patrimoine (coll. « Collection “Enjeux” »), 1999, 356 p.
- Turgut Gültekin Nevin, « Evaluation of the Conservation of Modern Architectural Heritage through Ankara’s Public Buildings », IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, octobre 2017, vol. 245, p. 082046.

Le Velasquez :

- Blès Adrien, Dictionnaire historique des rues de Marseille: mémoire de Marseille, Marseille, Laffitte, 2001.
- Durosseau, Ensembles & résidences à Marseille, 1955-1975. 20 années formidables., Marseille, Bik et Book Editions, 2009.
- Durosseau Thierry, Architectures: à Marseille 1900 - 2013, Marseille, MAV PACA, 2014, 247 p.
- Fabre Mario, « Entretien avec Mario Fabre, 20 novembre 2017 ».
- Fabre Mario, « Entretien avec Mario Fabre - Inama ».
- Fabre Mario et Laville Bernard, « Le Velasquez », Prado Architecture, 1965, no 2, p. 74.
- MARANTZ Éléonore, BERTRAND Frédérique et HERAT Arlette, Lotissement Les Flamands et Les Aigrettes, s.l., DRAC PACA (coll. « Inventaire de la production architecturale et urbaine 1900-1980 »), 2008.
- Sbriglio Jacques et Biget Marie-Hélène, Marseille, 1945-1993, Marseille : [Paris], Editions Parenthèses ; Diffusion P.U.F (coll. « Guides d’architecture »), 1993, 174 p.

