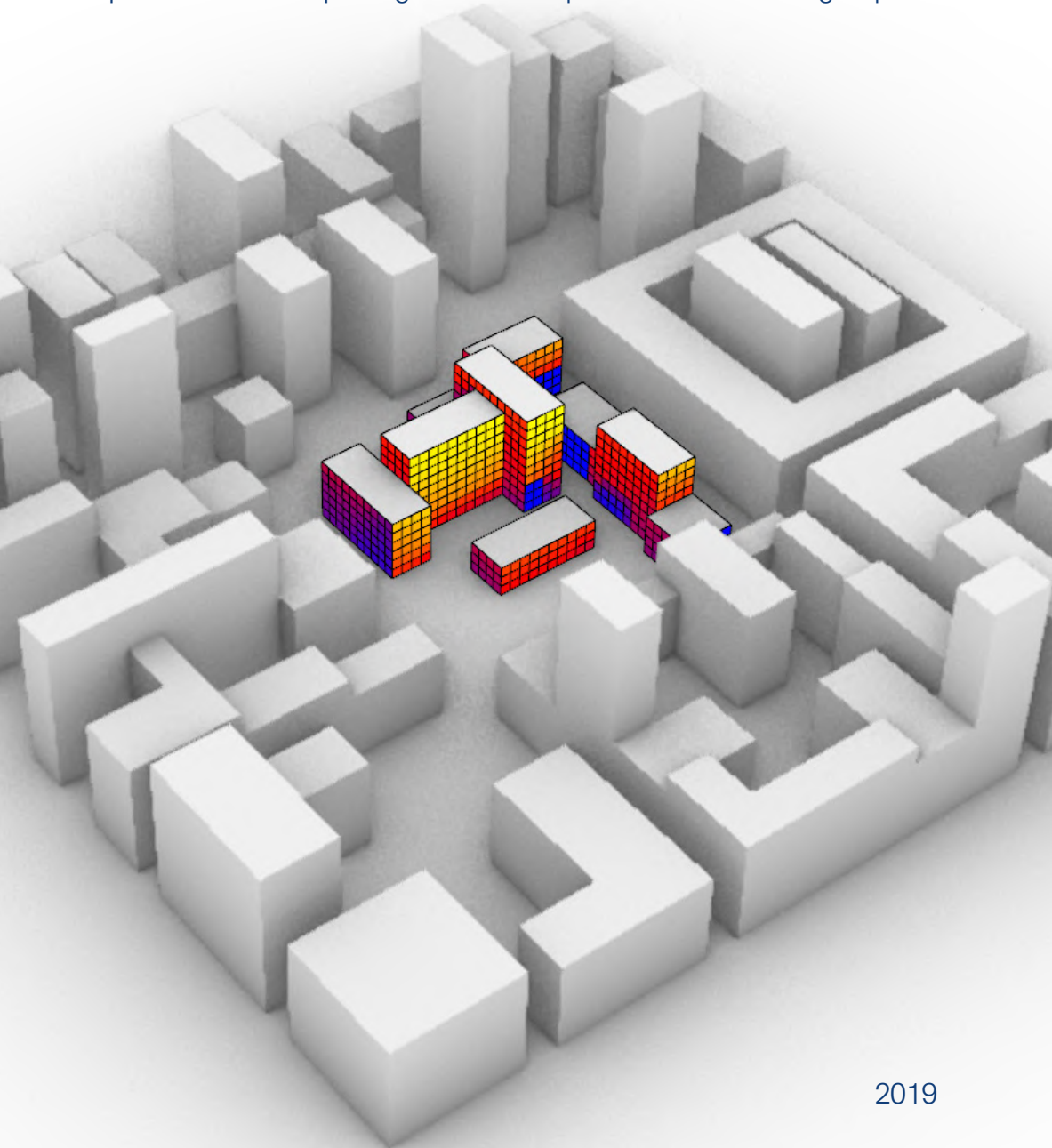


xMUSE

eXploration des Morphologies Urbaines pour la Sobriété Énergétique.

Avant-propos



Efficacity mène différents projets de recherche collaboratifs pour répondre aux enjeux de la transition énergétique de la ville.

Parmi ces enjeux, on retrouve celui de la conception de quartiers à haute performance énergétique et environnementale (QHP) qui fait l'objet d'un axe de recherche depuis 2014 au sein de l'Institut. Cet axe permet de développer des outils et méthodes à destination des acteurs de la ville pour concevoir des quartiers plus performants et plus décarbonés. On s'intéresse tant aux systèmes énergétiques (nouvelles ressources énergétiques, nouvelles technologies) et à leur architecture (réseaux de chaleur 4e voire 5e génération, smart grids...), qu'à l'environnement bâti (consommations des parcs bâtis), en développant des outils logiciels (PowerDis, MuGo...) qui visent à simuler plus finement ces systèmes complexes et leur comportement.

L'usage du paramétrique fait l'objet d'un des projets de recherche de cet axe – auquel on fait référence comme QHP3 – et s'attache à mener des travaux de recherche sur l'apport de la conception paramétrique dans l'optimisation des performances énergétiques et environnementales des îlots urbains. Cette recherche est née de la volonté de développer des méthodes systématiques permettant d'intégrer l'évaluation de la performance énergétique en phase amont de la conception de projets urbains et architecturaux.

Un premier projet, Bâtiville, mené par Efficacity, a vu le jour en 2014 et n'a cessé d'évoluer depuis.

En s'appuyant sur un retour d'expérience et sur la littérature scientifique, le travail sur l'agencement de la forme a rapidement constitué le point d'entrée pour améliorer les critères de performance énergétique des quartiers, par le biais de mesures passives.

L'apport de différentes expertises de notre équipe pluridisciplinaire a permis d'aboutir au développement d'une chaîne d'outils innovants, renommée aujourd'hui **xMUSE** :

eXploration des Morphologies Urbaines pour la Sobriété Énergétique.

1837

«On the Drawings of Figures of Cristal» est considéré comme le texte le plus ancien pour décrire un modèle 3D.



James Dana



Il est considéré comme l'initiateur de l'architecture paramétrique. Gaudí fut l'un des premiers à concevoir des hyperboles paramétriques.

Sagrada Familia



Sagrada Familia

Antoni Gaudí



Antoni Gaudí

1908

1942

Inventeur du premier ordinateur, il pose les bases de l'informatique moderne et de la programmation.



Allan Turing

1953

Les logiciels CAO - conception assistée par ordinateur - sont développés depuis les années '50 et destinés aux industries de l'aviation et de l'automobile.

Equation de G.Semper

1960



Watergate Complex

1960

Luigi Moretti est le premier architecte à parler de design paramétrique. Il conçoit le Watergate Complex, un des premiers projets conçu avec un ordinateur.



Ivan Sutherland

1962

Sutherland présente SketchPad, premier programme de dessin 3D sur ordinateur (CAO) avec une interface intuitive basée sur un crayon optique.



Douglas Engelbart

1963

Chercheur du Stanford Research Institute il présente la première souris comme interface de pointage.



The Architecture of form, Lionel March
LUFB Land Use and Built Form Studies

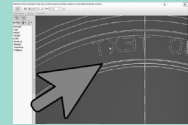
1975

1976

A pattern language, Christopher Alexander

1977

Système sigma logement



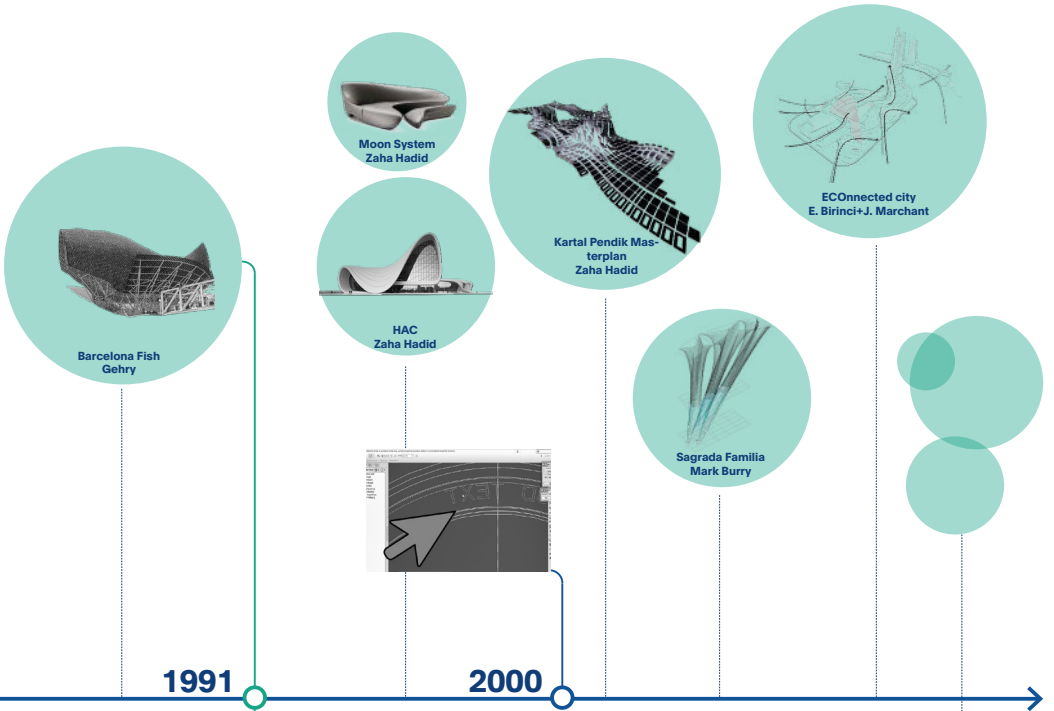
1981

Le 12 août 1981, IBM annonce l'IBM PC. Il ne s'agit pas du premier ordinateur personnel, en revanche IBM démocratise son utilisation dans les entreprises.

1988

La Parametric Technology Corporation, fondée par le mathématicien Samuel Gaisberg, réalise le premier logiciel paramétrique : ProEngineer

Naissance et évolution de l'approche computationnelle



1991

2000

Le logiciel Catia, à la base pour l'aéronautique est employé par Gehry pour le projet Barcelona Fish

La généralisation de l'ordinateur dans les écoles et les agences d'architecture s'opère doucement à partir des années 1990/2000

De plus en plus des concepteurs utilisent des logiciels paramétriques. Ces logiciels permettent de gérer des données complexes et optimiser les projets par rapport à des paramètres multicritères (matière, ensoleillement..)

Introduction

xMUSE a pour ambition d'assister les maîtrises d'œuvre urbaines et les aménageurs dans la réalisation de projets de qualité visant l'efficacité et la sobriété énergétique.

Les enjeux de performance énergétique et de confort des usagers (visuel, sonore, etc.) sont parmi les critères principaux pour définir la ville durable. S'il existe aujourd'hui de nombreux **outils numériques au service de la conception urbaine** - majoritairement dédiés à la représentation et l'analyse de données - les concepteurs de la ville sont encore mal outillés pour inclure ces nouvelles exigences de performance énergétique en phase amont des projets. Les phases préliminaires de conception sont pourtant décisives pour **garantir la performance énergétique** des projets étudiés.

xMUSE répond à ces constats, en proposant le développement d'outils d'aide à la conception d'îlots urbains. En se basant sur les approches d'**urbanisme computationnel**, et plus particulièrement sur la **conception urbaine paramétrique**, cette démarche permet d'explorer un grand nombre de morphologies de bâtiments, évaluées selon différents critères (techniques pour la plupart).

La conception paramétrique présente l'avantage de pouvoir intégrer et gérer la complexité inhérente aux projets urbains et architecturaux, et permet ainsi de proposer les solutions les plus pertinentes possible.

Cette approche est également très adaptée aux phases amont de conception, car elle permet l'exploration de plusieurs solutions de volumes.

Le processus de conception paramétrique se décline en quatre étapes interconnectées :

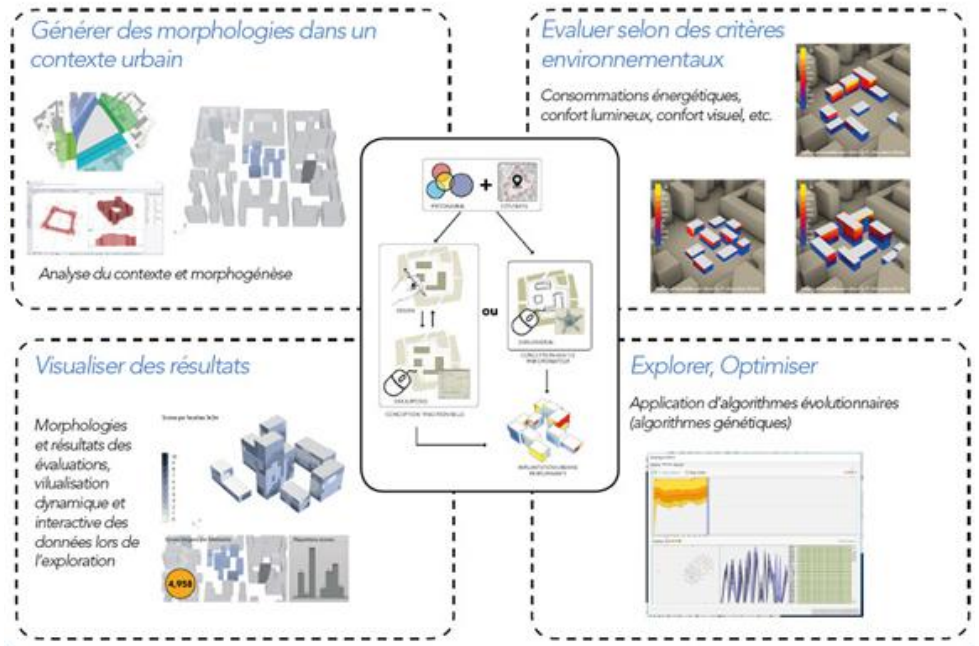
- 1/ **GÉNÉRER** — étape de génération des formes sur un espace donné ;
- 2/ **ÉVALUER** — étape d'évaluation des formes selon un ou plusieurs critères ;
- 3/ **EXPLORER** — étape d'exploration et d'optimisation des résultats ;
- 4/ **VISUALISER** — étape de visualisation.

La démarche adoptée pour le développement xMUSE s'appuie sur une approche globale et transversale du processus en abordant ces quatre étapes et leurs interactions (illustration ci-dessous).

L'objectif est ainsi d'assurer une cohérence entre chaque phase et d'aboutir à la création d'outils en adéquation avec les pratiques réelles des acteurs de la conception. Nous proposons aujourd'hui des applications sur deux échelles : **l'échelle de l'îlot** et **l'échelle de l'unité de logement**.

Les recherches et mises en œuvre des prototypes sont principalement menées sur l'environnement Rhinocéros3D (modeleur 3D) et Grasshopper (module de programmation visuel). Si les perspectives en termes de recherche et de développement sont encore nombreuses, des premiers modules sont actuellement fonctionnels et applicables sur des projets architecturaux et urbains.

MÉTHODE DE CONCEPTION URBAINE ET ENVIRONNEMENTALE PARAMÉTRIQUE



I/ GÉNÉRER des morphologies urbaines

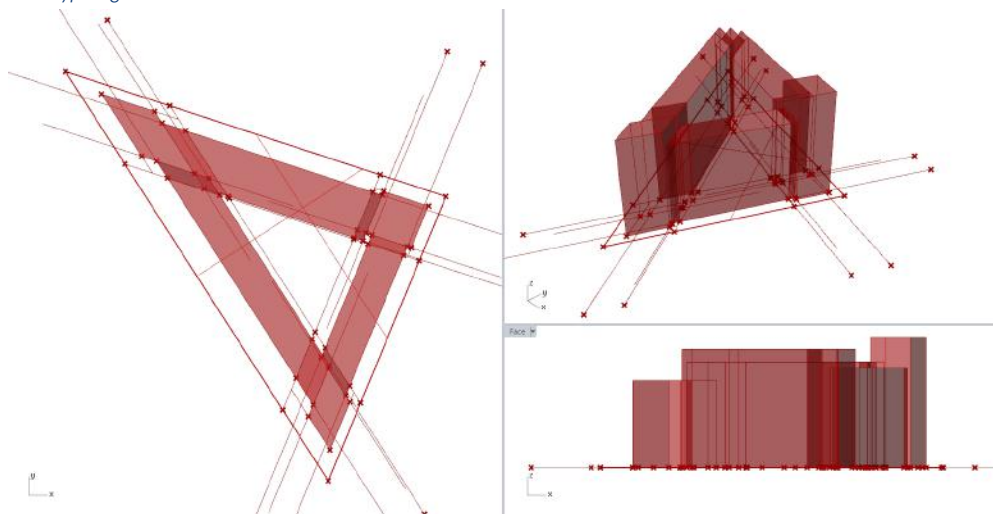
Cette étape consiste à élaborer le modèle de morphogénèse approprié aux cas d'usage des outils xMUSE, sur la base de contraintes géométriques, réglementaires, et urbaines, en cohérence avec le contexte du projet.

La première étape du processus de conception paramétrique consiste à générer des formes sur un terrain donné. Il s'agit de la **morphogénèse**.

Il existe de nombreuses méthodes de morphogénèse. La logique de génération des formes est indissociable de la phase de conception à laquelle nous travaillons, de l'échelle (pièce, habitat individuel, bâtiment, îlot, quartier, ville), et de la programmation (logements, bureaux, équipements publics). Elle dépendra par ailleurs de la complexité des formes souhaitées, des données d'entrée, du nombre de contraintes à intégrer, etc.

Un premier enjeu est donc de définir et mettre en place la méthode de morphogénèse la plus adaptée à notre problème. Nous avons adopté et développé quatre méthodes bien distinctes.

Morphogénèse par typologie - implémentation de la typologie "îlot fermé"



La première est une méthode de **morphogénèse par pénalités**. Elle permet de générer des formes simples soumises à des transformations géométriques (modification des dimensions des bâtiments, translation, rotation). Ces formes sont ensuite interrogées sur le respect de contraintes de viabilité pénalisantes.

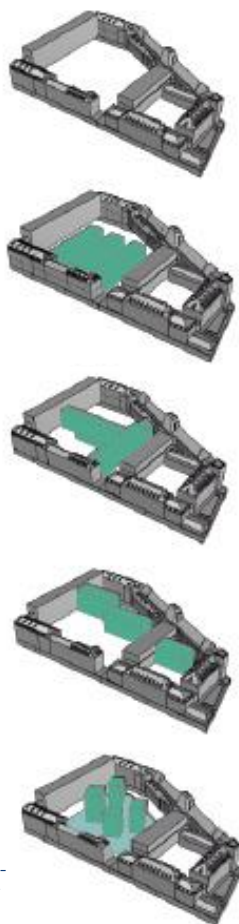
La seconde méthode correspond à une **morphogénèse par réduction de l'espace de solutions**. Cette méthode procède par placement successif des bâtiments sur un espace en s'appuyant sur un maillage orthogonal de la parcelle.

Ces deux premières méthodes sont principalement destinées à répondre à des questions de recherche.

Une méthode de **morphogénèse par typologie** est en cours de développement. Elle s'appuie sur une bibliothèque de typologies de formes (adaptables à toute configuration d'îlot). La morphologie choisie est ensuite précisée et ajustée grâce à un jeu de critères et de contraintes relatifs aux formes générées, au contexte et aux volontés conceptuelles de l'utilisateur. Cette méthode permet de comprendre le potentiel morphologique et environnemental d'un espace. Les résultats peuvent donc être envisagés pour accompagner la préparation de schémas directeurs, de fiches de lot ou de plans de contraintes d'un projet urbain.

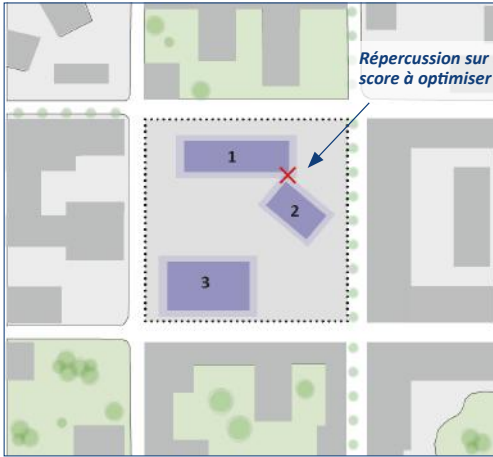
Enfin, nous avons également développé une méthode de **morphogénèse par esquisse paramétrable**. Celle-ci ne génère pas réellement de morphologie, mais permet de travailler sur une esquisse préalablement réalisée.

Le module intègre le plan et la volumétrie de référence du projet puis affecte et paramètre les transformations géométriques suivant les choix du concepteur. Les résultats de cette morphogénèse peuvent être exploités au cas par cas, comme aide à la conception de projets urbains et architecturaux en phase esquisse.



Morphogénèse par esquisse paramétrable - différentes propositions d'esquisse

MORPHOGÉNÈSE PAR PÉNALITÉS

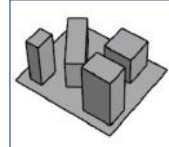
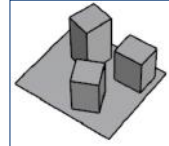
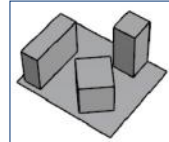
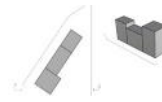


Répercussion sur un score à optimiser

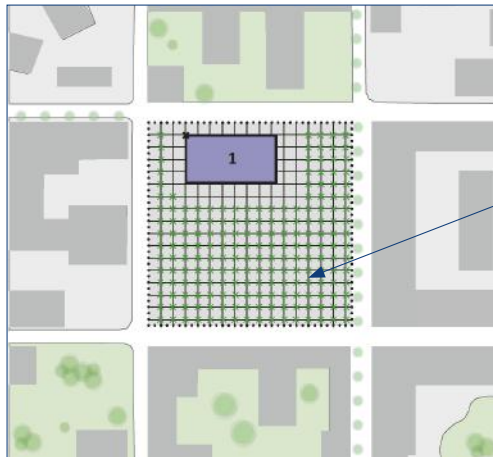
Nombre de bâtiments et volume à construire



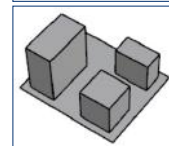
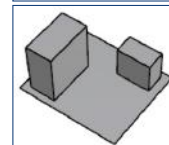
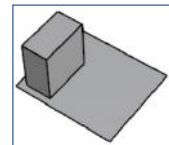
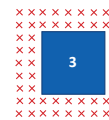
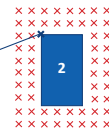
Contraintes réglementaires



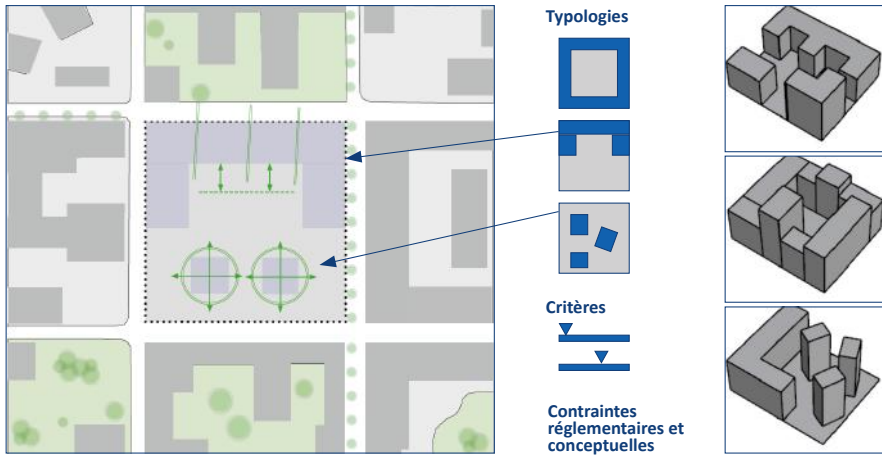
MORPHOGÉNÈSE PAR RÉDUCTION DE L'ESPACE DE SOLUTIONS



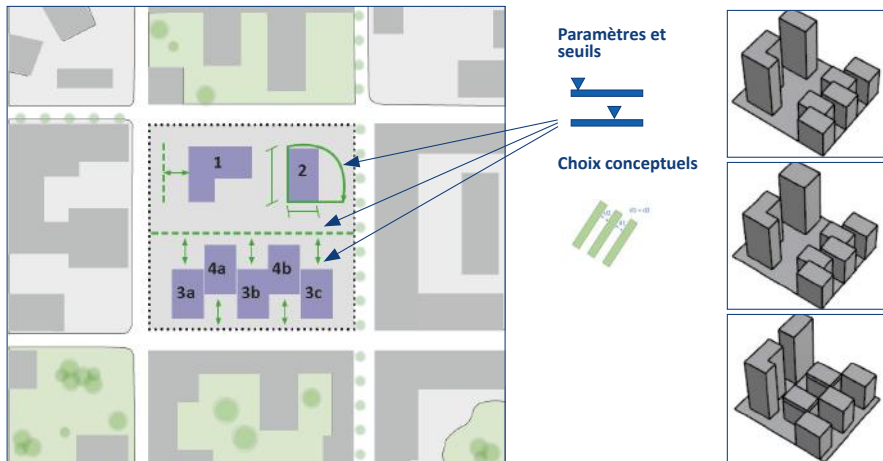
Liste de bâtiments à placer et emprises inconstructibles associées
- Recherche du placement du point d'ancrage approprié



MORPHOGENÈSE PAR TYPOLOGIES



MORPHOGENÈSE PAR ESQUISSES PARAMÉTRABLES



Dans la conception traditionnelle, la morphologie du cadre bâti est indissociable de son contexte urbain immédiat.

Celui-ci contraint la forme pour des raisons réglementaires, constructives, fonctionnelles, topographiques, esthétiques et de rentabilité.

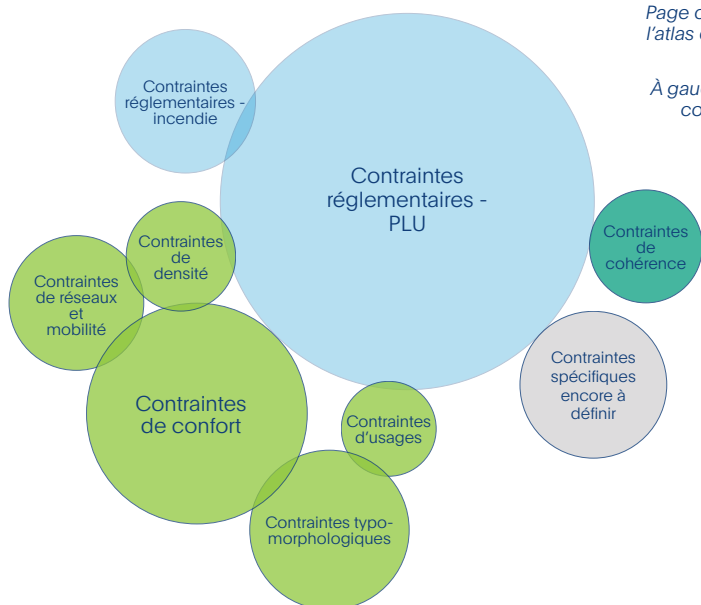
Des contraintes géométriques doivent pouvoir être intégrées à la morphogénèse, et paramétrables en fonction des cas d'études. Ainsi, un module de lecture et d'intégration du contexte et un travail de définition et d'implémentation des contraintes sont intégrés aux modèles de génération de formes urbaines.

Dans cette optique, un **atlas d'îlots urbains de référence** a été réalisé (voir extrait page ci-contre). Il s'agit d'une étude de trente îlots urbains construits en France, en construction, ou en projet.

Cet atlas a permis de définir scientifiquement les **règles expertes ayant un impact direct sur les choix morphologiques** et programmatiques de la conception de l'îlot.

Ces règles ont pu être traduites en contraintes afin d'être intégrées aux modèles de morphogénèse. Un outil de lecture et d'information du contexte doit permettre d'alimenter l'outil et ainsi d'appliquer ces contraintes en adéquation avec l'environnement immédiat de l'espace étudié.

Cette étape est particulièrement importante puisqu'elle permet d'assurer une pertinence des solutions xMUSE proposées pour les problématiques opérationnelles rencontrées sur le terrain.



Page ci-contre : extrait de l'atlas de référence d'îlots urbains

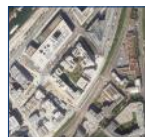
À gauche : typologies de contraintes identifiées

**Port
Marianne**
Montpellier

**ZAC Séguin
Rives de
Seine -
Boulogne
Billancourt**

**ZAC de la
fraternité -
Montreuil**

**ZAC Bord de
Seine -
Issy les
Moulineaux**



**Photographie
aérienne**

© géoportail.gouv.fr

Parcellaire

© géoportail.gouv.fr

Plan masse

- Bâtiments
- Espaces verts / végétalisés
- Cours d'eau, plans d'eau

Emprise bâtie

- Espace bâti
- Espace libre

Epannelage

Le nombre de niveaux est inscrit sur chaque élément bâtis : R+n

Trame viaire

- Cheminement
- Coupure dans le déplacement

**Programmation
Composition urbaine**

- Logements
- Bureaux
- Commerces
- Equipements et activités
- Espaces verts

Codification des rues

- Ces zones colorées identifient les rues encadrant l'îlot.
- A chaque rue est attribuée une couleur et un code généré grâce à la grille de lecture des rues.

**Positionnement de l'îlot
vis-à-vis d'éléments
remarquables**

Chaque élément remarquable (positif et négatif) est inscrit en toute lettre sur sa position géographique par rapport à l'îlot.

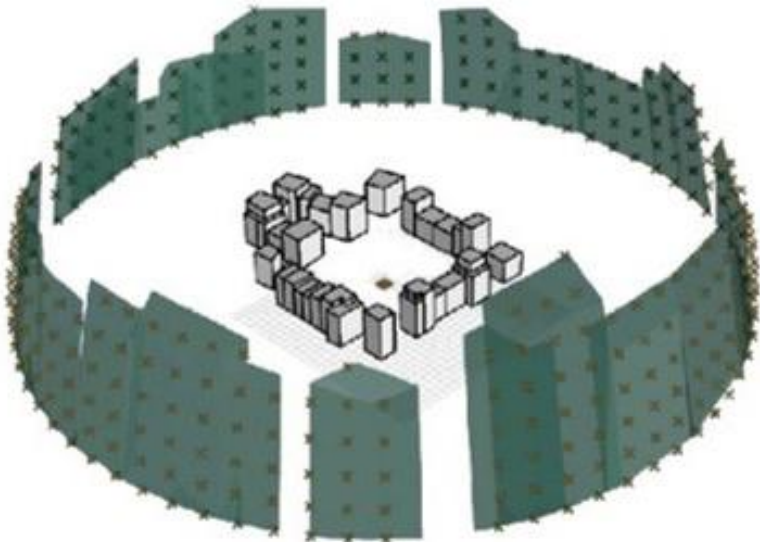
II/ ÉVALUER les performances environnementales

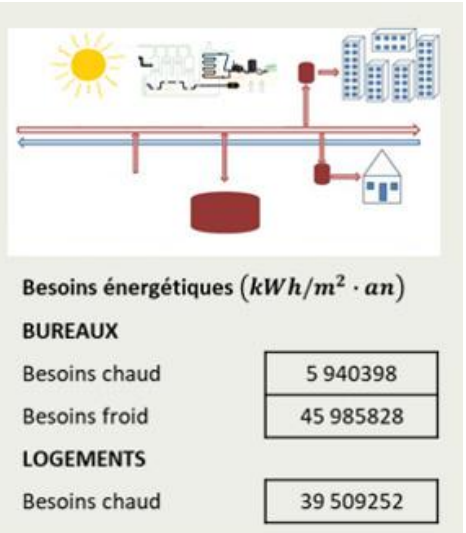
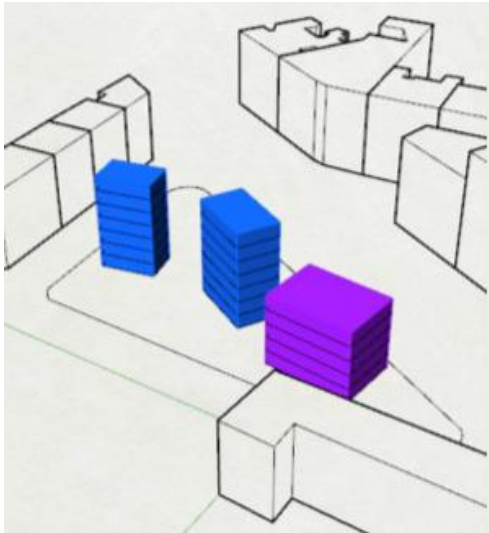
Les morphologies urbaines préalablement générées sont évaluées selon des critères de performance énergétique, de qualité et de confort des espaces.

Dans le cadre de ce projet de recherche, nous visons l'optimisation des formes urbaines sur des critères de performance environnementale. Dans cette optique, nous cherchons tout d'abord à **évaluer et minimiser les besoins énergétiques**.

Quel que soit l'objectif du critère d'évaluation, la méthode de calcul employée doit être « réactive ». Les phases amont de conception sont des phases d'exploration où de nombreuses propositions nécessitent d'être approfondies. Plus la morphogénèse produit de formes, plus l'évaluation devra être rapide afin d'obtenir des résultats dans une temporalité jugée acceptable.

Illustration de la méthode de lancer de rayons pour la récupération des masques solaires





Prédiction des besoins énergétiques des bâtiments à l'échelle de l'ilot

Aujourd'hui, une évaluation des besoins énergétiques employant un chaînage avec un outil de simulation est trop chronophage. Le recours à des **métamodèles** est donc la meilleure option pour obtenir des résultats dans des délais relativement courts.

Le projet de recherche a conduit au développement d'un premier métamodèle fonctionnel sur des formes simples. Ces dernières sont ainsi **évaluées par le prisme des besoins énergétiques** (chaud, froid et éclairage), en fonction de l'**usage** (logements ou bureaux). Cette évaluation est faite sur la base de l'analyse statistique de milliers de **simulations thermiques dynamiques** (STD) effectuées par l'équipe de recherche pour différentes formes, orientations et expositions de bâtiment, avec des scénarios standards d'occupation et de performance thermique de l'enveloppe. Les corrélations entre la forme, l'usage et l'exposition permettent de déterminer les besoins thermiques, quels que soient la configuration morphologique à évaluer et l'environnement urbain immédiat.

Nos recherches permettent aujourd'hui de faire évoluer la méthode d'évaluation vers un deuxième métamodèle, plus flexible, intégrant des formes plus complexes.

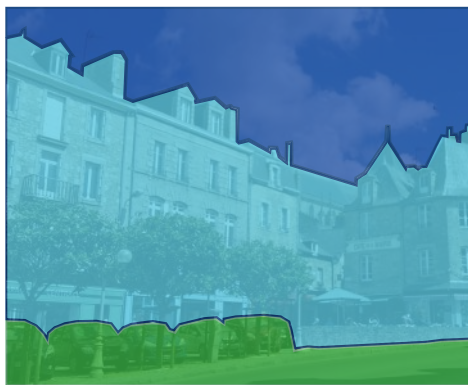
Les modèles simplifiés d'évaluation, dont il est question ici, entraînent une perte de précision des résultats. La phase de conception visée et l'échelle du projet sont déterminantes pour identifier la méthode permettant le meilleur compromis entre temps de calcul et précision des résultats. La conception en phase amont implique un manque d'informations relatives au projet. Ainsi, à ce stade, beaucoup d'éléments n'ont pas été interrogés comme la matérialité, la proportion de surface vitrée, la qualité des sols, la couleur des murs et des façades. Il est donc nécessaire de faire des **hypothèses sur certains paramètres** qui seront probablement voués à évoluer et à remettre en question la valeur des résultats, voire l'approche conceptuelle.

Outre l'évaluation des besoins énergétiques, la chaîne d'outils xMUSE intègre l'évaluation de critères de confort des espaces intérieurs. Plusieurs retours d'expérience collectés par l'équipe auprès de la communauté professionnelle mettent en évidence que d'autres critères, tel que le confort des espaces, influencent les choix d'agencements spatiaux. L'élaboration de l'atlas de références a appuyé ce constat en montrant qu'au moins un critère de confort, le plus souvent celui des espaces intérieurs, a déterminé le choix de la morphologie urbaine.

Nous proposons donc de procéder à une **évaluation multicritères**, intégrant au besoin, des critères de **confort lumineux, visuels et acoustiques**. Le confort lumineux est actuellement évalué dans le projet grâce à des modules existants et performants dans l'environnement Grasshopper. Concernant le confort visuel, un prototype fonctionnel permet d'évaluer la proportion de ciel/paysage/sol vus depuis un élément de façade. Il permet ainsi de déterminer le potentiel « visuel » pour chaque bâtiment. Ici encore, dans l'évaluation des critères de confort, un compromis doit être fixé entre temps de calcul et niveau de précision souhaité. L'évaluation du confort acoustique fait partie de nos travaux de recherche en cours.



© google street view



Décomposition d'une vue en niveaux de ciel, paysage et sol

Évaluation de l'éclairage naturel
extérieur avec l'outil "radiance"
(couplage des plug-ins Ladybug
et Honeybee)

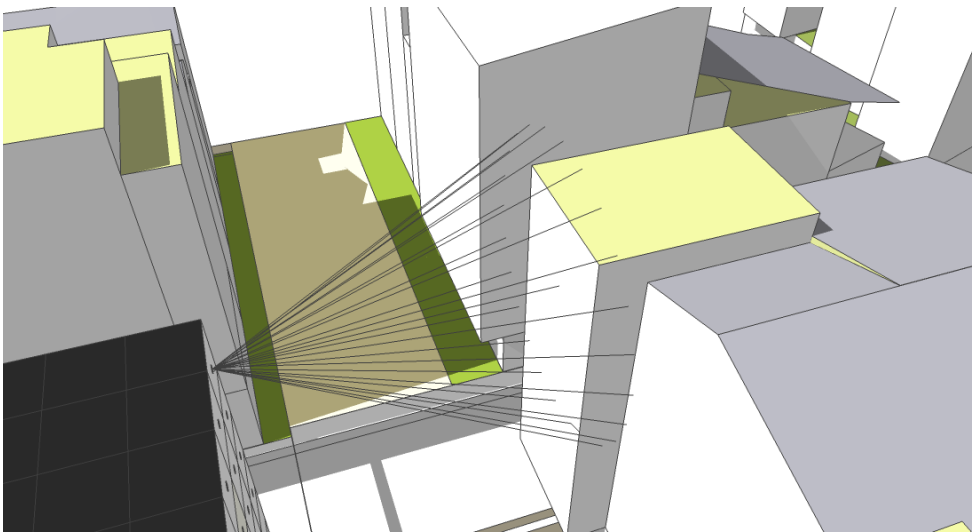
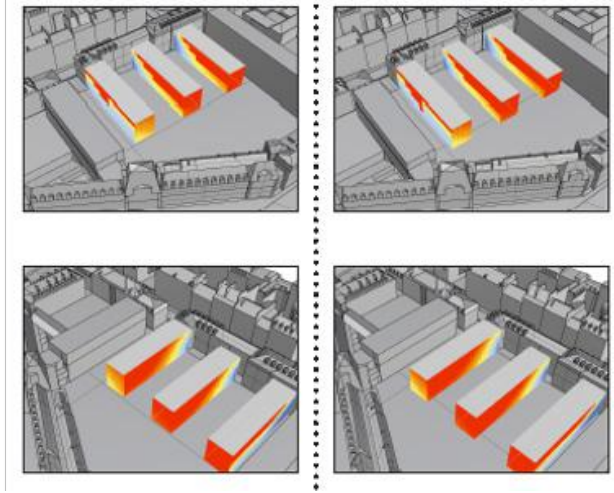
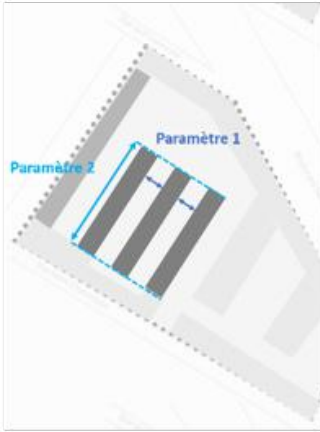


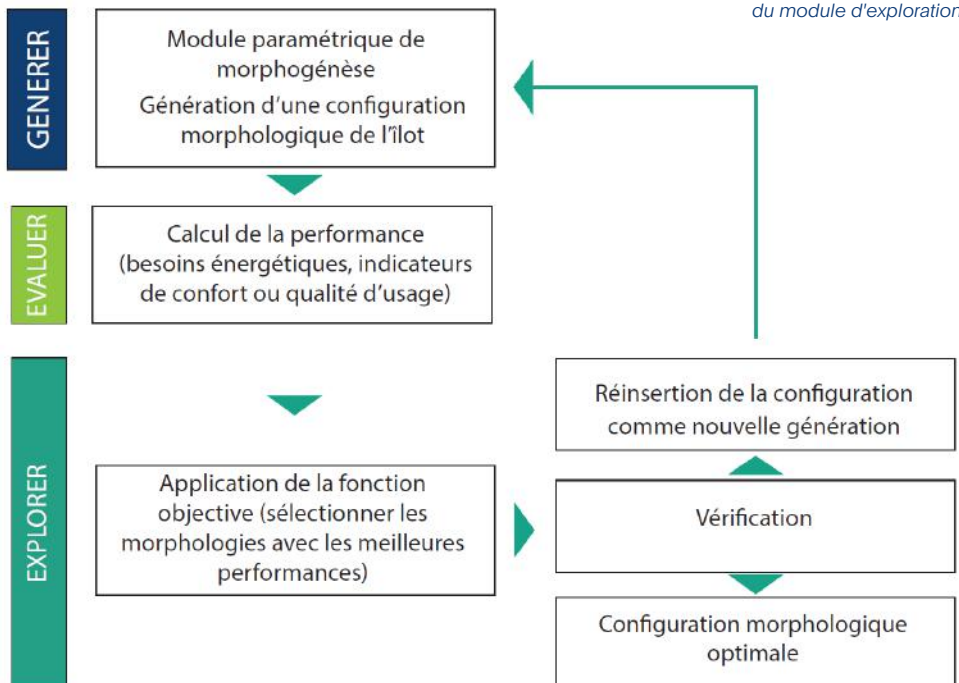
Illustration de lancer de rayons
depuis un élément de façade pour
l'évaluation de la vue

III/ EXPLORER et optimiser la morphologie urbaine

L'étape d'exploration et d'optimisation des formes générées, au regard de l'évaluation des critères choisis, se concentre sur l'élaboration de la méthode algorithmique la plus pertinente.

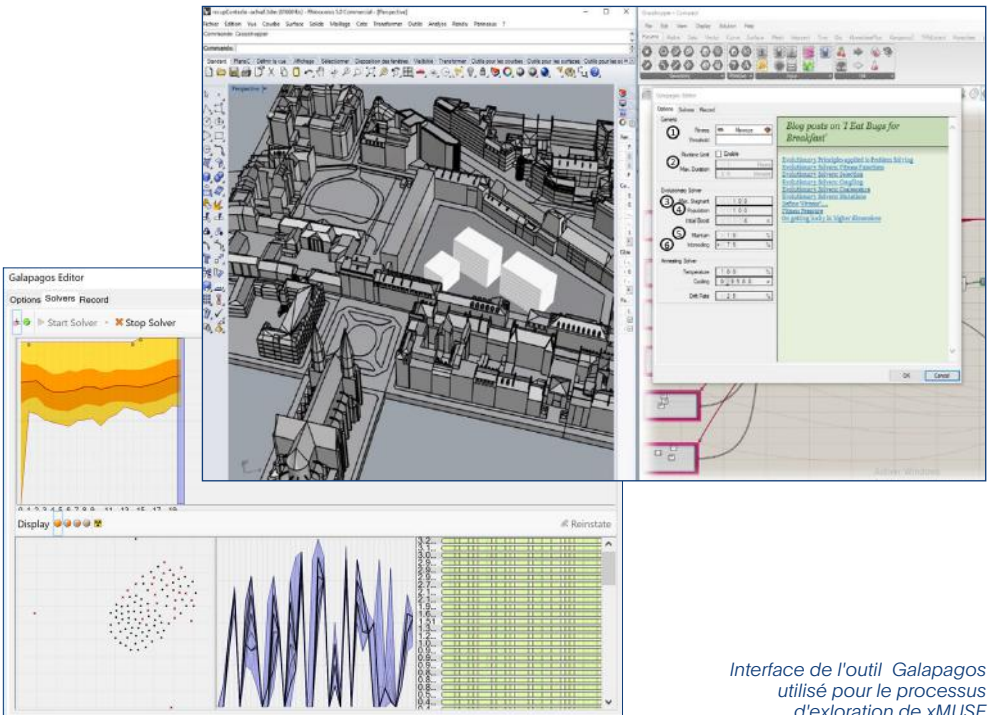
L'objectif de tout modèle paramétrique est de trouver des solutions pertinentes à un problème donné. Cette phase d'exploration et d'optimisation constitue une étape-clé du processus de conception paramétrique. Il s'agit donc d'explorer un champ des possibles qui convergent vers des solutions respectant des critères de différentes natures, et parfois contradictoires.

Schéma de principe du module d'exploration



Les phases amont des projets de conception ne nécessitent pas de grande précision géométrique. Il s'agit plutôt ici de s'orienter vers une méthode d'optimisation permettant l'exploration d'un large espace de solutions (agencement spatial des volumes), tout en intégrant un jeu complexe de contraintes et de fonctions d'évaluation. Une revue de la littérature scientifique nous a permis d'identifier les **algorithmes génétiques** comme étant les plus pertinents face aux caractéristiques et à la complexité de ce type de problème. Nous nous sommes donc dirigés vers **ces algorithmes, dits évolutionnaires**, pour mener nos explorations.

Des logiciels de modélisation 3D, tels que Revit ou Rhinocéros, ont d'ores et déjà intégré des solvers d'optimisation (Optimo, Galapagos, Goat, etc.) à leur environnement de programmation visuel (Dynamo, Grasshopper). Nous nous appuyons actuellement sur ces solutions pour mener nos recherches. Ces modules présentent cependant des limites en termes de paramétrage et d'interactivité. Des recherches sont actuellement engagées pour l'élaboration d'un moteur d'optimisation, flexible, propre à l'étude des morphologies de bâti à l'échelle urbaine.



Interface de l'outil Galapagos utilisé pour le processus d'exploration de xMUSE

IV/ VISUALISER

les données techniques

La complexité du processus de conception paramétrique, associée au volume et à la diversité de données produites par xMUSE nous conduit à mener une réflexion sur la visualisation.

La visualisation des données d'entrée et des résultats est un point crucial pour tout outil logiciel. Cette phase du processus de conception paramétrique présente deux enjeux principaux. Le premier concerne l'accessibilité et la compréhension interdisciplinaire de données techniques issues de l'exploration morphologique. Le second enjeu porte sur la création d'une interface dynamique et interactive de la chaîne d'outils xMUSE.

L'interdisciplinarité, inhérente au projet urbain, pose la question de la création d'un langage visuel commun. Pour les concepteurs (architectes, urbanistes, designers) l'image sous ses différentes formes joue un rôle-clé dans les mécanismes de conception. Le besoin de développer une culture visuelle transdisciplinaire sur des questions énergétiques et environnementales,

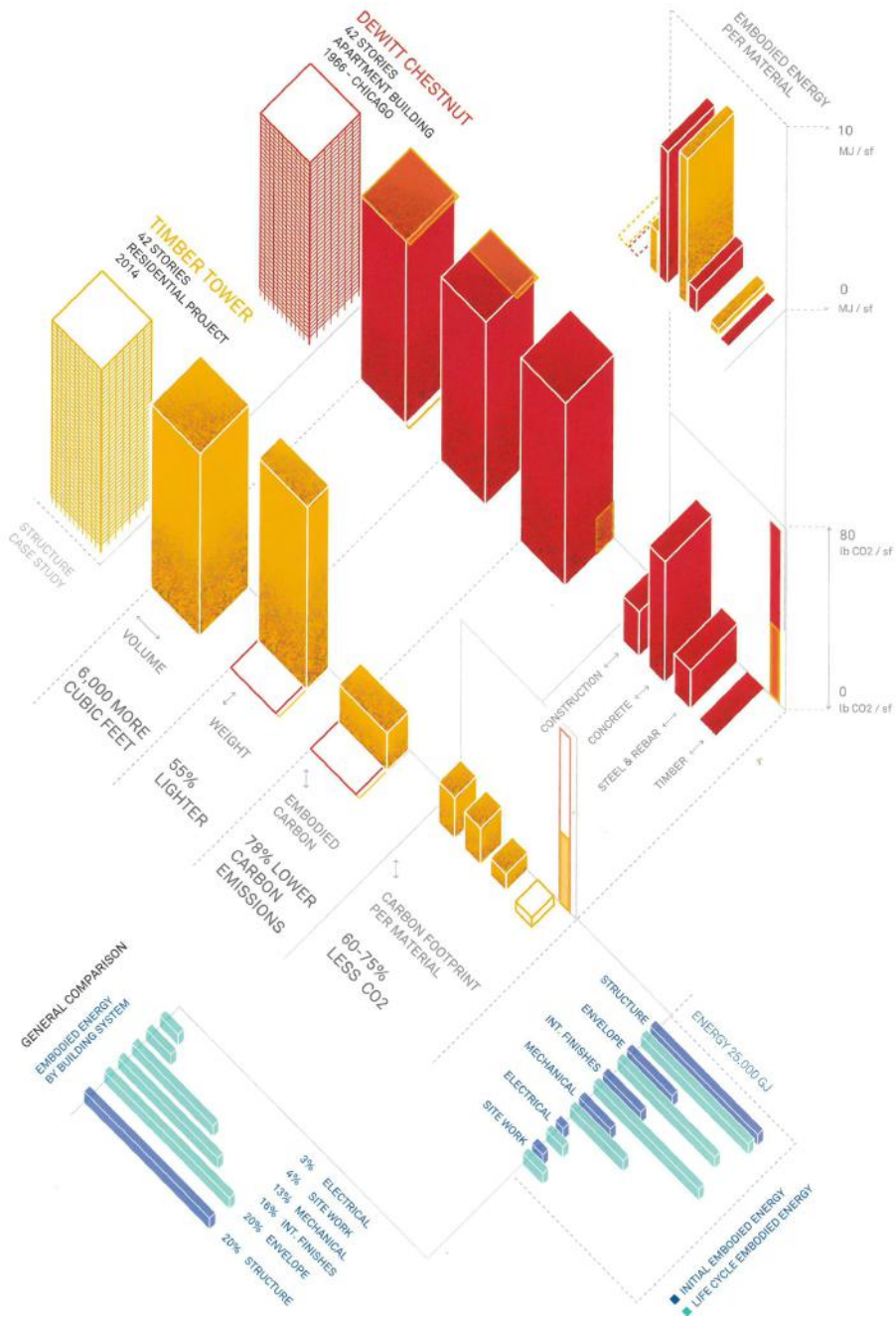
appliquée au processus de conception, toutes échelles confondues, semble évident. Par ailleurs, la capacité de visualiser un ensemble de résultats peut contribuer à fluidifier le processus de prise de décision dans un projet. Une visualisation pertinente et efficace doit ainsi permettre de mettre en lumière des informations en apparence complexes. A ce titre, un travail de recherche sur les méthodes et les outils de visualisation de données hétérogènes, techniques et complexes est actuellement en cours.

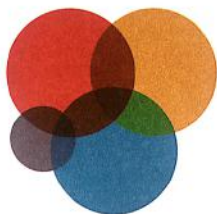
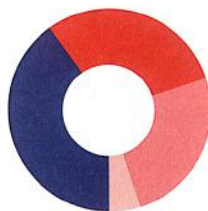
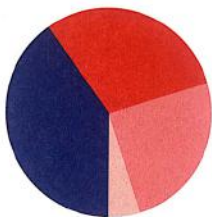
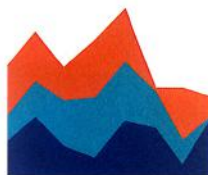
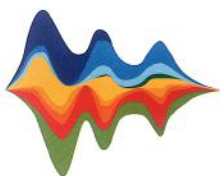
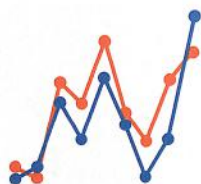
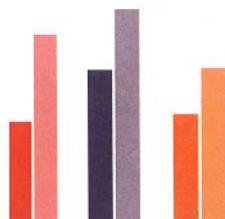
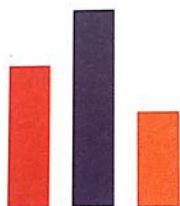
En architecture et urbanisme, nous nous confrontons aujourd'hui à des déroulements de projet où les contraintes réglementaires et performancielles décrivent des enchaînements non linéaires. Les outils paramétriques permettent de maîtriser les contraintes à travers des processus interactifs, en les assimilant à des éléments structurants. Les itérations successives, ainsi que l'ensemble des familles de paramètres, doivent être inclus et traités dans un tableau de bord commun, qui permettra de simplifier l'usage de cet outil complexe. Il s'agit donc, dans cette phase de visualisation, de travailler à l'élaboration d'une interface ergonomique et interactive.

Celle-ci ne doit pas seulement condenser un grand volume d'informations, mais également les traduire visuellement. Elle doit également illustrer les différences entre plusieurs générations de solutions, mettre en évidence des choix pertinents et permettre la variation d'un ou plusieurs paramètres dans un espace multidimensionnel. Cet environnement numérique doit permettre d'intégrer et rendre exploitable les résultats issus des outils xMUSE dans le cadre d'un processus décisionnel.

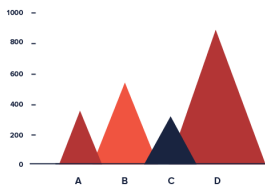
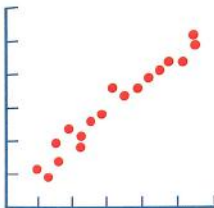
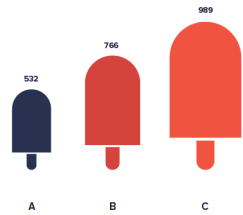
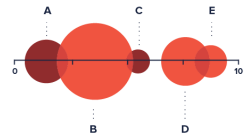
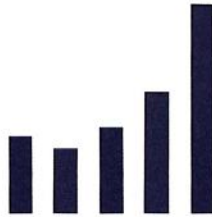
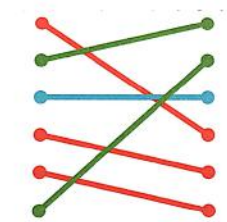
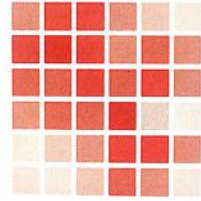
Analyse comparative d'une nouvelle tour en bois et d'une tour structure béton/acier, du point de vue de l'énergie grise et de l'empreinte carbone.

Source : Embodied Energy and Design : making architecture between metrics and narratives.





+ COMPARER



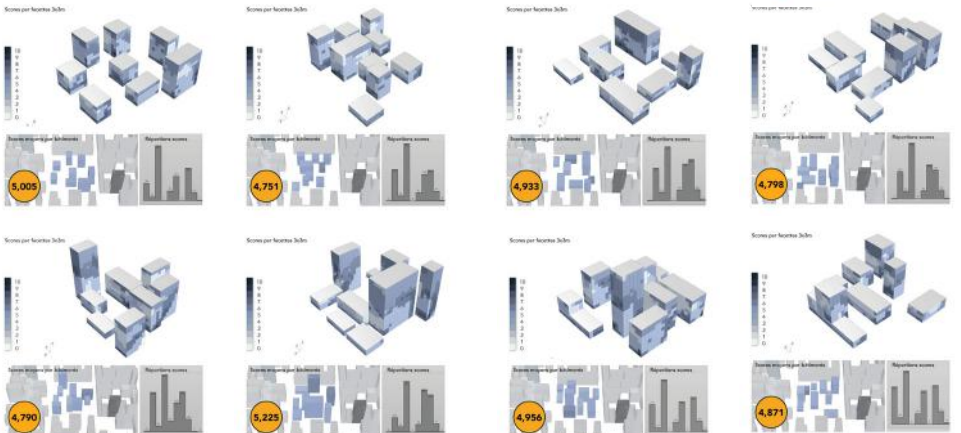
V/ APPLICATIONS multi-échelles

xMUSE propose deux types d'applications à deux échelles distinctes :

l'OPTI-MORPHO, permettant d'explorer des morphologies urbaines à l'échelle de l'îlot ; le **MASC**, consistant à générer des esquisses fonctionnelles à l'échelle de l'unité de logement.

Cette recherche sur la conception urbaine paramétrique se concrétise par l'élaboration d'outils innovants. Le projet xMUSE a pour le moment conduit au développement de deux outils, permettant d'aborder la conception à deux échelles différentes : l'**OPTI-MORPHO** qui explore les morphologies à l'échelle de l'îlot, et le **MASC** travaillant sur les esquisses à l'échelle de l'appartement. Ces deux outils peuvent être utilisés en chaînage ou de manière indépendante. En effet, cette chaîne d'outils numériques, multi-échelle, est pensée de manière à être itérative.

Résultats d'évaluation de la VUE sur différentes morphologies

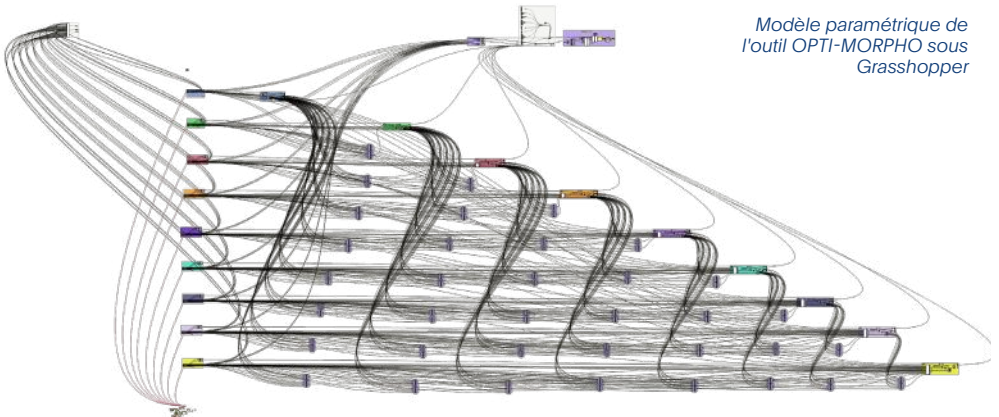


OPTI MORPHO

Le premier outil, appelé OPTI-MORPHO permet l'exploration et l'évaluation de formes urbaines à l'échelle de l'îlot urbain. Cette échelle a été choisie afin de faciliter l'intégration de contraintes urbaines pertinentes et déterminantes dans l'agencement spatial et la répartition des programmes et de s'affranchir d'autres préoccupations plus complexes sans répercussions sur l'esquisse à générer. Il s'agit donc d'une échelle très adaptée pour le développement des méthodes et prototypes. Dans le cadre d'une application opérationnelle de l'outil, une échelle plus large (quartier, ZAC) peut être envisagée, en répliquant cette approche.

Le cheminement de l'outil suit globalement le processus de conception paramétrique comme il a été présenté précédemment. Un premier travail consiste à recueillir les plans et volumétries du contexte immédiat de l'îlot concerné par l'étude, les contraintes réglementaires, les volontés conceptuelles et urbaines associées au projet et les critères à optimiser.

Ces informations et documents vont constituer les données d'entrée de l'outil. A ce stade, un premier module s'attache à l'élaboration d'un modèle génératif sur la base d'une méthode de morphogénèse choisie (par typologie ou par paramétrisation d'esquisse). L'ensemble des contraintes déterminées en entrée du processus seront intégrées par ce modèle. En plus des contraintes réglementaires, urbaines, et conceptuelles, des contraintes de viabilité sont intégrées de manière à éliminer toute solution aberrante. Ce modèle est ensuite associé au(x) module(s) d'évaluation du (ou des) critère(s) spécifié(s) : évaluation des besoins énergétiques, du confort lumineux et du confort visuel par exemple. Chaque critère fait l'objet d'un modèle d'évaluation spécifique. Le module d'optimisation s'appuie ensuite sur les deux premiers afin de lancer l'exploration de formes. Chaque configuration morphologique générée est évaluée au regard des critères d'évaluation. Les morphologies présentant les résultats d'évaluation les plus satisfaisants sont alors identifiées et mises en visibilité.



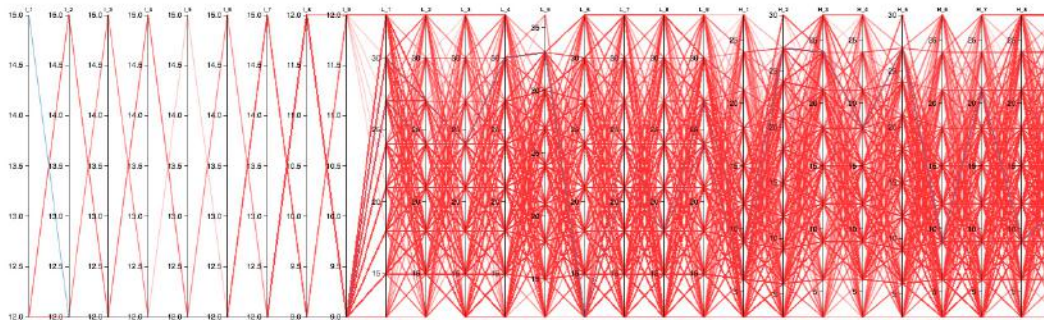
Modèle paramétrique de l'outil OPTI-MORPHO sous Grasshopper

EXPLORATION ET ÉVALUATION DE MORPHOLOGIES URBAINES SUR UN ÎLOT AVEC L'OUTIL DESIGN EXPLORER

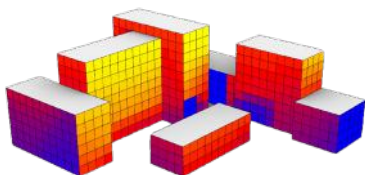
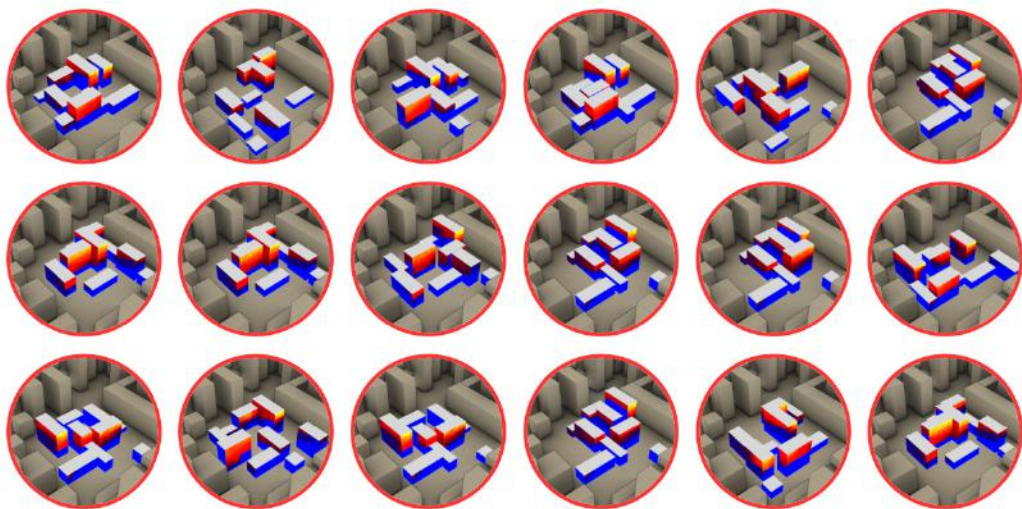
Design Explorer

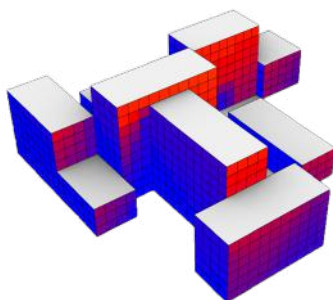
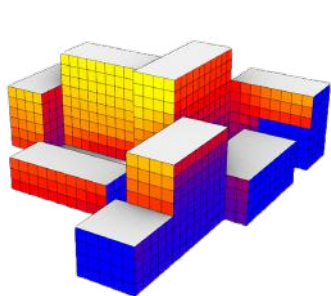
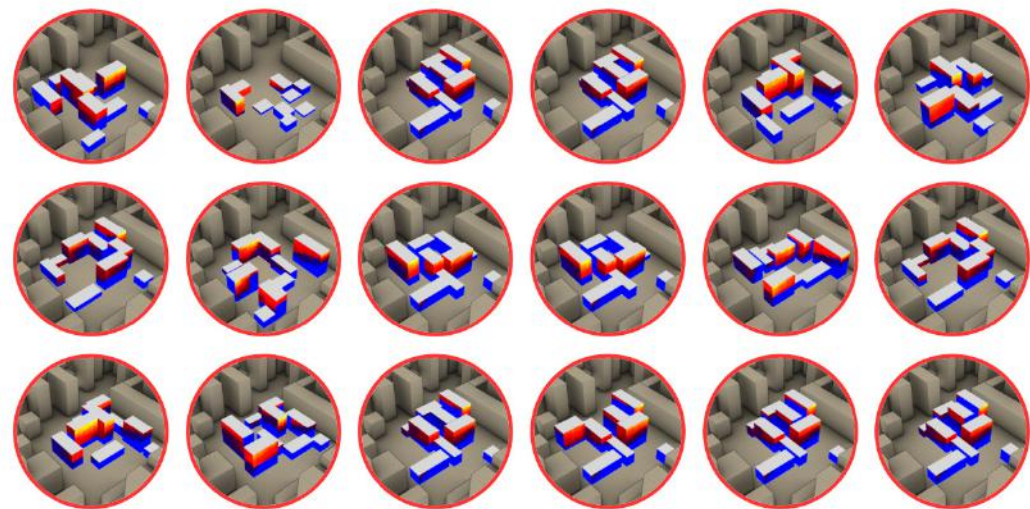
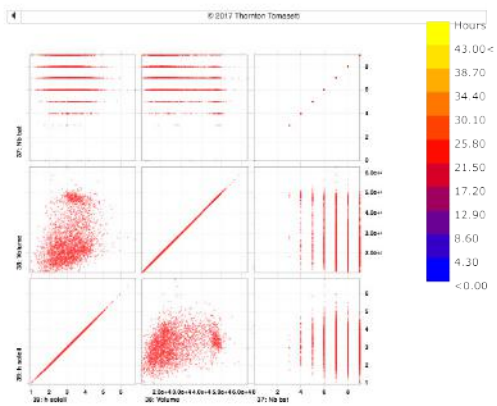
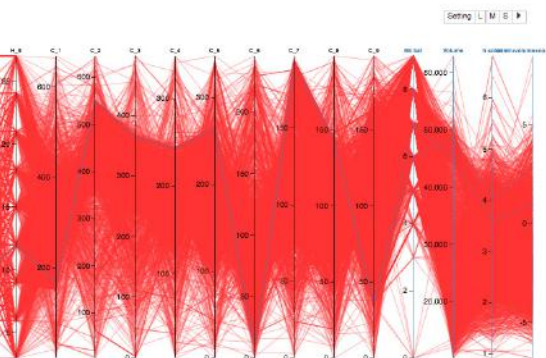
Grid Data

Reset Selection | Exclude Selection | Zoom to Selection | Save Selection to File | My Status Link | Tutorial | Services | Info



Sort by:





MASC

Le générateur d'esquisses fonctionnelles ou MASC est un prototype d'outil qui permet d'esquisser numériquement et rapidement, sans chercher une réelle précision géométrique, des agencements d'espaces de logements.

Le MASC se décompose en deux moteurs d'allocation spatiale sous contraintes, de manière à éviter l'explosion combinatoire.

Le premier programme permet de générer des plans, il s'agit donc d'un MASC en deux dimensions. Il gère des contraintes horizontales et ne fait pas d'optimisation. Il cherche à générer le maximum de solutions dans un temps imparti.

Ces solutions seront ensuite agencées dans une forme bâtie figée (éventuellement issue de l'OPTI-MORPHO). Pour cela, elles sont dimensionnées autour d'un espace de circulation déterminé préalablement. Tous ces espaces respectent des contraintes de viabilité permettant d'assurer une qualité spatiale minimale et les réglementations en vigueur.

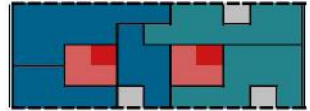
Matrice d'adjacence et de répulsion des pièces d'un logement

	CIRCULATION HORIZONTALE	ENTREE	ARTICULATION	CUISINE	SALON	CHAMBRE	DOUBLE HAUTEUR	SALLE DE BAIN	LOGGIA	TERRASSE	BALCON			
	H	E	A	M	S	C	D	L	L	T	B			
CIRCULATION HORIZONTALE	H	3	0	3	0	-2	0	2	-3	-3	-3			
ENTREE	E		0	2	0	0	0	2	-1	-1	-1			
ARTICULATION	A			-2	0	0	0	0	-2	-2	-2			
CUISINE	M					3	-3	0	2	1	1			
SALON	S						3	0	0	-3	3			
CHAMBRE	C							-1	0	3	2			
DOUBLE HAUTEUR	D									0	-3			
SALLE DE BAIN	L										3			
												0		
													0	
														0

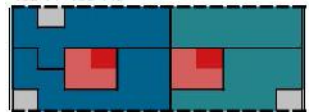
Le second programme permet de générer des agencements d'appartements sur un îlot complet à partir des solutions 2D générées dans le premier programme. Ce prototype doit intégrer des fonctions ou critères d'optimisation pour générer des résultats, car le nombre de solutions est trop grand pour informer l'utilisateur de l'ensemble des résultats. Il fonctionne en deux temps. Un premier qui permet d'assembler les étages et un second pour disposer les pièces correspondant aux différents usages de l'habiter dans chaque logement en vérifiant que les contraintes de viabilité verticales sont bien respectées (circulations et superposition des pièces d'eau).

Résultats du générateur de solutions en 2D du MASC

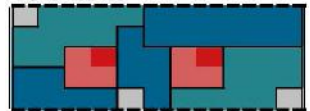
solution n 15
T5 T4L T5L T4L



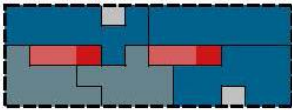
solution n 16
T5L T4 T5L T4L



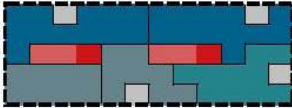
solution n 17
T4L T5 T5L T4L



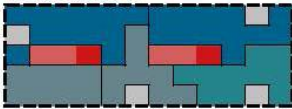
T5L T5 T3 T3L T5L



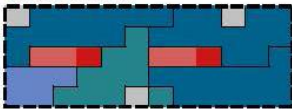
solution n 31
T5L T5L T3L T4L T3



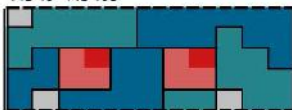
solution n 32
T5L T5L T3L T4L T3



solution n 33
T5L T5L T4L T5 T2



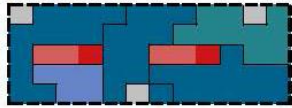
T4L T5 T4L T5L



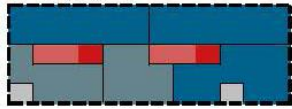
solution n 8
T5L T4 T4L T5L



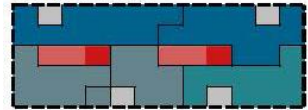
solution n 35
T5L T5L T4L T5 T2



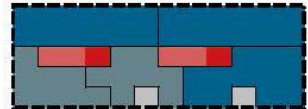
solution n 36
T5 T5 T3L T3 T5L



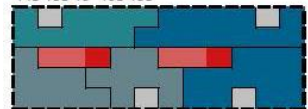
T5L T5L T3 T3L T4L



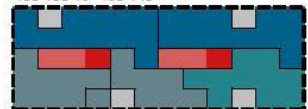
solution n 40
T5 T5 T3 T3L T5L



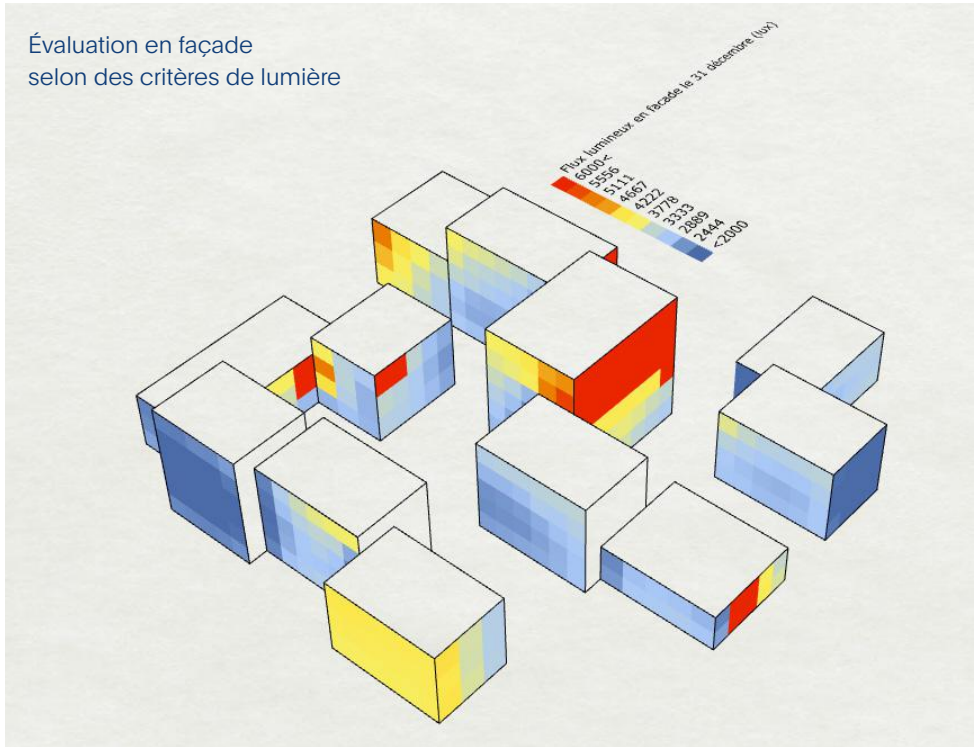
solution n 41
T4L T5L T3 T3L T5L



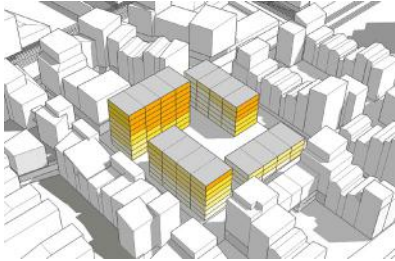
solution n 42
T5L T5L T3 T3L T4L



Évaluation en façade
selon des critères de lumière



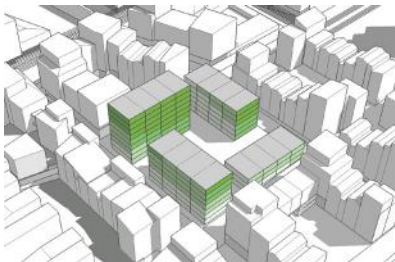
Évaluation selon des critères de LUMIÈRE



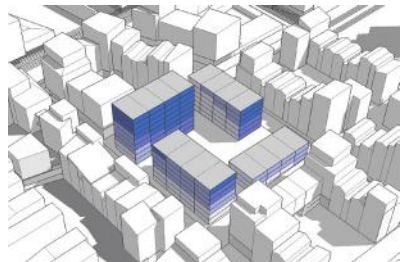
Évaluation selon des critères de BRUIT



Évaluation selon des critères de VENT



Évaluation selon des critères de VUE

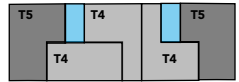


Application de l'outil MASC au projet architectural



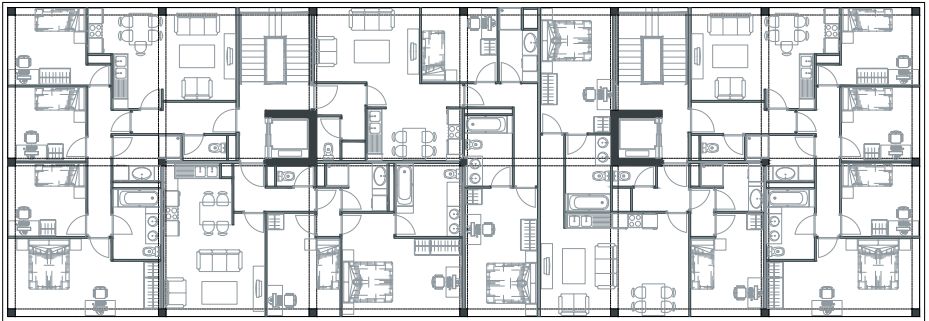
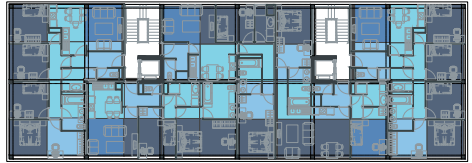
TESTS DES SORTIES DU MASC

De la solution numérique à la solution architecturale



T4 = 1 [dark blue] + 1 [medium blue] + 3 [light blue] + 3 [very light blue]

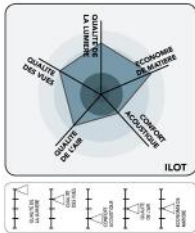
T5 = 1 [dark blue] + 2 [medium blue] + 4 [light blue] + 3 [very light blue]



Plan d'étage au 1/100

Application des critères d'optimisation dans l'outil MASC

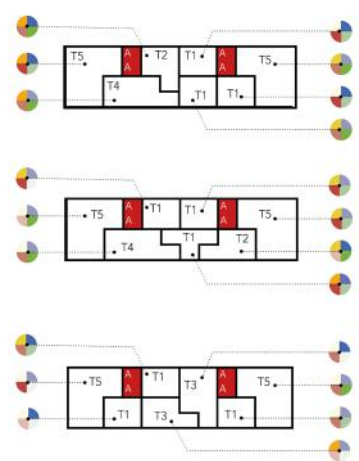
CRITERE D'OPTIMISATION: Max de lumière



- QUANTITE DE LA LUMIERE** 5
Maximiser l'exposition des cubes en évitant les typologies
Minimiser la proportion de cubes en cubes en moduleux pour
Système des valeurs des caractéristiques EPS
- QUALITE DES VUES** 4
Maximiser les vues des caractéristiques de qualité des vues
Maximiser l'ouverture au ciel
- COMFORT ACOUSTIQUE** 2
Minimiser le nombre d'appartements voisins
Améliorer l'isolation acoustique
Minimiser le nombre de murs extérieurs
- QUALITE DE L'AIR** 3
Maximiser le nombre de traversants
Maximiser les prises d'air en façade latérale
Maximiser les équipements mécanisés sur la ventilation
- ECONOMIE DE MATERIE** 3
Minimiser le nombre de parties communes
Minimiser le nombre de cubes "habitatés"
Minimiser le nombre d'axes de la lumière
Maximiser l'adhérence des cubes au programme

PERFORMANCES LOCAUX: BATIMENT 1

- QUALITE DE LA LUMIERE**
supérieure (jaune)
satisfaisante (orange)
inférieure (rouge)
- QUALITE DES VUES**
supérieure (bleu foncé)
satisfaisante (bleu clair)
inférieure (gris)
- QUALITE DE L'AIR**
supérieure (vert foncé)
satisfaisante (vert clair)
inférieure (rouge)



3 - ILOT 83/84 FORT D'AUBERVILLIERS

5 - ILOT 83/84 FORT D'AUBERVILLIERS

Institut de recherche et développement pour la transition énergétique de la Ville

Créé en 2014, Efficacity est l'institut pour la transition énergétique de la ville, fondé sous l'égide du programme d'investissements d'avenir (PIA) soutenu par le gouvernement français. Efficacity est un centre de R&D partenariale unique en France fédérant une trentaine d'acteurs publics et privés.

Efficacity est situé au cœur de la Cité Descartes, qui accueillera en 2020 l'Université Gustave Eiffel, pôle d'excellence scientifique sur la ville de demain.

Efficacity rassemble plus de 100 chercheurs et experts de tous horizons, afin de développer et mettre en œuvre des solutions innovantes pour construire la ville de demain : une ville efficiente énergétiquement et massivement décarbonée.

NOS MEMBRES FONDATEURS



NOS PARTENAIRES



NOTRE ÉQUIPE



100 chercheurs
et experts

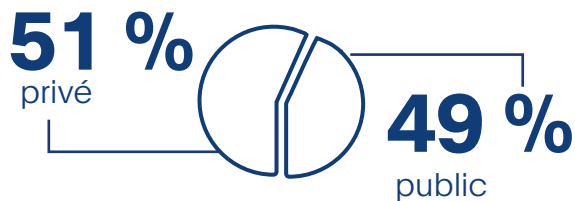
FINANCEMENT



6 M€

d'investissement dans
la R&D collaborative
avec le soutien du PIA

ACTIONNARIAT



NOS COMPÉTENCES

- Usages, comportements, gouvernance
- Economie, contrats et conventions
- Modélisation des systèmes énergétiques
- Contrôle-commande des systèmes énergétiques
- Optimisation mathématique (stochastique, algorithmes génétiques,...)
- ACV, impacts environnementaux
- Data Science et modélisation multi-physique (SIG, statistiques, capteurs, IOT)
- Mobilité et logistique urbaine
- Urbanisme, architecture, qualité d'usage des espaces urbains, génie urbain,...



 @efficacity_lab

 Efficacity

 efficacity.com

BATIMENT BIENVENÜE
14, BOULEVARD NEWTON
77420 CHAMPS-SUR-MARNE
contact@efficacity.com
T : +33 (0)1 61 44 13 31