



**HAL**  
open science

## Systèmes de conception intelligents pour l'architecture

David Serero, Pascal Terracol

► **To cite this version:**

David Serero, Pascal Terracol. Systèmes de conception intelligents pour l'architecture. Architecture Intelligence International conference, Jun 2019, Paris, France. hal-02915617

**HAL Id: hal-02915617**

**<https://hal.science/hal-02915617>**

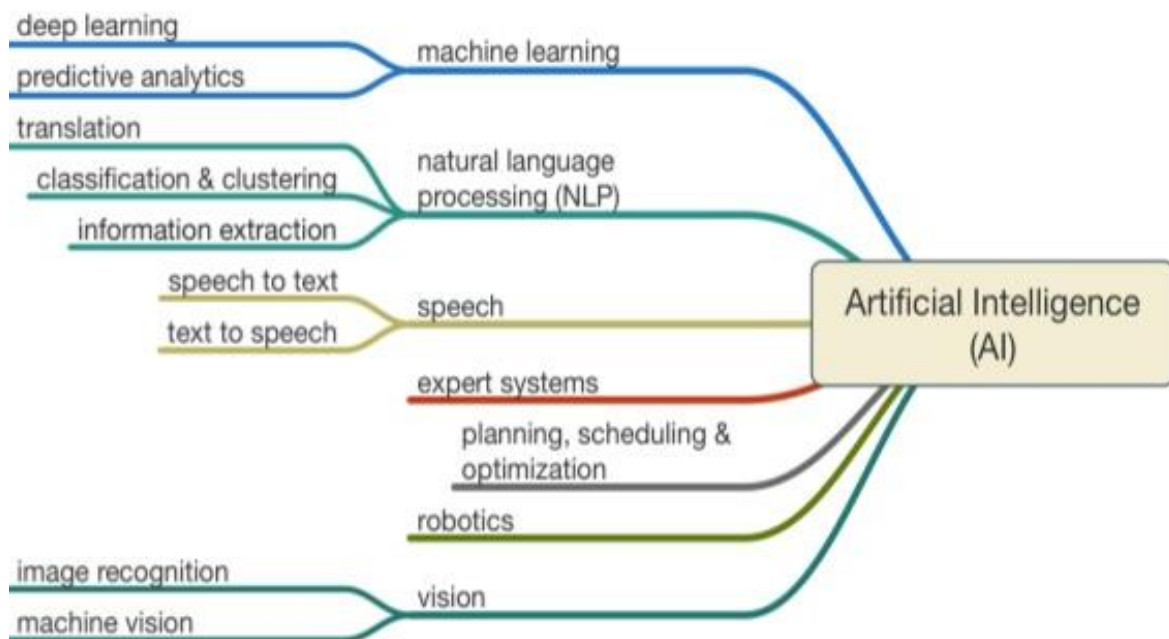
Submitted on 14 Aug 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## *Systemes de conception intelligents pour l'architecture*

*Recherche sur les impacts de l'intelligence artificielle sur l'acte de construire*



### **David SERERO**

Enseignant MA STA-OMI Ecole Nationale d'architecture de Paris Val de Seine  
Doctorant Laboratoire GSA /ENSAPM  
Membre associé laboratoire EVCAU  
Ecole doctorale VTT - Ville, Transports et Territoires Université Paris-Est  
david.serero@paris-valdeseine.archi.fr

### **Pascal TERRACOL**

Enseignant MA STA-OMI Ecole Nationale d'architecture de Paris Val de Seine  
Université Paris Diderot USPC  
Chercheur laboratoire EVCAU  
Docteur en Géographie Paris 1 Panthéon Sorbonne  
pascal.terracol@paris-valdeseine.archi.fr

## 1. L'UTILISATION DES DONNEES DANS LA CONCEPTION ARCHITECTURALE

A l'articulation des thématiques *Transition numérique et Transition écologique et énergétique* notre proposition s'inscrit dans l'articulation conjoncturelle de **l'émergence de l'intelligence artificielle et du Big data.**

La méthode récente de *deep learning* est à l'origine d'un bond dans les technologies de l'intelligence artificielle, en permettant aux machines **d'apprendre à apprendre et de résoudre par elles-mêmes des problèmes que nous ne serions pas capables de coder.** L'association de cette *intelligence* avec les outils d'analyses développés pour les **données massives (Big Data)**, ou les données accessibles sur les réseaux ne laissent-ils pas présager l'émergence de « super-architectes » évaluant à chaque étape du projet la pertinence de ses propositions par rapport à l'ensemble des réglementations qui s'appliquent, son degré de faisabilité technique et financière, son ergonomie et son expérience émotionnelle ?

Analyse de données contextuelles, comparaison avec des expériences passées, évaluation de la pertinence d'un parti architectural sont autant **de séquences de conception que nous assemblons les unes après les autres, inexorablement, dans la limite de notre disponibilité cérébrale.**

**L'internet des objets (IOT)** a décuplé la production de **données et d'informations** relatives à **nos usages de l'espace architectural et urbain.** Vélos, luminaires, portes, fenêtres, radiateurs, frigidaire,... sont autant de dispositifs désormais connectés qui alimentent des bases de données dans les « nuages ». Cette profusion d'information nous permet aujourd'hui d'envisager un « **écosystème** » **d'applications intelligentes** qui permettraient **d'optimiser la construction de logements, d'améliorer nos usages des espaces de travail** et d'augmenter le confort et la sécurité des espaces urbains.

Les applications pratiques de tels systèmes sont nombreuses : **améliorer la performance environnementale du bâtiment, analyser les ressources matérielles géolocalisées disponibles, optimiser la réponse à des contraintes multiples et contradictoires, améliorer le processus de conception et de construction du projet par les architectes et bureaux d'étude.**

Cette recherche dresse une **cartographie des modes d'apprentissage des systèmes intelligents.** Il est néanmoins certain que l'articulation des technologies que nous évoquons ici, constitue un prolongement de la responsabilité sociale de l'architecte - bien au-delà des problématiques liées aux processus de conception, de leurs déploiements techniques et de leurs implications il s'agit bien sûr **du champ politique et éthique de l'acte de construire.**

## 2 . CARTOGRAPHIE DES MODES D'APPRENTISSAGE DES SYSTEMES INTELLIGENTS

Les développements de l'intelligence artificielle sont souvent **source d'inquiétude et d'incertitude** au vu de la difficulté à anticiper l'impact qu'ils auront dans tous les secteurs de l'industrie.

La recherche que nous conduisons explore le potentiel important de la reconfiguration du métier d'architecte en intégrant la multitude des données produites par les usagers, en limitant les phases répétitives liées à la production de plans et de dessins, et en démultipliant les outils d'aide à la créativité, et le traitement hyper-localisé de projet d'architecture. L'émergence des outils de création de **systèmes intelligents en Open source** permettent **d'envisager une grande amélioration** dans la construction de bâtiments, dans **l'optimisation énergétique de ces systèmes** et dans **la synthèse technique en phase chantier** qui pourra être réalisée par des petites équipes de **conception architecturale**.

Cette recherche dressera une **cartographie des modes d'apprentissage des systèmes intelligents** et propose de les mettre en relation avec les étapes du processus architectural afin d'établir les premières règles de programmation du projet architectural telles que :

- Les modes de conception de systèmes intelligents pour la production de pratiques innovantes et créatives
- La distribution des circulations et l'organisation programmatique paramétrique
- La conception des systèmes structurels et la pertinence de systèmes hybrides
- L'analyse émotionnelle et l'expérience des espaces
- L'interfaçage avec des outils traditionnels de modélisation et d'animation
- L'analyse de la faisabilité technique et financière des bâtiments
- L'analyse et l'interprétation de données massives liées aux usages de l'espace architectural et urbain

Ce processus tentera d'établir **les principes d'interrelation de ces séquences de conception** et de leur impact sur le projet final. La performance de ces dispositifs, leur pertinence, ou leur échecs seront immédiatement introduits dans le processus afin d'améliorer la démarche de ces systèmes.

A partir des constats et des **problématiques dégagées lors de nos recherches précédentes**, nous portons ces éléments à la disposition des acteurs du secteur de l'acte de construire complétés par une action d'identification des **gisements de données mobilisables** (en particulier ceux générés par les collectivités territoriales).

Ces technologies appliquées dans toutes les échelles à l'acte de construire représentent un enjeu **environnemental, technologique et économique** pour nos sociétés.

Ces recherches sont développées dans la continuité du séminaire *de Master : Intelligence artificielle - Recherche prospective sur les impacts des sciences cognitives sur la conception du projet architectural* - UE Outils mathématiques et informatiques conduit en 2018 à L'ENSA Paris Val-de-Seine que nous avons élaboré en septembre 2017 avec David Serero et avec un groupe d'une quinzaine d'étudiants. Parmi ces étudiants, 4 sont éligibles au PFE mention recherche et 3 ont émis le souhait de poursuivre vers un doctorat.

Nous nous proposons **d'identifier les acteurs du bâtiment à détenir des données** et dont les **processus sont transposables et adaptables vers une minoration de l'empreinte environnementale** de l'acte de construire à toutes les échelles via les technologies numériques, la gestion intelligentes des ressources permettant d'aboutir à l'élaboration de contrats intelligents.

### Etat des connaissances actuelles

A cet effet nous rappelons ici les 4 premières affirmations issues de nos premières recherches :

- Nous pensons que la convergence du **Big Data**, de **IOT<sup>1</sup>** et du **Deep Learning<sup>2</sup>**, des mécanismes de traçabilité tels que la **BlockChain<sup>3</sup>** permettent de **minorer l'impact environnemental de l'acte d'édifier**, de valoriser et d'optimiser l'existant, de mettre en acte l'adéquation offre – demande à toutes les échelles du projet, de l'esquisse au DOE<sup>4</sup> ;
- Le **big data** - ou **data** - alimenté notamment par l'internet des objets va être le matériau utilisé par les outils de l'IA. Le **BIM** déjà présent dans le processus de conception et de production du projet sera **à terme le support de transmission de l'information entre les divers acteurs de la construction** : architectes, acteurs institutionnels ; bureaux d'études, entreprises. Cet outil leur permettra d'amender le projet d'architecture en intervenant sur un modèle numérique partagé selon leurs domaines respectifs d'expertise. **Ce processus augmenté par l'IA** mérite à la fois d'étudier sa réception et son évolution dans le tissu professionnel, dans le tissu institutionnel et de conduire une veille technologique permanente afin d'examiner les évolutions des technologies périphériques auxquelles il est assujéti.
- les **smarts contracts**, intégreront en amont du projet les dispositifs réglementaires et en aval lors de sa mise en œuvre les spécifications normalisatrices. L'ensemble de ces dispositions seront annexées aux éléments du **DOE – augmenté** (dossier des ouvrages exécutés, fournis par les entreprises intervenues) - établissant ainsi en tant que de besoin et au-delà de la réception et de l'extinction des garanties.
- La **BlockChain**, via un chapitre dédié au bâtiment permettra de certifier la bonne de tenue des dispositions inscrites au DOE augmenté. Une signature certifiée de bonne prescription et exécution des travaux permettra d'amender et de gérer les cotisations d'assurances. Le respect de la propriété intellectuelle des architectes peut également être certifié par cette technologie.<sup>5</sup>

Ces affirmations sont à compléter par la position de Laurent Alexandre : « *nous n'avons pas de de Gafa* », qui reste à vérifier tout du moins vis-à-vis du secteur d'activité sur lequel nous sommes celui du bâtiment. Elles sont également confirmées par divers acteurs de la veille technologique, notamment le point de vue élaboré par Forbes.<sup>6</sup>

Il est néanmoins certain que l'articulation des technologies que nous évoquons ici, constitue un prolongement de la responsabilité sociale de l'architecte - bien au-delà des problématiques liées aux processus de conception, de leurs déploiements techniques et de leurs implications notamment en

---

<sup>1</sup> Pour *Internet Of Things* ou Internet Des Objets. A l'horizon 2020 entre 20 et 50 milliard de sources de données (d'après Cisco et MIT Tech).

<sup>2</sup> Alpaydin (Ethem). Machine Learning. Cambridge MA 2016, The MIT Press, 206p.

<sup>3</sup> Une liste continue d'enregistrements chainés, sécurisés et cryptés garantissant toute transaction au sens large.

<sup>4</sup> Dossier des ouvrages exécutés.

<sup>5</sup> [Benevolo Siqueira Dos Santos, Juliana]

<sup>6</sup> <https://www.forbes.fr/technologie/lintelligence-artificielle-sassocie-a-la-blockchain-en-2018/> Article du 25 mars 2018 confirmant nos positions.

termes de pédagogie - il s'agit bien sûr du champ politique et éthique de l'acte de construire. Autant d'éléments qui restent à identifier et à évaluer à l'aune de l'équilibre apories - aménités que nous procurent ces outils. Un enjeu s'établit dans le prolongement de l'open source et convoque les questions et le statut de l'Openbim, de l'Opendata et de l'OpenAI, composant ainsi les prémisses de l'articulation de la technique, de la politique et de l'éthique grâce à la transparence que le regard public est capable d'avoir sur le code.

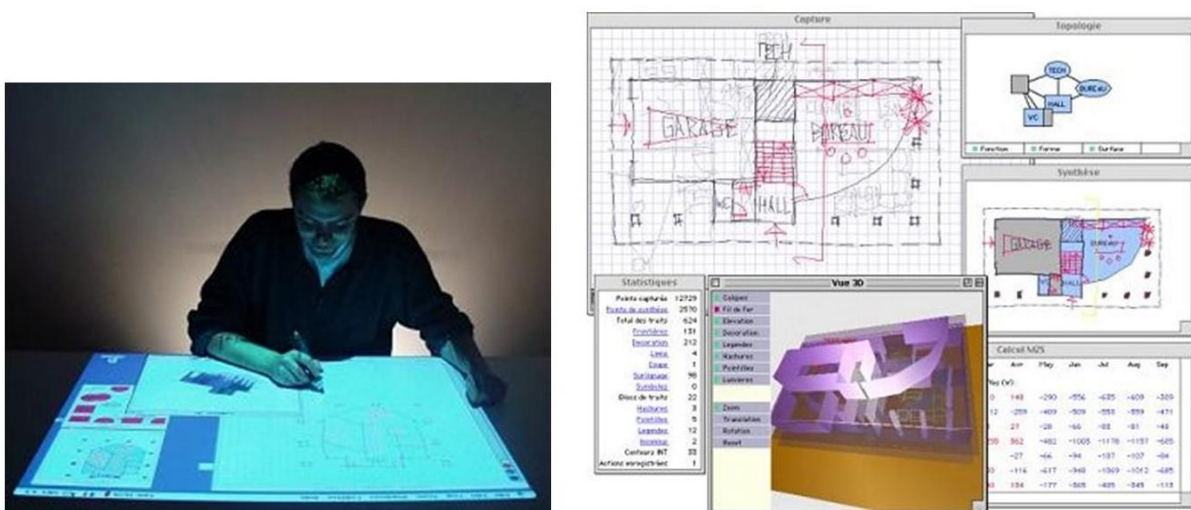
### 3. PRESENTATION DES PROJETS DE RECHERCHE

Nous présentons ici quelques éléments graphiques issus du séminaire de recherche de Master 2017-2018 qui a eu lieu à l'Ecole d'architecture Paris Val-de-Seine. Ces éléments, associés à 17 mémoires de recherche constituent la base de notre réflexion de recherche:

#### 1. L'IA va opérer un déplacement du processus du métier de conception en architecture

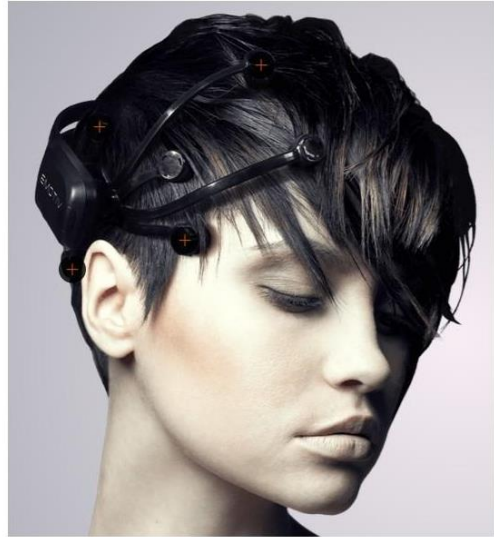
Sylvain Théry étudie la conception d'un projet architectural en immersion augmentée grâce à un système de contrôle neuronal, en interaction avec un environnement conceptuel fourni par une intelligence artificielle : il s'agit d'une mutation du métier d'architecte. La conception peut se résumer comme une activité de résolution de problèmes et de compromis.

Les outils qu'il utilise sont les capteurs de *Brain Computer Interface d'Emotive* ; le dispositif de *Microsoft Surface Dial* associés aux paramètres du site ; les volumes englobants ; le PLU et la réglementation incendie, l'ensemble de ces éléments aboutissant pour lui à une accélération du processus de conception qui renforce via une utopie le potentiel créatif de l'architecte.



LE "BUREAU VIRTUEL DE CONCEPTION" PAR LE LABORATOIRE DU LUCID GROUP DE L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE

**Figure 1 :** « Bureau virtuel de conception » Lucid group Université de liège



CASQUE EMOTIVO : BRAIN COMPUTER INTERFACE (BCI)

Figure 2: Casque de connection neuronale directe. Epoc+ © Emotiv

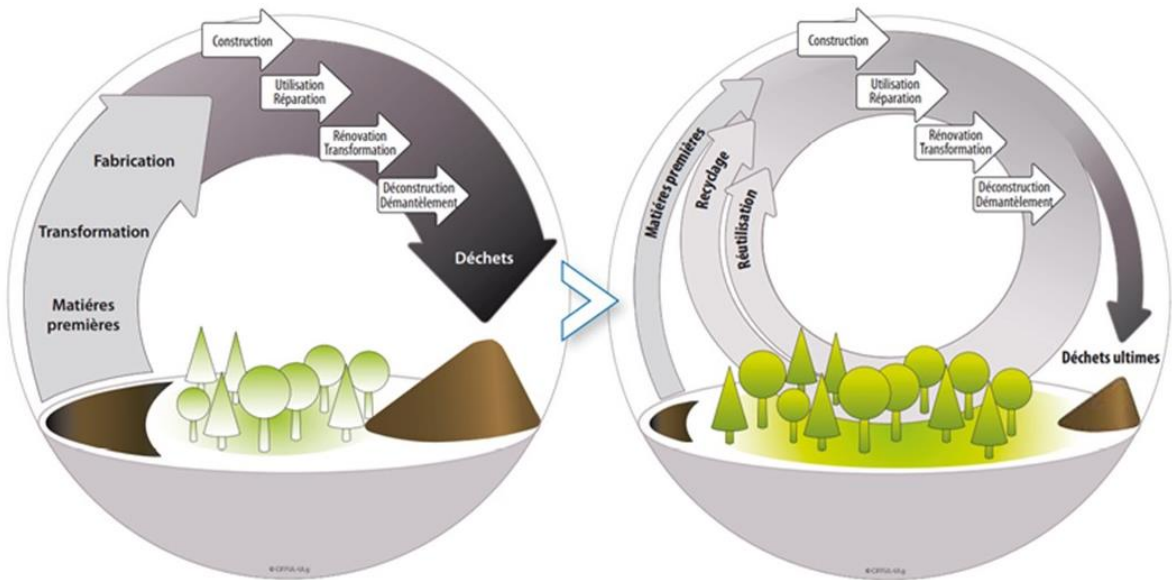
## **2. Associer l'intelligence artificielle à une pensée écologique**

Laurie-Jade Guerin\_Construit et alimente grâce à l'intelligence artificielle et le *deep learning* un processus d'identification du potentiel de recyclage des matériaux dans un contexte d'économie circulaire géolocalisé.

L'intelligence artificielle peut être d'une grande aide si nous l'abordons comme une intelligence collaborative et non comme une intelligence qui nous surpasse. Notre recherche montre, tout d'abord, qu'il y a un basculement à engendrer dans les mentalités pour reconsidérer les matières premières usées. Les déchets doivent être valorisés et récupérés pour leur offrir une nouvelle vie.

Par ailleurs, savoir identifier un matériau rapidement est un gain de temps énorme pour les professionnels du BTP. Des produits et des matériaux à réemployer pourraient être reconnus par un système intelligent combinant une caméra à un logiciel de reconnaissance d'images renseignant une base de données géolocalisée de produit et de matériaux.

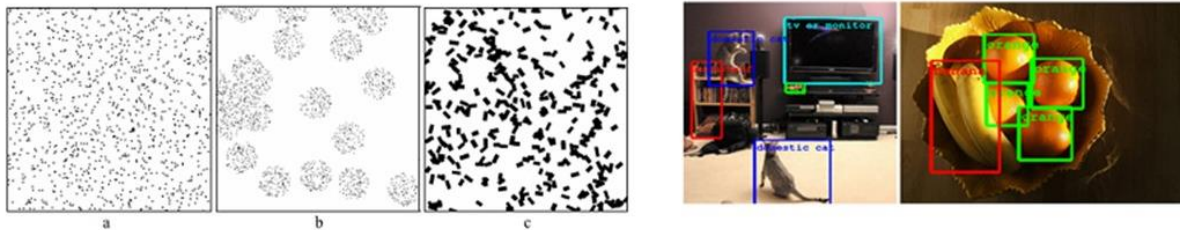




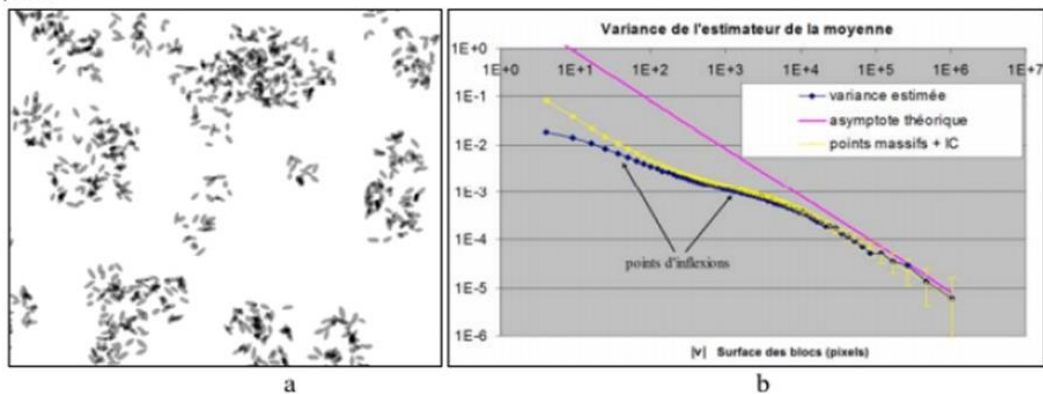
Jean-Marc Guillemeau, Paul Wagelmans, Jean Wagelmans, « Guide pratique sur le réemploi/réutilisation des matériaux de construction » Centre interdisciplinaire de formation de formateurs de l'Université de Liège–CIFFUL,2013, [http://www.cifful.ulg.ac.be/images/stories/Guide\\_reemploi\\_materiaux\\_lecture\\_2013.pdf](http://www.cifful.ulg.ac.be/images/stories/Guide_reemploi_materiaux_lecture_2013.pdf)

**Figure 3** : Amélioration de la gestion des ressources par le réemploi et la réutilisation des matériaux de construction.

## RECONNAISSANCE DE TEXTURES



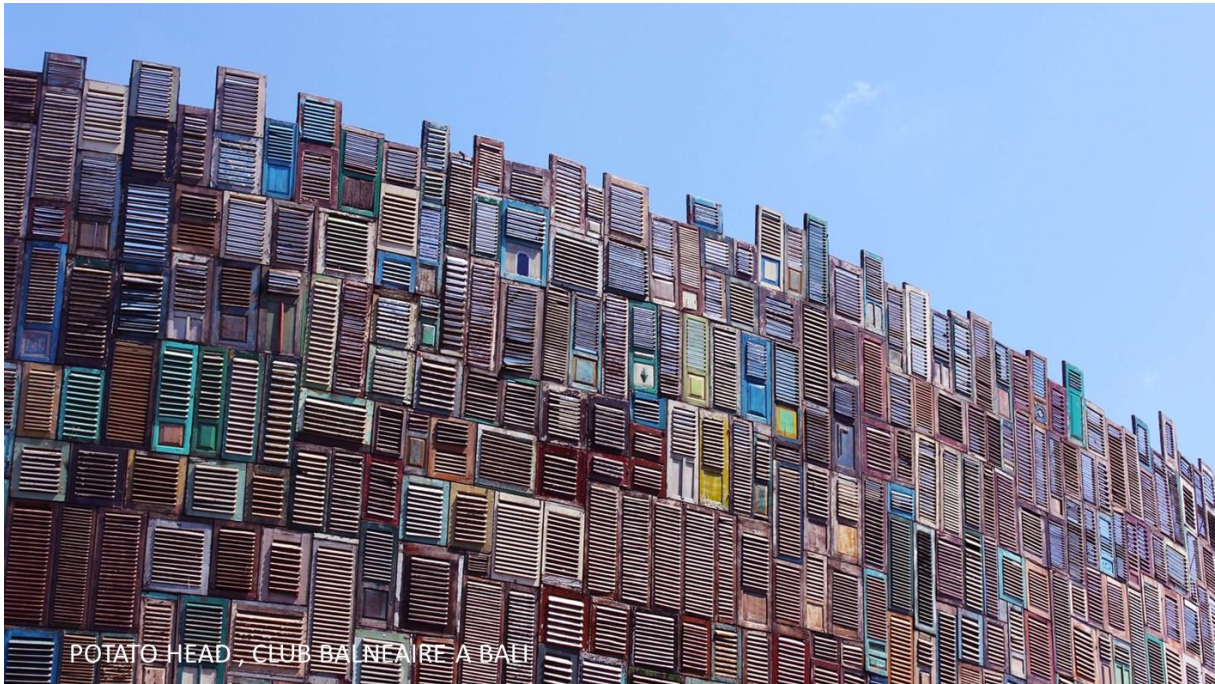
Christian Germain, « Analyse d'images et de textures orientées appliquée à la caractérisation de matériaux et à la télédétection », HAL, 2007



**Figure 4** : Principes de l'algorithme de reconnaissance de matériaux qu'un système intelligent peut utiliser pour créer une base de données géolocalisées de produits de déconstruction du bâtiment.



C



**Figure 5** : Exemple de réutilisation de claustras bois sur un bâtiment à Bali..

Ce dispositif permet de calculer le potentiel de récupération d'un matériau par la reconnaissance de textures identifiant le degré d'usage et la quantité possible à récupérer. Il s'agit de faciliter l'interprétation de l'état du matériau, initialement confiée à un expert de la construction. La technologie de reconnaissance d'image joue un rôle capital dans cette étape de récupération et permet la création d'un circuit court de récupération.

Ce dispositif pose la question de la traçabilité des matériaux et des produits de construction du bâtiment. A terme il permet de gérer l'empreinte environnementale du bâtiment, de sa phase de conception jusqu'à sa phase de réutilisation. Cette idée pousse à créer une plateforme publique consultable facilement afin de trouver à proximité les matières dont les architectes ont besoin.

L'intelligence artificielle peut donc devenir un atout fort à la conception de l'architecture durable si nous sommes engagés dans une pensée écologique et économique. Elle facilite l'identification des différents éléments d'un bâtiment et peut également évaluer son potentiel de récupération et finalement nous communiquer la localisation de la matière recherchée par la création de circuit court. L'innovation architecturale peut être propulsée autant par l'économie circulaire que par l'intelligence artificielle.





**Figure 6** : Optimisation de flux logistiques basée sur les données des réseaux de transports

### **3. L'interprétation des données sensibles et émotionnelles de l'utilisateur**

Elise Gaudaud construit une base de données en classifiant les émotions liées à la perception de l'espace à l'aide de l'IA. Elle imagine un système permettant d'interpréter le registre des données sensibles et émotionnelles de l'utilisateur afin d'informer le projet. Elle évoque le statut critique de l'œuvre générée par une IA et sa possibilité de se saisir des émotions.



LE DEEP LEARNING D'UNE IA PERMET-IL UNE COMPREHENSION DE L'EMOI ?

**Figure 7** : Image produite par l'IA Google Deep Dream, 2016 à partir de *Starry night* de Vincent Van Gogh MoMA The Museum of Modern Art, 1889.

### **4. L'hypothèse de la construction d'un « Cloud Urbain » réglementaire**

Marion Cagnolani émet l'hypothèse de la construction d'un « *Cloud Urbain* », d'un environnement de conception collaborative de la ville dans lequel usagers et les architectes participent à l'écriture et

à la redéfinition de règles urbaines locales. Elle interroge le statut d'une politique de la ville élaborée dans un dialogue entre une IA et les différents acteurs de la ville.

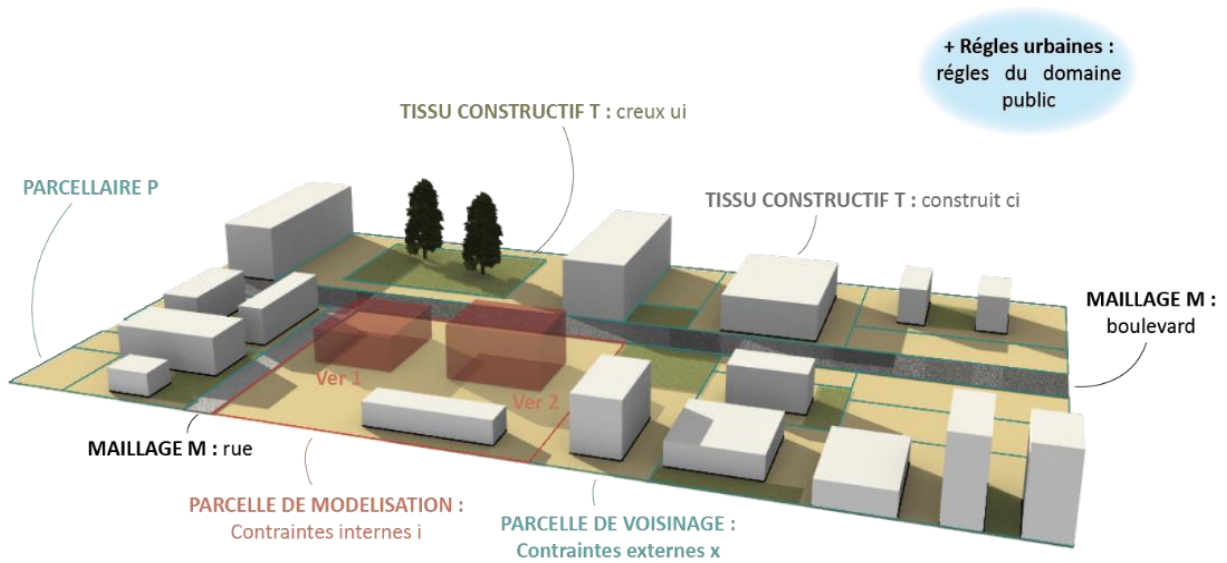


Figure 8 : Volumes englobant réglementaires et données. Marion Cragolini.

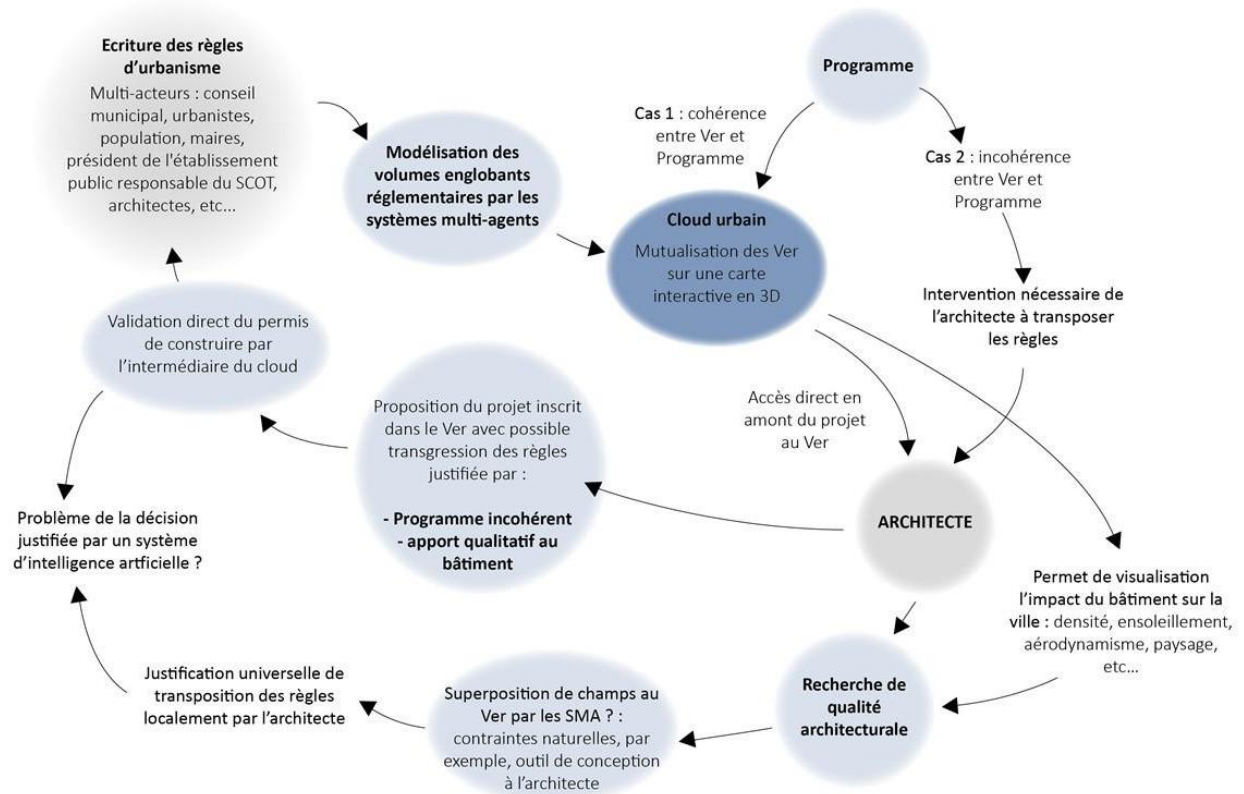


Figure 9 : Marion Cragolini interroge : L'usage des systèmes multi-agents pour la modélisation d'un volume englobant réglementaire permettrait-il aux architectes de transposer les règles du plan local d'urbanisme afin de les réadapter à une spécificité du projet ?

## PRESENTATION DE L'EQUIPE DE RECHERCHE

**David Serero** est un architecte, chercheur et enseignant à l'Ecole d'architecture Paris Val-de-Seine. Il est diplômé en architecture et urbanisme de l'Université de Columbia de New York et de l'école d'architecture Paris-Malaquais. Il reçoit en 2002, le prix des Nouveaux albums des jeunes architectes français (NAJA) et la même année, celui du Young Architects Forum de New York. Il est également lauréat du Prix de Rome (villa Médicis) en 2004. Il est doctorant dans le laboratoire GSA de l'ENSAPM et membre associé à l'EVCAU (Espace Virtuel de Conception Architecturale et Urbaine) et travaille sur les simulations dynamiques de fluides afin de modéliser le potentiel en énergie éolienne des centres urbains. [david.serero@paris-valdeseine.archi.fr](mailto:david.serero@paris-valdeseine.archi.fr)

**Pascal Terracol** est architecte DPLG Docteur en Géographie de l'université Paris 1 Panthéon Sorbonne. Il est maître de conférences à l'ENSA de Paris Val de Seine et chercheur au laboratoire EVCAU (Espace Virtuel de Conception Architecturale et Urbaine). Il co-dirige le séminaire doctoral ACN Architecture et Cultures Numériques. HDR en cours *De l'art du trait à l'art du calcul*, Université Paris Diderot. [pascal.terracol@paris-valdeseine.archi.fr](mailto:pascal.terracol@paris-valdeseine.archi.fr)