



**HAL**  
open science

# L'intelligence artificielle, une réponse au “ concevoir mieux ” ? Retour à l'essence de l'architecture ?

Eliott Beuvelet

## ► To cite this version:

Eliott Beuvelet. L'intelligence artificielle, une réponse au “ concevoir mieux ” ? Retour à l'essence de l'architecture ?. Architecture, aménagement de l'espace. 2020. dumas-04278734

**HAL Id: dumas-04278734**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04278734>**

Submitted on 10 Nov 2023

**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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License



*L'intelligence artificielle, une réponse au « concevoir mieux » ?  
Retour à l'essence de l'architecture ?*

*Eliott Beuvelet*

*Memoire sous la direction de Francis miguet  
ENSA Nantes | 2020*

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES  
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

**MÉMOIRE DE MASTER**

Eliott BEUVELET

*L'intelligence artificielle, une réponse au « concevoir mieux » ?  
Retour à l'essence de l'architecture ?*

Sous la direction de Francis MIGUET  
Dans le séminaire : Morphologie et structures  
Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Nantes  
2020

## REMERCIEMENTS

A Francis Miguët, pour l'autonomie et la liberté qu'il m'a accordé dans la rédaction de ce mémoire.

A ma mère, qui me soutient depuis toujours, pour ses conseils avisés, nos discussions constructives et son attention particulière.

A Edouard et Laure, pour leur temps, leurs réponses et leurs encouragements.

A Jim, Pierrick et Antoine, pour leur temps et leurs réponses.

A mes amis, pour m'avoir supporté, questionné, et changé les idées.



**« Les solutions créatives aux contours mal définis sont encore l'apanage des humains, et très peu des ordinateurs. Mais du fait de l'automatisation, le temps gagné sur les tâches répétitives peut être réinvesti dans la conception. » – Mike Mendelson**

<b>TABLE DES MATIÈRES</b> .....	
<b>Introduction</b> .....	<b>03</b>
<b>Partie I   intelligence artificielle et processus de création, définition du concept...</b> .....	<b>08</b>
A. Que recouvre aujourd'hui la notion d'intelligence artificielle ? .....	<b>09</b>
1. Naissance du concept de l'intelligence artificielle	
2. Le test de Turing	
3. L'IA forte et la singularité	
4. L'IA faible	
B. Quelles sont les étapes de la phase de conception : principes généraux .....	<b>14</b>
1. Les étapes de la conception	
2. Enquête sur le processus de la création auprès de différents architectes	
<b>Partie II   l'IA, domaine d'application et prospectives</b> .....	<b>22</b>
A. Le pouvoir des données .....	<b>23</b>
B. Repenser nos outils .....	<b>25</b>
C. Repenser nos interfaces .....	<b>29</b>
D. L'intelligence humaine, un atout dans la collaboration IA et humain. ....	<b>30</b>
<b>Partie III   La nécessité de garantir une ia universelle et équitable</b> .....	<b>33</b>
A. Les données : partage et gestion .....	<b>34</b>
B. La diversité, amplificatrice des biais de la société .....	<b>36</b>
C. Garder le libre arbitre ou se laisser guider par l'IA .....	<b>38</b>
<b>Ouverture</b> .....	<b>42</b>
<b>Glossaire</b> .....	<b>45</b>
<b>Médiagraphie</b> .....	<b>47</b>





L'intelligence artificielle est partout: dans nos téléphones portables, nos ordinateurs, les réseaux sociaux, l'automobile, le monde de la santé et peut être bientôt dans l'art et la conception.

C'est cette dernière notion qui m'intrigue le plus, car évidemment, en tant qu'architecte, je suis un futur concepteur et le fait qu'une Intelligence Artificielle (IA) puisse un jour me remplacer m'angoisse et m'attire à la fois.

Tout d'abord, j'ai pris le temps de vérifier sur le site « <sup>(1)</sup>Will robot take my job » que je ne serai pas remplacé de sitôt : j'ai seulement 2% de chance d'être remplacé pour l'instant bien qu'en 2024 ce site projette une augmentation de 5% de cet indicateur.

La conception est une tâche singulière de l'homme et elle relève d'une certaine intelligence : il s'agit de choisir, d'analyser le contexte et l'environnement, de prendre des décisions, d'imaginer, de dessiner, de produire et d'exercer notre sens critique pour acquérir l'expérience qui fera progresser l'idée.

Dans la conception, beaucoup de mécanismes entrent en jeu et il s'agit, selon moi, d'une des tâches les plus complexes à réaliser pour nous, humains ; je n' imagine pas que des ordinateurs puissent y arriver, et pourtant, cette intelligence artificielle commence à trouver son application dans le monde de l'art.

Je me suis donc intéressé à la façon dont ces ordinateurs pourraient redéfinir nos vies, comment cette intelligence artificielle (IA) nous conduirait à changer notre rapport au travail, changer notre façon de concevoir, nous aider à mieux créer, nous permettre d'être « intelligent autrement » et de mettre à profit pleinement des facultés que l'on semble mettre de côté à certains moments.

Comment sommes-nous préparés à cela, pourquoi devrions-nous nous en méfier ou pas ?

L'intelligence est un domaine étendu à traiter et dans ce mémoire, j'ai décidé de m'intéresser exclusivement à ce qui, selon moi, est l'essence du projet architectural: la phase de conception.

Finalement, à quel moment dans ce processus pourrions-nous collaborer avec une IA pour imaginer concevoir mieux ?

## POSTULAT DE BASE

Bien qu'aucune intelligence Artificielle (IA) n'ait atteint ou dépassé l'homme aujourd'hui, nous commençons à mieux appréhender cette notion et à concevoir le fait qu'un jour nous évoluerons avec des IA. Aujourd'hui, tout ce que nous nommons IA se manifeste par des IA dites « faibles ».

C'est donc cette IA « faible » qui va m'intéresser dans notre réflexion, je l'appellerai par usage IA dans ce mémoire mais elle se différencie bien d'une IA forte, qui est un autre concept qui tend à imaginer une IA universelle qui surpasserait les capacités de l'Homme et qui remettrait donc en question l'organisation de nos sociétés et la place de l'Homme. J'aborderai rapidement ce point dans le paragraphe sur l'IA et la singularité de la partie 1-A-3 de ce document

## INTRODUCTION

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES  
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Avant de rentrer dans le vif du sujet « l'intelligence artificielle, une réponse au « concevoir mieux », retour à l'essence de l'architecture ? », détaillons les termes de la problématique pour en comprendre le sens. Qu'est-ce que concevoir ? Qu'est-ce que l'intelligence, que signifie artificielle ?

## Qu'est-ce que concevoir ?

Plutôt que donner la définition classique du dictionnaire, je me suis intéressé à l'étymologie du mot concevoir. Concevoir vient du latin concipere, composé de cum (« avec ») et le dérivé de capio (« prendre ») avec le préfixe con-. Concevoir signifie à la fois créer, inventer imaginer, mais aussi comprendre. Il est apparenté à l'étymologie de conception. Le préfixe con- exprimant notamment, l'adjonction, la réunion, le parallélisme, la simultanéité, l'identité, l'appartenance et la subordination. « Capiro » lui fait référence à saisir, percevoir, s'approprier, et comprendre.

Comme concevoir est intimement lié à conception, il est important de noter qu'il s'agit-là d'une pensée qui vise à la production d'une intelligence, d'une idée de cette faculté à lier des idées, pour élaborer un projet.

Enfin pour affiner la définition du terme, c'est du côté de la philosophie que je me suis tourné pour saisir tout le sens de ce mot.

«On appelle concevoir, dit la <sup>(2)</sup>Logique de Port-Royal, la simple vue que nous avons des choses qui se présentent à notre esprit, comme lorsque nous nous représentons le Soleil, la Terre, un arbre, un rond, un carré, la pensée, l'être, sans en former aucun jugement exprès. Et la forme par laquelle nous nous représentons ces choses s'appelle idée.»

Ainsi, la conception, c'est la faculté de former des idées, par opposition à celle de les assembler en jugements, et à celle d'assembler les jugements en raisonnements. C'est dans l'ordre logique seulement que la conception est la première des opérations de l'esprit ; car nos idées ne nous sont pas données d'abord isolées les unes des autres.

Vous noterez que nous attribuons l'action de concevoir à une intelligence voire à la production de celle-ci. C'est ce qui nous différencie aujourd'hui des machines, incapable de concevoir leur être par exemple.

## Qu'est-ce que l'intelligence ?

Intelligence vient du latin intellegentia, dérivé du latin intellegere signifiant comprendre, et dont le préfixe inter, et le radical legere ou ligare suggèrent principalement l'aptitude à relier des éléments qui, sans elles, resteraient scindés.

Il n'existe pas de définition unique de l'intelligence cependant, je retiendrai, qu'est

doué d'intelligence tout être vivant qui agit en prenant en compte son environnement, ses besoins, et son entité. Selon moi, cette définition est facilement applicable au projet d'architecture. En effet, la réponse apportée par l'architecte est évidemment en lien avec son environnement, répond à des besoins de la maîtrise d'ouvrage, et le projet prend en compte sa place dans l'urbain.

Au-delà de cette définition, l'intelligence a aussi été décrite comme la somme de facultés cognitives, éléments qui caractérisent l'intelligence humaine pour mémoriser (apprendre), analyser (comprendre) et communiquer (partager), des informations :

- L'attention ou distinction est une faculté de faire attention et distinguer des choses ou actes existants dans l'environnement.
- La concentration est une faculté permettant d'évaluer les distances, de se représenter volumes et mouvements par représentation mentale.
- La conscience ou compréhension est une faculté de comprendre les problèmes et les actes le plus souvent.
- Le raisonnement ou pensée est la faculté d'organiser et lier les idées. Elle est aussi nommée créativité.
- Le langage est la capacité d'exprimer une pensée et de communiquer au moyen d'un système de signes (vocaux, gestuels, graphiques, tactiles, olfactifs, etc.) doté d'une sémantique, et le plus souvent d'une syntaxe
- L'humour est une preuve qu'on s'adapte aisément socialement.

### **Définition du mot « artificielle », opposé au vivant**

Ce qui est naturel a pour caractéristique d'être en mouvement, en transformation et s'oppose ainsi, selon Aristote, aux êtres mathématiques qui ne sont pas des êtres sensibles et changeants dans la mesure où ils sont indépendants de la matière ; ce qui est naturel, matériel, dont le vivant, est soumis aux changements et à des altérations.

A l'opposé, l'artificiel est ce qui, étymologiquement, est le produit d'une habileté humaine, d'un art, d'une technè (le technitès est, en grec, soit l'artiste soit l'artisan). La technè désigne le savoir-faire en général, qu'il s'agisse de celle de l'artisan, du soldat, du sculpteur, de l'instrumentiste, du laboureur. Elle est un corpus organisé de connaissances (elle est donc un savoir) des différentes façons de parvenir à une certaine fin. Cette remarque nous place d'emblée dans un espace anthropocentré car l'artificiel ne peut être le produit de la nature mais seulement celui d'une activité humaine. Il est un artefact, mot emprunté à l'anglais artifact, formé sur le latin artis facta, effets, ouvrages de l'art, qui qualifie tout objet ou phénomène d'origine artificielle, c'est-à-dire produit ou transformé par l'homme, par opposition aux faits strictement naturels. Nous sommes donc d'emblée placés dans une définition op-

positive et négative du naturel (par exemple le vivant) et de l'artificiel (par exemple une machine). L'artificiel dépend de son auteur.

L'organisme n'est pas une machine car c'est un être organisé et qui s'organise lui-même : auto-génération, autorégulation, reproduction : telles sont les caractéristiques que ne peuvent présenter les machines

La production de la nature est inintentionnelle alors que la production artificielle de l'homme est intentionnelle, ce qui questionne directement la place de l'IA comme appartenant au monde du vivant ou non.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES  
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Pour démarrer la réflexion sur la façon de concevoir avec l'IA, je débiterai par une introduction à l'intelligence artificielle, d'où vient-elle ? quelle forme prend-elle ? et je m'intéresserai également à notre manière de concevoir un projet. Cette étape est essentielle pour comprendre comment nous fonctionnons pour pouvoir identifier sur quels éléments une IA pourrait nous assister et sur lesquels elle en est incapable. Pour illustrer ce sujet, une enquête réalisée auprès de plusieurs architectes sur leur processus de conception du projet architectural me permettra d'identifier ces éléments et de décortiquer notre manière de concevoir.

La deuxième partie sera consacrée davantage à la prospective : je montrerai les enjeux des différentes composantes de l'IA appliquées à l'architecture et notamment sa capacité à soutenir la conception en architecture au travers d'exemples et d'extrapolations à partir d'autres secteurs d'activités.

Pour terminer, je parlerai des éléments sur lesquels il est nécessaire d'être en vigilance pour assurer une introduction équitable et utile de l'IA dans la conception architecturale. Les sujets autour de la diversité, du libre arbitre et de la gestion des données seront abordés comme les éléments clefs de la réflexion.

**PARTIE I | INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET PROCESSUS DE CRÉATION, DÉFINITION DU CONCEPT.**

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES  
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR



## A. Que recouvre aujourd'hui la notion d'intelligence artificielle ?

Le terme intelligence artificielle, créé par John McCarthy, est fréquemment abrégé par le sigle IA. Il est défini par l'un de ses créateurs, Marvin Lee Minsky, comme « la construction de programmes informatiques qui s'adonnent à des tâches qui sont, pour le moment, accomplies de façon plus satisfaisante par des êtres humains car elles demandent des processus mentaux de haut niveau tels que l'apprentissage perceptuel, l'organisation de la mémoire et le raisonnement critique ». Selon lui, cette intelligence artificielle peut faire « tout comme l'humain » donc être dotée de l'intelligence humaine.

Ainsi, la partie artificielle prend la forme d'un ordinateur ou d'un processus électronique tandis que la partie intelligence s'attache à imiter les raisonnements ou les comportements. Par exemple, selon lui, ces programmes pourraient imiter la perception, visuelle et auditive, ou bien le raisonnement mathématique ou encore la compréhension des langues.

Cependant, sa définition s'oppose à d'autres courants de pensée qui voient l'intelligence artificielle comme une intelligence rationnelle, celle que l'on peut traduire en données mathématiques, non impactées par l'émotionnel ou l'irrationnel, facultés propres de l'intelligence humaine (intelligence émotionnelle).

Ce courant de pensée tendrait à imaginer que l'intelligence artificielle serait la métaphore du QI de l'homme et que l'intelligence émotionnelle (QE), elle, resterait dans le domaine de l'humain ; cela n'aurait en effet aucun sens, ni intérêt de créer une intelligence comme une simple imitation. On ne peut pas qualifier d'intelligent une simple imitation comme le perroquet imite l'homme.

### 1. Naissance du concept de l'intelligence artificielle

Les premières ébauches sur la réflexion de machine intelligente datent des années 50 où Alan Turing abordait ce concept dans « Computing Machinery and Intelligence » (Mind, octobre 1950), il proposait à cette occasion une expérience très connue aujourd'hui sous le nom de test Turing, afin d'essayer de donner une définition standard servant à qualifier une machine de consciente. A la suite de ces articles, il va tenir différentes conférences sur le thème : est ce que les ordinateurs peuvent penser ? notamment celle de 1951 qu'il donne à la BBC.

On considère que l'intelligence artificielle, comme domaine de recherche, a été créée à la conférence qui s'est tenue sur le campus de Dartmouth College pendant l'été 1956 à laquelle assistaient ceux qui vont marquer la discipline. Par la suite, l'intelligence se développe en particulier aux États-Unis à l'université Stanford sous l'impulsion de John McCarthy, et au Massachusetts Institute of Technology (MIT) sous celle de Marvin Minsky.

## 2. Le test de Turing

J'aimerais revenir sur le test de Turing pour bien comprendre, comme je le disais précédemment, que nous allons nous intéresser à l'IA faible. La différence entre une IA forte et une IA faible est illustrée par le test de Turing, parfait catalyseur de cette différence.

En 1950, le mathématicien britannique Alan Turing imagine une expérience de pensée devenue célèbre et souvent considérée comme le meilleur moyen de cerner l'intelligence d'une machine. Il l'appelle le « jeu de l'imitation », mais on la connaît généralement sous le nom de « test de Turing ».

Anticipant les chats-bots ou agents conversationnels d'aujourd'hui, des programmes informatiques qui se font passer pour des humains, Turing envisageait un échange textuel au cours duquel une machine tenterait de « tromper » un examinateur et de l'amener à penser qu'elle est un être humain, en répondant à des questions relatives à de la poésie et en commettant délibérément des erreurs de calcul.

Or le langage, preuve d'intelligence notamment, rassemble de nombreuses connaissances au-delà des mots et du sens. Tous ceux qui ont un jour essayé de faire comprendre le langage à un ordinateur se sont vite rendu compte que pratiquement chaque phrase est ambiguë, et souvent de plusieurs façons. Mais notre cerveau est tellement efficace pour comprendre le langage qu'en général, nous ne nous en rendons pas compte. Prenez la phrase : « La grosse balle a défoncé la table parce qu'elle était en polystyrène. » Au sens strict, la phrase est ambiguë : le mot « elle » peut désigner la table comme la balle. N'importe quel auditeur humain comprendra que « elle » se réfère à la table. Mais cela nécessite d'associer à la compréhension du langage des notions de science des matériaux, ce qui n'est absolument pas à la portée des machines.

Aujourd'hui de nombreux chercheurs se penchent sur la nécessité d'actualiser ce test avec de nouvelles épreuves qui permettraient d'empêcher la « tromperie » programmée et de mesurer l'intelligence avec plusieurs tests qui seraient plus en phase avec les différents types d'intelligence ; en effet ; ce test est basé sur le jugement humain et non pas sur une définition scientifique de l'intelligence.

De nos jours, le grand public voit souvent le test de Turing comme une sorte de Rubicon, dont le franchissement signifierait que la machine est devenue l'égale de l'homme, du moins sur le plan de son intelligence. C'est un tort : car on peut franchir ce Rubicon en trichant. On sait aujourd'hui construire des machines qui dupent les gens, au moins sur de courtes durées, mais ces victoires sont fugaces et ne semblent pas du tout nous rapprocher de ce qu'est une véritable intelligence.

Or si une machine pouvait en être douée, il s'agirait là d'une véritable révolution numérique comparable à la révolution industrielle qui changerait la façon de fonctionner de la société que nous connaissons, ce moment est aujourd'hui appelé la singularité et signifierait la naissance d'une IA forte.

Toutes les machines qui aujourd'hui ont été soumises au test de Turing sont par conséquent des IA faibles, se contentant d'imiter une forme d'intelligence.



Imitation Game | image tirée du film

### 3. L'IA forte et la singularité

Le concept d'intelligence artificielle forte fait référence à une machine capable non seulement de produire un comportement intelligent, mais d'éprouver une impression d'une réelle conscience de soi, de « vrais sentiments » (quoi qu'on puisse mettre derrière ces mots), et « une compréhension de ses propres raisonnements ».

Or aujourd'hui, le physicien Roger Penrose, collaborateur de Stephan Hawking ayant travaillé sur le sujet et rédigé plusieurs ouvrages sur la capacité des machines à intégrer sentiments, émotions et conscience dans leur raisonnements, conclut : l'émotion n'est pas soluble dans les algorithmes, car la pensée consciente est irréductible au calcul.

L'IA forte reste donc un pur fantasme pour le moment du moins.

Pour information, ce qu'on appelle singularité, est un concept, selon lequel, à partir d'un point hypothétique de son évolution technologique, la civilisation humaine connaîtra une croissance technologique d'un ordre supérieur. Pour beaucoup, il est question d'intelligence artificielle quelle que soit la méthode pour la créer.

Au-delà de ce point, le progrès ne serait plus l'œuvre que d'Intelligences artificielles, elles-mêmes en constante progression. Il induit des changements tels sur la société humaine que l'Homme d'avant la Singularité ne peut ni les appréhender ni les prédire de manière fiable. Le risque étant la perte de pouvoir humain, politique, sur son destin.

L'avènement de cette technologie requestionnerait donc, de nombreuses certitudes sociales, scientifiques, et philosophiques ; les traiter nous éloignerait de notre sujet. L'IA faible sera donc notre cadre, et faible ne signifie pas limitée, car sa limite est finalement sa base de données, base dans laquelle le programme va piocher pour être le plus pertinent possible dans ses réponses.

### 4. L'IA faible

La notion d'intelligence artificielle faible forme une approche pragmatique d'ingénieur : chercher à construire des dispositifs de plus en plus autonomes (pour diminuer le coût de leur supervision), des algorithmes capables de résoudre des problèmes d'une certaine classe, etc. Mais, cette fois, la machine simule l'intelligence, elle semble agir « comme si » elle était intelligente. On en voit des exemples concrets avec les programmes comme ELIZA qui tentent de passer le test de Turing. Ces programmes parviennent à imiter de façon grossière le comportement d'humains face à d'autres humains lors d'un dialogue. Ces programmes « semblent » intelligents, mais ne le sont pas. Les défenseurs de l'IA forte admettent qu'il y a bien dans ce cas une simulation de comportements intelligents, mais qu'il est aisé de le découvrir et qu'on ne peut, par conséquent, généraliser.



Automata | image tirée du film

En effet, si on ne peut différencier expérimentalement deux comportements intelligents, celui d'une machine et celui d'un humain, comment peut-on prétendre que les deux choses ont des propriétés différentes ? Le terme même de « simulation de l'intelligence » est contesté et devrait, toujours selon eux, être remplacé par « reproduction de l'intelligence ».

Simple évolution, par conséquent, et non révolution : l'intelligence artificielle s'inscrit à ce compte dans la droite succession de ce qu'ont été la recherche opérationnelle dans les années 1960, le process control dans les années 1970, l'aide à la décision dans les années 1980 et le data mining dans les années 1990, et qui plus est, avec une certaine continuité.

Il s'agit en particulier d'intelligence humaine reconstituée, et de programmation d'un apprentissage.

Le sémanticien François Rastier, après avoir rappelé les positions de Turing et de Grice à ce sujet, propose six « préceptes » conditionnant un dispositif de dialogue évolué, en précisant quels sont les critères mis en œuvre par des dispositifs existants (= texte entre parenthèse)

1. Objectivité (utilisation d'une base de connaissances par le dispositif)
2. Textualité (prise en compte d'interventions de plus d'une phrase, qu'elles émanent du dispositif ou de l'utilisateur)
3. Apprentissage (intégration au moins temporaire d'informations issues des propos de l'utilisateur)
4. Questionnement (demande de précisions de la part du dispositif)
5. Rectification (suggestion de rectifications à la question posée, quand indispensable)
6. Explicitation (explicitation par le dispositif d'une réponse qu'il a apportée auparavant).

Il suggère aussi que le dispositif devrait être en mesure de se faire par lui-même une représentation de l'utilisateur auquel il a affaire, pour s'adapter à lui. De son côté, l'utilisateur a tendance à s'adapter au dispositif à partir du moment où il a bien compris qu'il s'adresse à une machine : il ne conversera pas de la même manière avec un dispositif automatisé qu'avec un interlocuteur humain, ce qui présente pour le concepteur l'avantage pragmatique de simplifier certains aspects du dialogue.

## **B. Quelles sont les étapes de la phase de conception : principes généraux**

Au-delà de l'intelligence artificielle, et maintenant que nous en connais-

sons les principes et le fonctionnement, je vais étudier le processus de conception, afin de pouvoir le comprendre au même titre que l'intelligence. Sinon comment pouvoir imaginer une IA qui puisse aider l'architecte dans sa tâche sans décomposer les étapes où l'IA peut l'aider.

Il m'a paru important de connaître les grandes phases de l'acte de conception d'une manière générale avant de voir comment elle se traduit plus particulièrement dans l'architecture.

### **1. Les étapes de la conception :**

Le processus créatif est donc composé en général de 5 étapes et même 6 étapes si on intègre l'échec, ce dont je suis convaincu. Ces étapes indéterminées dans le temps retracent le parcours de notre esprit avant d'arriver à une idée.

#### *Etape 1 : La base ou définition du problème posé*

Pour commencer, il s'agit de définir le problème. Le recadrer successivement nous permet de tendre vers une solution ou un résultat qui nous paraît clair. Par exemple, le projet en architecture va nous amener à nous interroger sur le besoin et les envies du client, en étudiant l'environnement du projet aussi bien physique que social, nous trouvons les éléments qui alimentent notre réflexion. On se concentre sur le pourquoi, le comment, l'expression et le sens que l'on veut donner à ce projet.

Cette étape nécessite de la patience, de l'empathie et un œil avisé. Mais dans tous les cas, l'observation et l'itération en sont les éléments principaux.

#### *Etape 2 : La saturation*

Dans cette étape, nous nous transformons en « éponge », nous nous nourrissons de toutes les informations susceptibles de créer une base de données qui servira au projet. Nous allons chercher des références, nous discutons, nous cherchons sur Internet, nous regardons des livres, nous observons, toute sorte d'inspiration est utilisée.

En architecture, cette phase comprend l'analyse d'un site, de l'environnement du projet, de références architecturales, etc...

#### *Etape 3 : L'incubation*

On entend souvent qu'il faut laisser reposer nos idées pour qu'elles mûrissent, cette étape consiste à faire le tri dans toutes les informations plus ou moins

pertinentes déjà accumulées. Nous laissons notre cerveau faire les liens entre ces informations.

C'est une étape souvent mise de côté en architecture, par manque de temps, cependant, le fait de travailler sur un autre projet en même temps permet de mettre de côté celui sur lequel nous étions et de penser « à côté ».

#### *Etape 4 : L'illumination*

L'illumination, c'est finalement le moment où on trouve LA solution, cependant, cette vision du processus créatif semble un peu tirée d'un film comme magique, mais l'illumination arrive souvent après un travail de tests et d'essais complets et approfondis de plusieurs pistes.

Finalement, on pourrait appeler l'étape d'incubation et d'illumination : travail. Certains projets paraissent plus évidents que d'autres, on ne trouve jamais LA solution mais des solutions qui se complètent et s'entrecroisent. Finalement une réalité loin du sens commun que nous avons de l'illumination de type « Eurêka ».

#### *Etape 5 : La vérification et rétroaction*

Une fois l'idée ou les idées trouvées, cette étape permet de les challenger. Il faut pousser au maximum ces idées, les critiquer pour pouvoir juger lesquelles sont les plus pertinentes. L'expérience acquise des différents tests permet de réajuster sans cesse les propositions, avant de trouver une solution viable et intéressante.

#### *Etape 6 : L'échec*

L'échec déçoit parce qu'il signifie la défaite. On essaye de l'éviter autant que possible parce qu'on aimerait réussir du premier coup mais l'échec est rarement évitable en matière de créativité. L'échec est le fondement de la réussite. Finalement, il n'a pour vocation que d'explorer plus en profondeur l'idée !

Il intervient souvent après l'incubation, et peut parfois être le résultat d'une mauvaise définition de la problématique de départ et de recherches insuffisantes. En faisant cet aller-retour entre fondement et moyens mis en place, l'échec permet d'enrichir l'idée.

## **2. Enquête sur le processus de la création auprès de différents architectes**

Avant de pouvoir définitivement parler d'IA, j'ai jugé intéressant de décortiquer le processus de création et d'interroger les premiers intéressés : les ar-



chitectes. L'objectif était de comprendre quel serait leur besoin et où l'IA pourrait intervenir, mais aussi quelles sont leurs craintes ou leurs envies à ce sujet.

Entre philosophie, théorie et pratique, chaque réponse a été unique. Il y a autant de processus créatif que d'architectes et la mobilisation d'une intelligence artificielle dans ce domaine nécessitera une adaptation de chaque programme à son utilisateur.

Le processus de création suit une méthode pour chaque architecte. Bien que la démarche ne soit pas identique, chacun utilise une méthode pour aborder le projet, constituée de 4 étapes, plus ou moins exhaustives et plus moins étoffées, qui permet de mener à bien la naissance de l'idée. Leur ordre varie et chacun apporte plus d'attention à certains points selon sa pratique de l'architecture. Les uns se sont exprimés sur une pratique plus concrète de l'architecture, le concours, les autres, de manière plus théorique. Leur rapport au temps dans le projet est un élément immuable qui conditionne toujours ces différentes étapes.

*Au commencement, il y a l'intention, la posture de l'architecte.*

Quel que soit le projet, il s'agit de l'intention première qui caractérise l'architecture de chaque architecte. Cette intention est le résultat d'une expérience, d'une envie et d'une vision. Elle conditionne les étapes suivantes et peut être amenée à évoluer au cours du chemin parcouru par l'architecte dans sa pratique. C'est un chemin entamé dès l'école d'architecture et qui mûrit avec le temps.

L'agence IS a exprimé la volonté d'être au-delà d'une agence d'architecture, une structure d'enseignements, qui recroise architecture, urbanisme, philosophie, sociologie de la ville et géographie. Cette posture, qui organise le processus de création est située dans l'espace, et c'est cette situation qui donne, dans la genèse des projets, la particularité de chaque projet. Il n'y a pas donc pas de ligne éditoriale si ce n'est qu'un « attachement particulier à la couleur et à la question du façonné ». Le recoupement de ces différents champs disciplinaires permet de se donner le droit de décider.

« Nous retenons le crayon jusqu'à ce que les différents champs transversaux soit stabilisés, et chacun d'entre eux demande une exploration particulière » Le projet d'architecture se doit d'être singulier, et ne ressembler à aucun autre, le monde change et il n'y a aucune raison de refaire comme hier. C'est une question de posture.

*Les données*

Cette première intention est ensuite appuyée par la seconde partie qui a pour but de fournir une base de données commune autour du projet. On peut donc s'accorder sur le fait que dans cette phase de conception, on retrouve une phase de conditionnement, dont l'objectif est de réunir de l'information sur le programme, sur les besoins et les attentes, de les critiquer et les décortiquer afin d'avoir les

connaissances nécessaires qui sont la matière première pour la réflexion. L'agence MR a d'ailleurs insisté sur l'importance de la compréhension profonde du programme et des réelles attentes et besoins de la maîtrise d'ouvrage. Cette compréhension passe par des études de site qui permettent de mettre en exergue les qualités et les défauts de celui-ci. Par la suite, il permet de statuer d'une intention de projet qui répondent au plus proche de la demande. Pas la demande concrète qui était dans l'exemple, une extension de collège, mais la demande implicite de reconnecter le collège avec le bourg, de lui donner une orientation et marquer son entrée, de l'ouvrir sur la ville. Tous ces éléments, non écrits et pourtant qui constitue la réelle demande.

Au-delà de cette première approche, l'agence MR voit la visite de site comme un moment privilégié du projet, « on se raconte le projet ». Avec déjà des idées et intentions, ils étudient les notions de parcours, de vue, de cadrage sur le terrain, afin de vivre l'expérience, d'accumuler des ressentis, qui font partie intégrante de la base de données.

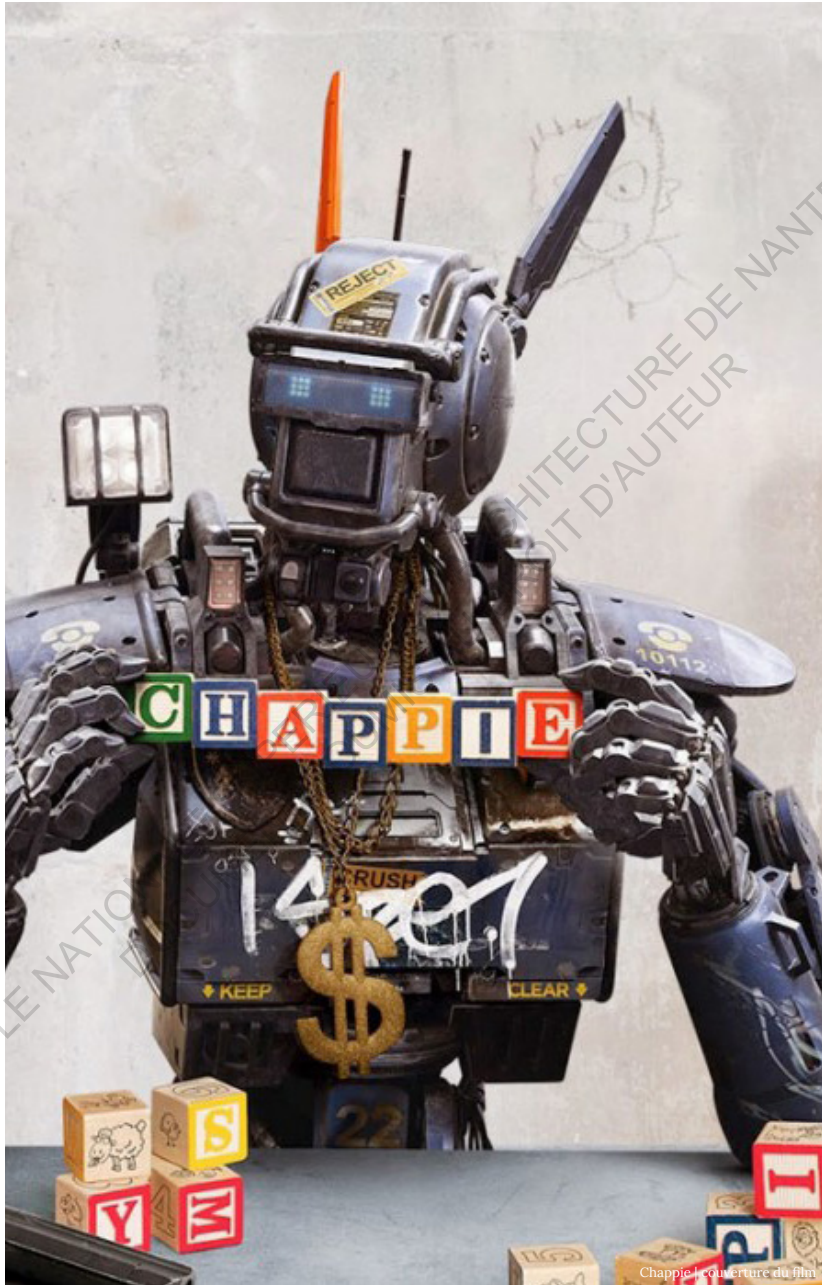
La question de la réglementation, est pour tous un élément connu et étudié dans ses limites, parfois requestionné : pour tous, la règle n'a d'intérêt que dans son caractère permissif. Elle ne bride pas la création mais fait partie intégrante du processus et est au contraire bien étudiée pour ne pas être subie.

### *Expérimentation*

Par la suite, on identifie une phase d'expérimentation, car l'idée n'arrive jamais sans effort, le travail, les tests répétés permettent de rendre évidente la proposition. Cette phase passe par la représentation 2D et 3D du projet, en volume, en maquette, par des croquis et des références. Cette partie que tous s'accordent à appeler « des conversations », d'allers et de retours, de ping-pong fait partie intégrante de cette confrontation des idées, confrontation constructive.

L'agence OZ, dans sa méthode de travail, montre que les idées sont le résultat d'un travail d'expérimentation qui rend légitime et pertinent les choix retenus. C'est en testant tout et en élargissant son champ que l'on obtient des résultats parfois inattendus. L'objectif de cette étape est de challenger les différentes propositions, de voir ses limites et ses points d'intérêts, de tester celles qui nous déplaisent à première vue car malgré tout, on peut toujours en ressortir un élément intéressant qui permettra de faire progresser l'idée.

Dans ce travail d'exploration, la conversation avec tous les intervenants du projet nourrit les plans, dessins, croquis et maquettes qui permettent de disséquer le projet. Cet aller-retour est constant, les critiques sont constructives et font avancer. Car l'idée n'est pas une illumination ou une vision mais bien une accumulation d'expériences qui la rende intéressante et pertinente. Le projet commence à devenir intéressant quand il a résolu de manière astucieuse et élégante les problématiques données.



Chappie Couverture du film

## *Validation*

Dans le même temps ou juste à la suite de cette étape, vient le temps de la validation, de la réunion au sens d'unir. Unir les idées, choisir et renoncer ou questionner les propositions. Cette étape peut évidemment renvoyer à l'étape précédente et cet aller-retour aura lieu jusqu'au moment d'un accord.

L'agence IS souligne que c'est à cet instant que l'on vient prendre parti, donner du caractère au projet. C'est le moment d'agir, de décider, de faire. C'est à la fois enthousiasmant et à la fois un abandon. Il faut choisir une piste. C'est le moment le plus délicat, il y a une nécessité de maturité car on pourrait dire qu'un projet n'est jamais fini. Il faut donc abandonner des pistes passionnées et passionnantes pour n'en retenir que quelques-unes à mettre en application. La poésie devient caractère et ce caractère est un accord qui va donner lieu à une lente mise en œuvre.

## *L'utilisation de la référence dans l'architecture comme support d'inspiration*

La référence en architecture est un outil de travail, elle permet de voir des réalisations passées pour pouvoir s'inspirer d'un élément ou d'un autre. « On ne réinvente pas le monde tous les jours, on le fait à notre manière ». La référence est parfois utilisée pour des détails techniques, à d'autres moments pour le simple visuel ou l'expression d'une ambiance. Avec l'arrivée d'Internet et des outils de référencement d'images, la référence est en nombre, voire trop. La question de l'utilisation de la référence en architecture me semble être un élément intéressant à étudier car comme nous le verrons plus tard, il permet d'aborder les sujets du plagiat, du référencement et de la recherche.

L'agence MR voit plusieurs types de références : il y a une culture globale de l'architecture qui s'entretient en permanence et une référence plus orientée vers un projet. La recherche, elle, doit être thématique, pour ne pas partir tout azimut. L'agence met en garde sur le « gobage » d'images, car ces recherches deviennent des références uniquement lorsqu'elles sont déconstruites et décomposées pour servir le projet. On se laisse aller au gobage d'images souvent sous la contrainte du temps. Dans tous les cas dans le work flow de l'agence, on retrouve toujours un dossier de référence en lien avec le projet. Le fait de déconstruire la référence montre qu'on n'est pas dans un processus de plagiat mais de réinterprétation.

## *La « bonne » conception, la « bonne » architecture*

La question cruciale vise à comprendre ce qui fait que l'on peut qualifier une architecture de « bonne » architecture. De nombreux critères rentrent en jeu ; cependant d'un point de vue plus théorique et sensible, tous s'accordent sur le fait qu'il doit s'agir d'une architecture qui transmet des émotions, qui a un caractère. Une architecture qui, depuis la première partie de la conception, arrive à conserver sa poésie est une bonne architecture. C'est le côté « waouh ! » d'un bâtiment : l'his-

toire, la qualité des espaces participent à cette bonne architecture. Il était pour moi essentiel de saisir le sens d'une bonne architecture pour chacun des architectes que j'ai pu interroger. Bien que subjective, on attribuera à l'humain cette part de poésie et de sensibilité, point important dans la réflexion sur la conception avec l'aide d'une IA.

Cette première partie m'a permis de comprendre et d'analyser chacun des éléments qui compose ma réflexion. Il est maintenant temps de mettre en lien ces éléments et c'est en reprenant un article de Red Shift (journal de l'actualité du logiciel AUTODESK) que je vais présenter cette deuxième partie dédiée à la prospective et à l'IA dans l'architecture et au-delà : « L'un des pionniers des jeux vidéo, Arthur Samuel, a défini « l'apprentissage automatique » comme « un champ d'étude qui donne aux ordinateurs la capacité d'apprendre sans être explicitement programmés. » Mais pour certains, cette définition a des relents de films d'anticipation où les robots prennent le pouvoir sur les humains. »

Pourtant, rien ne nous oblige à regarder l'avenir de l'apprentissage automatique comme un scénario catastrophe. Le directeur technique d'Autodesk, Jeff Kowalski, s'intéresse aux concepts novateurs qui arrivent plutôt qu'aux tendances du moment. Il envisage la relation entre les humains et l'intelligence artificielle (IA) comme une alliance féconde. Et elle est déjà à l'œuvre.

**PARTIE II : L'IA, DOMAINE D'APPLICATION ET PROSPECTIVE**

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES  
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Déjà dans de nombreux domaines l'IA est massivement utilisée pour améliorer l'efficacité de certains processus, pourquoi pas dans ceux de l'architecture ?

L'intelligence artificielle (IA) est déjà bien présente autour de nous. Comme dans nos ordinateurs et nos téléphones, dans le but de proposer des services, des publicités, des applications pertinentes par rapport à l'utilisateur, Google, est un parfait exemple de l'usage de l'IA dans nos ordinateurs et téléphone, le fait de partager nos informations personnelles : géolocalisations, historique de recherches, etc., l'IA de Google propose par la suite des lieux à proximité qui correspondent à nos centres d'intérêt, ou des publicités ciblées.

Lorsqu'il vient à être question de design et d'architecture, l'IA n'aide plus seulement à automatiser certains procédés, elle permet également de mettre à contribution un flot infini de données au profit de la construction d'espaces adaptés, personnalisés, et de les étudier vis-à-vis de comportements, de flux, d'habitudes, d'ambiances et tant d'autres composants.

Le pouvoir des données sur la conception architecturale de demain, va permettre de proposer des solutions nouvelles et encore mieux adaptées aux besoins. Mais les outils dont nous disposons aujourd'hui sont-ils adaptés à cette révolution numérique ? comment communiquerons-nous avec ces nouvelles technologies, par quelle interface ? les claviers et souris sont peut-être déjà dépassés ? Cette seconde partie va proposer une réflexion sur ces questionnements ainsi que sur l'engouement autour de l'IA, et les possibilités qu'elle offre aux futurs architectes.

## A. Le pouvoir des données

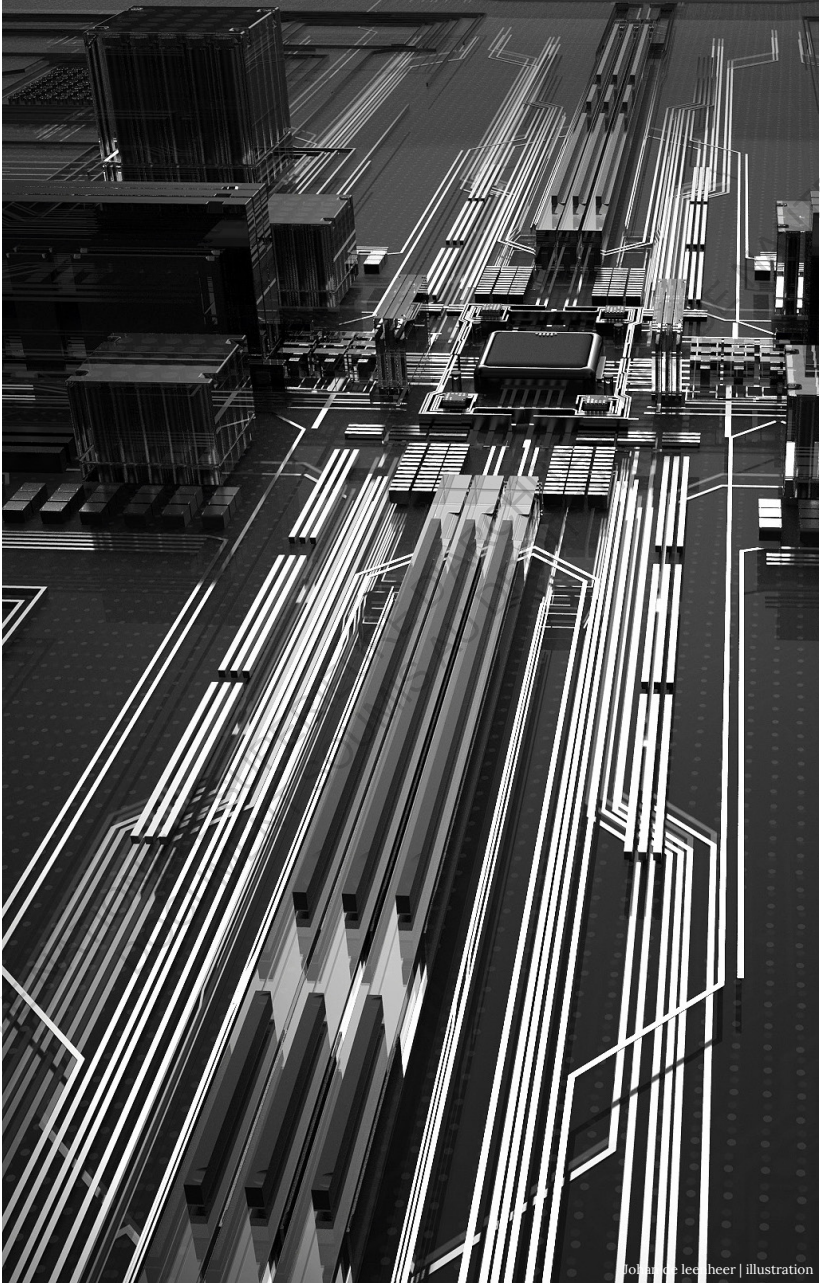
Les entreprises suivent tous nos achats ménagers à la trace comme elles enregistrent tous nos trajets effectués avec nos applications mobiles de cartographie ou ce que nous nous procurons en ligne. Si ces informations servent actuellement principalement le commerce, imaginez tout ce que le design pourrait en tirer.

Je me suis appuyé sur un travail déjà mis en place par les designers de site Internet et UX designer qui vise à étudier les comportements des utilisateurs de leurs applications ou site Internet.

Par exemple, combien de temps l'utilisateur reste-t-il à regarder une image ? quel chemin emprunte-t-il pour naviguer sur le site Internet avant de trouver ce dont il a besoin. Et également, quels éléments recherche-t-il ? Sont-ils nombreux à effectuer la même recherche ? Toutes ces données, nous les transmettons lorsque nous naviguons sur Internet, et elles servent de base à ces ingénieurs pour optimiser leurs sites, connaître les services qui fonctionnent mieux que d'autres, etc.

L'IA nous donne l'opportunité de collecter des données sur la manière dont les gens interagissent avec leur environnement et utilise ces informations pour aiguiller les architectes de demain.

Ce qui nous intéresserait nous, architectes, c'est de pouvoir étudier de manière plus précise et basée sur des études massives, le mode de vie des futurs usagers de





nos bâtiments. A l'image de l'exemple cité plus haut, combien de temps passent-ils sur leur terrasse, quel chemin empruntent-ils pour accéder à leurs logements, comment utilisent-ils leur cuisine, des informations plus ou moins pertinentes mais qui une fois correctement agencées et triées peuvent aboutir à une étude précise et complexe d'usages autour du bâtiment, pour mieux le concevoir, ou bien mieux l'adapter aux besoins.

L'IA est sur le point de faire la lumière sur une dimension invisible, mais ô combien utile pour les concepteurs ! De la même manière que la trace des pas des piétons dans la neige nous éclaire sur leurs trajets préférés, ces schémas nous permettent de mieux comprendre comment nous interagissons avec le monde qui nous entoure.

Elle donne un pouvoir d'analyse de données aux architectes et leur permet de cibler les récurrences pour mieux optimiser leur travail. Dans la conception UX, cela signifie que le site web possédera un meilleur taux de conversion. En architecture, c'est plutôt une question d'un calibrage idéal pour les besoins du client. Cela aboutira à des études qui donneront pour un site donné une sorte d'aperçu d'un micro-climat basé sur les données d'activités humaines, d'environnement, de flux, etc. ....

Ainsi, les architectes et les designers ne feront plus seulement des recommandations basées sur les besoins habituels d'un bâtiment de bureaux à Nantes. Ils auront la possibilité de prendre des décisions conceptuelles basées sur les besoins d'un bâtiment de bureaux à Nantes, situé dans le quartier des Olivettes en fonction de milliers de facteurs spécifiques aux besoins du quartier et au programme proposé. La question suivante se pose alors : comment traduire ces informations et les mettre en forme, leur donner un sens ? »

## **B. Repenser nos outils**

Au lieu d'utiliser les ordinateurs pour « tracer des formes géométriques » facilement, nous entrons dans une nouvelle ère, celle où l'on peut dire à la machine quels sont les buts à atteindre. Il s'agit d'une formidable mutation de la démarche conceptuelle.

En voici un exemple typique : imaginons que je veuille dessiner une maison et que le client me dise : « je veux quatre chambres et un grand salon, sur une parcelle triangulaire ». A priori, pas de difficultés : j'ai mon plan masse et je suis sur l'ordinateur.

Je peux dessiner quatre carrés pour les quatre chambres, puis les agencer suivant diverses configurations.

Mais s'il existait une autre façon de procéder ? Imaginons que je puisse demander à l'ordinateur de générer, disons, 25 plans pour cette maison, tous différents et convaincants, en tenant compte des contraintes que j'ai identifiées, par exemple selon les contraintes suivantes :

Un nombre spécifique de chambres de moins de 9 m<sup>2</sup>

Toutes les chambres doivent être adjacentes  
Deux salles de bains pour les chambres, chacune asservie à deux chambres  
Toutes les chambres seront logées à l'étage et les espaces de vie commune, en rez-de-chaussée.  
La consommation énergétique du bâtiment ne dépasse pas « x ».  
La salle à manger est exposée à l'est, tandis que le salon est exposé à l'ouest.

Le projet Akaba d'Autodesk aborde cette réflexion de conception d'une manière similaire à celle des professionnels du BTP, en tenant compte des exigences spatiales et d'un ensemble de règles, afin de créer des esquisses convaincantes qui répondent aux intentions du projet.

À partir de ces contraintes, l'ordinateur génère des agencements et des formes géométriques instantanément. Il s'agit d'une forme d'architecture que l'on pourrait qualifier de générative, proposant des options que je n'aurai jamais pensé explorer... ou que peut-être, je ne voudrai pas créer. L'ordinateur me donne tout, le bon comme le moins bon.

Ce sera le stade suivant de la conception, le projet ne sera pas issu des seuls principes de la géométrie, mais tiendra compte d'un ensemble de règles. La conception évolue vers la création et l'affinement de règles de production des plans d'étude, suivi de choix et de perfectionnements. Mais l'itération, c'est-à-dire la création de ces idées originales, devient beaucoup plus vaste et beaucoup plus passionnante.

Il existe déjà quelques projets expérimentaux qui tentent d'appliquer cette démarche. Dynamo, un logiciel libre de programmation visuelle de projet, est à mon sens un exemple parfait de ce que le futur de la conception informatisée nous réserve. En essence, il s'agit d'une machine qui fabrique des règles qui sont appliquées à Autodesk Revit, et qui est particulièrement utile pour les maquettes numériques.

Le projet et les outils qu'on utilise pour la conception n'ont jamais été statiques.

Ces quarante dernières années ont été une course incroyable à l'informatisation, qui a modifié la nature fondamentale des processus de conception en reproduisant les anciens procédés de la géométrie. Les choses sont en train de changer et je ne parle pas que du processus « créatif ».

Les tâches répétitives (et souvent banales), comme le tracé des canalisations dans un bâtiment ou le calcul du nombre de baies ou de puits de lumière permettant d'obtenir un label HQE, peuvent être automatisées. Quelle occasion fantastique! Nous allons enfin pouvoir consacrer le temps qui était alloué aux tâches fastidieuses à explorer le potentiel d'un projet, tout en économisant du temps et en réduisant les coûts.

Une fois que ces règles deviennent la base de la production des études et de leurs tests, la conception devient plus effective, plus intéressante et plus amusante, parce que nous pouvons consacrer toute notre attention aux tâches les plus importantes du processus : trouver et ajuster les solutions les plus séduisantes, les plus provocantes, les plus utiles ou les plus esthétiques. Aucun ordinateur n'en est capable. Mais ils peuvent certainement nous y aider.

La manière dont nous utilisons la géométrie est en plein changement, et c'est tant mieux. Citez-moi le nom d'un architecte qui accepterait d'échanger son ordinateur pour un compas ! C'est un tout nouvel univers qui est sur le point de se révéler. Il s'agit d'une révolution incroyable pour ceux qui ont la fibre conceptuelle.

Afin de pousser ma recherche vers de nouvelles avancées concrètes en matière d'IA dans l'architecture, une rencontre lors de mes recherches sur les avancées de l'IA dans le monde de l'architecture m'a conduit chez Visiativ, l'entreprise qui développe SolidWorks et distribue les services de Dassault System. J'ai donc rencontré Jim Rhône, tout juste arrivé pour travailler sur une plateforme d'intelligence, un logiciel dédié au monde du bâtiment et qui compte allier intelligence artificielle et création. Il est nommé X-génération.

## 1. Parcours de Jim Rhone

Architecte de formation il est diplômé en 2014 à l'école de ENSA- Paris Malaquais, il faisait partie du département Digital Knowledge, créé par Philippe Morel. L'objectif de ce département était la recherche dans le design génératif et computationnel, ainsi que le travail de fabrication et de prototypage avec de nouveaux outils. (NB : La pensée computationnelle s'intéresse à la résolution de problèmes, à la conception de systèmes ou même à la compréhension des comportements humains en s'appuyant sur les concepts fondamentaux de l'informatique théorique)

Il a terminé sa formation par la HMONP chez Jean NOUVEL, chez qui il avait préalablement réalisé des stages ; puis, il a travaillé deux ans chez Gehry Technologies, au sein du bureau d'étude de Gehry Partner, où il utilisait l'outil Digital Project qui est une adaptation de Cathia pour l'architecture. Il est ensuite devenu consultant et aidait les équipes de Gehry Partner sur des problèmes de constructions complexes, de delivering, des problématiques de construction, d'automatisation de process, etc.

Il rejoint Visiativ en juillet 2019, Visiativ (revendeur SolidWorks Dassault System) a toujours été proche de l'entreprise Dassault car il était le revendeur des solutions Dassault dans le domaine de l'industrie, de l'aviation et du bâtiment.

Dassault développe en ce moment la 3D expérience, c'est un programme qui vise à regrouper sur une même plateforme, les logiciels (soft) et les concepteurs. Dans cette démarche, on retrouve la branche bâtiments au sein des branches dédiées à chaque secteur d'activité dans laquelle Dassault System intervient. Depuis un an de commercialisation, X-génération, premier soft dédié au CCT (Constructions, Cités et Territoires) par Dassault, est un des éléments de de la 3D expérience.

## 2. X génération : Visual programming et design paramétrique. Dans le sillon de Grasshoper.

Jim Rhone développe chez Visiativ des angles d'attaque commerciaux

pour rentrer sur le marché de l'IA et de la conception générative avec ce nouveau produit, en ciblant les clients historiques de Visiati, des industriels du bâtiment pour beaucoup qui travaillent sur SolidWorks aujourd'hui. Il travaille en collaboration avec Patrick Blancheton, initiateur du projet.

Les ambitions de X-générative partent d'une constatation simple : aujourd'hui il y a une grande quantité de matière numérique produite dans le monde du CCT, modèle numérique, plan, etc., c'est presque devenu systématique. Ces données numériques sont un ensemble de connaissances, de données qui sont aujourd'hui du savoir-faire.

Les architectes répondent à de nombreux concours sans garantie d'être sélectionnés, et si leur projet n'aboutit pas, les données produites sont perdues ; « si tu perds le concours, tu mets ça dans un disque dur et c'est rangé ». L'objectif est de pouvoir télécharger ces modèles pour rendre accessible ces données, produites à différentes phases, selon si le bâtiment a été construit ou pas, le degré d'avancement, etc... , et ensuite de les réutiliser.

En effet, cette matière numérique contient de la connaissance, et l'idée est de pouvoir extraire ces données, puis utiliser des algorithmes de « machine learning » pour aller trouver des « modèles », par exemple, sur des questions programmatiques, sur des espaces, des géographies, des typologies, des organisations spatiales, qui font qu'un designer de bâtiments peut trouver et utiliser ces informations vouées à l'oubli. L'idée est de valoriser les données, la connaissance et les travaux de toutes ces personnes qui ont travaillé sur ces sujets, et ainsi puiser de l'expérience de ces projets et la partager.

La mise en place de ce logiciel X-générative et de ce réseau débute par la constitution d'une énorme base de données de projets architecturaux, construits ou non, et digitalisés. Une surcouche applicative pourra puiser la donnée, la manipuler et la consulter. Le « machine Learning » permettra d'être plus pertinent, et intelligent dans la recherche. Dans le domaine de l'intelligence artificielle, le machine Learning est la technologie qui permet aux machines d'apprendre seules à partir de données fournies. Ces algorithmes permettent aujourd'hui de résoudre des équations ou des cas qui semblaient être insolubles.

Elle est distinguée du « deep learning », c'est-à-dire la capacité d'une machine à reproduire le fonctionnement du cerveau humain.

Bien que X-générative soit à ces débuts, il s'agissait pour moi de montrer que ces outils sont en cours de création et que ce dont nous parlions vis-à-vis de la création de nouveaux outils comme Akaba, est sur le point d'être concrétisé.

La manière de fonctionner de ces nouveaux logiciels montre l'importance de l'utilisation d'une base donnée, qui couplée à de bons outils permettra de faire progresser la conception en architecture. Cependant serons-nous en mesure de communiquer avec ces nouveaux outils ? Le clavier et la souris sont-ils encore pertinents lorsqu'il s'agit de décrire des ambiances, des ressentis, des émotions dans l'espace et le temps ?

Ma conversation avec Jim Rhone, au-delà de comprendre la mise en place et le processus de création d'un logiciel, a ouvert de nombreux questionnements auxquels vont être confrontés les architectes et IA de demain. Nous les aborderons dans la dernière partie de ce mémoire.

## C. Repenser nos interfaces

Aujourd'hui, avant de construire, les architectes peuvent générer et soumettre un nombre infini de maquettes à des essais avant de lancer la construction, économisant ainsi du temps, de l'argent et des ressources. Mais alors que les attributs qui créent un « espace idéal » sont mesurables quantitativement (lumière du jour, distraction visuelle, etc.) et que les préférences humaines tendent à être plus complexes à quantifier numériquement, comment un 0 et un 1 (langage binaire de l'informatique) peuvent-ils rendre compte d'une sensation, d'une émotion ?

Zane Hunzeker, responsable construction et conception virtuelle chez Swinerton Builders, explique que leur entreprise utilise déjà un logiciel d'optimisation basé sur les commentaires des utilisateurs. « Un de nos logiciels de RV (réalité virtuelle) suit les mouvements de votre regard et si vos yeux s'arrêtent pour regarder quelque chose plus d'une demi-seconde, il ajoute une petite marque sur ce point. Si vous répétez cette opération avec les 25 personnes présentes dans ce bureau, alors, d'un seul coup, vous savez où les gens regardent, où ils préfèrent se trouver et vous intégrez ces données dans le système d'apprentissage automatique. Cela vous permet de choisir l'orientation des espaces par exemple.

Aujourd'hui l'interface machine / humain est très limitée, un peu comme si nous n'utilisions que la vue pour communiquer entre humains. Nos interactions seraient alors bien limitées et nos possibilités d'échanges et de compréhension le seraient tout autant. C'est ce que nous vivons avec nos ordinateurs, le clavier et la souris sont nos seuls moyens de communiquer et l'écran la seule interface pour l'homme.

Une architecture, un espace, une ambiance, une intention, ne peuvent pas se réduire à un mot ou un nombre, à une ligne de code informatique. A travers l'architecture, nous transmettons des sensations, tels que le chaud, le froid, la sensation de joie, l'envie et des émotions, des choix qui n'ont pas de mots mais que nous ressentons. Si l'IA doit nous épauler dans notre travail de conception, un changement important de communication est obligatoire. Comme avec un ami avec lequel il n'est plus nécessaire de parler pour se comprendre, un regard complice suffit, la machine doit devenir notre « meilleur ami ».

L'interface pourrait passer par des neurotransmetteurs, par exemple, capable de comprendre nos stimulations, ou d'échanger sur d'autres sujets qui alimenteraient le projet : philosophie, art, expérience, ...

Je me suis donc demandé dans quels secteurs avons-nous le plus avancé à ce sujet ; et c'est vers la médecine que je me suis tourné, secteur où les avancées très concrètes dans le traitement des stimulations par neurotransmetteur a le plus évolué. On ne se contenterait donc plus d'un clavier et d'une souris mais il serait possible de partager bien plus, notamment des choses non écrites mais ressenties.

Je reprends donc l'exemple de Jade Scheuermann qui en 2012 avait réussi à contrôler un bras robotisé avec précision, via deux réseaux d'électrodes. Ce que montre cet événement, c'est que nous commençons à interpréter l'activité cérébrale. Les chercheurs avaient cartographié le cerveau de la patiente afin de déceler les zones d'activité qui correspondait à telle ou telle action. Ce travail a permis de lui faire utiliser ce bras. Si nous pouvions communiquer de manière non verbale et que nous reconnaissons chez l'homme les éléments du cerveau qui correspondent à nos sensations, l'IA pourrait les interpréter et donner aux architectes la possibilité d'utiliser ces données.

A lire ce que je tente de vous partager, on pourrait bien croire que l'IA va remplacer l'homme d'ici peu et que les architectes n'auront plus leur place si les ordinateurs peuvent penser par eux-mêmes, transmettre des émotions, et concevoir. Or, l'intelligence humaine comme nous l'avons vu, par nature irrationnelle, n'a rien à voir avec l'intelligence des ordinateurs. Nous vivons parmi les humains, et les raisonnements irrationnels font de nos environnements des lieux riches et diversifiés.

D'ailleurs dans toutes mes explications, à aucun moment je n'ai posé l'hypothèse que la machine prenait la décision pour l'architecte, mais simplement qu'elle lui permettrait d'élargir ses horizons de connaissances, et du traitement des données. L'intelligence humaine est donc un atout dans la collaboration IA / Humain.

#### **D. L'intelligence humaine, un atout dans la collaboration IA et humain.**

*«Les solutions créatives aux contours mal définis sont encore l'apanage des humains, et très peu des ordinateurs. Mais du fait de l'automatisation, le temps gagné sur les tâches répétitives peut être réinvesti dans la conception.» –Mike Mendelson*

On peut continuer à tirer profit des capacités humaines, à savoir la créativité, l'intelligence humaine, tout en exploitant pleinement l'intelligence artificielle, à savoir l'aptitude des ordinateurs à régler des problèmes à la vitesse de l'éclair. Pour résumer, c'est une méthode hybride qui dépasse de loin les résultats que l'on pourrait obtenir avec l'une ou l'autre des méthodes prises séparément.

L'entretien avec l'agence IS a d'ailleurs souligné l'importance de la poésie dans l'architecture, une bonne architecture selon cette agence est une architecture qui a su conserver sa poésie et qui est lisible dans l'espace créé, de l'esquisse à la réalisation.

Une belle analogie de Yuhyun Park a comparé l'intelligence artificielle et l'être humain à un humain et son cheval : le cheval est bien évidemment plus rapide que l'homme et il ne sert à rien de chercher à le concurrencer là-dessus mais l'homme peut lui s'entraîner et entraîner ses enfants monter à cheval.

Ainsi, l'intérêt que nous avons vis-à-vis de l'IA n'est pas d'essayer de se montrer meilleurs, mais plutôt d'apprendre à s'en servir au mieux pour collaborer et explorer de nouveaux chemins.

Mais pour pouvoir collaborer, faudrait-il déjà faire confiance. Comment les hu-



I am mother | couverture du film

mains peuvent-ils apprendre à faire confiance à l'intelligence artificielle? C'est une question de validation, si on peut valider une chose, alors elle devient fiable, on peut alors la laisser explorer des idées au sens large. Non seulement pour confirmer ce qu'on sait déjà, mais dans l'idéal en nous montrant d'autres manières de faire, auxquelles on n'aurait pas pensé avant. »

C'est finalement un travail sur nous humain et architectes que nous devons effectuer pour trouver la bonne place de l'IA et la nôtre dans ces nouvelles opportunités de création.

Un peu d'humilité ne peut pas faire de mal, selon Jim Stoddart. « L'idée d'une automatisation qui supprime toute intervention humaine dans la conception ne m'intéresse pas, car avec ça, on perd l'intérêt de la conception. Mais nous devons savoir mettre notre orgueil de côté lorsqu'il s'agit de prédire des solutions à des problèmes de plus en plus complexes. »

En fin de compte, les robots ne sont pas là pour prendre les emplois d'aujourd'hui, mais pour donner aux architectes l'opportunité de repenser et de réinventer l'essence même de la conception. Et les craintes peuvent se dissiper simplement en les énonçant plus clairement. Maintenant qu'on dispose d'un outil apte à traiter des problèmes plus complexes, il faut revoir notre manière de formuler les problèmes.

La créativité restera le privilège du genre humain. Et avec l'aide de l'IA, nous serons de plus en plus à même de créer et de modeler le monde dans lequel nous voulons vivre, tout en laissant les machines travailler en collaborations avec nous.

L'arrivée de l'IA dans l'architecture va bien modifier nos façons de travailler comme nous l'avons vu, de nombreux facteurs vont transformer la conception et notre rôle d'architecte va être amené à se redéfinir. Et c'est en cela que je crois que nous aurons l'occasion de concevoir mieux, de retourner à l'essence de notre travail. Emouvoir, créer, imaginer, sans aucune autre forme de contraintes ou d'entraves.

Mais dans tout ce joyeux rêve où tout semble se passer pour le mieux, on ne saurait suffisamment nous rappeler que de nombreuses problématiques sont soulevées et pas des moindres, notamment la survie de notre métier, ne serait-ce qu'avec nos technologies actuelles, comme évoqué avec Jim Rhone sur le projet X-génération. La science-fiction fait d'ailleurs bien de nous le rappeler à chaque instant : et si l'IA nous dépassait et venait nous faire disparaître !

Alors sans imaginer un scénario catastrophe, il faut évidemment rester vigilant, et analyser les failles et identifier les erreurs que nous ne voudrions pas commettre, non pas par peur d'une IA destructrice des hommes, mais par peur des hommes.



**PARTIE III | LA NÉCESSITÉ DE GARANTIR UNE IA UNIVERSELLE ET ÉQUITABLE**

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES  
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Pour terminer mon analyse, je vais maintenant expliciter les éléments sur lesquels il est nécessaire d'être en vigilance pour assurer une arrivée équitable et utile de l'IA dans la conception architecturale. Les sujets autour de la diversité, du libre arbitre et du partage des données seront abordés comme les éléments clefs de la réflexion.

## **A. Les données : partage et gestion**

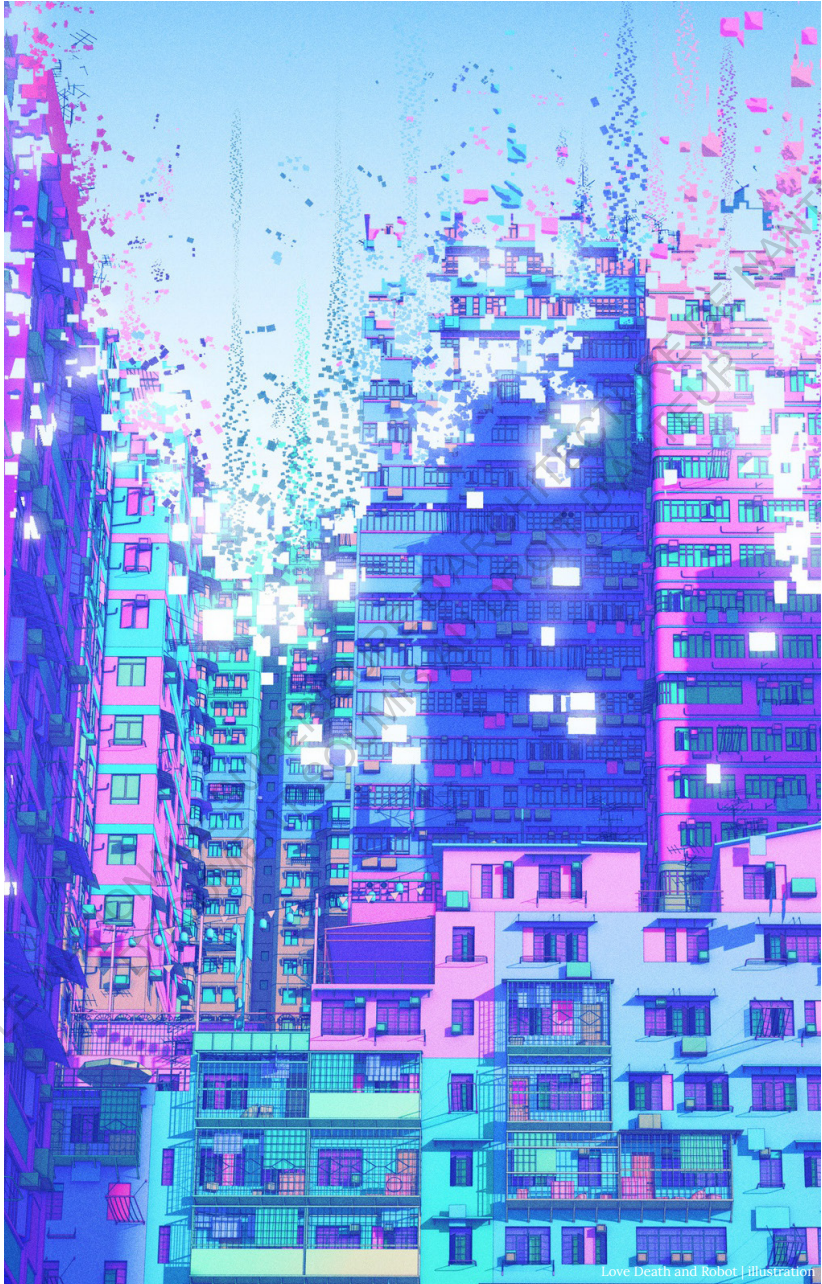
Le partage des données, de manière voulu ou non, constitue la ressource de base de l'IA. C'est cette accumulation de données qui lui permet d'apprendre, de répondre aux requêtes de manière plus pertinente et qui fait de la machine une aide à la décision rationnelle et impartiale. Mais comment constituer ces bases de données afin qu'elle respecte la vie privée et laisse le contrôle au propriétaire qui sont les usagers ? On dit souvent que lorsqu'un service est gratuit c'est que nous en sommes le produit : car, en effet, nous laissons aujourd'hui de nombreuses informations personnelles, positions, activités, agenda, identité, traces de nos déplacements, dans les mains de sociétés sans savoir pour quels usages elles vont être utilisées.

Si demain l'IA intègre l'architecture, des bases de données d'informations seront créés et la question de leur mise en place est primordiale, d'un point de vue réglementaire, éthique et sécuritaire. Comme nous l'avons vu dans la partie sur le pouvoir des données, l'accès à ces informations au sujet d'un territoire, de l'utilisation d'un bâtiment permettrait d'obtenir des réponses plus justes et pertinentes à un projet architectural.

Aujourd'hui des solutions sont envisagées pour que l'individu puisse reprendre le contrôle de ses données et les gérer. Par un système de monétisation, il appartiendrait à chacun de vendre ou non ses informations au gestionnaire du service de Base de données. Comme nous l'évoquions avec Jim Rhone au sujet de X-générative, les agences d'architectures pourraient vendre leurs informations pour un projet.

Cette question de la monétisation n'est pas universelle, ainsi dans certains pays comme la Chine, tous les individus ont la culture du partage de l'information au service du groupe, même si cette culture se fait sous un régime particulier de gouvernance étatique (le communisme) et sous l'influence du confucianisme (le bien du groupe passe avant l'individu). Il s'agirait donc de fixer des règles à cette monétisation ce qui ouvre la réflexion sur les critères de gestion des bases de données, capables de garantir un équilibre entre la qualité des bases de données et le respect de la vie privée. Cette question est donc éminemment politique et culturelle.

De plus, ce fonctionnement pose également le sujet de la gestion de la diversité des données intégrées dans cette base de données. Si les données proviennent des mêmes sources et sont similaires, on peut aboutir à une base de données biaisée à partir de laquelle les choix de l'IA seraient réduits et discriminants vis-à-vis des quelques projets sous représentés. Cela provoquerait la perte de diversité des réponses de l'IA. C'est là tout le sujet de la surreprésentation d'un type de données intégrées dans un groupe de données plus large.



Un deuxième facteur s'ajoute à la problématique de la diversité des données, c'est celui de la gestion de la diversité des « codeurs » : par qui et comment est-elle codée ? Quels critères et qui décide de leur représentativité ? En effet, les algorithmes, eux aussi, sont écrits par des personnes, ayant elles-mêmes leurs propres biais cognitifs, inconscients ou non, dus à leur culture, sexe, origine sociale, etc.

Finalement, la gestion de la diversité des données et des personnes qui conçoivent les IA est nécessaire et primordiale dans le but d'utiliser l'intelligence artificielle de manière équitable.

## **B. La diversité, amplificatrice des biais de la société**

La diversité dans l'IA passe déjà par celui qui la programme, aujourd'hui la majorité des programmes intelligents est codée par des hommes « blancs », avec une culture, et un niveau de vie plus ou moins similaire. Il est donc évident, bien que l'intention soit positive, que créer une IA pour tous, en intégrant uniquement une typologie d'individu ne paraît pas du tout pertinente.

Les constats de la recherche *Discriminating systems : Gender, Race and Power in AI* [Systèmes discriminatoires : genre, race et pouvoir dans l'intelligence artificielle] sont inquiétants. Cet institut nommé « AI Now », associé à l'Université de New York, recense différentes études de tous horizons, effectuées au cours des dernières années pour mesurer la diversité et la discrimination dans le milieu de l'intelligence artificielle (IA).

« Il y a une crise de la diversité dans l'industrie de l'IA », indique le rapport en introduction. Les chiffres soulignent notamment que seulement 18 % des auteurs dans les grandes conférences en IA sont des femmes et que 80 % des professeurs en IA sont des hommes. Même constat dans les entreprises : seuls 15 % des chercheurs en IA chez Facebook sont des femmes, contre 10 % chez Google ; et le manque de diversité ne touche pas que le sexe. Seulement 2,5 % des employés de Google seraient noirs, alors que 4 % le seraient chez Facebook et Microsoft.

Côté architecture, le développement et l'utilisation de l'IA doivent être compatibles avec le maintien de la diversité sociale et culturelle et ne doivent pas restreindre l'éventail des réponses architecturales et des expériences spatiales.

C'est un sujet essentiel à l'heure où l'on ressent, à travers l'impact des modes de fonctionnement de certains réseaux sociaux, une tendance à l'enfermement des individus dans une bulle et un risque d'uniformisation de la société par la normalisation des comportements et des opinions. Certains algorithmes peuvent réduire les options voire renforcer des préjugés liés aux différences sociales, sexuelles, ethniques, culturelles ou religieuses.

Ces risques existent, il ne faut ni les nier ni les surestimer. L'IA peut être une chance pour la diversité à condition de l'intégrer dès le départ comme un principe essentiel. Les bénéfices de l'intelligence artificielle seront d'autant plus grands qu'ils seront adaptés à la spécificité des contextes culturels locaux.

A ce titre, l'exemple des chat bots (ou assistants vocaux) – qui connaissent actuellement un développement exponentiel – offre une perspective plus rassurante. Car chacun peut le ressentir à titre individuel : la pertinence de ces outils n'existe que lorsque les réponses sont linguistiquement ou culturellement adaptées.

L'industrie est au fait de ces problèmes. Mais en connaître l'existence ne permet pas pour autant de les régler. En 2018, Amazon a par exemple dû abandonner un outil d'intelligence artificielle utilisé pour trouver de nouveaux employés qui tendait à discriminer les femmes. L'entreprise a bien tenté de corriger la situation, mais sans succès. En analysant les préférences d'embauche passées d'Amazon pour prédire les préférences futures à partir des CV reçus, l'IA répétait une discrimination trop fortement incrustée dans le système pour que les chercheurs puissent modifier manuellement l'algorithme.

Au-delà des aspects techniques comme le manque de diversité d'une base de données d'apprentissage, il faut considérer le problème des discriminations dans l'IA par le prisme humain. Les algorithmes ne sont pas dotés de conscience, mais construits par des humains. Ce sont, en partie, les biais de ces personnes qui se répercutent sur la façon dont les algorithmes fonctionnent.

D'où l'importance de voir de la diversité parmi les professionnels qui les conçoivent... Ce qui, pour le moment, est loin d'être le cas. En France, les femmes ne représentent que 28% des effectifs du secteur de la technologie, et lorsque l'on s'intéresse à celles qui sont sur les métiers les plus techniques, ce chiffre plonge encore. Ainsi "Si le mot "ingénieur" apparaît 1.000 fois dans les références, et qu'il s'agit en majorité d'hommes, l'algorithme assignera un genre masculin à ce métier. De même, il aura tendance à associer les mots "maestro" et "capitaine" à un homme et les mots "infirmier" et "nounou" à une femme "

L'IA doit assurer la continuité de la diversité de la production architecturale et non pas la restreindre. Au vu des liens étroits entre architecture et société, il faudra être vigilant à ne pas inclure ces biais dans l'architecture de demain. De nombreuses constructions aujourd'hui qui se disent architecture viennent déjà mettre en péril cette diversité, à l'instar des zones périurbaines plantées de maison toute identique les unes aux autres, et proposant une qualité de vie dictée avant tout par la norme. Une norme locale, en lien avec notre société et notre culture qui ne laisse que peu de place au changement, à la différence. A l'image des chat bots, l'architecture de demain n'aura de réponses pertinentes que parce qu'elle est culturellement adaptée.

En effet, déjà aujourd'hui, la production de bâtiments (type logements individuels en zone péri-urbaine) ne se distingue pas par la qualité architecturale et donc n'intéresse que peu les architectes, pourtant elle représente une part importante de la production architecturale actuelle. Par conséquent son poids risque d'impacter fortement d'une part, la vie des usagers et le territoire (monotonie et répétitivité des réponses) et d'autre part, les futures bases de données qui alimenteront les IA de demain (surpondération de cette production).

Par conséquent, le mécanisme d'amplification pourrait mener à une baisse évidente de la qualité des projets d'architecture dans leur pertinence vis-à-vis des besoins.

## C. Garder le libre arbitre ou se laisser guider par l'IA

Le libre arbitre est la faculté qu'aurait l'être humain de se déterminer librement et par lui seul, à agir et à penser, par opposition au déterminisme ou au fatalisme, qui affirment que la volonté serait déterminée dans chacun de ses actes par des « forces » qui l'y nécessitent.

Le libre arbitre, de manière globale est un sujet en soit dans notre société, mais l'IA ne risquerait-elle pas de créer de nouvelles entraves ? En effet, l'IA conduit à déléguer notre capacité de choix

Très efficaces, confortables, sans erreurs, les techniques d'intelligence artificielle auraient la capacité d'étourdir et d'endormir notre sens des responsabilités. «Les techniques d'intelligence artificielle telles qu'elles sont appliquées industriellement aujourd'hui conduisent à déléguer notre capacité de choix à la machine », le GPS illustre parfaitement cette délégation de la décision, puisqu'on ne se pose plus ou presque plus la question de se diriger vers la droite ou vers la gauche», on obéit à la consigne en confiance.

Alors, pourquoi en tant qu'architecte, je remettrai en question la production d'une IA si déjà, je ne mets pas en question mon GPS ? sinon à en mesurer l'impact sur la ville. On pourrait imaginer que l'on accorderait une confiance aveugle à son IA comme on le fait à son GPS. Et c'est, en effet, la notion de confiance qui est primordiale dans notre capacité à déléguer nos tâches et donc nos choix.

Autre questionnement corollaire apparaît autour de la notion de confiance : pourquoi remettre en question une IA réputée infaillible, sans erreurs tout comme mon GPS ?

« Le droit à l'erreur, à la déviance est la condition du progrès qui naît de l'erreur. L'optimisation absolue conduit à la mort de l'innovation par accident comme la découverte de certains vaccins ou de la tarte Tatin »

Gaspard Koenig à travers son livre « Voyage d'un philosophe au pays de l'intelligence artificielle » explique : « par la fin de l'individu, je n'entends pas la mort de l'homme ou la soumission de l'humanité par les machines comme on peut l'entendre dans certaines thèses. La fin de l'individu se réfère à la fin du concept d'individu autonome, libre de ses choix, responsable de ses actions... tout ce qui fonde nos sociétés libérales ». C'est la question que posait Yuval Noah Harari à la fin d'Homo Deus Il évoquait la possibilité que des systèmes d'intelligence artificielle parviennent à nous prodiguer des informations suffisamment puissantes, utiles et bien collectées pour que nous soyons de plus en plus convaincus qu'il est de notre propre intérêt de nous laisser guider. Nous pourrions donc déléguer notre capacité de choisir.

Alors, comment concilier progrès techniques dans ce domaine et préservation du libre arbitre ? «Il faut conserver le droit à dévier de l'individu, il faut qu'il y ait des gens qui fassent des erreurs pour avancer», préconise Gaspard Koenig. Ce serait la condition sine qua non du progrès selon lui. «Aujourd'hui, ces systèmes d'intelligence artificielle vous incitent à vous comporter comme la norme.» Pour rétablir la maîtrise de l'individu sur son destin, l'auteur plaide pour une propriété privée



**EX MACHINA**  
マシンから神

IMPULSE.  
RESPONSE.

CHAOTIC.  
PATTERNED.

IMPERFECT.

FLUID.

C:  
D

S:  
00.3

A  
(.X4)

des données personnelles. Ce système permettrait en particulier de monétiser les informations livrées par les particuliers aux grandes plateformes numériques.

Et pourtant, le concept de libre arbitre n'est pas universel, loin s'en faut. Premièrement, il n'existe pas dans certaines cultures, et notamment dans la pensée chinoise. Il en résulte un fossé culturel entre nous et la Chine, aujourd'hui détentrice du plus grand nombre de brevets de produits d'IA sur le globe. Comment pouvons-nous comprendre, nous Européens, que les citoyens chinois acceptent de se soumettre à des algorithmes de surveillance massive ? A contrario, comment comprendre, pour un jeune Chinois, ces Européens soucieux de défendre une liberté de choix individuelle qui se ferait au détriment du bien collectif ?

Deuxièmement, même dans l'Occident judéo-chrétien, le libre arbitre a fait l'objet de batailles homériques. On doit le concept à l'un des pères de l'église, Saint-Augustin. En bon théologien, ce dernier faisait face à une problématique de taille : comment est-il possible que le Mal existe si Dieu est parfait ? Le libre arbitre fut sa réponse : l'être humain est capable de faire le mal parce qu'il a la faculté de décider librement.

On peut évoquer aujourd'hui la relation entre Luther et Érasme pour illustrer les différents courants de pensées qui réfléchissent actuellement sur le sujet :

Le théologien et l'humaniste ont des positions très proches lorsqu'ils traduisent la Bible. En revanche ils ont des points de vue assez différents sur ce qui peut sauver l'individu du péché et lui ouvrir le chemin du salut. Pour Érasme, les œuvres bonnes y pourvoient. Pour Luther, le salut ne vient que de la grâce de Dieu. Ce débat atteint son apogée lors de la célèbre controverse sur le libre arbitre (1524-1526).

Du côté des partisans de Luther, on compte aujourd'hui le célèbre intellectuel israélien Yuval Harari. La thèse de Harari, confortée par les neurosciences, est radicale : le libre arbitre n'est qu'une fiction. Nos décisions ne sont pas libres et indépendantes, mais déterminées par nos gènes, notre environnement, etc. Certes, dit Harari, le libre arbitre a été un mythe utile pendant 500 ans, quand il fallait lutter contre l'inquisition ou le KGB. Selon lui, ce mythe est aujourd'hui devenu dangereux : il nous empêche de voir le danger imminent d'une manipulation à grande échelle. Harari appelle à se libérer du libre-arbitre pour mieux empêcher le « hacking » du cerveau humain par des IA.

Du côté des partisans d'Érasme version 2020, on trouve les philosophes Daniel Dennett et Gaspard Koenig. Dans son livre intitulé Voyage d'un philosophe au pays de l'intelligence artificielle, celui-ci défend l'importance de la délibération intérieure, qu'il nomme « arbitre libre ». L'individu est défini par ses décisions et chaque choix que l'on pose, même automatique, est le résultat d'une vie entière de décisions antérieures. Si dès l'enfance l'IA décide à notre place, l'individu n'existe plus. Pas plus que les droits qui lui sont attachés, comme la liberté d'expression ou de croyance.

Finalement, la perte du libre arbitre pour les architectes signifierait la fin d'un processus de création. En première partie, nous avons pointé le fait que le processus de création se compose d'une phase d'erreurs, de test et de corrections. En empêchant toute erreur de se produire cela reviendrait à déléguer complètement nos choix aux IA qui additionnent des données biaisées et des programmations dis-



criminales. Cela marquerait certainement la fin d'une production architecturale pour l'homme et à son service, la fin du progrès et de l'innovation.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES  
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

## OUVERTURE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES  
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Ce mémoire est le reflet d'un de mes conflits intérieurs, technophile mais également épris de liberté et d'indépendance, je redoute autant l'arrivée de l'IA que je suis attirée par elle.

Si en partant dans ces recherches, il me semblait évident qu'elle serait un outil libérateur au service de mon métier, ma conviction s'est tempérée. L'utilisation de l'IA dans l'architecture se met déjà en place et pourtant beaucoup de grandes questions restent à éclaircir pour assurer un usage raisonné et conscient de cette technologie. Des règles claires et précises doivent assurer à l'architecte de pouvoir rester maître dans ces décisions et libre dans ses choix ; mais c'est aussi à l'architecte de rester vigilant et alerte dans la phase de création.

Le second grand questionnement soulevé par ce mémoire a été la place du collectif et de l'individuel dans ma pratique future, le sujet de l'intérêt général et de l'intérêt particulier qui sont au cœur de tout projet d'architecture. En effet, quoi de plus étonnant que l'exemple du GPS, quand on sait (ou pas) que le GPS calcule le « meilleur trajet » pour un usager dans le but de ne pas créer un embouteillage qui contrarierait les autres usagers.

Cela implique donc que la machine fait implicitement passer le bien vivre du collectif avant celui de l'individu, même s'il lui facilite individuellement la navigation. Cette démarche nous entraîne ainsi dans l'un des paradoxes de notre société qui d'une part, porte aux nues l'individu, sa performance et son image et crée, d'autre part et dans le même temps, des outils technologiques au service du collectif.

L'ironie de la situation réside dans le fait que l'intelligence artificielle, et donc rationnelle, donne une réponse parfois plus pertinente après son processus de décisions que l'intelligence humaine par essence soumise aux émotions ; elle calcule toujours la solution vers le bien du groupe avant celui de l'individu

Cela tend à montrer que l'alliance des deux formes d'intelligence, artificielle et humaine, est sans doute optimale car elle apporte l'équilibre entre l'intérêt général et l'intérêt individuel. En application au domaine de l'architecture, l'IA, dans une certaine mesure, pourra apporter beaucoup à l'architecte, dans sa capacité à traiter, sélectionner et synthétiser les données et permettra d'apporter des réponses au plus près d'une réalité du terrain parfois très difficile à appréhender par manque de temps ou par la distance géographique.

Dans la mesure où l'IA est impartiale et rationnelle, l'architecte pourra effectivement se concentrer sur la recherche de poésie, sur la création d'émotions dans la réponse aux problématiques de ses clients. L'intelligence humaine laissera ouverte la possibilité de l'erreur, du choix singulier, propice à l'innovation architecturale.

Rester éveillé, faire confiance mais ne pas se laisser abuser par la technologie, aiguïser sa conscience et écouter son intuition, sont pour moi de réelles compétences de l'architecte.

Remettre en question, réinventer et créer restent cependant l'essence du métier d'architecte, sa réelle valeur ajoutée que l'IA ne fera pas disparaître mais plutôt permettra de valoriser.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES  
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

## GLOSSAIRE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES  
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

### **<sup>(1)</sup> Will robot take my job**

En 2013, Carl Benedikt Frey et Michael A. Osborne ont publié un rapport intitulé «L'avenir de l'emploi: dans quelle mesure les emplois sont-ils susceptibles d'être informatisés?». Les auteurs examinent la vulnérabilité des emplois à l'informatisation, en mettant en œuvre une nouvelle méthodologie pour estimer la probabilité de l'informatisation. pour 702 professions détaillées, en utilisant un classificateur de processus gaussien.

Selon leurs estimations, environ 47 pour cent de l'emploi total aux États-Unis sont menacés. Bien que le rapport soit spécifique au marché du travail américain, il est facile de voir comment cela pourrait s'appliquer partout dans le monde.

«Nous avons extrait les emplois et la probabilité d'automatisation du rapport et nous avons facilité la recherche de votre emploi. Nous avons ajouté des informations supplémentaires du Bureau of Labor Statistics pour fournir des informations supplémentaires sur les emplois.»

### **<sup>(2)</sup> Logique de Port-Royal**

La Logique de Port-Royal est le nom habituellement donné à l'ouvrage d'Antoine Arnauld et Pierre Nicole, intitulé La Logique ou l'art de penser et publiée pour la première fois en 1662, à Paris

Port-Royal était le centre spirituel du jansénisme. Mais ce fut aussi un lieu de réunion où de grands écrivains et philosophes comme Blaise Pascal pratiquaient leurs études sur la logique, la grammaire, la théologie

Une référence centrale dans les domaines de la philosophie du langage.

Selon leur conception, le langage a une fonction d'expression de la pensée via les mots, qui sont les signes des pensées, et les écrits qui sont les signes des mots.

## MÉDIAGRAPHIE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES  
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

## FILMS

GABE IBÁÑEZ, Green Moon & Nu Boyana Viburno , Autómata, 2014, 110 min.

NEILL BLOMKAMP, Media Rights Capital, Chappie, 2015, 120 min.

ALEX GARLAND, DNA Films & Film4 Productions & Scott Rudin Productions, Ex-Machina, 2015, 108 min.

SPIKE JONZE, Annapurna Pictures, Her, 2013, 120 min.

WALLY PFISTER, Alcon Entertainment & Straight Up Films & Syncopy & DMG Entertainment, Transcendance, 2014, 113 min.

GRANT SPATORE, Penguin Empire & Southern Light Films & Mister Smith Entertainment & Endeavor Content, I Am Mother, 2019, 115 min.

LEIGH WHANNELL, Blumhouse Productions & Goalpost Pictures Australia & Automatik Entertainment & Nervous Tick & Film Victoria, Upgrade, 2018, 100 min.

ALEX PROYAS, Davis Entertainment & Laurence Mark Productions & Overbrook Entertainment & Canlaws Productions & Mediastream IV, I Robot, 2004, 101 min.

DRAKE DOREMUS, Global Road Entertainment & Scott Free Productions, Zoe, 2018, 104 min.

RUPERT SANDERS, Paramount Pictures & DreamWorks Pictures & Reliance Entertainment & ... , Ghost in the Shell, 2017, 106 min.

LAETA KALOGRIDIS, Skydance Media & Mythology Entertainment, Altered Carbon, 2018.

STEVEN SPIELBERG, Warner Bros. & DreamWorks SKG & Amblin Entertainment , A.I. Intelligence Artificielle, 2001, 146 min.

STEVEN SPIELBERG, Amblin Partners & Amblin Entertainment & De Line Pictures & ...., Ready Player One, 2018, 140 min.

MAMORU HOSODA, Kazé , Summer Wars, 2009, 114 min.

MORTEN TYLDUM, Bear Pictures & Ampersand Pictures, Imitation Game, 2014, 114 min .

LUC BESSON, Canal+ & Ciné+ & EuropaCorp & TFI Films Production, Lucy, 2014, 90 min.

JOSHUA DONEN & DAVID FINCHER & JENNIFER MILLER & TIM MILLER, love death and robots, 2019.

GUILAIN DEPARDIEU ET THIBAUT MARTIN, ARTE France, Docland Yard, L'intelligence artificielle va-t-elle nous dépasser ?, 2018, 53 min.



## LIVRES & OUVRAGES

Koenig, G. (2019). La fin de l'individu : Voyage d'un philosophe au pays de l'intelligence artificielle (Hors collection) (French Edition). L'OBSERVATOIRE.

Kirchberg, I., & Robert, A. (2014). Faire l'art : Analyser les processus de création artistique (Logiques sociales) (French Edition). Editions L'Harmattan.

Harari, Y. N. (2018). Homo Deus : A Brief History of Tomorrow (Illustrated éd.). Harper Perennial.

Harari, Y. N. (2018b). Sapiens : A Brief History of Humankind (Illustrated éd.). Harper Perennial.

Hugo Lebrunet. (2018). LA DISPARITION DE L'ARCHITECTE. ENSA Nantes.

Maude Dufrene. (2015). Le Dessin d'Architecture Variations d'un outil support de la réflexion et du dialogue. ENSA Nantes.

ÉRIC LE COGUEC. (2012). POUR UNE COMPRÉHENSION DE LA CONCEPTION ARCHITECTURALE : ÉTUDE RÉFLEXIVE DE LA CONCEPTION DU PROJET. UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL.

Thomas Paris. (2007). Organisation, processus et structures de la création. Délégation au développement et aux affaires internationales Département des études, de la prospective et des statistiques. <http://www.culture.gouv.fr/deps>

## ARTICLES WEB

Inpincipio, l'ensemble des articles  
<https://www.inpincipio.xyz>

Kiss my frogs, L'IA ou l'architecture du choix, DIANA FILIPPOVA, 25/05/2018  
<https://www.kissmyfrogs.com/lia-ou-larchitecture-du-choix/>

Degioanni, J. (2019, 19 septembre). La banalisation de l'IA, une étape indispensable pour l'architecture. lemoniteur.fr. <https://www.lemoniteur.fr/article/la-banalisation-de-l-ia-une-etape-indispensable-pour-l-architecture.1978319>

Formation aux métiers numériques - Wild Code School. (2017). [www.wildcodeschool.com](http://www.wildcodeschool.com).  
<https://www.wildcodeschool.com/fr-FR/blog/qu-est-ce-que-l-intelligence-artificielle/>

Futura, L. R. (s. d.). Intelligence artificielle. Futura. <https://www.futura-sciences.com/tech/definitions/informatique-intelligence-artificielle-555/>

Georges, B. (2017, 5 décembre). L'intelligence artificielle, prochaine frontière du design. Les Echos. <https://www.lesechos.fr/2017/12/lintelligence-artificielle-prochaine-frontiere-du-design-188456>

Miller, M. (2017, 26 juin). « Nous pensons qu'il faut dynamiter la façon d'enseigner l'architecture en France ». Le Monde.fr. [https://www.lemonde.fr/campus/article/2017/06/24/nous-pensons-qu-il-faut-dynamiter-la-facon-d-enseigner-l-architecture-en-france\\_5150594\\_4401467.html](https://www.lemonde.fr/campus/article/2017/06/24/nous-pensons-qu-il-faut-dynamiter-la-facon-d-enseigner-l-architecture-en-france_5150594_4401467.html)

Protais, P. M. (2017, 9 juin). L'algorithme prend le crayon. usinenouvelle.com/. <https://www.usinenouvelle.com/article/l-algorithme-prend-le-crayon.N548768>

Walsh, J. (2018, 24 mai). Apprentissage automatique : l'évolution de l'IA et dans la conception. Redshift FR. <https://www.autodesk.fr/redshift/apprentissage-automatique/>

L, B. (2017, 24 mars). Test de Turing – Un test pour mesurer l'intelligence artificielle. Artificiel.net. <https://www.artificiel.net/test-de-turing>

Marcus, G. (s. d.). Intelligence artificielle : le test de turing est-il dépassé ? Pourlascience.fr. <https://www.pourlascience.fr/sd/informatique/intelligence-artificielle-le-test-de-turing-est-il-depasse-9667.php>

Philo. (2020, 15 mars). La vie, le vivant, les machines : le naturel et l'artificiel (5). Cours de Philo. <https://philo.alcimia.fr/190/la-vie-le-vivant-les-machines-le-naturel-et-lartificiel-5/>

ROMÁN IKONICOFF. (2016). Le « test de Turing » censé déceler l'intelligence d'une machine est vraiment faillible. Science & vie. <https://www.science-et-vie.com/technos-et-futur/le-test-de-turing-cense-deceler-l-intelligence-d-une-machine-est-vraiment-faillible-6943>

ROMÁN IKONICOFF. (2018). Les risques de l'IA deviennent enfin un sujet sérieux ! Science & vie. <https://www.science-et-vie.com/technos-et-futur/les-risques-de-l-ia-deviennent-enfin-un-sujet-serieux-6926>

Thomas Paris, T. P. (2007). Organisation, processus et structures de la création. CAIRN. <https://www.cairn.info/revue-culture-prospective-2007-5-page-1.htm#>

Anatomie de la créativité : le processus créatif disséqué en 5 étapes. (s. d.). Out the box. <https://www.out-the-box.fr/processus-creatif-en-5-etapes/>

Conception (philosophie). (s. d.). Imago Mundi. <http://www.cosmovisions.com/conception.htm>

Heaven, D. (2018). The designer changing the way aircraft are built. BBC Future. [https://www.bbc.com/future/article/20181129-the-ai-transforming-the-way-aircraft-are-built?utm\\_source=Facebook&utm\\_medium=StoryWorks&fbclid=IwAR0XFf75R\\_IPKkkJcpLvFpdxDR-vjYAb6yGx98u1XECnGHqk-l3sq6meA](https://www.bbc.com/future/article/20181129-the-ai-transforming-the-way-aircraft-are-built?utm_source=Facebook&utm_medium=StoryWorks&fbclid=IwAR0XFf75R_IPKkkJcpLvFpdxDR-vjYAb6yGx98u1XECnGHqk-l3sq6meA)

Hebron, P. (2019, 1 mars). Rethinking Design Tools in the Age of Machine Learning. Medium. <https://medium.com/artists-and-machine-intelligence/rethinking-design-tools-in-the-age-of-machine-learning-369f3f07ab6c>

Intelligence. (s. d.). histophilo.com. <http://www.histophilo.com/intelligence.php>

Wikipedia contributors. (2020, 27 juillet). Processus créatif. Wikipédia. [https://fr.wikipedia.org/wiki/Processus\\_cr%C3%A9atif](https://fr.wikipedia.org/wiki/Processus_cr%C3%A9atif)

Intelligence artificielle. (s. d.). histophilo.com. [http://www.histophilo.com/intelligence\\_artificielle.php](http://www.histophilo.com/intelligence_artificielle.php)

Singularité technologique. (s. d.). histophilo.com. [http://www.histophilo.com/singularite\\_technologique.php](http://www.histophilo.com/singularite_technologique.php)

Wikipedia contributors. (2020, 8 juillet). Histoire de l'intelligence artificielle. Wikipédia. [https://fr.wikipedia.org/wiki/Histoire\\_de\\_l%27intelligence\\_artificielle](https://fr.wikipedia.org/wiki/Histoire_de_l%27intelligence_artificielle)

À partir de quoi fait-on la différence entre un algorithme et de l'intelligence artificielle ? - Quora. (s. d.). Quora. <https://fr.quora.com/%C3%80-partir-de-quoi-fait-on-la-diff%C3%A9rence-entre-un-algorithme-et-de-lintelligence-artificielle>

deepdreamgenerator. (s. d.). deepdreamgenerator. <https://deepdreamgenerator.com>

Futura, L. R. (s. d.). Intelligence artificielle. Futura. <https://www.futura-sciences.com/tech/definitions/informatique-intelligence-artificielle-555/>

Jean-Maximilien Cadic, J. M. C. (2016). Imaginaires et intelligence artificielle à travers une approche transverse. CAIRN.INFO : Matières à réflexion. <https://www.cairn.info/revue-societes-2016-1-page-77.htm?contenu=resume>

Protais, P. M. (2017, 9 juin). L'algorithme prend le crayon. usinenouvelle.com/. <https://www.usinenouvelle.com/article/l-algorithme-prend-le-crayon.N548768>

Bernstein, P. (2017, 30 octobre). Architecture générative : créer vos propres règles. Redshift FR. <https://www.autodesk.fr/redshift/creer-vos-propres-regles-avec-larchitecture-generative/>

Dorfman, P. (2018, 30 mai). L'avenir de l'intelligence artificielle dans la fabrication. Redshift FR. <https://www.autodesk.fr/redshift/avenir-de-l-intelligence-artificielle/>

Georges, B. (2017, 5 décembre). L'intelligence artificielle, prochaine frontière du design. Les Echos. <https://www.lesechos.fr/2017/12/lintelligence-artificielle-prochaine-frontiere-du-design-188456>

Guillory, D. (2018, 21 juin). La diversité dans l'intelligence artificielle n'est pas en option. Redshift FR. <https://www.autodesk.fr/redshift/diversite-intelligence-artificielle/>

Link, J. (2019, 20 février). Trois voies que les robots vont ouvrir en architecture sur Terre et sur la planète Mars. Redshift FR. <https://www.autodesk.fr/redshift/les-robots-en-architecture/>

Muklashy, W. (2019, 20 février). L'apprentissage automatique va libérer l'architecte, non le faire disparaître. Redshift FR. <https://www.autodesk.fr/redshift/apprentissage-automatique-architecture/>

Protais, M. (2017, 28 juin). Autodesk lance (enfin) son logiciel de design génératif. usinenouvelle.com/. <https://www.usinenouvelle.com/editorial/autodesk-lance-enfin-son-logiciel-de-design-generatif.N557153>

Sébastien Lucas. (2017, 20 juillet). Artificial intelligence (AI) in Architecture. What are the practical applications? The bricks community of innovative architects. <https://futurearchi.org/t/artificial-intelligence-ai-in-architecture-what-are-the-practical-applications/364>

Degioanni, J. (2019, 19 septembre). La banalisation de l'IA, une étape indispensable pour l'architecture. lemoniteur.fr. <https://www.lemoniteur.fr/article/la-banalisation-de-l-ia-une-etape-indispensable-pour-l-architecture.1978319>

DJ Pangburn. (2020, 21 juillet). Un plafond robot fait entrer l'IA dans l'architecture. VICE. <https://www.vice.com/fr/article/4xq8x9/artificially-intelligent-robotic-architecture>

Les données du design : quand l'IA s'invite dans l'architecture. (s. d.). Montoni. <https://groupe-montoni.com/fr/allcategories-fr-fr/nouvelles/les-donnees-du-design-quand-l-ia-s-invite-dans-l-architecture>

Wikipedia contributors. (2020, 9 juin). Digital Project. Wikipédia. [https://fr.wikipedia.org/wiki/Digital\\_Project](https://fr.wikipedia.org/wiki/Digital_Project)

Miller, M. (2017, 26 juin). « Nous pensons qu'il faut dynamiter la façon d'enseigner l'architecture en France ». Le Monde.fr. [https://www.lemonde.fr/campus/article/2017/06/24/nous-pensons-qu-il-faut-dynamiter-la-facon-d-enseigner-l-architecture-en-france\\_5150594\\_4401467.html](https://www.lemonde.fr/campus/article/2017/06/24/nous-pensons-qu-il-faut-dynamiter-la-facon-d-enseigner-l-architecture-en-france_5150594_4401467.html)

Thibaut GIRARDET. (2012). ARCHITECTURE NON STANDARD. [https://bibliotheque.ecolecamondo.fr/pdf/GIRARDET\\_Thibaut.pdf](https://bibliotheque.ecolecamondo.fr/pdf/GIRARDET_Thibaut.pdf)

Walsh, J. (2018, 24 mai). Apprentissage automatique : l'évolution de l'IA et dans la conception. Redshift FR. <https://www.autodesk.fr/redshift/apprentissage-automatique/>

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES  
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

