



Groupe de travail « Réflexion Bâtiment Responsable 2020-2050 »
(RBR 2020-2050)

Projet de note thématique

« Bâtiment responsable et Intelligence Artificielle »

Éléments d'analyse

-
Mars 2018

Rédaction : Marc Desportes

L'Intelligence Artificielle apparaît aujourd'hui comme un facteur clé de la transformation du bâtiment dans une perspective de développement durable. Elle fait du bâtiment une plate-forme de services qui peuvent favoriser l'adoption de comportements éco-responsables. Mais les innovations correspondantes ne sont pas sans risques. Sont-elles véritablement bénéfiques dans le secteur du bâtiment ? Le thème de la présente note de réflexion qui est orientée « utilisateur » plutôt que « concepteur » ou « constructeur », est de poser des jalons en vue d'établir un cadre d'analyse de cette nouvelle technologie.

1. Les apports déjà tangibles des technologies de l'information et de la communication

Depuis quelques années, de nombreuses démarches se sont attachées à promouvoir les apports des nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) à un mode de vie responsable. Dans ce vaste champ de réflexion, le groupe RBR 2020-2050 s'intéresse plus particulièrement aux apports des TIC concernant le Bâtiment Responsable (BR).

Certains de ces apports sont d'ores et déjà identifiés. Ainsi, par exemple, l'Internet des Objets offre des nouveaux moyens de régulation qui vont dans le sens des économies d'énergie. Autre exemple, de nombreuses applications liées à l'économie participative permettent un usage plus intense de l'immobilier, qu'il soit résidentiel ou tertiaire.

Mais la réflexion à conduire doit envisager les apports des TIC non pas de façon ponctuelle, au cas par cas, mais de façon ouverte et doit pour cela adopter un point de vue global. Car la notion de responsabilité est à entendre en un sens large : elle comporte non seulement une dimension environnementale au sens strict (sobriété énergétique, diminution de l'empreinte carbone) mais aussi une dimension sociétale. La notion de développement durable sous-entend en effet un équilibre dans la satisfaction de besoins essentiels de l'être humain en termes non seulement environnementaux mais aussi économiques, sociaux et culturels afin de promouvoir un mode de vie inclusif.

Ainsi, pour appréhender de la façon la plus large les apports des nouvelles technologies au bâtiment responsable, **il est nécessaire de dépasser les démarches qui s'attachent soit aux technologies mobilisées** (les matériels, les algorithmes, les objets connectés...), **soit à des utilisations qui sont le plus souvent envisagées de façon isolée** (la CVC, l'éclairage, la sécurité...).

De plus, comme on le sait désormais, les TIC tendent à brouiller les frontières, assurant la circulation des données tant à l'intérieur qu'à l'extérieur du bâtiment, proposant des services orientés vers l'utilisateur qui rompent avec les organisations traditionnelles. C'est ce qui fait leur caractère foncièrement disruptif.

BÂTIMENT RESPONSABLE ET INTERNET DES OBJETS

Dans l'habitat, les objets connectés se sont multipliés : matelas, frigos, aspirateurs, thermostats, balances, serrures, ampoules... Les différentes composantes de ces objets (capteurs, relais, serveurs, récepteurs, actionneurs...) sont connectées grâce au Protocole Internet et accessibles depuis la boussole interactive qu'est le smartphone. Certains objets connectés sont fondés sur les développements récents de l'IA. C'est le cas des enceintes intelligentes capables de reconnaître les voix et de répondre aux commandes vocales de leurs propriétaires.

Dans de nombreux cas, les objets connectés ne se parlent pas entre eux (à chaque domaine correspondent des dispositifs dédiés). Il n'y a pas vraiment d'écosystème. La question de fond est donc celle de l'interopérabilité des systèmes mis en place. L'interopérabilité se définit comme la faculté de communication et d'interaction entre objets connectés de différents types et fournisseurs. De nombreuses innovations tendent aujourd'hui à proposer des plateformes ouvertes permettant cette interopérabilité.

Le fonctionnement des objets connectés génère une masse considérable d'informations. L'IA permet d'exploiter, de traiter, de « rendre intelligentes » les données recueillies. Par ailleurs, elle se nourrit de ces données par apprentissage profond.

Le bâtiment comme plate-forme de services

L'approche proposée par le groupe de réflexion RBR 2020 consiste à penser le bâtiment comme une plate-forme de services [*Building as a Service – BaaS*]¹. Derrière cette approche se profilent deux idées.

La première est d'**appréhender les services de la façon la plus large possible**, en considérant autant le service que rend un appareil (un appareil de chauffage, par exemple) que le service rendu par une personne à une autre (garder une personne âgée, par exemple). Pour tous ces services, les TIC peuvent assister l'habitant dans l'adoption d'un mode de vie plus responsable et plus conscient de ses implications environnementales.

La seconde idée est d'**aborder ces services dans leur ensemble**, leur interaction, leur complémentarité, d'où la notion de plateforme, notion ouverte qui permet de faire le lien entre tous les services rendus et toutes les technologies mises à disposition.

¹ C'est d'ailleurs l'approche retenue conjointement par la Smart Building Alliance for Smart Cities (SBA) et l'alliance HQE-GBC.

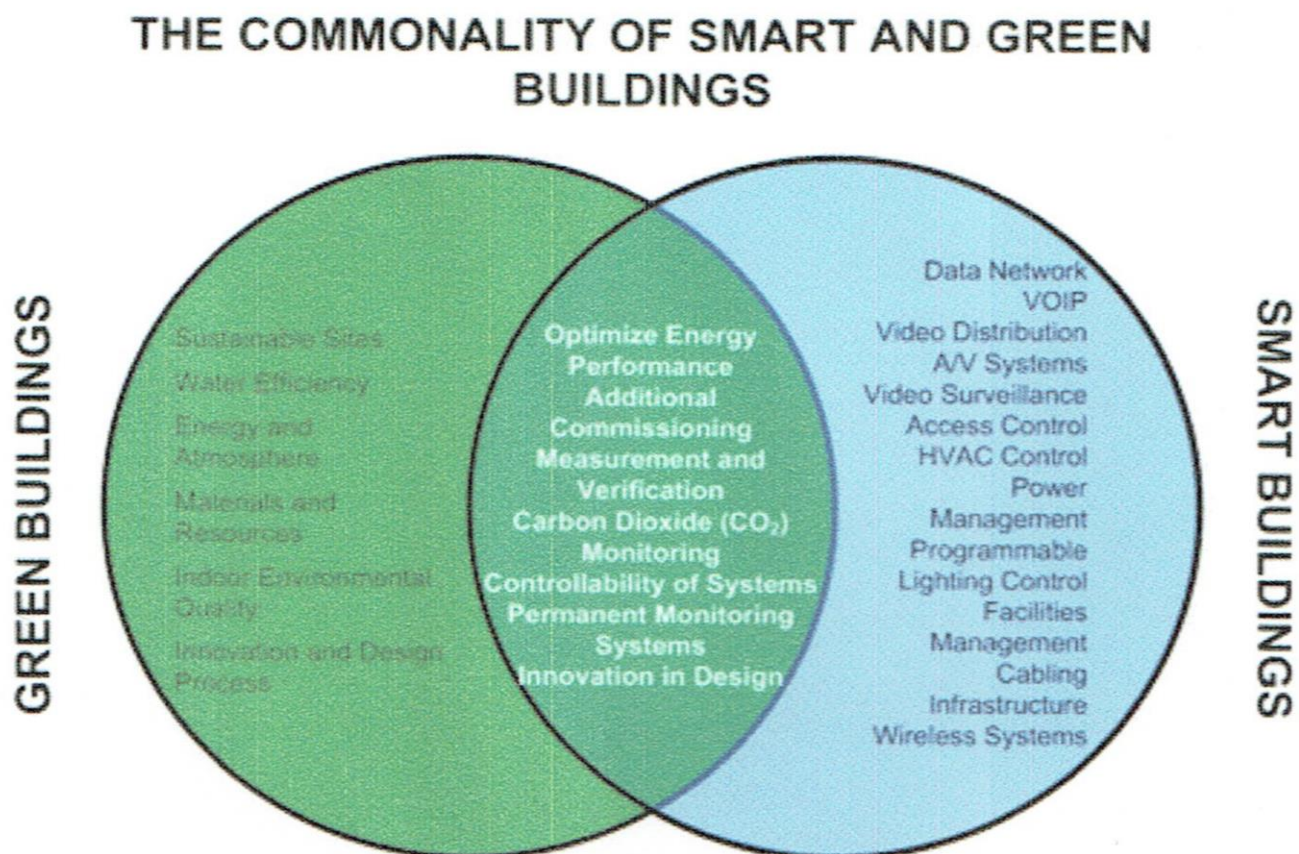
L'intelligence artificielle

Dans cette perspective, **un élément apparaît clé : l'Intelligence Artificielle (IA)** qui parcourt, structure, anime cette plate-forme à des degrés divers, depuis la domotique la plus élémentaire jusqu'à l'exploitation des données [data].

L'Intelligence Artificielle (IA) correspond à l'ensemble des théories et des techniques mises en œuvre en vue de réaliser des machines capables d'accomplir des tâches assurées par l'intelligence humaine. Les domaines d'application les plus connus correspondent aux fonctions cognitives les plus élevées (traduire un texte, jouer aux échecs, reconnaître une voix...). Mais certaines applications de l'IA touchent des domaines plus pratiques (la médecine, le véhicule autonome) et en particulier le domaine du bâtiment.

Quelles sont-elles ? En quoi ces applications peuvent-elles contribuer à renforcer le Bâtiment Responsable ? En quels points le Bâtiment Intelligent [Smart Building] rencontre-t-il le Bâtiment Responsable [Green Building] ?

Tel est l'objet de la présente note qui se veut non pas un état des lieux exhaustif mais un **support de réflexion destiné à mobiliser autour du thème de l'Intelligence Artificielle tous les acteurs de la construction impliqués dans la transition énergétique.**



Source : smart-buildings.com

Plutôt que d'aborder l'IA sur le plan technologique, au risque d'une obsolescence rapide de l'analyse, il paraît utile de se placer du point de vue de l'utilisateur et de tenter d'élaborer un

cadre pour étudier son impact. Du point de vue des applications de l'IA, il semble de fait pertinent d'aborder le bâtiment selon trois grandes dimensions :

- le bâtiment et ses systèmes,
- le bâtiment et son territoire,
- le bâtiment et la société.

2. Le bâtiment et ses systèmes : l'Intelligence Artificielle bouleverse l'usage du bâtiment et de ses systèmes

Quelle que soit sa finalité (logement, tertiaire ou équipement), **le bâtiment d'aujourd'hui se présente comme un ensemble de haute technicité**. D'ores et déjà, les TIC contribuent à une **exploitation rationalisée et performante du bâtiment** et de ses divers systèmes techniques, notamment dans les domaines de la gestion technique du bâtiment (GTB), la sécurité incendie, la sûreté...

Les TIC contribuent à :

- recueillir des informations dans un bâtiment en cours d'exploitation (température, qualité de l'air, quantité de lumière...);
- transmettre ces informations ; les stocker ; les traiter ; les rapprocher d'autres données ;
- développer un service de suivi des consommations énergétiques ;
- assister à l'exploitation, automatiser certaines tâches, gérer les incidents, optimiser la gestion dynamique des systèmes techniques (chauffage, circuit aéraulique, occultation des baies...).

Les résultats sont :

- réduction de la consommation et des coûts énergétiques ;
- réduction des taux de pannes, de l'usure, des délais d'intervention ;
- diminution du nombre d'interventions de maintenance inutiles ou inefficaces ;
- augmentation de la disponibilité du matériel et des personnes, de la qualité de service et de la réactivité.

Ainsi, dans le domaine énergétique, les TIC sont d'un apport incontestable. Elles contribuent à l'efficacité énergétique de façon accessible, adaptable et pérenne, prenant en compte les comportements effectifs des occupants.

Pour tous ces services rendus, l'IA joue un rôle important². Le plus souvent, l'IA fonctionne sur le mode de la **régulation experte basée sur des modèles physiques**. Un exemple élémentaire est fourni par un thermostat, qui fonctionne selon une boucle de rétroaction et qui se substitue au réglage manuel auquel procéderait l'occupant. Aujourd'hui, l'IA permet le traitement des données recueillies, notamment par les objets connectés. **Depuis les années 2010, l'IA s'est ouverte à l'apprentissage profond [*deep learning*] qui permet aux machines d'apprendre par elles-mêmes, sans avoir été explicitement programmées pour cela.**

² La présente note est tournée vers l'exploitation du bâtiment et n'envisage pas le rôle que pourrait avoir l'IA dans sa conception, sujet qui mériterait une approche spécifique.

DES SYSTEMES EXPERTS A L'APPRENTISSAGE PROFOND

Trois stades ont marqué les progrès faits en matière d'IA. Le premier stade correspond à l'élaboration d'algorithmes permettant de résoudre un problème particulier. A ce stade, les machines sont entraînées de manière totalement supervisée et on ne peut encore parler d'auto-apprentissage. Ce stade correspond *grosso modo* aux **systèmes experts**. Avec les recueils de données que permettent les TIC, on peut aujourd'hui imaginer des systèmes experts sophistiqués dans le domaine de la domotique. Par exemple, un système basé sur des modèles physiques qui régulerait la température en fonction de l'inertie du bâtiment et de la météorologie des jours à venir.

Au second stade, la machine est capable d'apprendre par elle-même, mais à partir d'une importante programmation directe, la partie apprentissage étant encore relativement mineure. On parle de **machine learning**. Il est utilisé pour la reconnaissance d'images ou encore pour la traduction automatique. Dans le domaine de la domotique, on peut imaginer des applications permettant à l'IA de proposer des réglages, ou des séquences de réglages en fonction des données recueillies et selon des scénarios dont le nombre irait en croissant.

Le troisième stade, le **deep learning**, correspond à un apprentissage fait de manière automatique par la machine. Grâce aux mégadonnées (*Big Data*), le *deep learning* permet de produire des performances exceptionnelles par rapport au *machine learning* et de réduire considérablement le taux d'erreur. Basé sur des algorithmes comportant des dizaines de millions de paramètres ajustables, il est utilisé aujourd'hui dans les systèmes de reconnaissance de la parole, dans les programmes de voiture autonome, ou encore de traitement de l'imagerie médicale.

Avec l'IA et l'exploitation des données, le champ des possibilités va s'élargir. Ainsi, pour obtenir le réglage des systèmes de manière à assurer de façon optimale le confort souhaité, il est aujourd'hui envisageable de rapprocher :

- des données extérieures : données météorologiques instantanées et prévisionnelles, coût de l'énergie...
- des données liées au bâtiment et contenues dans la maquette numérique [*BIM - Building Information Modeling*] : caractéristiques de l'enveloppe (conductivité, inertie des matériaux), caractéristiques des équipements (chauffage, ventilation, ECS)...
- des données liées aux comportements et aux usages des occupants : horaires de présence, habitudes de confort...

Avec l'Intelligence Artificielle, le bâtiment gagne un « cerveau ». Ce « cerveau » acquiert une compréhension des usages, peut les anticiper, proposer de nouveaux réglages, en intégrant de nombreuses données, ce qui ne serait pas possible à l'occupant et/ou au gestionnaire. Le bâtiment se comporte de façon plus dynamique vis-à-vis de ses occupants.

Bien entendu, **les TIC et les applications de l'Intelligence Artificielle peuvent être considérées comme ambivalentes par rapport à la transition énergétique** : elles offrent des sources possibles d'efficacité, mais aussi des occasions de consommations supplémentaires de ressources (effet rebond), voire de gaspillage (utilisation de gadgets ou nouveaux usages énergivores). Il est donc impératif d'établir **un bilan précis pour chacune de ces innovations** afin de pouvoir estimer avec précision leurs impacts environnementaux.

3. Le bâtiment et son territoire : l'Intelligence Artificielle transforme l'intégration du bâtiment dans son territoire

Un bâtiment s'intègre toujours dans un contexte, un territoire, celui-ci étant appréhendé selon une échelle plus ou moins étendue (l'îlot, le quartier, l'agglomération...). Hier, cette intégration se fondait essentiellement sur une contiguïté physique, matérielle. **Aujourd'hui, cette intégration passe par son ouverture et sa connexion avec l'extérieur.**

La connexion comprend les réseaux classiques (eau, gaz, électricité) mais surtout le réseau Internet. **La connectivité** – soit le potentiel de connexion du bâtiment avec son environnement – **devient aujourd'hui une valeur immobilière à part entière**³.

Indispensable à l'**Internet des Objets**, la connectivité est le support des liens qui unissent le bâtiment à son territoire, permettant :

- **une communication plus efficace entre les différents partenaires et acteurs** qui interviennent dans la vie du bâtiment : concessionnaires, usagers, intervenants extérieurs, fournisseurs de service, syndic de copropriété...
- **une gestion intelligente de certains équipements ou espaces** à l'échelle du voisinage, fondée sur l'économie de partage, ce qui permet une intensification de leur utilisation : partage/mutualisation des équipements (machine à laver, outillage...), d'espaces spécialisés (garage à vélos, garage à voitures, salle de réunion, lieu de convivialité), de pièces d'appoint voire de logements (à noter cependant qu'une plate-forme telle qu'Airbnb dépasse de loin l'échelle du territoire local).
- un **branchement du bâtiment sur les réseaux intelligents** [*Smart Grids*], ce qui permet une gestion dynamique et optimisée des flux et des échanges entre le bâtiment et son territoire. Dans ce domaine, la Smart Buildings Alliance a proposé dans son manifeste de 2017 le concept de bâtiment Ready2Grids (R2G), c'est-à-dire un bâtiment ouvert sur les Smart Grids. Cette intégration est importante notamment du point de vue énergétique puisqu'elle recoupe le thème de l'intégration du Bâtiment à Énergie Positive (BEPOS) dans le territoire à Énergie Positive (TEPOS).

Pour une grande majorité, les relations d'un bâtiment avec son territoire reposent sur des **liens contractuels** (contrat de location, de service, de vente d'énergie...). Ici, interviennent deux éléments disruptifs apportés par les TIC :

- **la technologie numérique de la chaîne de blocs** [*blockchain*] qui permet de contractualiser de façon sécurisée un accord entre deux parties sans intervention d'un tiers garant, ce qui peut servir de support à une vente d'énergie électrique, par exemple ;
- **les procédures machine-à-machine** [*machine-to-machine*] qui pourraient intervenir dans un proche avenir.

³ Pour la promouvoir, l'État, la SBA, l'alliance HQE-GBC et d'autres acteurs professionnels ont signé le 7 décembre 2017 une « Charte d'engagement volontaire pour le déploiement des bâtiments connectés et communicants en France ».

4. Le bâtiment et la société : l'Intelligence Artificielle décuple le rôle du bâtiment dans la société de demain

Les TIC induisent de nouvelles formes d'habiter, de travailler, de se déplacer, d'utiliser les équipements, en proposant des **nouveaux services dont les implications sociétales sont fortes** et peuvent contribuer à un habiter responsable. Ces nouveaux services sont conçus avant tout pour l'utilisateur et favorise un mode de vie hybride, nomade, qui tend à brouiller certaines frontières traditionnelles, entre le privé et le professionnel par exemple. Ces services peuvent être de grand recours dans les territoires isolés.

D'ores et déjà, certains bâtiments actuels intègrent l'offre de ces services dans leur programmation, leur conception et leur fonctionnement.

D'une façon générale, **le bâtiment doit être prêt à servir de support à cette offre de services** de façon ouverte, autrement dit être « prêt à être équipé »⁴.

Dans ce domaine, l'IA devrait avoir de forts impacts. Ainsi, pour le **commerce**, la livraison des colis, essentielle pour le commerce numérique, pourrait être facilitée par une gestion intelligente de l'accès au domicile (autorisation et contrôle à distance). Autre exemple, pour les **transports**, les systèmes experts déjà utilisés (détermination d'itinéraires, optimisation dans le choix des modes...) pourraient être complétés par des systèmes intégrant plus de paramètres (par exemple, recharge intelligente des véhicules électriques au domicile).

Deux domaines présentent de forts enjeux sociétaux : **la santé et les seniors**.

Santé : dans ce domaine, l'intelligence artificielle va entraîner de profonds bouleversements ; à l'avenir, **des prestations assurées dans les hôpitaux pourront l'être à domicile** ; ces prestations peuvent concerner les périodes d'observation (pré-maladie) ou de convalescence, en permettant le maintien du patient à domicile grâce à la communication des données pertinentes au corps médical.

Senior : **le maintien à domicile d'une personne âgée peut être sécurisé** par le recueil de données (mouvement, présence, actionnement de certains équipements) qui signalent un cours de vie normale, sans avoir à mettre en place des recueils de données intrusifs tels que des circuits vidéo qui ne respectent pas l'intimité de la personne âgée et qui sont les plus souvent rejetés. Le recueil des données peut être très divers : mouvements dans les pièces, lumière allumée, utilisation de certains équipements (radars, palpeurs, détecteurs...) ⁵.

A l'avenir, d'autres services existant depuis longtemps vont évoluer, ce qui modifiera nos modes d'habiter, de travailler, de vivre en ville ou dans les territoires. Il s'agit de les identifier, d'en suivre les rapides évolutions et de les promouvoir afin de répondre aux attentes des occupants du bâtiment ou plus généralement du citoyen.

Pour tous ceux-là, l'IA jouera vraisemblablement un rôle essentiel pour **utiliser au mieux les données collectées, optimiser les services recherchés et en développer de nouveaux**.

⁴ Prochainement, le label Ready2Services devrait offrir un cadre de référence pour concevoir un bâtiment connecté et permettant l'accès aux services numériques, quel que soit leur champ d'application

⁵ Une démarche de ce type est actuellement expérimentée par le service de gérontologie du CHU de Limoges.

5. L'Intelligence Artificielle au service du Bâtiment Responsable : à quelles conditions ?

La notion de « cerveau » du bâtiment évoquée plus haut doit être considérée comme un concept ouvert, dont le but est de fédérer les innovations fondées sur l'Intelligence Artificielle et de les promouvoir.

Une politique en faveur des apports de l'Intelligence Artificielle au Bâtiment Responsable devrait se fonder sur les multiples initiatives qui se font jour aujourd'hui. Cette politique devrait ainsi correspondre à une **démarche bottom-up, favorisant les initiatives** (innovations, offres de service...) et **cherchant à éliminer les éventuels freins et blocages**.

La mise en œuvre d'une telle politique suppose d'identifier :

- les différents acteurs (professionnels du bâtiment, industriels, opérateurs, puissance publique...);
- les circuits économiques correspondants;
- les questions juridiques et sociétales.

Mais l'application de l'IA au Bâtiment Responsable ne pourra se développer qu'à deux conditions :

- Le respect de la confidentialité et de la vie privée

Les TIC et notamment l'Internet des Objets génèrent une masse formidable de données dont certains touchent à la vie privée et sont donc des données sensibles (données sur la santé, par exemple). « Les objets connectés, même les plus simples telles les ampoules, renvoient énormément d'informations d'ordre très privé : quand est-ce que nous sommes chez nous, combien de personnes sont dans la maison, etc. Le niveau d'intrusion est très fort », relève un responsable⁶. **Il y a donc un équilibre à trouver entre protection des données personnelles et progrès technologiques**⁷.

En tout état de cause, les informations recueillies et alimentant la plate-forme doivent demeurer privées, et en particulier :

- ne pas pouvoir être **transformées à l'insu de l'utilisateur** en données de type « marketing » exploitées par les grands groupes commerciaux du type GAFA (Google, Apple, FaceBook, Amazon);
- ne pas pouvoir servir à **une surveillance et un contrôle des vies privées**;
- offrir une **sécurité informatique maximale** et protéger les utilisateurs des intrusions et des utilisations malveillantes (cybersécurité).

⁶ Nicolas Boudinet, directeur général adjoint de la MAIF, dans *Le Monde* daté du 13 février 2018.

⁷ Voir le rapport de la CNIL, *Comment permettre à l'homme de garder la main ? Les enjeux éthiques des algorithmes et de l'intelligence artificielle*, décembre 2017.

Il convient donc d'être vigilant sur :

- **la typologie des données** (data), qu'elles soient générés par l'habitant ou fournies par des acteurs extérieurs pour alimenter le « cerveau du bâtiment » (données météo, etc...);
- **la sécurisation des échanges** et des stockages d'information, notamment dans les « clouds ».

- **La liberté laissée à l'occupant**

L'occupant doit avoir la liberté de se déconnecter, de reprendre la main, d'interrompre les automatismes. La technologie doit être une offre de services que l'occupant a toujours loisir de refuser. L'occupant ne doit pas avoir le sentiment de perdre le contrôle de sa vie face aux tout-puissants algorithmes et l'automatisation ne doit pas restreindre l'autonomie de l'individu.

Le respect de la vie privée et la liberté d'agir sont des conditions *sine qua non*. Ces deux conditions recourent de nombreuses questions d'éthique que soulèvent aujourd'hui de façon urgente certains développements de l'IA.

A ces deux conditions s'ajoute une condition d'une nature autre : **le Bâtiment Responsable intelligent doit se présenter comme une entité ludique**, avec laquelle on a plaisir à interagir. Le Bâtiment Responsable intelligent est appelé à devenir un « être familier » avec qui on dialogue à partir de son smartphone, un « être » capable de reconnaître votre visage, vos mouvements, et qui apporte son intelligence pour plus de confort, de sécurité et de services, dans une perspective de développement durable.