
Caractérisation de l'intelligence des bâtiments

G. Sauce, J-L. Burllet, O. Graziani

gerard.sauce@unice.fr, jlburllet@unice.fr, olivier.graziani@ac-nice.fr

Polytech Lab - Université Nice Sophia Antipolis - 930 Route des Colles - BP 145- 06903 Sophia Antipolis Cedex - France

RÉSUMÉ.

Cette communication s'intéresse à la caractérisation de l'intelligence des bâtiments. Après un bref rappel de la définition du concept, les auteurs expliquent la nécessité d'évaluer l'intelligence d'un bâtiment non pas globalement, mais au niveau de ses fonctions, afin de tracer un profil d'intelligence. La méthode d'évaluation proposée vise à qualifier l'intelligence en 5 niveaux depuis un comportement passif jusqu'à un comportement prédictif. Ces niveaux doivent s'interpréter à travers trois dimensions : temporelles, spatiales et d'intégration des systèmes techniques. La méthode proposée est basée sur une évaluation statique, à partir des caractéristiques intrinsèques du bâtiment. Elle ne traduit donc pas le comportement effectif de l'ouvrage qui doit être testé de manière dynamique, soit en situation réelle, soit sur la base de simulation ; Cette dernière voie est rendue maintenant possible avec le développement de la maquette numérique du bâtiment.

ABSTRACT.

This communication is concerned with characterizing the intelligence of buildings. After a brief reminder of the definition of the concept, the authors explain how necessary it is to evaluate the intelligence of a building not from a global perspective but based on its functions, in order to define an intelligence profile. The suggested evaluation method aims at qualifying 5 levels of intelligence from passive behaviour to predictive behaviour. These levels should be interpreted through 3 dimensions : time, space and technical systems integration. The suggested method is based on a static evaluation, using the intrinsic qualities of the building. It doesn't convey the actual behaviour of the work which must be tested in a dynamic way, either in a real situation or based on a simulation. The latter possibility is now made possible with the development of the digital model of the building.

MOTS-CLÉS : Bâtiment Intelligent, Système, évaluation des Performances

KEYWORDS: Intelligent Building, System, Performances Assessment

1. Introduction

De nombreux auteurs se sont intéressés au concept de bâtiment intelligent qui date réellement du début des années 1980, même si les premiers éléments d'automatisation sont apparus dans les bâtiments dès les années 1950. En 2005, Himanen, dans sa thèse de doctorat [HIM 03], note déjà « no standardised definition for the intelligent buildings exists ». Plus récemment Buckman [BUC 14] en 2014 fait le même constat « definitions of Intelligent Buildings have been developed since the 1980s and these are continuing to be suggested using the latest knowledge and experience ».

Sans entrer dans cette bataille des définitions, on peut opposer deux visions de ce concept, une première approche plutôt technologique, qui a pris un nouvel essor ces 15 dernières années, sous le développement conjoint de l'informatique et de l'électronique appliqués à ce secteur, avec la prédominance du terme Smart Building. Les acteurs de l'internet, de l'informatique, de l'électronique surfent sur les attentes de la société (des pouvoirs publics) en matière de solutions pour la transition énergétique et environnementale pour imposer leur vision du bâtiment intelligent. (Smart Building Alliance, Smart Grids Ready, Ready To Service (R2S)). La seconde approche plus portée par les spécialistes du bâtiment, qui se positionne du côté du client (le maître d'ouvrage) et des usagers, essaye de reprendre la main sur ce concept qui représente un enjeu majeur pour le développement du secteur du BTP. Par exemple, Bouygues a publié un livre blanc en la matière. Cette présentation se positionne dans cette seconde approche, et en reposant les bases de la définition s'intéresse à la caractérisation de cette intelligence.

2. L'intelligence des Bâtiments

Notre point de vue se positionne délibérément dans une approche systémique du bâtiment. En s'appuyant sur ses principes fondamentaux [DUR 13], nous considérons une approche globale : le bâtiment est un système ouvert dans l'environnement (climatique, bruit, vue, accès, etc. mais aussi socio-économique) et en interaction avec celui-ci (sol/Structure). Le bâtiment se compose d'une organisation interne (sous-système enveloppe, structure, CVC, etc.) développant des interactions nombreuses. Le bâtiment répond à une finalité variable selon les acteurs (la société, les usagers, le propriétaire, le gestionnaire ou l'exploitant), et qui peut évoluer dans le temps. Cette finalité se traduit dans un cahier des charges (le programme), par une approche fonctionnelle, qui exprime les performances attendues du bâtiment par les différents acteurs. (Figure 1)

T. Derek et all in [DER 97] notaient déjà : « One of the main reasons for this mismatch is that the intelligent building has generally been defined in terms of its technologies, rather than in terms of the goals of the organisations which occupy it ». En accord avec cette approche et en croisant avec notre vision systémique du bâtiment, l'intelligence du bâtiment se caractérise par sa capacité à répondre à ses différentes fonctions.

Mais comment caractériser cette capacité ? Le Moigne dans la théorie du système général [LeM 06] propose une gradation de l'intelligence des systèmes en 9 niveaux, de l'objet passif à l'objet actif qui s'auto finalise. En transposant cette approche au bâtiment, il est possible d'envisager les niveaux d'intelligence du bâtiment (Figure 2). Donc en synthèse, nous ne cherchons pas à déterminer si un bâtiment est intelligent, ou non, mais plutôt à caractériser le niveau d'intelligence de ses fonctions, ce qui pourrait se représenter par un profil d'intelligence (Figure 4).

Fonctions	Sous-fonctions	La société	Propriétaire	Gestionnaire Exploitant	Usager
Stabilité					
Confort	Acoustique				
	Thermique Visuel				
Sécurité	Séisme				
	Incendie				
Circulation (les flux)	Personnes (Accessibilité)				
	Matière Energie				
Développement durable	Besoin en Energie				
	Gestion de l'eau				
	Qualité de l'air Hygiène - Déchet				
Elasticité	Eau Air				
	Les coûts				
Economie	Valorisation				
	Maintenance				
Gestion Juridique	Maintenance				
	Conformité réglementaire				

Figure 1 : Principales fonctions à satisfaire et intérêt pour les acteurs

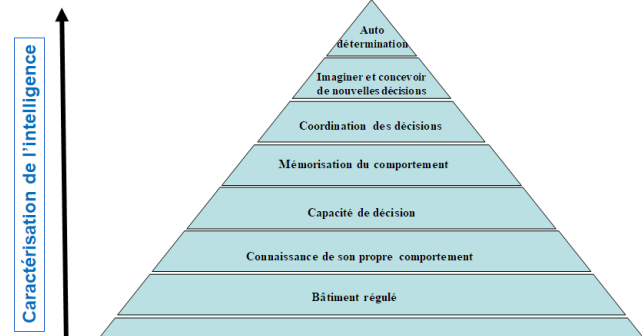


Figure 2 : Les niveaux d'intelligence d'un bâtiment transposés de l'approche systémique

3. Evaluer l'intelligence des bâtiments

La question qui se pose maintenant est : comment évaluer ces niveaux d'intelligence ? Plusieurs auteurs se sont intéressés à cette problématique. Certains proposent un indice d'intelligence global (Intelligence Building Index [SO 02], ou SIS (System Intelligence Score) [Won 08], toutes ces méthodes évaluent plusieurs thématiques [Chen et al], mais aucune ne se détache du lot.

La première interrogation à laquelle ces méthodes n'apportent pas de réponse satisfaisante est l'identification des niveaux de la gradation à atteindre. En accord avec l'approche développée par Buckman [BUC 14], compatible avec les niveaux d'intelligence de la systémique, nous proposons de retenir 5 niveaux (par rapport aux 9 de Le Moigne, trop complexes à évaluer), à savoir :

- Niveau 1 - **passif** : la fonction est prise en charge par l'ouvrage sans possibilité d'évolution ou d'adaptation aux sollicitations de l'environnement ou aux exigences des usagers. Notons qu'un bâtiment passif peut-être de très grande qualité s'il répond parfaitement aux attentes des usagers.
- Niveau 2 - **contrôlable** : il est possible de contrôler simplement, souvent manuellement, la réponse du bâtiment à l'évolution de l'environnement ou des exigences d'usage (par exemple lui donner une consigne de chauffage, faire varier l'éclairage, moduler l'agencement des espaces, etc.)
- Niveau 3 - **réactif** : sur la base d'une collecte d'information, (mise en place d'une boucle de rétroaction) le bâtiment est capable de faire varier son fonctionnement en réponse à l'évolution de l'environnement ou

des exigences d'usage. (Contrôle automatique du chauffage en fonction de l'ensoleillement, de la présence, etc.)

- Niveau 4 - **adaptatif** : le bâtiment est capable de s'adapter à une évolution de la situation, d'analyser et de mettre en œuvre les moyens les plus efficaces pour répondre à l'évolution du besoin fonctionnel ou de nouvelles sollicitations extérieures.
- Niveau 5 - **prédictif** : le plus haut niveau d'intelligence correspond à la capacité d'anticipation et de prévision, de la réponse du bâtiment face à une évolution à venir de l'environnement, des conditions d'usages et des attentes potentielles.

Ces niveaux doivent être appréciés au regard de 3 dimensions :

- **Temporelle** : il convient de considérer la capacité à gérer et intégrer les informations, en temps réel, du passé (l'historique) et du futur (prévisionnel). Par exemple, concernant le confort thermique pour être prédictif, il ne s'agit pas seulement d'intégrer la météo qu'il fera dans la journée à venir, à cette échelle, compte tenu de la fiabilité des prévisions, c'est quasiment du temps réel. Être capable d'analyser, l'historique des comportements passés, reconnaître une situation et mettre en œuvre un comportement ad hoc, relève de la capacité d'adaptation.
- **Spatiale** : il convient de considérer l'étendue de l'action des réponses proposées, suivant qu'elles agissent plutôt au niveau local ou à l'échelle du bâtiment, l'intelligence est d'autant plus grande que la réponse est construite sur une approche globale du bâtiment.
- **Intégration des systèmes techniques** : Cette dimension considère la différence entre la réponse élaborée sur une approche mono-système, plus basique car sans coordination, avec une approche multi-systèmes intégrant donc une coordination entre plusieurs voire tous les systèmes du bâtiment (souvent appelée approche multiphysique) par exemple coupler sécurité, confort visuel, maîtrise de l'énergie et maintenance.

Le système d'évaluation fonctionnel repose sur trois niveaux **Thématiques - Catégories - Critères** (Figure 3). L'évaluation est effectuée au niveau des critères, par une note comprise entre 1 et 5 (représentant respectivement les 5 niveaux de passif à prédictif). Le passage au niveau des catégories puis des thématiques est effectué par une fonction d'agrégation basique (moyenne pondérée ou plus sophistiquée comme le propose Chen dans son approche [CHEN 06]). Le but n'est pas ici de disserter sur la qualité de la fonction d'agrégation, qui est en soit un vrai sujet, mais dans un premier temps, nous sommes allés vers la simplicité : une moyenne pondérée est facilement compréhensible, même si ses principaux défauts sont la compensation et la non prise en compte de la comparabilité entre 2 solutions. Nous mettons donc en place un jeu de poids (entre les critères d'une catégorie et puis entre les catégories d'une thématique). Quelle que soit la méthode d'agrégation utilisée, le passage par ces jeux de poids est incontournable. Il traduit l'importance relative accordée par le demandeur de l'évaluation aux différentes facettes de l'intelligence. Il s'agit ici d'un aspect que nous jugeons fondamental : pouvoir changer ce jeu de poids, et l'adapter au type de bâtiment à évaluer ou aux objectifs du maître d'ouvrage par exemple ; L'intelligence recherchée pour un hôpital ne sera pas la même que celle d'une usine ou d'un bâtiment d'habitation.

A partir de ces données, nous effectuons une évaluation dite statique, c'est-à-dire à partir des caractéristiques intrinsèques d'un bâtiment, chaque critère est évalué sur la base d'une grille commune, pour obtenir au final un profil d'intelligence. (Figure 4).

4. Discussion et conclusion

Evaluer l'intelligence d'un bâtiment constitue une question d'avenir. Le concours de Construction 21 qui vise à récompenser le bâtiment le plus intelligent montre qu'il y a une demande en la matière. Les actions de standardisation qui se développent actuellement (Ready to Service, Smart Grid ready) élaborent avant tout des référentiels, des cadres de solutions techniques qui permettent aux fournisseurs de proposer des produits et services dans un environnement maîtrisé, ce qui est indispensable à la pénétration du marché et aux évolutions espérées. Mais pour le maître d'ouvrage, l'usager, l'investisseur ou le gestionnaire comprendre ce qu'est un bâtiment intelligent, définir son besoin, comparer deux projets entre eux, supposent de disposer d'un outil d'évaluation. Mettre en place une labellisation globale du bâtiment intelligent ne répond pas vraiment à cette demande, même si cette voie est explorée et verra probablement le jour. Cette approche statique de la performance de l'intelligence vise à apporter une première brique de réflexion. Cependant, elle permet d'évaluer un potentiel, mais pas le comportement effectif du bâtiment qui peut être très loin de la réalité. Effectivement, dire qu'il y a une GTB qui permet de coordonner chauffage, éclairage, présence, et consommation d'énergie, et qui en plus historise les données, laisse à supposer que le bâtiment a un certain niveau potentiel d'intelligence.

Mais à l'usage, si les programmes mis en œuvre par le logiciel conduisent à des résultats médiocres, alors le niveau d'intelligence sera moindre que prévu.

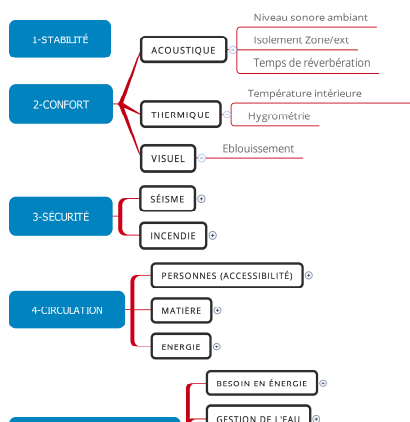


Figure 3 : Extrait des Thématiques – Catégories - Critères



Figure 4 : Profil d'intelligence d'un bâtiment

Il s'avère donc indispensable d'aller vers une évaluation dynamique de l'intelligence, qui peut conduire soit à tester le comportement réel du bâtiment en utilisation, soit à simuler virtuellement son comportement. Les deux voies sont complémentaires ; Le test physique étant intéressant en phase d'exploitation, pour améliorer et enrichir le comportement d'un bâtiment, faciliter son pilotage, ou dans la perspective d'une réhabilitation, afin de connaître l'état de l'existant, déterminer son potentiel et orienter les solutions techniques à mettre en œuvre. La voie de la simulation sera indispensable en phase de conception, c'est aussi la seule manière de contracter le temps, d'intégrer des hypothèses sur les composants (comportement, vieillissement), les usages réels, les aléas potentiels, etc. Il est évident qu'il s'agit d'un axe de recherche important qui dispose aujourd'hui de bases solides de développement avec la maquette numérique du bâtiment.

Enfin, pour conclure, il est bon de rappeler qu'il convient de ne pas confondre l'intelligence d'un bâtiment et sa qualité. Un bâtiment passif peut être de très grande qualité s'il a été parfaitement conçu et mis en œuvre au regard des attendus. Un bâtiment intelligent peut lui être médiocre, cependant, il aura pour lui une plus grande capacité d'évolution, et cela pourrait lui permettre de compenser pour partie les déficits de qualité initiaux.

5. Bibliographie

- [BUC 14] BUCKMAN, A.H., MAYFIELD M., BECK S.B.M.. "What is a smart building?" Smart and Sustainable Built Environment 3, no. 2 (September 9, 2014): 92-109
- [CHEN 06] CHEN Z., CLEMENTS-CROOME D. J., HONG J. "A review of quantitative approaches to intelligent building assessment." In *Renewable Energy Resources and a Greener Future, Vol.VIII-6-2*. Shenzhen, China, 2006.
- [DER 97] DEREK, T., CLEMENTS-CROOME J.. "What do we mean by intelligent buildings?" *Automation in Construction* 6, no. 5-6 (1997): 395-400.
- [DUR 13] DURAND D. "La Systémique - Chapitre 1 - Une Nouvelle Méthode.", La Systémique, 12th ed. Que Sais-Je ?, 2013.
- [HIM 03] HIMANEN Mervi "The intelligence of intelligent buildings" PHD Thesis - VTT, Espoo - 2003.
- [LeM 06] LE MOIGNE J-L., *La théorie du système général Théorie de la modélisation.*, 4th ed. Les classiques du réseau Intelligence de la complexité. PUF, 1994.
- [SMA 14] Smart Building Alliance - "Manifeste - Des bâtiments intelligents pour des territoires responsables et durables" 2014.
- [SO 02] So, Albert T.P., WONG K.C. "On the quantitative assessment of intelligent buildings." *Facilities* 20, no. 5/6 (May 2002): 208-16.
- [Won 08] WONG J., LI H., LAI J. "Evaluating the system intelligence of the intelligent building systems - Part 2." *Automation in Construction* 17, no. 3 (March 2008): 303-21.