

Le bâtiment comme lieu d'innovation transdisciplinaire

Hugues Boivin

Ingénieur, étudiant gradué

Groupe de recherche en ambiances physiques GRAP

École d'architecture

Université Laval, Québec, Canada

hugues.boivin.1@ulaval.ca

André Potvin

Architecte, professeur

Groupe de recherche en ambiances physiques GRAP

École d'architecture

Université Laval, Québec, Canada

andre.potvin@arc.ulaval.ca

Résumé

La conception d'un bâtiment requiert l'expertise de nombreux intervenants dans diverses disciplines. L'approche courante de conception par divisions disciplinaires s'avère peut-être inefficace à l'atteinte de hautes performances environnementale et sociétale. Pour résoudre ces enjeux complexes et multidimensionnels, la dynamique des relations interdisciplinaires se doit d'être revue, voir transformée en une nouvelle articulation innovatrice et plus flexible qui permettra un dialogue concerté entre les professionnels de la science du bâtiment et la société. Seul le développement d'outils flexibles, simples et rapides pouvant être utilisés aux étapes préliminaires de conception permettra de faire converger les différents intervenants.

1. Introduction

La conception d'un bâtiment requiert l'expertise de nombreux intervenants dans diverses disciplines. Chacune de ces disciplines, provenant à la fois des sciences naturelles et des sciences sociales, emploie leur langue professionnelle respective et les méthodes de travail qui leurs sont propres. L'histoire récente démontre que l'approche déterministe au confort et à l'efficacité énergétique a souvent conduit à une *dépossession* par l'occupant et le concepteur des objets même du confort [12]. On assiste donc de plus en plus à une mouvance de la science du bâtiment vers une *ré humanisation* de la technologie du confort en redonnant à l'utilisateur le moyen de modifier, d'adapter son environnement immédiat.

Dans le contexte actuel de préoccupations énergétiques, économiques et environnementales, le

processus de conception des bâtiments s'est considérablement complexifié. La problématique n'est plus que d'ordre technique et architectural, mais en plus, d'ordre environnemental et social. Les bâtiments se doivent désormais d'être conçus en regard d'un rendement écologique et humain par une approche de développement durable. Pour résoudre ces enjeux complexes et multidimensionnels, la dynamique des relations interdisciplinaires se doit d'être revue, voir transformée en une nouvelle articulation innovatrice plus flexible qui permettra un dialogue concerté entre les professionnels de la science du bâtiment et la société.

2. Contexte environnemental et social de la climatisation des bâtiments

La question centrale n'est pas quelle sera la nature des constructions futures mais, quel système de valeurs ou « vision du monde » s'imposera et quel sera son succès à engendrer la responsabilité environnementale au sein des diverses cultures [8]. La problématique est donc sociale. Le 21^e siècle, plutôt que d'être marqué par la consommation illimitée des ressources, reflétera les exigences de la viabilité écologique [8]. La ventilation naturelle est une stratégie architecturale écologique d'aérer et rafraîchir un bâtiment et il s'agit là d'une solution durable à la climatisation spontanée des nouveaux bâtiments. L'architecture doit donc s'harmoniser et composer avec ses sphères connexes : technologie, climatologie, biologie afin de concevoir des bâtiments qui respectent la nature et les ressources. Olgyay [19], dès 1963, avait déjà semé l'approche de développement durable.

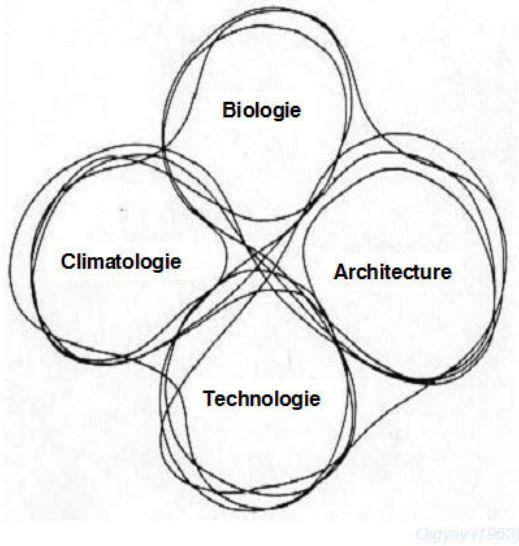


Figure 1 - Tiré de Olgyay, 1963

Les premiers systèmes de climatisation apparurent dans les années 20 aux États-Unis. Cette innovation technologique s'est intégrée massivement à la conception des nouveaux bâtiments contribuant ainsi favorablement au développement économique [10]. La façon de construire et d'occuper les bâtiments s'est ainsi transformée en vertu de cette mécanisation des ambiances. La forme du bâti s'est modifiée pour se présenter dans une morphologie beaucoup plus compacte, diminuant ainsi la quantité de surfaces extérieures, et dans une enveloppe très hermétique sans possibilité d'ouverture.

Ce changement architectural a donc entraîné une mécanisation grandissante des ambiances et a ainsi augmenté la dépendance envers les systèmes de climatisation. La climatisation des bâtiments est aujourd'hui considérée comme un standard de vie.

Les systèmes de climatisation contribuent significativement au réchauffement planétaire par leurs émissions de frigorigène dans l'atmosphère qui détruisent l'ozone stratosphérique et par les émissions de gaz à effet de serre associées à l'utilisation de l'énergie nécessaire à l'opération des refroidisseurs [11].

Les refroidisseurs ont connu des progrès technologiques remarquables au cours des dernières années et ce, notamment en raison des nouveaux réfrigérants moins polluants, d'un meilleur contrôle des fuites et d'une grande amélioration de l'efficacité mécanique des refroidisseurs. Ainsi, le potentiel de réchauffement planétaire dû aux refroidisseurs a

diminué de 48% de 1985 à 2000. Des améliorations futures sont à prévoir, mais le rythme va éventuellement se heurter aux limites théoriques de la thermodynamique [6].

Au même moment, la consommation et les émissions de gaz à effet de serre associées à la climatisation des bâtiments institutionnels et commerciaux sont en constante progression [23].

Tableau 1 - Consommation et émissions de GES associées à la climatisation des bâtiments institutionnels et commerciaux, Ressources Naturelles Canada, 2003

Climatisation au Canada	1990	2001	(%)
Énergie consommée (TJ)	37 400	55 400	+48
GES émis (Mt)	2,1	3,4	+62

Ces augmentations importantes s'expliquent entre autres par une mécanisation grandissante des bâtiments en réponse à des nouveaux standards de vie des utilisateurs, mais aussi en raison du réchauffement du climat qui implique une plus grande charge de climatisation. La problématique est ainsi prise dans un compte à rebours alarmant. Il faut agir rapidement avant que le réchauffement climatique ne vienne limiter les possibilités de refroidissement par ventilation naturelle [8].

De grands efforts de sensibilisation et d'information de la part de projets internationaux comme NatVent, Pascool et HybVent ont permis de démontrer les nombreux avantages de la ventilation naturelle et d'autres technologies s'inscrivant dans le développement durable. Malgré ces campagnes et ces nombreuses recommandations, la ventilation naturelle et autres stratégies bioclimatiques dans les bâtiments institutionnels demeurent tout de même limitées. Cette lacune s'explique en partie par un manque d'acceptation sociale, mais aussi par un manque normatif. Les normes en ventilation devraient être revues pour favoriser l'intégration de stratégies naturelles.

De plus, le manque de méthodes valides de conception et l'incertitude quant aux performances des technologies durables viennent limiter l'intégration de ces dernières aux nouvelles constructions [4]. L'utilisation d'outils informatiques n'est pas bien intégrée à la pratique architecturale en générale et les outils existants sont trop complexes et ne répondent pas aux attentes des concepteurs. Les outils de simulation ne doivent pas être utilisés uniquement

lorsque la conception est terminée comme moyen pour valider les performances espérées, mais bien comme élément faisant partie intégrante au réel processus de conception [7] [18].

3. Vers des outils d'aide à la conception architecturale

Les outils de simulation ont le potentiel d'améliorer la compétitivité, la productivité, la qualité et l'efficacité de l'industrie de la construction. Dans ce sens, l'intégration adéquate des différents outils dans la pratique est cruciale pour les entreprises d'architecture, d'ingénierie et de construction pour gagner et maintenir un niveau de compétitivité sur les marchés globaux [14].

Dans tout le processus de conception d'un bâtiment, c'est à la phase concept que les décisions les plus importantes et souvent, irréversibles d'un point de vue environnemental, sont prises. Les concepteurs doivent maintenant valider leurs hypothèses de design du comportement physique d'un bâtiment à l'aide d'outils souvent issus de domaines professionnels connexes mais encore distants d'un point de vue de la langue 'professionnelle' de travail. Il y a consensus dans la communauté qu'aux étapes préliminaires, les outils de simulations devraient être d'avantages utilisés alors que les outils disponibles ne sont pas adaptés à cette phase où beaucoup d'informations ne sont pas encore précisées [1].

Ce besoin d'outil est très actuel. Lors d'une récente conférence internationale sur la simulation des bâtiments (IBPSA, 2003), il est ressortit clairement des commentaires des participants qu'il y a un besoin crucial de meilleurs outils. Ils entendent par « meilleurs outils » des outils qui présentent des résultats plus facilement interprétables par des non-spécialistes [13].

En effet, la communauté des spécialistes du bâtiment s'interroge moins sur les aspects techniques et de validation des outils de simulation disponibles, mais plutôt sur comment utiliser ces outils dans un processus de prise de décision avec de multiples acteurs : professionnels, clients, usagers, voisins. Comment alors présenter les résultats de manière à améliorer la qualité de la conception et comment élargir l'équipe qui travaille autour de ces outils? En d'autres mots, l'intérêt n'est plus sur « comment faire des outils efficaces ? » mais plutôt sur « comment utiliser efficacement les outils ? » [13].

Une telle démarche devrait reconnaître la nature non déterministe et transdisciplinaire de l'acte de concevoir et interpellier l'ensemble des intervenants du bâtiment : architectes, ingénieurs, usagers, société.

4. Une approche transdisciplinaire pour un développement durable des bâtiments

Alors que les architectes travaillent avec *l'espace et la matière*, les ingénieurs travaillent souvent au niveau du *système et des flux*. Plus fondamentalement, ces deux approches tentent de résoudre la même équation énergie-confort dynamiquement dans le temps. Comment dès lors intégrer ces notions systémiques de l'ingénieur aux notions perceptuelles de l'architecte ?

L'approche courante de conception par divisions disciplinaires s'avère peut-être inefficace à l'atteinte de hautes performances environnementale et sociétale étant donné une problématique multidimensionnelle aussi complexe.

De plus, selon de récentes assemblées plénières (IBPSA, 2003), on note que l'interaction entre l'ingénieur et l'architecte doit être améliorée. Les ingénieurs et les architectes doivent davantage collaborer d'une manière étroite et ce, plus tôt dans le processus de conception du bâtiment [13].

Typiquement, l'architecte n'est pas familier avec les outils de simulation et il se fie sur l'ingénieur qui lui fournit des résultats dont il se porte garant. Ceci n'est pas un problème. Par contre, on recommande que les architectes acquièrent davantage de connaissances sur les principes physiques de base associés à la science du bâtiment ainsi qu'aux notions de simulations pour mieux comprendre comment elles peuvent leurs servir [13]. Il y a un besoin évident de transfert de connaissance dans ce domaine vers la pratique [15].

Il y a donc un urgent besoin d'une nouvelle approche innovatrice en conception de bâtiment. C'est donc plus qu'une collaboration étroite qui est nécessaire entre les différentes disciplines, mais plutôt une nouvelle dynamique, une nouvelle articulation transdisciplinaire qui présente simultanément une forme d'action et une attitude commune et cohérente avec les formes de connaissances de chacune des disciplines. Ce changement d'attitude implique une permutation du mode de pensée par *division* vers un mode de pensée en terme de *déconstruction* puisqu'un tout, selon Ramadier, est constitué de plus que chacune de ses parties [22].

Les connaissances en recherche transdisciplinaire doivent être incorporées à la pratique professionnelle [16]. La pensée transdisciplinaire s'avère être particulièrement efficace à résoudre des problématiques d'ordre environnemental et architectural étant donné sa nature pluridisciplinaire [17].

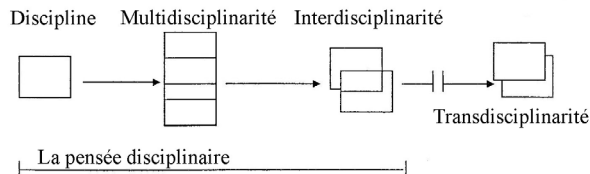


Figure 2 - Tiré de Ramadier, 2004

La transdisciplinarité va au-delà de la combinaison « interdisciplinaire » vers une nouvelle compréhension des relations entre sciences et société [16]. Les champs de compétence de chacune des disciplines devraient être transgressés [2]. La transdisciplinarité est une pratique qui est à la fois entre, au travers et au-delà des disciplines. La finalité de cette approche n'est pas l'unité mais plutôt la cohérence de la connaissance [22]. La pensée transdisciplinaire facilite ainsi le dialogue continu entre chacune des disciplines par l'emploi d'un langage signifiant pour tous les intervenants.

5. Le paradigme du syndrome de l'édifice hermétique

Ce besoin d'un nouveau langage transdisciplinaire des intervenants sera illustré par la problématique fondamentale de la qualité de l'air et du confort thermique dans le bâtiment.

Une meilleure qualité d'air intérieur augmente la productivité et diminue les cas de syndrome de l'édifice hermétique. Malgré qu'il existe encore peu de recherche qui examine les liens entre la faible qualité d'air et la productivité au travail en comparaison avec la quantité de travaux effectués sur le confort thermique et la productivité, il y a un grand avantage économique à améliorer la qualité d'air intérieur en raison de la diminution du taux d'absentéisme et des cas de maladies reliées à l'édifice [10].

La problématique est très large et multi factorielle. Notamment, les symptômes non-spécifiques sont en lien notamment avec le sexe, le niveau de satisfaction de l'employé au travail et le nombre de personnes

occupant l'espace de travail [24]. Ces facteurs personnels rendent la relation de causalité difficile à établir.

Malgré la complexité des inter-relations entre la santé, le confort et la qualité d'air, plusieurs travaux identifient des relations causales entre les types de systèmes de ventilation et la perception du milieu auprès des occupants et leurs conséquences sur la santé [5]. En effet, la perception de l'environnement joue un rôle important dans l'apparition des symptômes du syndrome de l'édifice hermétique (SEH) et ce, même si la qualité d'air rencontre les standards d'hygiène. Les occupants manifestent un plus grand taux de satisfaction de leur environnement et présentent un plus grand degré de tolérance aux variations de conditions thermiques de leur environnement intérieur s'ils peuvent y exercer un certain contrôle. L'impossibilité d'améliorer ses conditions environnementales constitue une source de stress qui peut contribuer à l'apparition de symptômes du SBS et à la baisse de productivité [10]. Respectant cette doctrine, les bâtiments ventilés naturellement présentent généralement une plus grande possibilité d'adaptation que les bâtiments climatisés [9].

Ainsi, même si les normes et les règlements sont respectés dans la conception et l'opération des bâtiments climatisés, souvent de nombreux problèmes de santé liés au bâtiment se manifestent. En général, les bâtiments ventilés naturellement présentent moins de cas symptomatiques que les bâtiments climatisés et ce, en dépit que la qualité d'air mesurée pour ces derniers soit meilleure [5].

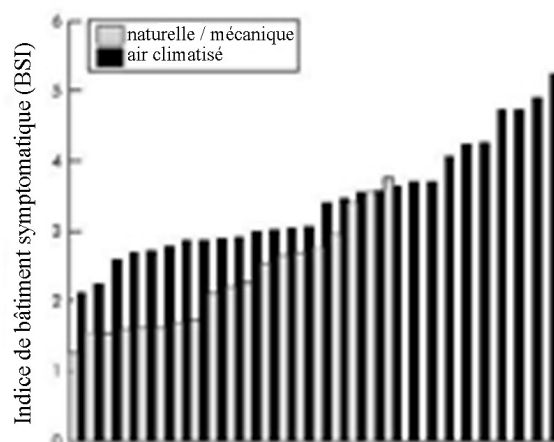


Figure 3 - Tiré de Burge, 2004

L'image des systèmes de climatisation dans les bâtiments institutionnels est globalement mitigée en raison de la mauvaise qualité d'air souvent retrouvée. Un changement de philosophie s'impose donc afin d'améliorer la perception des environnements de travail [10].

L'opération et l'entretien des systèmes de chauffage, ventilation et air climatisé (CVAC) constituent des facteurs déterminants dans la perception de la qualité d'air. Les composantes des systèmes CVAC peuvent polluer considérablement l'air qui y circule. Il est donc prioritaire de développer des stratégies, des principes et des protocoles d'opération pour améliorer la performance hygiénique des systèmes mécaniques [3].

6. Outils transdisciplinaires

Seul le développement d'outils flexibles, simples et rapides pouvant être utilisés aux étapes préliminaires de conception afin d'évaluer sommairement l'impact des premières décisions architecturales permettra de faire converger les différents intervenants si ces outils sont présentés dans une langue professionnelle transdisciplinaire: architecture et ingénierie et société.

Voulant transgresser les disciplines, un outil de simulation thermique a été développé à l'intention des architectes: PET constitue un outil simple mais performant d'aide à la décision pour le concepteur en lui permettant de comprendre rapidement l'incidence de ses choix architecturaux sur la performance de l'espace projeté [20]. En ce sens, il s'agit d'un outil didactique voire vulgarisateur de phénomènes thermiques complexes étrangers à l'environnement traditionnel du concepteur. Il constitue donc une porte d'entrée conviviale au concepteur vers des simulations ultérieures plus complexes et permet un rapprochement des langues professionnelles.

PET est conçu sur une feuille de calcul EXCEL afin d'être facilement accessible par le concepteur et d'utiliser le grand potentiel d'études comparatives de type paramétrique de ce support. L'outil est divisé en trois parties distinctes soient l'espace étudié, les flux thermiques, et l'analyse des résultats. L'espace étudié est décrit en termes de contenant (espace et contexte physiques) et de contenu (gains dûs à l'occupation). Les flux thermiques intègrent gains solaires externes et pertes thermiques par ventilation (infiltration, ventilation transversale et la ventilation par effet de cheminée) à partir d'équations validées de transfert thermique. Les résultats sont présentés sous forme de tableaux et de graphiques saisonniers d'une journée

type permettant de connaître en temps réel l'incidence d'une stratégie sur les profils d'équilibre thermique et la performance énergétique de l'espace. Les profils peuvent être ajustés sur une base horaire en fonction des points de consigne, des gains internes, des gains solaires, des propriétés thermiques de l'enveloppe, de la récupération de chaleur et de la ventilation (transversale et effet de cheminée). Ce processus itératif d'ajustement des déterminants thermiques est très bien adapté et cohérent au principe similaire d'itération dans le processus de création architectural.

L'outil a été développé à l'École d'architecture de l'Université Laval et validé lors d'ateliers avancés de maîtrise professionnelle et de séminaires à l'intention d'architectes professionnels.

7. Conclusion

Suivant l'approche transdisciplinaire, l'architecte devrait déborder de sa pratique disciplinaire et devrait en quelque sorte « faire » de l'ingénierie et vice-versa pour ainsi mieux cerner cette problématique multidimensionnelle qu'est la conception d'un bâtiment. Pour obtenir de hautes performances environnementale et sociétale, il faudra intégrer cette *articulation* innovatrice au processus de conception.

La consommation et les émissions de gaz à effet de serre associées à la climatisation des bâtiments institutionnels et commerciaux sont en constante progression au Canada. La technologie peut aider au problème environnemental, mais ne le résout pas. Il faudrait plutôt s'interroger socialement sur le réel besoin de la climatisation et agir en concevant des bâtiments novateurs qui favorisent des stratégies bioclimatiques tels que la ventilation naturelle en redonnant à l'utilisateur le moyen d'adapter son environnement. L'adaptabilité environnementale est notamment étudiée au GRAP par l'analyse qualitative et quantitative, la prédiction et la représentation de la perception des environnements intérieurs et extérieurs sous l'appellation de « maîtrise des ambiances » [21].

8. Bibliographie

- [1]. André, P., Lebrun, J., et Ternoveanu, A. (1999). Bringing simulation to application; some guidelines and practical recommendations issued from IEA-BCS Annex 30. Actes de conférence *IBPSA Conference*, Kyoto, Japon.
- [2]. Balsiger, P. W. (2004). Supradisciplinary research practices: history, objectives and rationale. *Futures*, 36 (4), 407-421.
- [3]. Bluysen, P. M., Cox, C., Seppänen, O., Fernandes, E., Clausen, G., Müller, B., et Roulet, C. (2003). Why, when and how do HVAC-systems pollute the indoor environment and what to do about it? the European AIRLESS project. *Building and Environment*, 38, 209-225.
- [4]. Breesch, H., et Janssens, A. (2000). How to apply building simulation tools in the design of natural and hybrid ventilation. Actes de conférence *FTW PhD Symposium*, University Ghent, Belgium.
- [5]. Burge, P. S. (2004). Sick Building Syndrome. *Occup Environ Med* (61), 185-190.
- [6]. Calm, J. M. (2002). Emissions and environmental impacts from air-conditioning and refrigeration systems. *International Journal of Refrigeration* (25), 293-305.
- [7]. Chen, F., et Jiang, Y. (1999). *Introduction of building environment designer's simulation toolkit (DEST)*, Thermal Department, Tsinghua University.
- [8]. Cole, R. J. (2000). Regard vers l'avenir. Principes de développement durable pour la conception de bâtiments, Institut Royal d'Architecture du Canada.
- [9]. De Dear, R., Brager, G., et Cooper, D. (1997). *Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference*. RP-884, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers et Macquarie Research.
- [10]. Fanger, P. O. (2001). Human requirements in future air-conditioned environments. *International Journal of Refrigeration* (24), 148-153.
- [11]. Garimella, S. (2003). Innovations in energy efficient and environmentally friendly space-conditioning systems. *Energy* (28), 1593-1614.
- [12]. Goubert, J.-P. (1988). *Du luxe au confort*, Belin, Paris.
- [13]. Heijmans, N. (2003). The 8th IBPSA International Conference and Exhibition on Building Simulation. *AIR information review*, 24 (4), 10-11
- [14]. Hensen, J. L. M., et Nakahara, N. (2000). Energy and building performance simulation: current state and future issues. *Energy and Buildings* (1302), 1-3.
- [15]. Hensen, J. L. M. (2002). Simulation for performance based building and systems design: some issues and solution directions. Actes de conférence *6th International Conference on Design and Decision support Systems in Architecture and Urban Planning*, Ellecom, The Netherlands.
- [16]. Klein, J. T. (2004). Prospects for transdisciplinarity. *Futures*, 36 (4), 515-526.
- [17]. Lawrence, R. J., et Després, C. (2004). Futures of Transdisciplinarity. *Futures*, 36 (4), 397-405.
- [18]. Morbitzer, C., Strachan, P., Webster, J., Spires, B., et Cafferty, D. (2001). Integration of building simulation into the design process of an architecture practice. Actes de conférence *IBPSA Conference*, Rio de Janeiro, Brazil.
- [19]. Olgyay, V. (1963). *Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism*, Princeton University Press, NJ.
- [20]. Potvin, A., Demers, C., et Boivin, H. (2004). PET - Les profils d'équilibre thermique comme outil d'aide à la conception architecturale. Actes de conférence *eSIM2004*, Vancouver, BC.
- [21]. Potvin, A., Demers, C., et Dubois, M.-C. (2004). Environmental adaptability in architecture - Towards a dynamic multi-sensory approach integrating user behaviour. Actes de conférence *Closing the Loop*, Windsor, UK.
- [22]. Ramadier, T. (2004). Transdisciplinarity and its challenges: the case of urban studies. *Futures*, 36 (4), 423-439.
- [23]. Ressources Naturelles Canada. (2003). *Guide de données sur la consommation d'énergie*, 1990 et 1995 à 2001. Office de l'efficacité énergétique, Ottawa, ON.
- [24]. Vincent, D., Annesi, I., Festy, B., et Lambrozo, J. (1997). Ventilation System, Indoor Air Quality, and Health Outcomes in Parisian Modern Office Workers. *Environment Research*, 75, 100-112.