

ÉCOLE

Intelligence réelle

In Real Life

PROPOS RECUEILLIS PAR
ANDREW AYERS

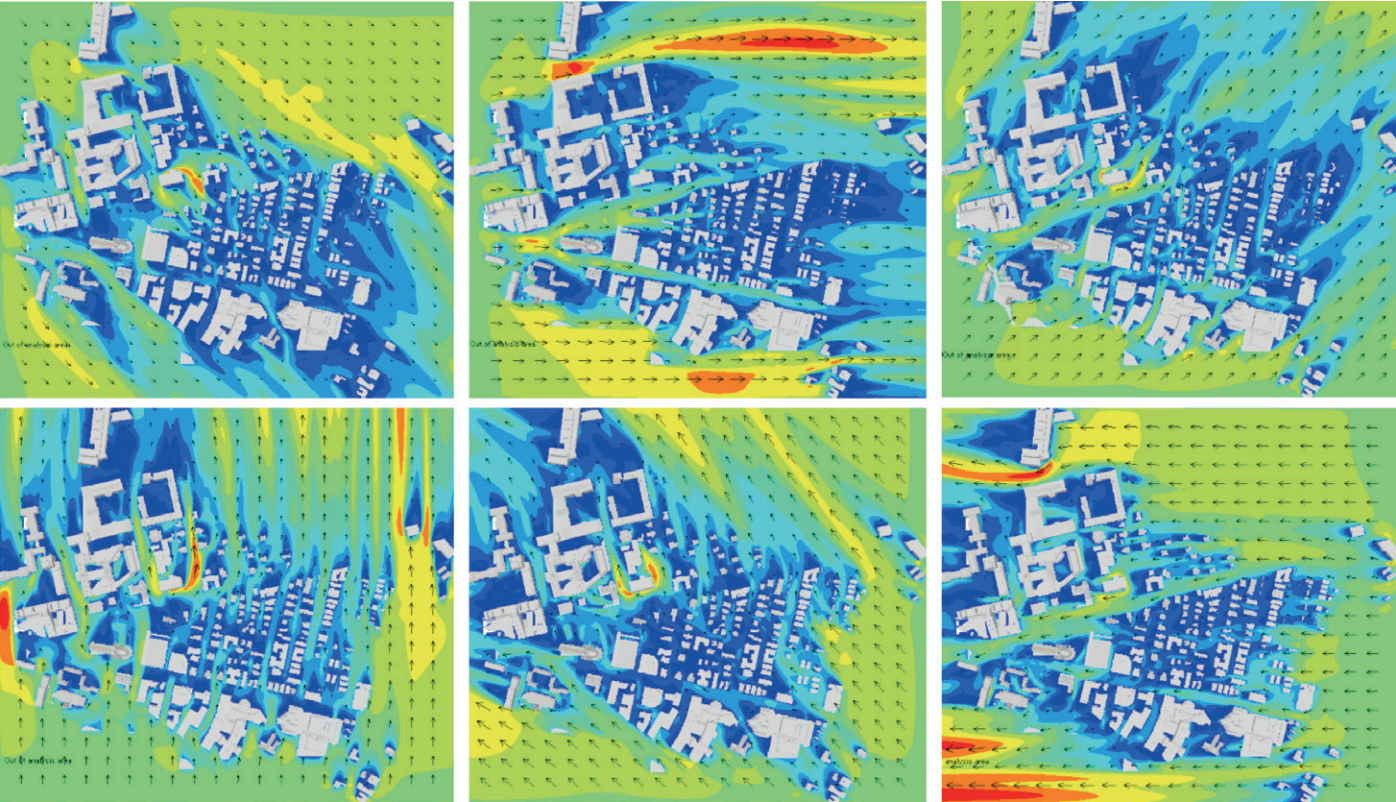
Professeur en techniques de l'architecture à la Graduate School of Design de l'université de Harvard, fondateur et directeur du Harvard Center for Green Buildings and Cities, Ali Malkawi est expert en simulation et modélisation informatiques des bâtiments, performance énergétique et architecture durable. Il mène également des recherches sur l'évaluation de l'efficacité des bâtiments et l'aide à la décision architecturale. Entretien.



Professor of Architectural Technology at the Graduate School of Design, Harvard University, and Founding Director of the Harvard Center for Green Buildings and Cities, Ali Malkawi is an expert in building simulation, energy conservation and sustainability. He teaches architectural technology and computation and conducts research in the areas of computational simulation, building-performance evaluation and design-decision support. AA asked him about his work, and about the future of simulation software and predictive tools both in the design process and in the operation of buildings after their completion.

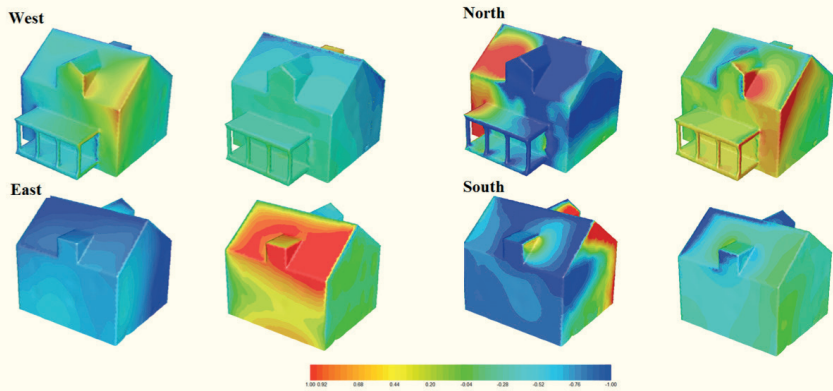
Page de gauche : exemple de recherches menées par les étudiants du studio de la Harvard Graduate School of Design, codirigé par Ali Malkawi et l'architecte Gordon Gill, au printemps 2017. Il s'agit de développer une tour résidentielle zéro énergie, en demandant aux étudiants de conceptualiser les enjeux environnementaux au même titre que les enjeux architecturaux. Étudiant : Ailing Zhang.

Left: example of research led by students from the spring 2017 Harvard Graduate School of Design studio co-led by Ali Malkawi and architect Gordon Gill. Students were asked to develop a zero energy residential high-rise, and conceptualise environmental issues as well as architectural ones. By student Ailing Zhang.



Le Harvard Center for Green Buildings and Cities (CGBC) a transformé son siège dans le Massachusetts, datant des années 1940, en HouseZero, un prototype à l'échelle 1:1 d'une maison zéro énergie : ventilation 100 % naturelle, autonomie complète en matière d'éclairage, zéro émission carbone, y compris par les matériaux.

The Harvard Center for Green Buildings and Cities (CGBC) has transformed its headquarters, a pre-1940s building in Massachusetts, into HouseZero, a zero energy house, a 1:1 prototype: 100% daylight autonomy, 100% natural ventilation, zero carbon emissions, including in the materials.



L'Architecture d'Aujourd'hui : Le Harvard Center for Green Buildings and Cities (Centre pour des bâtiments et des villes écologiques, CGBC), que vous avez fondé en 2014, s'est donné pour mission de « transformer l'industrie du bâtiment via un engagement en faveur de stratégies centrées sur la conception architecturale ». Parmi vos outils, il y a les locaux rénovés par Snøhetta qu'occupe le CGBC. Vous les avez transformés en un véritable laboratoire de recherche, que vous avez baptisé « HouseZero ». Quels sont les objectifs de cette démarche et quel a été le rôle de la simulation dans la naissance de HouseZero ?

Ali Malkawi : HouseZero a deux objectifs. Le premier est de servir de vitrine, le second, c'est la recherche. Pour ce qui est de l'exemplarité, le but était de répondre aux standards d'efficacité énergétique les plus rigoureux jamais atteints dans la rénovation d'un bâtiment : consommation énergétique quasi nulle pour le chauffage et la climatisation (pas de système CVC), ventilation 100 % naturelle, autonomie totale quant à la lumière du jour (aucun éclairage électrique pendant la journée), zéro émission carbone, y compris en tenant compte de l'énergie inhérente aux matériaux. La simulation a joué un rôle déterminant dans la réalisation de ces

objectifs. Le processus a débuté par une ébauche qui s'appuyait sur des principes fondamentaux d'efficacité énergétique. Pour passer de cette ébauche à la réalité, des dizaines de modèles de simulation ont été nécessaires, portant sur les performances thermiques, la lumière ou l'acoustique. Ainsi, des modélisations thermiques ont permis de vérifier les configurations optimales de l'enveloppe du bâtiment et des matériaux. D'autres simulations paramétriques ont étudié l'angle d'incidence du rayonnement solaire pour garantir que les rayons ne pourraient pénétrer à l'intérieur du bâtiment qu'à certains moments de l'année.

D'autres encore ont assuré la bonne répartition de la lumière solaire dans l'ensemble du bâtiment en éliminant tout effet d'éblouissement, et ainsi de suite.

AA : En matière de simulation appliquée à la construction, quelles sont les avancées sur lesquelles vous travaillez actuellement ?

AM : Nous travaillons sur la mise au point de modèles prédictifs capables d'exploiter les données en leur appliquant les méthodes de l'intelligence artificielle, dans le but d'obtenir de meilleures prévisions. Nous avons eu recours à des algorithmes qui capitalisent sur des expériences passées. Nous avons également utilisé les données numériques pour optimiser nos modèles physiques, afin d'améliorer la fiabilité des modèles prédictifs. C'est un aspect important, car, si nous voulons que les performances du bâtiment achevé se rapprochent au maximum de leur modélisation prévisionnelle, il nous faut réduire autant que possible la marge d'incertitude de nos projections. Nous savons que les modèles informatiques de simulation vont nous livrer uniquement une sorte de scénario idéal : ils reposent sur des équations physiques, et ne représentent donc pas la réalité dans toute sa complexité. Afin de réduire ces écarts, nous nous sommes servis des données informatiques pour accroître la précision de nos modèles. En plus de nous appuyer sur des simulations pour concevoir des bâtiments, nous voulons également recourir à la modélisation pour prévoir leur fonctionnement opérationnel. Nous allons ainsi développer des matériaux de construction qui pourront être programmés pour emmagasiner et libérer les énergies thermiques de façon plus précise. En les combinant à des algorithmes, nous serons en mesure d'assurer un fonctionnement ultra-efficace du bâtiment.

AA : Comment abordez-vous l'intégration des complexités « de la vraie vie » dans vos modélisations ?

AM : L'infrastructure de HouseZero, sans équivalent aujourd'hui, comporte des centaines de capteurs, intégrés dans tous les composants du bâtiment, et qui enregistrent quotidiennement jusqu'à 17 millions d'informations ponctuelles. Nous avons commencé à rassembler ces éléments dans notre base de données sur la performance du bâtiment. Ils livrent

pour la plupart une information sur le comportement de l'édifice : température, humidité, intensité lumineuse, niveau de CO2, puissance en watts, énergie thermique en BTU, vitesse du vent, pression, etc. Notre projet de modélisation de la ventilation naturelle, par exemple, intégrera des stratégies d'inertie thermique et de pilotage par les données, qui permettront d'atteindre l'efficacité énergétique dans le bâtiment, en utilisant à la fois les données prévisionnelles et un *feedback* en temps réel. Il en résultera un modèle informatique qui se servira des capteurs pour recueillir des données qu'il traitera en continu, de façon à pouvoir notamment jouer sur les paramètres des fenêtres.

AA : Cela fait vingt-cinq ans que vous travaillez sur ces sujets. Quelles évolutions constatez-vous et quelles sont, selon vous, les prochaines étapes ?

AM : Les « moteurs » de simulation (c'est-à-dire la science physique sur laquelle reposent les outils prédictifs) sont stables depuis quelque temps déjà, mais la technologie des logiciels informatiques et leurs interfaces ont suivi – notamment pour ce qui relève de la facilité d'utilisation – le développement très rapide des microprocesseurs, de plus en plus performants depuis la fin des années 1980. Un gros travail a été fait sur la combinaison des logiciels et sur leur précision, mais il faudrait encore davantage d'intégration pour une spécialisation des modèles dans différents domaines.

logiciels capables de proposer des solutions ou d'optimiser différents paramètres de la performance, en fonction des préférences de l'architecte ou d'autres considérations liées à l'environnement.

AA : Quel pourrait être, selon vous, l'impact de ces modèles prédictifs dans l'évolution du rôle de l'architecte ?

AM : La modélisation prédictive a déjà largement influencé la façon dont nous concevons nos projets. En plus de permettre une optimisation des réponses techniques, les modèles augmentent la fiabilité de solutions qui réclamaient une vérification préalable. Ils permettent aussi de réduire les risques. À mesure que ces outils vont faire l'objet de développements s'adressant spécifiquement aux architectes, et non plus seulement aux ingénieurs (par exemple, en proposant un *feedback* instantané et une aide à la décision pendant la phase de conception), ils seront peut-être amenés à influencer plus nettement la résultante architecturale, et la performance de cette architecture. ■

« La modélisation prédictive a déjà largement influencé la façon dont nous concevons nos projets. En plus de permettre une optimisation des réponses techniques, les modèles augmentent la fiabilité de solutions qui réclamaient auparavant une vérification préalable. »

Par exemple, il n'existe pas encore d'outils qui intègrent l'environnement extérieur dans toutes ses dimensions (lumière, température, flux d'air, etc.). En outre, nos outils de simulation servent davantage à analyser des dispositifs existants qu'à développer de nouvelles réponses conceptuelles. Il faut encore travailler en ce sens, par exemple en mettant au point des

L’Architecture d’Aujourd’hui: The Harvard Center for Green Buildings and Cities, which you founded in 2014, has set itself the goal of “transform[ing] the building industry through a commitment to design-centric strategies.” One of the tools you’re using to do this is your very own headquarters, which, during a retrofit by Snøhetta, you converted into a research centre which you have baptized “HouseZero”. What are the objectives here? And what role did simulation play in the creation of HouseZero?

Ali Malkawi: HouseZero has two objectives: one as a showcase and one for research. As a showcase, the goal was to achieve the most rigorous efficiency standards ever achieved by a building retrofit: almost zero energy required for heating and cooling (no HVAC system), 100% natural ventilation, 100% daylight autonomy (no daytime electric light), zero carbon emissions, including embodied energy in materials. Simulation was an integral part in achieving these goals. The process started with a sketch that relied on essential principles of sustainability and energy efficiency. In order to translate such a sketch into reality and predict how the building would perform, tens of simulation models were conducted for thermal performance, lighting and acoustics. For example, thermal simulations were performed to check the optimal configurations of the building envelope and the materials. Parametric simulations for solar angles were performed to ensure that the sun will be blocked from entering the building on specific dates, lighting simulations were conducted to ensure adequate levels throughout the building and to eliminate glare, etc.

AA: What developments are you currently working on in building simulation?

AM: Our focus recently has been on building predictive models using data and connecting them to artificial-intelligence techniques for better predictions using learning algorithms that utilize past experiences. We have also been using data to augment physics-based models to be able to enhance accuracy in the predictive models. This is important as we need to be able to lower uncertainties in our prediction to ensure that the outcome once the building is in operation is as

close as possible to the predictive models. We know that computational-simulation models only give an ideal scenario: they rely mostly on physics-based equations and do not represent all the complexities in reality. In order to narrow this gap, we have been using data to increase the accuracy of our predictive models. In addition to the use of simulation in the design of buildings, the intention is to utilize predictive models in the operation of buildings. Recently we have been developing computational models to optimize the use of natural ventilation to lower the use of mechanical systems, enhance efficiency and promote health.

“Predictive models already affect the way we design. In addition to optimizing technical solutions, they provide confidence in proposed solutions that require verifications, and they minimize risks.”

We will be also developing controllable building materials that can store and release thermal energy more accurately, which will be coupled with algorithms to operate buildings in an ultra-efficient manner.

AA: Among the IRL complexities that you’re trying to reflect in your modelling methods are human behaviour and local conditions. How are you going about this?

AM: The unique infrastructure of HouseZero contains hundreds of sensors embedded within each component of the building, producing up to 17 million data points each day, which we’ve started to collect in our Building Performance Database. The data mostly consists in information about building behaviour: temperature, humidity, light levels, CO2, watts, BTUs, wind speed, pressure, etc. We are using this data to allow us to better understand the building’s operation with all of its complexities. Our project for a natural-ventilation computational model, for example, will integrate thermal mass and data-driven control strategies for energy-efficient buildings, in particular utilizing both real-time feedback and forecasted conditions. The outcome will be a computational model that uses sensors to continuously collect and process data so as to communicate window-control signals.

AA: You’ve been working in the field for 25 years now. How fast has the development of simulation software been in that time? And where do you see us heading?

AM: Simulation engines —the physics behind the simulations— have been stable for a while, but the technology of the computational software and its interface, in particular regarding ease of use, has followed the rapid development and increasing speed of micro-computers since the late 80s. There has been lots of work in regard to coupling software and making it more precise, but more integration of domain-specific models is

needed. For example, we still don’t have models that integrate all aspects of the environmental conditions – light, heat, airflow, etc. Moreover, our simulation tools are primarily used to analyse existing solutions and designs rather than helping to make such designs. Much work is still needed in this area, for example the development of software tools that can suggest solutions or optimize different performance parameters based on the designer’s preferences and on environmental considerations.

AA: What role do you think these predictive models could play in the evolution of the profession of architect? Will architects one day cease to be necessary?

AM: Predictive models already affect the way we design. In addition to optimizing technical solutions, they provide confidence in proposed solutions that require verifications, and they minimize risks. As these predictive models come to be developed specifically for architects rather than for engineers, i.e. providing aid and immediate feedback during design, we might witness a greater influence of such tools on the outcome of architecture and on its performance. ■

À droite : exemple de travaux d’étudiants, simulation de la vitesse de l’air sur une section de bâtiment.

Right: sample from students’ work: simulations of air speed for a building section.

Par / By : Palak Gadodia, Mehdi Khelif, Karno Widjaja.

En bas : exemple de travaux d’étudiants, simulation de la vitesse de l’air illustrant les performances d’une cheminée solaire.

Below: sample from students’ work: simulations of air speed, illustrating the performance of a solar chimney.

Par / By : Nada Tarkhan, Jonathan Grinham, Qurat-ul-ain Malick.

