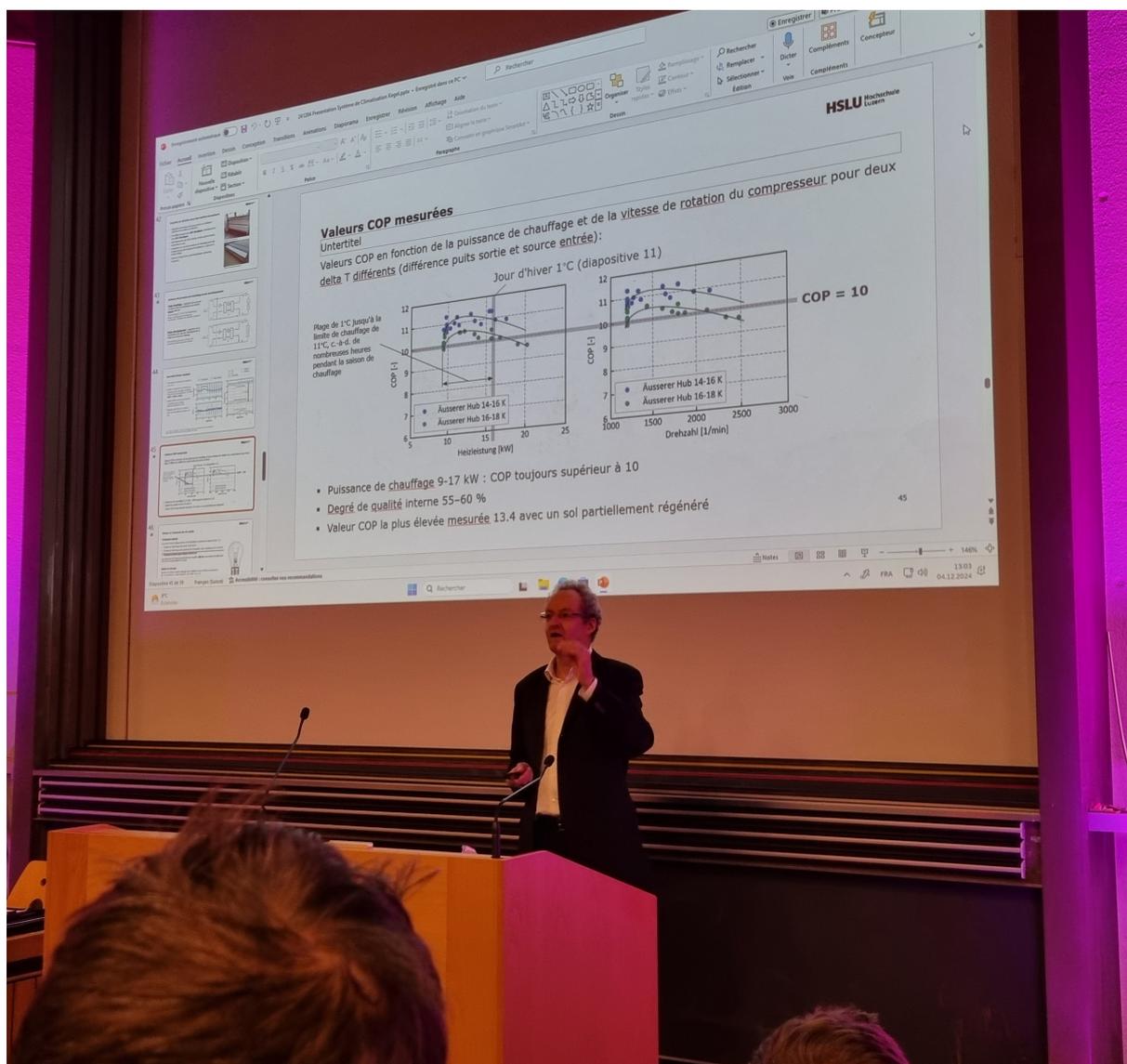




Chauffage – Ventilation – Sanitaire – Énergie.

Le pragmatisme du système Kegel ou la remise en question des normes ?

Décembre 2024



Le 4 décembre dernier, le Dr Beat Kegel, ingénieur, est venu à Genève pour présenter ses travaux en lien avec la physique du bâtiment. De grande stature, d'un naturel calme et enjoué, M. Kegel s'exprime dans un français teinté d'un accent d'outre Sarine, néanmoins très clair et explicite dans son propos.

Double récipiendaire du "Watt d'Or" qui récompense les démarches énergétiques les plus vertueuses du pays, il a présenté son système, ou plus précisément sa méthode, pour réaliser de substantielles économies en matière de Chauffage-Ventilation-Sanitaire-Energie (CVSE). Pour la plupart des bâtiments, le coût énergétique au m² est d'environ CHF 20.-/m². Avec le système "Kegel", ce prix chute à CHF 1.-/m². Quels sont donc les secrets de cette méthode ?

La norme en question

Le Dr Kegel a participé à la rédaction de plusieurs normes SIA au cours de sa carrière et relève que celles-ci ne cessent de se compliquer avec le temps. Si les premières faisaient 50 pages, la dernière version en compte désormais 500 ! Au surplus, poursuit-il, elles ont bien souvent 20 ans de retard et ne s'appliquent qu'à des cas théoriques ne correspondant, en général, à aucune réalité spécifique.

En effet, une norme ne dispense certainement pas de la réflexion et de l'adaptation nécessaire à chaque nouveau cas de figure. Plutôt que de s'accrocher paresseusement à celle-ci, il est judicieux d'analyser chaque situation afin d'y apporter une réponse pragmatique répondant bien mieux au but poursuivi ; **la norme ne doit pas être**

dictée pour tous les projets. C'est par ailleurs aussi un biais cognitif que nous avons tous, le raisonnement par "analogie-déduction", qui requiert bien moins d'efforts qu'une analyse complète d'un nouveau problème devant être examiné en profondeur. Si, pour un militaire, "la sueur épargne le sang", pour un architecte ou un ingénieur, "la matière grise épargne la technologie".

Sur cette lancée, il serait judicieux de pousser la réflexion plus avant en envisageant bien entendu une réduction et une simplification des normes de construction, mais aussi des lois et règlements qui s'y rapportent. L'enjeu climatique est crucial, mais il n'est pas le seul de notre temps. Celui de l'effondrement du vivant, de l'épuisement des ressources ou de la contraction économique qui y est directement liée devraient être considérés avec la même acuité.

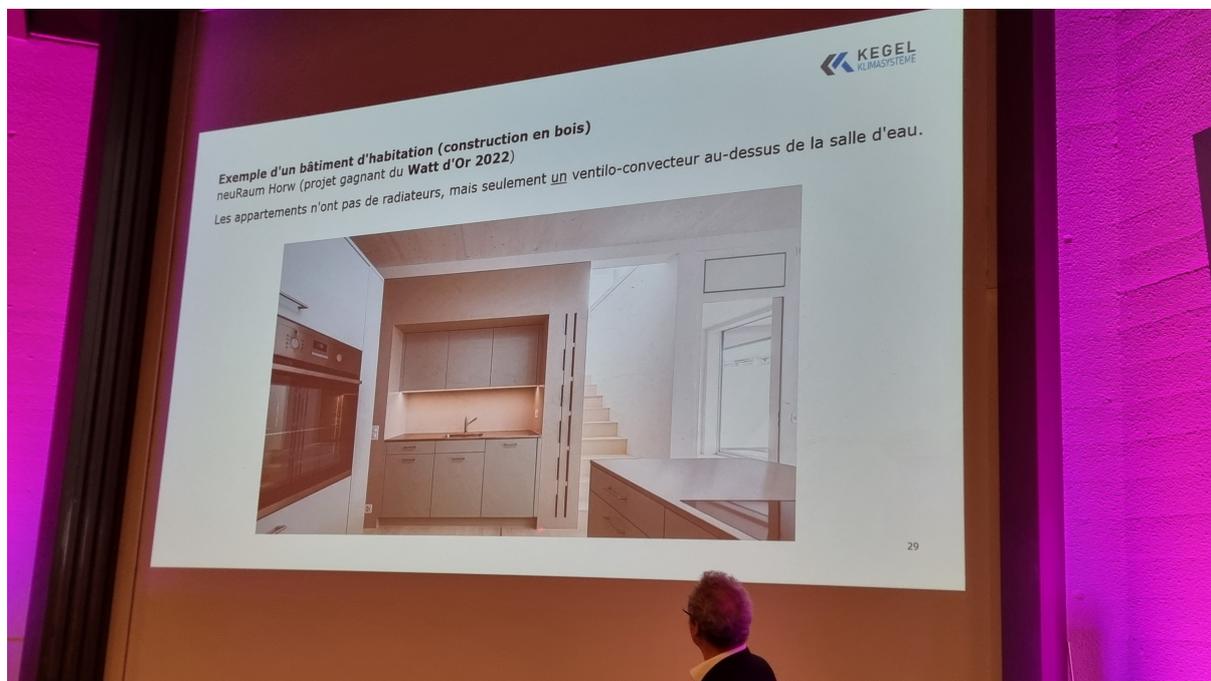
Ventilation de l'air vicié

Tuyaux partant dans tous les sens avec coudes et croisements invraisemblables, gaines surdimensionnées, épaisissement des complexes de dalles, énormes monoblocs de ventilation en toiture, bruit sourd et vibrations de l'air brassé, entretien complexe, etc. Ce ne sont là que quelques inconvénients résultant de la plupart des installations de ventilation d'une construction classique.

On peut cependant faire plus simple. Si l'on suit la norme, il faudrait en effet extraire en permanence 30 - 35 m³/h d'air, que la pièce soit occupée ou non. Mais quel est l'état final recherché ? L'air d'une pièce est renouvelé essentiellement pour que le taux d'oxygène soit suffisant pour ses occupants. Alors, pourquoi ne pas se

concentrer sur ce point ?

La structure du bâtiment participe dès lors pleinement au concept de ventilation. Les couloirs font office de gaines horizontales pour faire circuler l'air, tandis que des mini-ventilateurs, situés au-dessus des portes de communication, assurent un flux d'air optimal entre les pièces. La consommation de ce type de ventilateurs est relativement faible, ils peuvent en effet extraire 1 m³ d'air pour seulement 1w. Ces derniers sont commandés par une sonde de CO₂ située dans le couloir. Les mini -- ventilateurs s'actionnent donc seulement lorsque les pics de 1000 ppm (parties par million) de CO₂ sont dépassés. Ce système consomme évidemment considérablement moins d'énergie pour la ventilation des locaux qu'un système standard.



Le stockage dans la masse

Le stockage de l'énergie dans la masse est un des grands principes de base de la physique du bâtiment. Les murs et les sols en béton armé, dont la masse est importante captent la chaleur d'un espace jusqu'à atteindre l'homéostasie, c'est à dire une situation d'équilibre. Une fois que la température baisse, la chaleur emmagasinée dans la masse est restituée, toujours en suivant le principe de recherche de l'équilibre énergétique. Si stocker la chaleur de l'été pour la restituer en hiver n'est techniquement pas réaliste à l'échelle d'un bâtiment, ce phénomène à l'échelle de la journée (24 h) s'avère quant à lui bien plus pertinent.

Lors d'une rénovation pragmatique qui s'appuie sur ce principe, murs, sols et plafonds sont débarrassés des couches isolantes intermédiaires pour capter au mieux l'énergie. C'est la raison pour

laquelle les espaces intérieurs de ces immeubles rénovés selon ce principe apparaissent dépouillés, avec suppression des anciennes moquettes et faux plafonds. La structure s'offre alors au regard de l'utilisateur, notamment parce qu'il n'y a plus grand chose à cacher.

Cette approche permet en outre de ne pas toucher aux façades extérieures, généralement en béton ou en maçonnerie, ce qui représente aussi une économie substantielle lors d'un chantier de réhabilitation.

Pour bien comprendre, imaginons maintenant une situation inverse. Le chauffage d'une église avec ses énormes murs- masse et sa faible période d'utilisation permet aussi de bien se représenter la nature du problème. Ici, la solution serait alors, par exemple, de ne chauffer que les bancs durant les périodes d'utilisation de l'édifice pour atteindre l'objectif de la manière la plus économique possible.

Chauffage hivernal

Le plus souvent, les espaces intérieurs sont chauffés par un chauffage au sol ou par des radiateurs. Pour une année, on peut estimer à ~2000 h le besoin en chauffage.

Un chauffage au sol est constitué de tuyaux faisant circuler de l'eau chaude à ~21° dans la chape, qui, à son tour, chauffe par convection l'air ambiant. Ce système est appelé chauffage "basse température" et son principal inconvénient est l'inertie induite par la masse à chauffer au préalable, donc le temps de réaction entre la demande et le besoin.

Le système de chauffage par radiateur, quant à lui, fonctionne avec des températures supérieures, c'est-à-dire entre 40° et 50° en sortie de chaudière. Ici, l'avantage est que le radiateur réchauffe immédiatement l'air ambiant dès qu'il fonctionne. La chaleur se propage à l'air, tant par convection que par radiation. Le principal inconvénient du radiateur est justement sa température élevée de fonctionnement. En effet, la consommation énergétique pour chauffer d'un degré supplémentaire le liquide calo-porteur (en principe de l'eau) croît de façon exponentielle. Autrement dit, chaque degré qui s'éloigne de la température ambiante nécessite plus d'énergie que le degré précédent. Ou, chaque degré supplémentaire revient chaque fois plus cher que le degré précédent.

Une solution pragmatique serait de chauffer directement l'air sans qu'une partie de l'énergie de chauffage ne soit absorbée par la masse des murs. C'est-à-dire viser une température en sortie de chaudière relativement modeste. C'est justement le principe du ventilo-convecteur. Il s'agit d'un convecteur (une sorte de radiateur plat) muni d'un petit ventilateur économique qui force le passage de l'air sur la surface du

convecteur pour chauffer rapidement le volume d'une pièce. Le système fonctionne bien avec une température modérée, de l'ordre de 25°- 26°, ce qui reste encore économique. Avec de l'optimisation intelligente, on peut imaginer aussi que le système ne s'enclenche que lorsque la pièce est occupée.

Climatisation estivale

La climatisation des locaux est bien plus énergivore et représente, par année, un besoin en génération de froid d'environ 4000 h. A Genève cependant, la climatisation n'est pas autorisée, pour le moment. Pour le législateur, en effet, ces systèmes étant énergivores et la période de canicule historiquement concentrée sur quelques jours de l'été, les occupants "peuvent faire facilement un petit sacrifice personnel pour le climat"... Cependant, les lois sont comme les normes, elles ont aussi 20 ans de retard. De nos jours, les canicules sont plus chaudes, plus longues et plus fréquentes et le phénomène ira vraisemblablement en s'intensifiant, de sorte que l'on peut objectivement se demander s'il s'agit encore de confort ou d'habitabilité ? Refroidir un bâtiment consomme en effet de l'énergie ; environ deux fois plus que pour les besoins de chauffage. Cependant, la différence principale entre l'été et l'hiver, c'est l'ensoleillement ; le soleil estival est suffisant pour alimenter des panneaux photovoltaïques dévolus à cette tâche.

Pour rester dans la légalité, essayons de prendre le problème à l'envers. Faisons circuler de l'eau froide du réseau dans un radiateur ou un ventilo-convecteur. L'eau ainsi chauffée, ou du moins tempérée, serait utilisée l'été pour chauffer partiellement le boiler d'Eau Chaude Sanitaire (ECS). C'est autant d'énergie en moins que le chauffage doit fournir en plein été pour atteindre les 55° convenus (température devant

prétendument détruire la bactérie responsable de la légionellose). En tout cas, la question de refroidir un bâtiment en saison estivale va se poser de plus en plus avec le réchauffement climatique qui s'intensifie. Avec une enveloppe performante toutefois et l'objectif de ne pas descendre en dessous d'une température de confort de 20°- 21°, la législation pourrait bien être amenée à évoluer dans ce sens.

Un cas concret

Le D^r Kegel présente l'exemple d'un bâtiment de bureaux zurichois rénové selon ses préceptes. L'extérieur n'est pas touché, seule la toiture est isolée convenablement. A l'intérieur, les allèges sont isolées ainsi qu'un bandeau sous dalle qui fait à la fois office de rupture de pont thermique et de panneau acoustique. Des éléments standardisés préfabriqués intégrant les ventilo-convecteurs avec un circuit chaud et un circuit froid, ainsi que des chemins de câbles, prennent place au niveau des allèges. Les espaces sont dépouillés des éléments superflus, empêchant la masse de capter efficacement l'énergie. Munis de leurs sondes CO₂, les corridors font office de gaines de ventilation et des petits ventilateurs assurent la circulation d'air entre les espaces clos. Hormis les panneaux solaires photo-voltaïques (PV) en toiture, du côté du local technique, on trouve deux pompes à chaleur (PAC) de faible puissance. L'une produit l'ECS (55°) tandis que l'autre alimente les ventilo-convecteurs (25°). Chacune de ces PAC fonctionne à sa température optimale, ce qui permet une conception plus simple, donc plus économique. La puissance nécessaire est aussi plus basse, ce qui réduit d'autant le prix de l'installation mais surtout le coût de fonctionnement. Il s'agit cependant et consubstantiellement de PAC avec un coefficient de performance (COP) élevé aussi disponible sur le marché, c'est-à-dire qui

offrent un bon ratio entre l'énergie investie et l'énergie retirée. On parle ici d'un COP compris entre 10 et 12. A titre comparatif, une PAC standard affiche généralement un COP allant de 3 à 5, et c'est déjà satisfaisant pour bien des usages.

Côté porte-monnaie, ce type de rénovation légère mais efficace a un coût de revient total compris entre CHF 1 500.- et CHF 2 500.- par m², ce qui reste relativement économique. Le coût de rénovation spécifique au poste CVSE est, quant à lui, de CHF ~500.-/m², ce qui est très raisonnable. Financièrement, l'opération représente un coût bien inférieur à une opération de démolition-reconstruction, sans même qu'il soit besoin d'invoquer la problématique de la production de CO₂ et de la génération importante d'énergie grise.

En effet, à Genève, les milieux immobiliers arguent trop souvent que le prix d'une mise au normes énergétiques est proche de celui d'une reconstruction à neuf et préfèrent généralement cette dernière option. C'est la démonstration que, si le travail est bien fait, la réflexion bien menée en amont du projet, cette conclusion s'avère évidemment totalement fausse.

La limite du bilan thermique

Lors de la dépose d'un permis de construire, l'architecte doit produire, en plus des formulaires énergétiques habituels, un bilan thermique complet du bâtiment projeté. Ce rapport est, le plus souvent, un formulaire SIA 380/1. Ce dernier s'appuie sur les détails de construction projetés qui comportent l'isolation des murs et toiture, la performance des cadres et vitrages des ouvertures, les éventuels ponts de froids ou faiblesses de l'enveloppe thermique, entre autres.

Le calcul du besoin en chauffage, ECS et ventilation s'appuie, lui, sur les normes applicables aux surfaces

projetées. Le bilan permet donc de déterminer la part d'énergie nécessaire pour viabiliser une construction.

Petit bémol, il s'agit d'un **bilan statique**, relativement sommaire qui ne prend pas en considération d'autres éléments comme, par exemple, le stockage d'énergie dans la masse ou l'utilisation réelle ou objective des locaux par les utilisateurs. La prise en compte de l'utilisation des locaux en fonction du besoin réel ne s'accorde pas, par définition, avec des normes, car chaque cas est différent et les besoins sont bien évidemment spécifiques à chaque réalisation.

Actuellement, les deux principaux programmes employés pour ce type de calculs (Enercad et Lesosai) ne prennent pas en compte ces paramètres et sont incapables de produire un **bilan dynamique**, qui serait plus précis et plus juste. L'enjeu est de taille, car, en dimensionnant au plus juste une installation CVSE, les marges de sécurité imposées diminuent et avec elles, la puissance et la consommation estimées. Par voie de conséquence, le prix d'une installation et le coût de fonctionnement qui lui est lié se réduit également dans les mêmes proportions. Pour rappel, chaque degré supplémentaire à chauffer représente 5% d'énergie nécessaire en plus que le degré précédent. Ainsi, 10° de chauffage en moins, c'est déjà 50% d'énergie économisée !

Pragmatisme et simplicité

Pour certains Maîtres d'Ouvrage (MO), les propositions de la construction ECO-BIO sont parfois trop radicales et peuvent aussi décourager les utilisateurs habitués à ne pas se poser de question sur la technique du bâtiment (ventilation par WC à compost, chauffage par Rocket Stove, climatisation par évaporation de l'eau de la toiture végétalisée, etc.). La solution présentée lors de cette conférence, devant une centaine d'étudiants et ingénieurs du bâtiment, confirme toutefois les vues des architectes ECO-BIO, tout en offrant une voie intermédiaire entre la robustesse d'un Rocket Stove et la performance d'une chaudière connectée High-Tech.

Pragmatisme et simplicité, le "Kegel Klimatsystem" s'inscrit bien dans la tradition des basses technologies tant appréciées dans le milieu de la construction écologique, c'est-à-dire, celles qui ne tombent jamais en panne. En conclusion, terminons sur cette citation du D^r Kegel qui résume parfaitement cette approche : "**J'offre une garantie de 100 ans sur tous les appareils que je n'installe pas**".

Christophe Ogi
Architecte HES, ECO-BIO