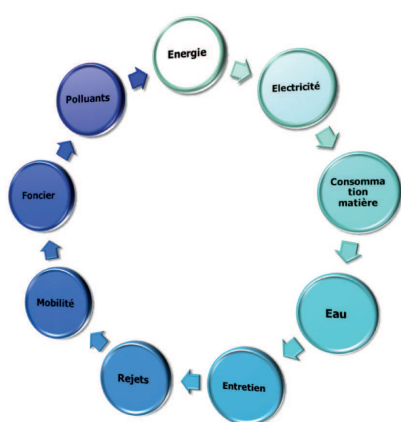


Les systèmes : production de chaleur, rafraîchissement, ECS, ventilation...

🏠 Bruno GEORGES - directeur du bureau d'études ITF 🏠

INTRODUCTION



Il est rappelé que le bon mode de fonctionnement pour la genèse de projet est bien de « diminuer les besoins », avant d'entreprendre toute autre sorte d'action.

Il s'agit bien de produire une conception qui a une vision très multi-critères de cette approche, de ne pas intégrer cette posture comme un acte à un instant donné, mais bien d'en faire un mode de fonctionnement .

Ce point est une des clefs de l'intervention.

Si les économies d'énergie sont toujours une cible privilégiée, il faut intégrer que l'enjeu majeur est bien le CO₂. Passer de nos 2 tonnes annuelles par Français à 500 kg, cible raisonnable pour raisonner le changement climatique, ne relève plus de l'optimisation. Nous n'arriverons pas à atteindre nos objectifs simplement en faisant mieux. Pour rester crédibles dans nos actions il faut admettre que si l'on veut des résultats, on doit passer à une échelle de « rupture » et RUPTURE SIGNIFIE SOUVENT FAIRE AUTREMENT !

La transversalité d'une approche professionnelle est nécessaire si l'on veut contribuer de manière performante à un projet. Un rôle de spécialiste /généraliste se dessine, très compétent dans un domaine précis, « cultivé » dans les autres domaines en interaction de manière à mieux intégrer son expertise dans le processus de conception.

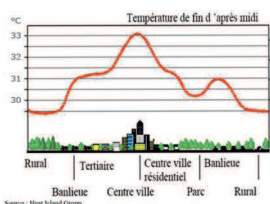
Au-delà de la seule efficacité s'installent d'autres points d'intérêt et des leviers forts sur la qualité d'usage du projet final : la santé, l'acoustique, la biodiversité, le social, les déchets, le mobilier, le plaisir...

PRÉAMBULE

Avant d'évoquer les systèmes, il faut bien saisir que si un bâtiment durant les 50 premières années de sa vie, va voir ses systèmes remplacés, rénovés, améliorés au moins trois fois, l'enveloppe, elle, reste la même. L'effort initial de conception est bien à porter sur l'enveloppe.

Avant de s'occuper des systèmes, il convient de créer un plan masse optimisé, un facteur de forme avantageux, donner un large accès à l'éclairage naturel, obtenir la meilleure enveloppe thermique, supprimer les ponts thermique et traiter les rares restants, développer une efficace stratégie de protections solaires, accompagner ingénierie et entreprises pour obtenir une étanchéité à l'air de niveau Passiv Haus. Se rappeler aussi que plus le projet est performant, plus il faut une grande attention au confort d'été.

Au-delà d'une performance d'hiver qui semble maintenant aisée à atteindre, l'enjeu du confort d'été devient fort. Il est souvent bien plus délicat à atteindre.



La lutte contre les îlots de chaleur urbains (ICU) doit maintenant être intégrée dans tout projet, en premier lieu à l'échelle urbaine, puis à l'échelle architecturale. C'est bien le végétal qui est la bonne solution, qui permet aux sols de respirer, d'infiltrer les eaux pluviales...

L'adaptabilité des projets à un futur en devenir est le second point marquant de ce message. Prendre les dispositions pour que les projets contiennent intrinsèquement les capacités suffisantes d'adaptation, d'ouverture, y compris à des éléments, des contextes qui n'existent pas aujourd'hui et là c'est un peu moins simple.

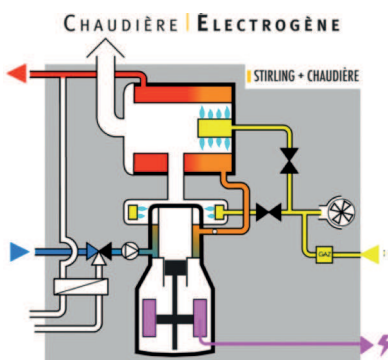
SYSTÉMIQUE

En introduction et afin de lever les contradictions sémantiques que l'on constate dans de trop nombreux dossiers, il est rappelé que ce sont les rendements et les pertes qui font la différence entre besoins et consommations.

Il est précisé qu'un système complet est composé d'une génération, d'une distribution et d'une émission. Chacune de ces facettes présente des contraintes et des caractéristiques propres qui peuvent et qui doivent être optimisées indépendamment :

- **Génération** : rendement, propreté, fiabilité, sécurité
- **Distribution** : pertes thermiques en ligne et consommation des auxiliaires électriques
- **Emission** : confort des usagers, silence, absence de courants d'air, précision, régulation

Les sources de chaleur à « haut niveau », sont réalisées par combustion (bois presque sans CO₂ et produits fossiles, gaz, fioul, propane, électricité). Les techniques thermodynamiques permettent d'utiliser plus intelligemment l'électricité pour produire de la chaleur, le niveau d'énergie est alors plus bas. Le « renouvelable », solaire, ... permet d'éviter une production de CO₂.



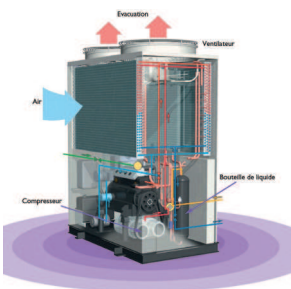
Les techniques de cogénération co-produisent électricité et chaleur (R 80%). Au-delà des « grosses installations » en perte de vitesse en France au regard des tarifs de rachat peu attractifs, il existe plusieurs technologies en cours de développement. Le moteur Stirling « vulgarise » ce concept et le rend accessible aux petites installations (voir DE DIETRICH). Cette diversité de possibilités passe par des améliorations technologiques, la fiabilisation des machines, peut être aussi par une réelle volonté d'adaptation à une approche moins monomaniaque, moins orientée « fournisseur ».

Le bois énergie est renouvelable ET ne produit presque pas de CO₂ (valeurs conventionnelles en cours de mise au point pour intégrer l'extraction de la forêt et le conditionnement). Il est un combustible usuel des projets à forte valeur environnementale ajoutée. La technologie et le combustible retenu doivent être choisis pour pratiquement supprimer les émissions de poussière.

RAFRAÎCHISSEMENT

Il est nécessaire de se poser **au préalable**, la question de la nécessité de climatiser, en analysant les contextes du tertiaire et du résidentiel. Pour ce dernier, hormis certains cas spécifiques et notamment en cas de nuisances acoustiques fortes, la nécessité de climatiser n'existe pas sous nos latitudes, SI LA CONCEPTION DE L'ENVELOPPE EST CORRECTE.

Les techniques « classiques » sont nombreuses et adaptées, mais la culture professionnelle du milieu fournisseurs, entreprises, exploitants ne va pas vraiment dans le sens de baisser les niveaux d'énergie et l'eau glacée à 7°C est tenace. Il faut intégrer que dans de nombreux cas, un régime plus tiède, permet une extraordinaire amélioration des rendements et prolonge la durée de vie des appareils.



Des systèmes à compression à moteur thermique existent sur le marché mais restent marginaux. De même les technologies à absorption sont disponibles, fiables et attractifs, mais leur diffusion reste confidentielle.

L'exploitation directe des nappes phréatiques est possible voir très intéressante car « simple », mais doit intégrer la dimension environnementale et réglementaire de cette approche (débit et quantité d'eau puisée annuellement limitée). Une filtration efficace, l'intégration des corrosions potentielles et les précautions pour éviter la pollution de la nappe sont des critères de conception à grande attention.

Le « froid solaire » a deux facettes :

- **Le système à absorption** qui fonctionne bien, mais manque de matériel adapté aux régimes solaires « moyenne température ». Technologies japonaises et américaines en cours de développement
- **Le « desiccant cooling »** technique bien au point en générateur gaz mais dont l'application au solaire est encore en développement (recherches américaines sur gels de silicate adaptés).



DISTRIBUTION CHALEUR ET FROID

Sur ce thème, il y a deux pistes d'optimisation à explorer, soit :

- **la limitation des pertes thermiques.** Les points sensibles de conception sont la limitation des longueurs de réseau par un travail amont d'intégration et un calorifuge de haute qualité
- **la limitation de la consommation des auxiliaires,** par la conception de réseaux à faibles pertes de charges, l'amélioration des rendements des organes et l'asservissement aux usages qui a un impact très intéressant, y compris sur le calcul réglementaire RT.

Ces deux approches sont à traiter en parallèle.

ÉMISSION DE CHALEUR ET DE FROID

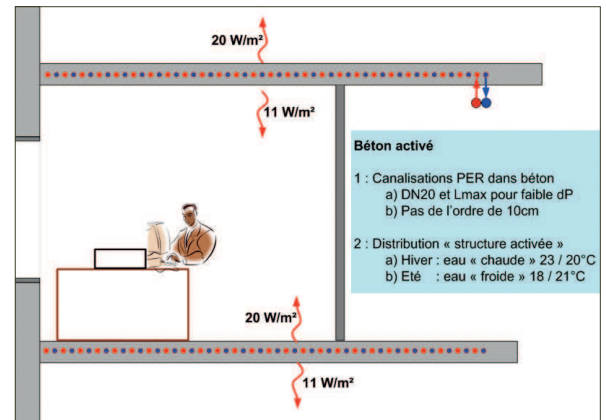
Au-delà des quantités d'énergie, il est rappelé la notion essentielle de « niveau d'énergie ». Des anciens radiateurs en 90/70°C, aux dalles actives en 25/21°C, la plage est large.

Plus le niveau est bas (eau plus tiède que ce soit en froid ou en chaud), plus l'efficacité énergétique sera bonne, plus le confort sera radiatif, plus l'adaptabilité du système sera grande.

Les facultés d'autorégulation et de fait, confort et consommation énergétique, sont aussi améliorées dès que l'écart ambiance/émetteur augmente.

Il s'agit bien d'aller un peu à « contre culture », les produits que l'on trouve sur le marché étant usuellement présentés dans leur régime d'eau le plus élevé, soit 90°C en chauffage et 7°C en eau glacée.

La « dalle active » est un système d'émission qui intègre cette notion et qui va donner un excellent confort du fait de la dimension radiative du concept.



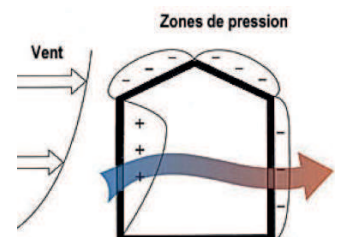
VENTILER

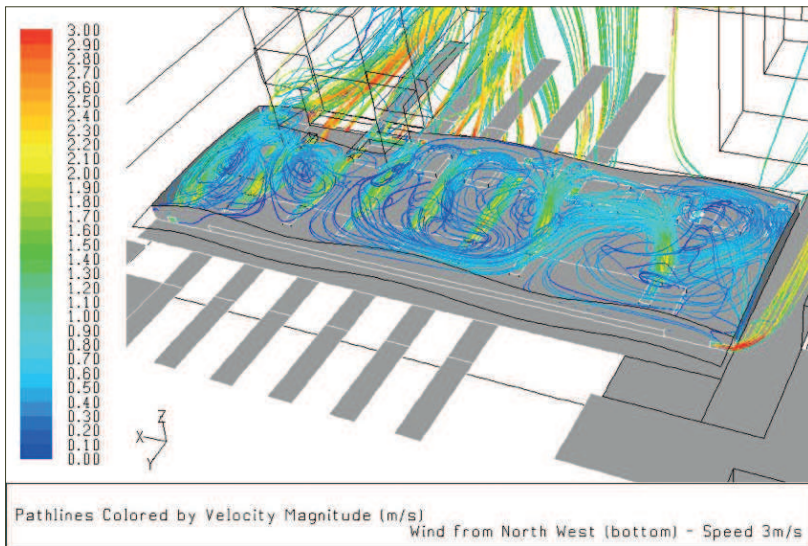
La ventilation a pour objectif principal de maintenir une ambiance intérieure « saine », c'est-à-dire adaptée à une bonne santé des humains. Elle vise aussi à garantir la pérennité du bâti, particulièrement dans l'habitat ancien. La ventilation contribue aussi à évacuer les charges thermiques. La connaissance scientifique des corrélations entre débit et qualité d'air d'une part, mais surtout entre quantité de CO₂ et santé sont encore limitées et en cours d'investigation. Pour mémoire, le débit réglementaire Français est de 18m³/h, les textes Européens sont à 30 m³/h et les Suédois à 60 pour un usage de bureau.

La ventilation naturelle peut être une solution, mais il faut intégrer que le moteur thermique a une faible puissance mais peut s'inverser entre été et hiver.

La pression du vent peut être TRES importante, mais est présente en permanence sur peu de sites. La charge (hauteur du tirage) et l'écart de température sont les indicateurs d'un bon tirage thermique.

La dimension « santé » de la ventilation devient une valeur ajoutée forte à un projet. Les indicateurs à ce sujet deviennent formels, voir : <http://www.air-interieur.org/> et <http://www.afsse.fr/index.php?pageid=724&parentid=424>





Etude de débit de ventilation de la gare d'Utrecht

interne des CTA, les pertes de charge des réseaux, les modes de fonctionnement de la récupération énergétique et les asservissements aux usages.

Le puits Canadien doit être envisagé avec grande précaution². L'usage intersaisonnier paraît délicat à justifier formellement et les mesures in situ sont souvent décevantes. Il faut porter une très grande attention à l'étanchéité des réseaux pour éviter la «noyade» du système avec les eaux d'infiltration. Les précautions suffisantes doivent être prises pour permettre un entretien régulier et efficace. La solution où le puits canadien a un rôle de déphasage sur 24h est une approche qui a une attractivité certaines sur de petits projets sans rafraîchissement actif.

La ventilation naturelle nocturne est une bonne solution pour améliorer le confort d'été, mais doit mettre en jeu des débits nettement supérieurs à ceux de la ventilation hygiénique (jusqu'à 6 volumes par heure selon le cas) pour être pertinente. La simulation CFD¹ est l'un des outils potentiels pour mieux évaluer ces phénomènes mais reste difficile d'accès et d'une fiabilité toute relative.

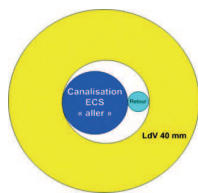
La ventilation double flux, du fait de sa capacité à «récupérer» de l'énergie (le rendement à viser est de 80%) a de nombreux atouts et semble, en tertiaire, une des solutions à optimiser pour atteindre de hautes performances. Il faut nécessairement être extrêmement vigilant à sa conception, à la topologie des réseaux, à son dimensionnement et à sa mise en œuvre. Les possibilités de dysfonctionnement et de dégradation d'efficacité sont importantes.

Les points d'attention sont la perte de charge des réseaux, les modes de fonctionnement de la récupération énergétique et les asservissements aux usages.

EAU CHAUDE SANITAIRE

Ce poste devient, selon le cas, plus important que celui du chauffage dès la RT 2012. Sa conception est sous-tendue par deux objectifs contradictoires, la baisse des consommations énergétiques et une sécurité sanitaires globale et pérenne.

Ce poste nécessite la plus grande attention, dès la conception, notamment avec la forte attractivité de la mono-gaine en logement. Un travail en amont, avec les architectes est nécessaire. L'objectif est de limiter les longueurs de dérivation entre réseau maintenu en température et points de puisage (la limite haute est 5m, il faut essayer de tendre vers 2m).



Une fois la conception de la topologie des réseaux aboutie, les pertes thermiques doivent être traitées avec soin avec des principes d'isolation TRES performants, comme la co-isolation par exemple.

Isolation des réseaux

Le stockage doit se faire à au moins 65°C et le réseau de distribution doit être à une température supérieure à 52°C, voire supérieure à 70°C en milieu hospitalier ou exposé au risque Légionella. Pour atteindre ce résultat un équilibrage sans faille de la distribution ECS est nécessaire. La diminution des pertes thermiques de l'ensemble production/distribution et un bon équilibrage favorisent une exploitation sans Légionella.

EAU CHAUDE SANITAIRE SOLAIRE

Il doit être «normal» pour la France, de réaliser une base de 50% des besoins grâce au solaire thermique. Pour ce faire, de l'ordre de 1,4 m² de capteurs plans ou 1m² de capteurs sous vide sont nécessaires. La systémique doit être simple et propice à une exploitation aisée. Une conformité aux prescriptions du «Manuel de conception des installations de production d'ECS solaire» de l'ADEME, mise à jour de Juin 2008 est une bonne base de fiabilité de conception.

¹ Computational Fluids Dynamic : Simulation des écoulements.

² Il est intéressant de voir à ce sujet, les publications de Pierre Holmuller de l'université de Genève.

Il est nécessaire de consacrer une grande attention à :

- la sécurité sanitaire (Légionella)
- la faible perte de charge et un pincement inférieur à 2°K pour les échangeurs
- des dispositifs d'expansion permettant une vaporisation dans les capteurs
- la gestion du fluide antigel
- la conservation du rendement des capteurs
- la stratification du stockage
- un appoint séparé.

EXPLOITER, MESURER, SUIVRE ET FAIRE VIVRE LES BÂTIMENTS

La régulation doit non seulement permettre la gestion des processus de chauffage, rafraîchissement, ventilation, éclairage, protections solaires..., mais aussi de mesurer, archiver, restituer, afficher la performance.

Dans sa première fonction, la régulation permet de ne chauffer, rafraîchir, ventiler, éclairer, que où il faut, au niveau où il faut et quand il faut.

La mise au point et la réception des ouvrages doit faire l'objet d'une attention TOUTE PARTICULIERE, de manière à permettre une gestion correcte des installations et surtout à atteindre au plus vite la performance prévue lors des études du projet.

Est-il nécessaire de rappeler qu'il n'y a pas d'installations, ni de système qui fonctionne correctement sans contrat de maintenance! Cependant, les exploitants doivent aussi investir les sites qu'ils gèrent et de fait se former sur les installations de GTC.

Si toutes ces opérations de finalisation des installations sont faites correctement, il aura un grand avantage à afficher les résultats, la performance. Les impacts seront réellement bonifiants :

- pour l'exploitant (j'y suis arrivé)
- pour l'investisseur (c'est moi le plus fort)
- pour les usagers (je m'approprie)
- pour le concepteur (je vois mes résultats).

L'accompagnement des futurs utilisateurs est nécessaire pour que ceux-ci s'approprient leur bâtiment et ses fonctionnalités.

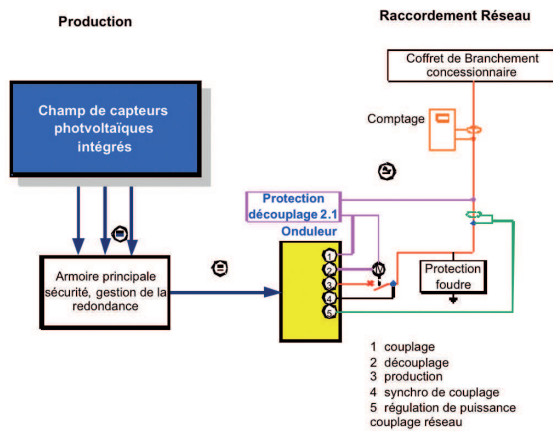
Il faut, dans cette approche exploitation des installations intégrer les différentes « espérances de vie » des systèmes, qui varient selon la technicité. Un suivi des performances, dans la durée (3 ans), assumé par l'ingénierie du site qui saura finaliser la mise au point si besoin, trouver les mesures compensatoires, doit être fait sur tous les projets performants.

PRODUIRE DE L'ÉLECTRICITÉ

Au-delà des errements dramatiques de notre cadre réglementaire et fiscal, la production photovoltaïque est aujourd'hui une pratique courante. Cela ne signifie pas que les dispositions techniques sont si aisées et se limitent au trop classique « décartonnage » de nombreuses installations. Ainsi les ombres portées, les chutes de tensions, les modes de connexion des capteurs entre eux, la qualité des panneaux, la performance et l'adéquation des onduleurs sont autant de sujets à traiter avec soin. Bien intégrer que 1% de baisse rendement est dramatique puisque porté sur 20 ans.

Les technologies mono et poly cristallin sont sensibles aux incidences du rayonnement solaire, mais de durabilité et de rendement éprouvées et élevées. L'amorphe a une meilleure productivité annuelle à puissance installée équivalent du fait de sa relative insensibilité à l'incidence, mais sa durabilité à 30 ans n'est pour l'instant pas avérée et nécessite précautions.

Pour les onduleurs, la technologie des petits onduleurs « on line » de fiabilité souvent médiocre, est une solution simple mais dont la durabilité fait rarement l'objet d'engagement sur 20 ans des fournisseurs. Le câblage en courant continu du champ de capteurs et les gros onduleurs installés en locaux techniques semblent une approche plus industrielle et dont la fiabilité est très bonne. Les facilités de maintenance sont également meilleures pour cette approche.



📄 Schéma de principe d'une installation PV

EOLIEN

Au regard des évolutions induites par le contexte administratif et réglementaire, ce secteur d'activité devient un secteur d'investisseurs à enjeux financiers et macroscopiques. Les technologies de micro éoliennes urbaines sont en cours de développement et peuvent sur certains sites représenter des apports intéressants.

CONCLUSIONS

- Les solutions performantes quelles qu'elles soient, ne peuvent être « plaquées » sur les bâtiments. Il convient d'organiser et de profiter des avantages de la co-conception, de l'intelligence collective, des processus collaboratifs...
- Sur les systèmes, il s'agit bien de diminuer les besoins, de baisser les niveaux d'énergie, de détourner les solutions industrielles, de rentrer dans le cœur de métier de l'ingénierie et de l'architecture pour une démarche environnementale efficace
- N'oublions pas que la cible est bien « de l'ordre de grandeur de Passiv Haus » à défaut d'un nom français... et d'une volonté politique engagée.