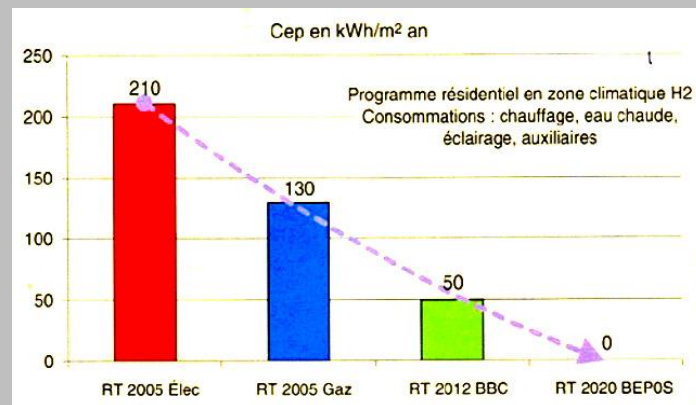


Le Français et l'énergie

Pratiquement toutes les formes d'énergie – mécanique, hydraulique, ou thermique – sont omniprésentes dans notre environnement. L'énergie potentielle contenue dans la matière qui se trouve dans cet environnement est non seulement disponible et abondante, elle est souvent, cerise sur le gâteau, gratuite et proche de nous. La masse de la matière est omniprésente dans la plupart des formules physiques qui quantifient les différentes formes d'énergie que l'homme a réussi à produire à partir de son transfert ou de sa transformation. Notre passé nous apprend qu'il a d'abord réussi à transformer cette matière en énergie thermique avec la combustion du bois lors du Pléistocène moyen. Beaucoup plus récemment, la première révolution industrielle et la combustion du charbon ont vu l'apparition de la machine à vapeur initiée par *James Watt* en 1769. Puis l'exploitation et la combustion de deux nouveaux combustibles fossiles, le gaz et le pétrole, lors de la deuxième révolution industrielle ont, dès 1880, été à l'origine de l'apparition du moteur à combustion interne de l'allemand *Rudolf Diesel*. Plus récemment encore, le recyclage et la combustion des ordures ménagères apportent leur contribution à la production d'énergie thermique et électrique. Un passé encore récent datant des années cinquante nous apprend qu'en manque d'énergie, il a également réussi à transférer l'eau de la retenue des barrages vers l'aval et à transformer son énergie mécanique potentielle en énergie électrique avec une chaîne énergétique passant par la case hydraulique à l'aide des turbines Pelton ou Kaplan. L'homme n'avait jamais su stocker économiquement l'énergie électrique en très grosse quantité. Ni même l'énergie thermique, que ce soit grâce à la chaleur spécifique d'une masse de fonte dans un convecteur électrique ou même d'un ballon d'eau chaude sanitaire, sauf à majorer souvent inutilement le coût et l'encombrement d'une chaufferie. La France vient heureusement de découvrir récemment et de mettre au point un dispositif appelé *STEP* consistant à remonter l'eau dans la retenue supérieure d'un barrage et à utiliser la chute d'eau plusieurs fois. Insatiable énergétivore, la France a été un des premiers pays au monde à se transformer en apprenti sorcier en manipulant les chaînes atomiques de la matière avec la fission et la fusion nucléaire. Les Français ont par exemple brillamment réussi, à l'occasion de ces manipulations, à la faire « disparaître » en générant de l'énergie électrique après être passés par la case thermique. La célèbre formule $E = mc^2$ reliant la masse de la matière « disparue » et l'énergie est une preuve supplémentaire de l'omniprésence de la matière dans toute forme de production d'énergie. En passant à nouveau par la case thermique et sous réserve d'obtenir un niveau de température suffisamment élevé, l'Europe est en passe de réussir à produire à plus grande échelle de l'énergie électrique avec le solaire thermique et la géothermie profonde. Ces solutions s'avèrent assurément plus intelligentes et moins destructrices pour notre environnement que celles consistant à utiliser la combustion des combustibles fossiles pour faire tourner des turbines à gaz, ou pire encore des moteurs diesels afin de générer l'énergie mécanique nécessaire aux alternateurs. Ce qui est surprenant dans les *chaînes énergétiques* les plus récentes évoquées ci-dessus est le fait que l'on passe à chaque fois par la case thermique pour générer l'énergie électrique, quitte à revenir au thermique pour se chauffer par effet Joule malgré la mauvaise efficacité d'un convecteur électrique. Quant à l'énergie électrique fournie par le solaire voltaïque, les éoliennes et les futures hydroliennes, elles ne passent pas par la case thermique. C'est probablement cela qui explique pourquoi le prix de l'électricité qu'elles fournissent est encore si élevé. Ne représentant pour l'instant en France qu'à peine 2 % du total de notre besoin global en énergie, elles ne grèvent pas trop le prix de revient de l'électricité nucléaire et hydroélectrique avec lesquelles elles sont confondues.

En validant la réglementation thermique RT 2005, la France a fait une grave erreur en laissant s'implanter le chauffage par effet Joule dans les immeubles anciens mal isolés et en tolérant dans le même temps des déperditions thermiques plus importantes avec ce type de chauffage.



La feuille de route des réglementations thermiques (Courtesy CFP)

La France va-t-elle enfin reconnaître que la réglementation thermique RT 2005, en tolérant trop longtemps une déperdition thermique plus importante dans les logements équipés d'un chauffage électrique par effet Joule, a engendré un gâchis humain et financier et qu'il va falloir assumer maintenant les conséquences de cette fâcheuse orientation ?

Vous avez dit enthalpie ?

Trop ambitieuse pour être appliquée à la rénovation de l'habitat ancien, les 1 400 pages de cette réglementation thermique RT 2012, parues au Journal officiel, risquent de grever le prix de l'habitat neuf et semble trop ambitieuse pour pouvoir être appliquée à l'habitat ancien. Notre pays n'est donc pas sorti du mauvais pas de la rénovation thermique des bâtiments anciens difficiles et onéreux à isoler après coup. Une faculté trop longtemps ignorée de la matière peut heureusement l'aider à produire une énergie thermique bon marché en grosse quantité. Et ceci avec une petite quantité de matière. Il s'agit de la faculté de la matière à générer un transfert thermique lorsqu'elle change d'état, en passant de l'état liquide à l'état gazeux et inversement. Cette faculté liée à ce qu'on appelle la chaleur latente de la matière ou *enthalpie* est illustrée par le tableau ci-dessous dans le cas de l'eau.

	Sans changement d'état	Avec changement d'état
Constante physique	Chaleur spécifique	Chaleur latente de vaporisation
Unités	Joules/kg et °C	Joules/kg
Un exemple : l'eau	4 180 Joules/kg et °C	2 250 000 Joules/kg
Comparaison	À partir des chiffres ci-dessus, on constate qu'il faut 5 fois moins d'énergie pour élever un litre d'eau de 0 à 100 °C (à savoir 418 kJ) que pour évaporer cette eau en la maintenant à la température constante de 100 °C (à savoir 2 250 kJ).	

Sous la surveillance de ses parents, une expérience facile et amusante permet à un enfant de vérifier l'importance relative des chaleurs spécifique et latente de l'eau. Si l'on ne change pas le réglage du gaz sur la table de cuisson, il faut environ 5 fois moins de temps pour porter une petite quantité d'eau de 10 °C à ébullition (100 °C) que pour évaporer cette même quantité d'eau. Une remarque pour éclairer le lecteur, alors que les transferts thermiques dus à la chaleur spécifique s'établissent du fait des variations de température, ceux provoqués par les variations d'enthalpie s'effectuent à température constante. (La température de l'eau n'augmente plus pendant la phase évaporation.)

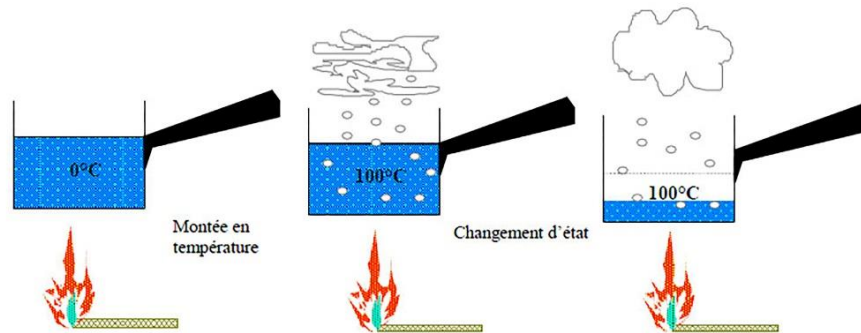


Figure extraite de l'aide-mémoire chauffage de la société Jatech-TM montrant la phase évaporation

L'expérience précédente montre que l'énergie thermique résultant de la chaleur latente de l'eau, lors de la phase d'évaporation et de son passage de l'état gazeux à l'état liquide, est sensiblement 5 fois plus importante que l'énergie résultant de sa chaleur spécifique lors du passage de 10 à 100 °C. Ces transferts d'énergie thermique ne peuvent bien sûr être comparés aux quantités considérables d'énergie thermique pouvant être dissipées par la fission ou la fusion nucléaire de la matière lors de la perte de masse. Cependant, lorsqu'ils sont récupérés lors des phases condensation et évaporation des fluides caloporteurs performants, on constate qu'ils peuvent être assez importants pour assurer le chauffage d'un immeuble voire d'un groupe d'immeuble en raison de l'aspect cyclique de cette transformation. Il y a donc urgence à réaliser que l'énergie thermique contenue dans la matière provenant de ces transformations est une solution particulièrement intéressante pour le chauffage des copropriétés en milieu urbain. Au travers de deux exemples mentionnés dans le dernier chapitre de ce livre, on peut estimer que la plupart des précurseurs qui ont eu récemment le courage pour leur maison individuelle de s'engager dans cette voie trop longtemps négligée pour le chauffage collectif, ont été récompensés. Disons aussi pour être clair, qu'ils faisaient partie de ceux qui ont su intelligemment échapper aux vendeurs de pompes à chaleur à la sauvette. Il est temps de réhabiliter l'énergie thermique et de considérer que cela ne fait pas « vieillot » d'en parler. Comment a-t-on pu ignorer si longtemps qu'elle est à la charnière des chaînes énergétiques les plus courantes ? Au moment où l'homme se sent responsable du réchauffement climatique, le principe même de la pompe à chaleur devrait le rassurer puisqu'elle présente l'intérêt, à l'inverse des chaînes énergétiques habituelles basées sur la combustion, de ne pas réchauffer notre environnement. Cerise sur le gâteau, elle fournit une énergie thermique propre et gratuite puisque prélevée dans son proche environnement qu'elle refroidit même localement pour son plus grand bien en mi saison et en été. Ne fournissant pas plus que le besoin énergétique, les nouveaux modes de régulation des PAC à compresseur avec variation de débit du fluide frigorigène présentent en plus l'avantage de ne pas avoir à stocker trop d'énergie thermique, stockage qui, on l'a vu, pose parfois problème et encombre souvent inutilement les chaufferies.

L'hydraulique industrielle assiste le génie climatique

En se remémorant sa carrière professionnelle l'auteur de ce livre a réalisé combien l'hydraulique était une technique merveilleusement complémentaire au service du génie climatique et du chauffage urbain. Ceci sous réserve que le mot « hydraulique » soit pris ici au sens le plus large et qu'il englobe non seulement une approche différente de l'hydraulique des rivières et de leur sous-sol irrigué par les nappes libres, mais aussi l'hydraulique

industrielle des circuits asservis sous pression ou non. La dépendance de l'hydraulique industrielle aux déperditions thermiques et les contraintes qu'elle entraîne pour l'ingénieur hydraulicien sont comparables aux préoccupations de l'ingénieur en génie climatique préoccupé par les transferts thermiques induits par les variations de la température ambiante. Comparable en effet est le comportement sur le plan thermique d'un réservoir hydraulique et de l'huile qu'il contient avec celui d'un immeuble et sa chaufferie. Quel n'a pas été en effet pour l'auteur l'étonnement de constater que l'étude en régime transitoire de ce dernier système est régie par une fonction de transfert linéaire du premier ordre à coefficients constants identique à celle d'une servopompe alimentant un vérin hydraulique asservi en position et comprimant un ressort ou mesurant l'allongement d'un câble sous l'effort. Ces analogies sont intéressantes pour la raison que l'expérience acquise parfois durement par l'auteur lors d'une carrière professionnelle consacrée exclusivement au service des systèmes asservis électrohydrauliques peut être transposée au bénéfice de la production d'une énergie thermique particulièrement économique, abondante, propre et renouvelable. Le spécialiste en hydraulique industrielle conventionnelle, habitué aux circuits à pression élevée, est au fait de l'étanchéité rigoureuse qui doit être respectée pour éviter toute fuite du fluide caloporteur vers l'extérieur afin de préserver la couche d'ozone. Confronté aux problèmes de niveau sonore de sous-ensembles tournants comme les groupes motopompe ou les aéroréfrigérants, il sait comment casser les vibrations et diminuer leur niveau sonore. Il sait aussi dissocier les circuits hydrauliques en séparant ceux-ci de telle sorte que les flux thermiques utiles soient dissociés lorsque la génération de chaleur assure des fonctions distinctes comme celles du chauffage et de la fourniture de l'eau chaude sanitaire. Il mesure combien il est nécessaire de s'impliquer dans cette réflexion pour adapter les flux thermiques au besoin afin de réduire la consommation en énergie finale. Quelle n'a pas été d'autre part sa surprise de constater combien la méconnaissance de la compensation de pression hydraulique, technique pourtant couramment utilisée en hydraulique industrielle, était jusqu'à présent ignorée par le thermicien du bâtiment qui commence seulement à percevoir l'intérêt de cette technique pour assurer l'équilibrage thermique dans les locaux d'habitation. Ceci alors que cette technique garantit le confort thermique de ses occupants et réduit les frais de main-d'œuvre et d'exploitation. Certes, la thermodynamique moderne est plus complexe que la pompe à fioul, le filtre et le gicleur en série du brûleur d'une chaudière. Il s'agit en effet, il faut le reconnaître, de techniques avancées où le vendeur à la sauvette n'a pas sa place et où de véritables spécialistes ont leur mot à dire dans la conception et le dimensionnement du système.

- **Le frigoriste** est par exemple concerné par le bon fonctionnement de l'évaporateur de la pompe à chaleur. Il sait aussi comment tirer le meilleur parti d'un fluide frigorigène pour assurer la climatisation. En revanche il devrait peut-être être mieux au fait des transferts thermiques qui s'effectuent à la source chaude en assurant le chauffage thermodynamique en contrepartie du refroidissement de l'environnement à la source froide. Il commence toutefois à mieux comprendre comment une pompe à chaleur prélève son énergie dans l'environnement à partir de l'air, du sol, ou de l'eau.
- **L'électronicien** ayant des connaissances en automatisme sait comment dimensionner un correcteur électronique proportionnel ou intégral permettant de supprimer l'erreur statique afin d'assurer une régulation de température stable et performante.
- **L'ingénieur en génie climatique** maîtrise la notion de degré jour unifié *DJU*. Il sait comment remédier aux variations de température imposées par les saisons sans affecter les

performances de la chaufferie. Au moment où l'homme se sent responsable du réchauffement climatique, il a compris l'intérêt de ce type de chauffage qui présente l'avantage de ne plus réchauffer notre environnement.

- **L'architecte** ayant des connaissances de thermicien et de mécanique des sols sait comment concilier l'esthétique d'un bâtiment et les déperditions thermiques dans le bâti de celui-ci.
- **L'hydraulicien** sait comment raccorder des composants hydrauliques dans un circuit pour respecter une fonction lorsque le fluide est à l'état liquide
- **Le pneumaticien** a aussi son mot à dire dans ces systèmes par le fait que le fluide caloporteur de la pompe à chaleur change d'état dans le cycle de fonctionnement en passant de l'état liquide à l'état gazeux avec la nécessité de le comprimer lorsqu'il se trouve être à l'état de gaz.
- Reste la nécessité d'un **bon programmeur** maîtrisant un langage de programmation pour finir peu rapide étant donné la constante de temps thermique très importante du système formé par l'immeuble et sa chaufferie. Afin de s'adapter au besoin thermique variant selon les saisons et les modes de marche, il devra comprendre les algorithmes établis par le thermodynamicien et élaborer la meilleure structure de programme possible afin d'assurer la liaison entre le système d'exploitation de l'ordinateur, les prises d'information et la commande des différents composants constituant la pompe à chaleur.

Bien que chaque spécialiste sache comment appréhender les problèmes spécifiques relevant de son domaine technique et de sa spécialité, une idée commencerait à germer qu'il y aurait un maillon manquant dans les chaînes professionnelles existantes et qu'il pourrait être nécessaire « d'inventer » un nouveau métier afin de fusionner des connaissances qui seraient disparates. Ceci aussi afin de prévenir des erreurs de conception éventuelles. En complément du mot *sociologue*, le mot « *intégrateur* » voire « *polytechnique* » pourraient venir naturellement à l'esprit. Dans la pratique la mauvaise cohabitation actuelle entre parties communes et privatives, entre combustion et enthalpie ainsi que la difficulté qu'il y a à répartir équitablement entre les différentes pièces l'énergie thermique émise par la chaufferie vient probablement d'un manque de coordination entre le politique et le législateur, entre les acteurs internes et externes à la copropriété et aussi de la difficulté que ces acteurs éprouvent à se comprendre les uns les autres. Cette constatation fait que de toute évidence, si ce nouveau métier devait être créé, les mots « *communication* » et « *médiation* » ne pourraient être ignorés plus longtemps. Un bon physicien généraliste, compétent en thermodynamique capable de comprendre les spécialistes, d'intégrer les exigences particulières à chaque technique, et ayant en plus la capacité de communiquer avec les intervenants, pourrait-il être le chaînon manquant en amont afin que s'établisse un minimum de collaboration entre les responsables de techniques par nature complémentaires ? Pourrait-il, en intégrant mieux la façon dont les paramètres associés à ces systèmes interfèrent les uns avec les autres, être celui qui participe à combler plus rapidement la marge trop importante qui sépare les performances théoriques des performances pratiques obtenues actuellement ? Si cela était le cas, il ne faudrait pas attendre plus longtemps pour créer ce nouveau métier. Un travail réalisé en amont avec de véritables spécialistes formés comme ils devraient est absolument nécessaire. L'idée de créer à la va vite des artisans pour les besoins de cette reconnaissance de l'environnement dite RGE afin de décider si l'utilisateur finale peut ou non bénéficier d'une aide a été un échec lamentable. Il aurait fallu, vu la complexité des problèmes à résoudre que ces acteurs dits RGE reçoivent une formation de base sérieuse comme cela

est assuré en Allemagne ce qui est loin d'être le cas en France. Une formation qui soit concentrée vers les systèmes dit « hybrides » vu que la fin du pétrole et du gaz n'est tout de même pas pour demain. Une formation qui prenne en compte que les fonctions à respecter sont parfois complexes. Cela signifiant que les composants constituant le système soient choisis avec soins par les constructeurs dans l'optique du respect de cette fonction. Ceci en respectant au mieux les normes environnementales

- **Le technicien thermicien** est celui situé en fin de chaîne. Il doit lui aussi avoir reçu une formation adéquate mais pour qu'il soit reconnu et apprécié comme spécialiste des installations de chauffage, de production d'énergie et de climatisation, il est essentiel que lui soit remis les documents, les vues éclatés des matériels fournis, les descriptifs de fonctionnement, les notices de mise en route et de réglage sous forme de documents suffisamment clairs et précis. Ceci de telle sorte que ces documents lui permettent de contrôler, de régler et d'assurer la maintenance des équipements chez les clients dans les meilleures conditions et pendant la durée de vie de l'équipement. Ceci sous la forme d'un dossier structuré que l'on pourrait nommer le « dossier des ouvrages exécutés (DOE)

- **L'utilisateur final**, quant à lui, considère qu'il n'a pas eu jusqu'ici suffisamment droit de regard sur les méthodes utilisées pour la production de l'énergie et il estime que ces méthodes ne devraient pas rester un domaine réservé aux initiés. Il regrette cette situation de non-transparence et il considère qu'il est temps de casser cette barrière. Il commence à comprendre à ses dépens que l'énergie est surtout une source de profit pour ceux qui la comprennent. Quant à créer un nouveau métier, il estime que les acteurs déjà en place sont déjà tellement nombreux qu'il est légitimement préoccupé à l'idée d'en rajouter un énième. Il espère, pour donner suite à tout ce brouhaha médiatique au sujet des acteurs reconnus RGE et la difficulté qu'il ressent lors de la décision d'investissement du fait de l'absence de contrat de performance que l'on va enfin lui proposer un système finalisé, performant et fiable. Il ne veut plus payer pour être informé et il redoute les fluctuations brutales des prix du pétrole et les déséquilibres qu'elles provoquent. Il espère que l'on est au bout du tunnel et que la *loi sur la transition énergétique* qui arrive va favoriser les changements de comportement et lui permettre de disposer d'une énergie thermique rendue dans ses pièces de vie moins coûteuse qu'elle ne l'est actuellement. Il commence à percevoir que cela est possible sans modifier trop profondément notre modèle économique.

Quant au **syndic**, il se trouve être un intermédiaire qui vient s'insérer entre le propriétaire et le Maître d'œuvre ce qui complique encore la chaîne de décision par rapport à la maison individuelle. L'idée selon laquelle le personnel reconnu RGE pourrait être ouvert à certains syndicats de copropriétés n'a de sens que si leur formation est comparable à celle assurée sur plusieurs années en Allemagne aux quelques 1000 ingénieurs habilités à établir des contrats de performances. Cela dit une nouvelle politique consistant pour le syndic à embaucher un **ingénieur thermicien** et non pas un *technicien thermicien* tel que nous l'avons décrit précédemment permettrait de placer le syndic en position de Maître d'œuvre plutôt qu'en position de maître d'ouvrage, cette dernière position revenant logiquement au syndicat des copropriétaires (SDC). Une telle réorganisation permettrait probablement de faciliter le déclenchement des travaux ainsi que leur financement puisque rendant possible la mise en place du contrat de performance souhaité par l'utilisateur final.