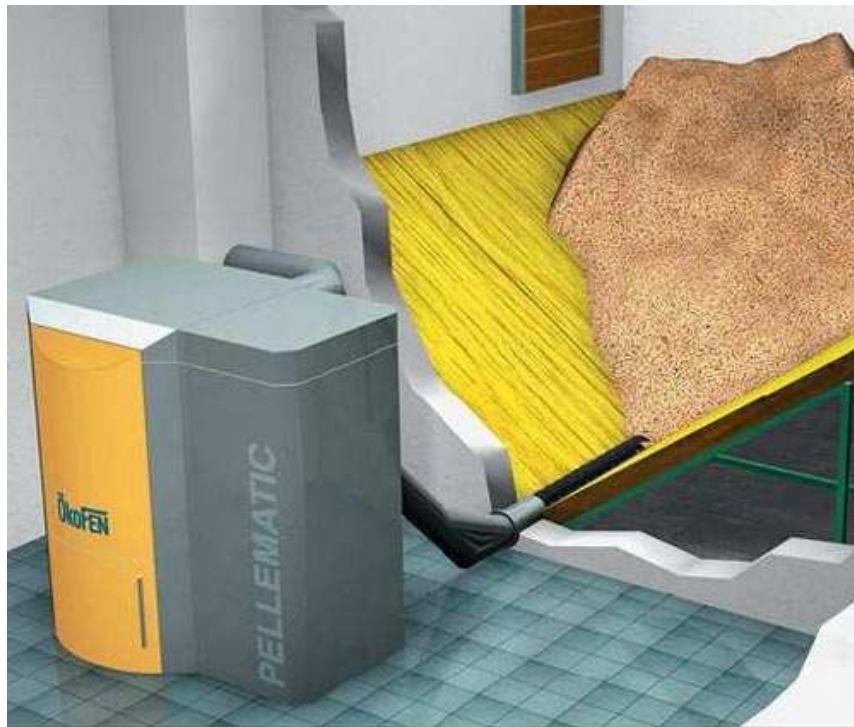




LE CHAUFFAGE



SOMMAIRE

- 1. ANALYSE FONCTIONNELLE**
- 2. NORMALISATION**
- 3. CONCEPTION DU LOT ET COUPES TECHNOLOGIQUES**
- 4. DIMENSIONNEMENT**
- 5. PLANNIFICATION PAR RAPPORT AUX AUTRES LOTS**
- 6. PLAN DE QUALITE**
- 7. PLAN PARTICULIER DE SECURITE ET DE PREVENTION DE LA SANTE**
- 8. MISE EN ŒUVRE**
- 9. PATHOLOGIES DU LOT**
- 10. ECONOMIE DU LOT**
- 11. ENVIRONNEMENT**
- 12. INNOVATION**

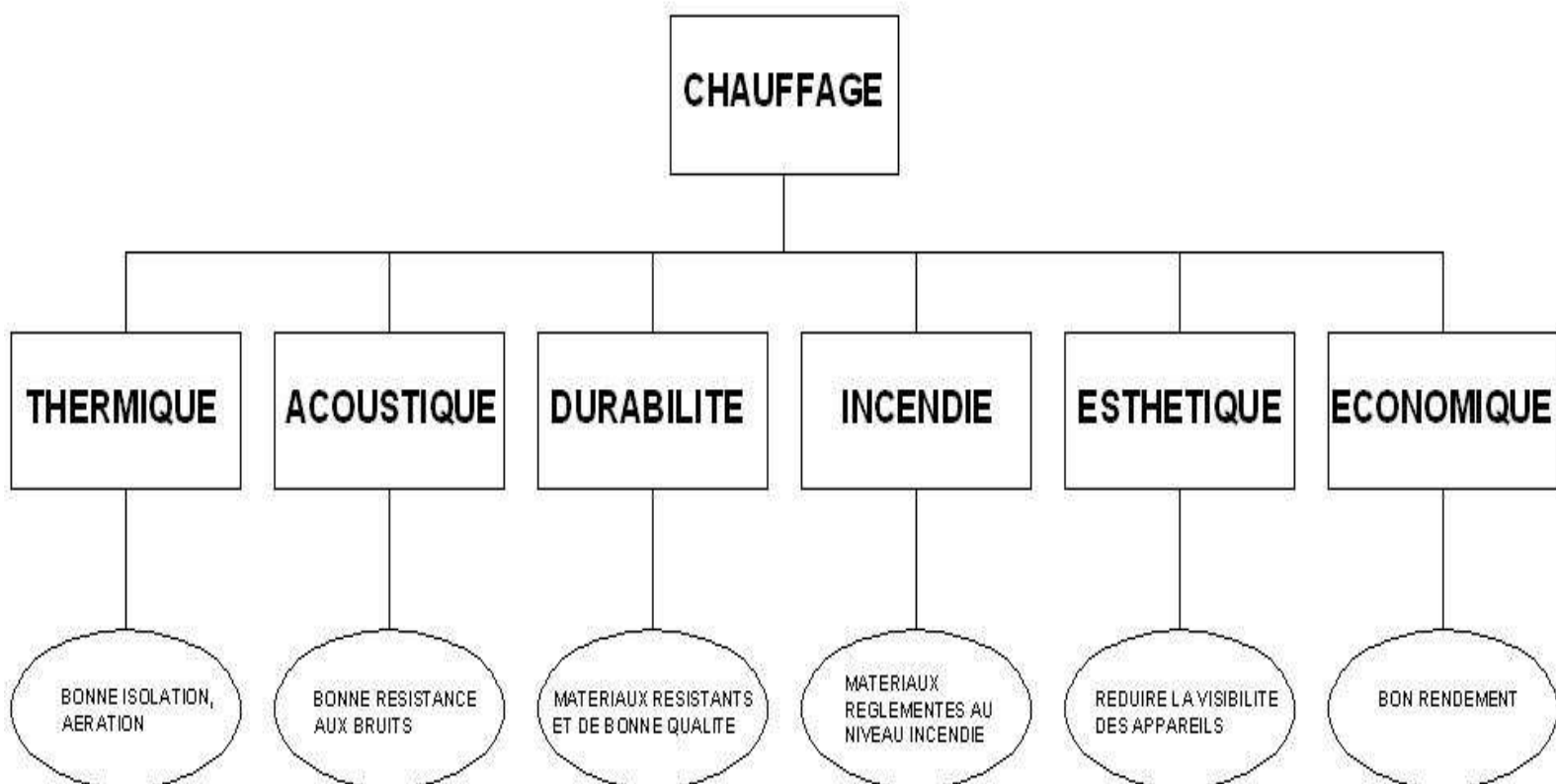
1. ANALYSE FONCTIONNELLE

A/ Schématisation des différentes fonctions du chauffage

Fonction d'usage

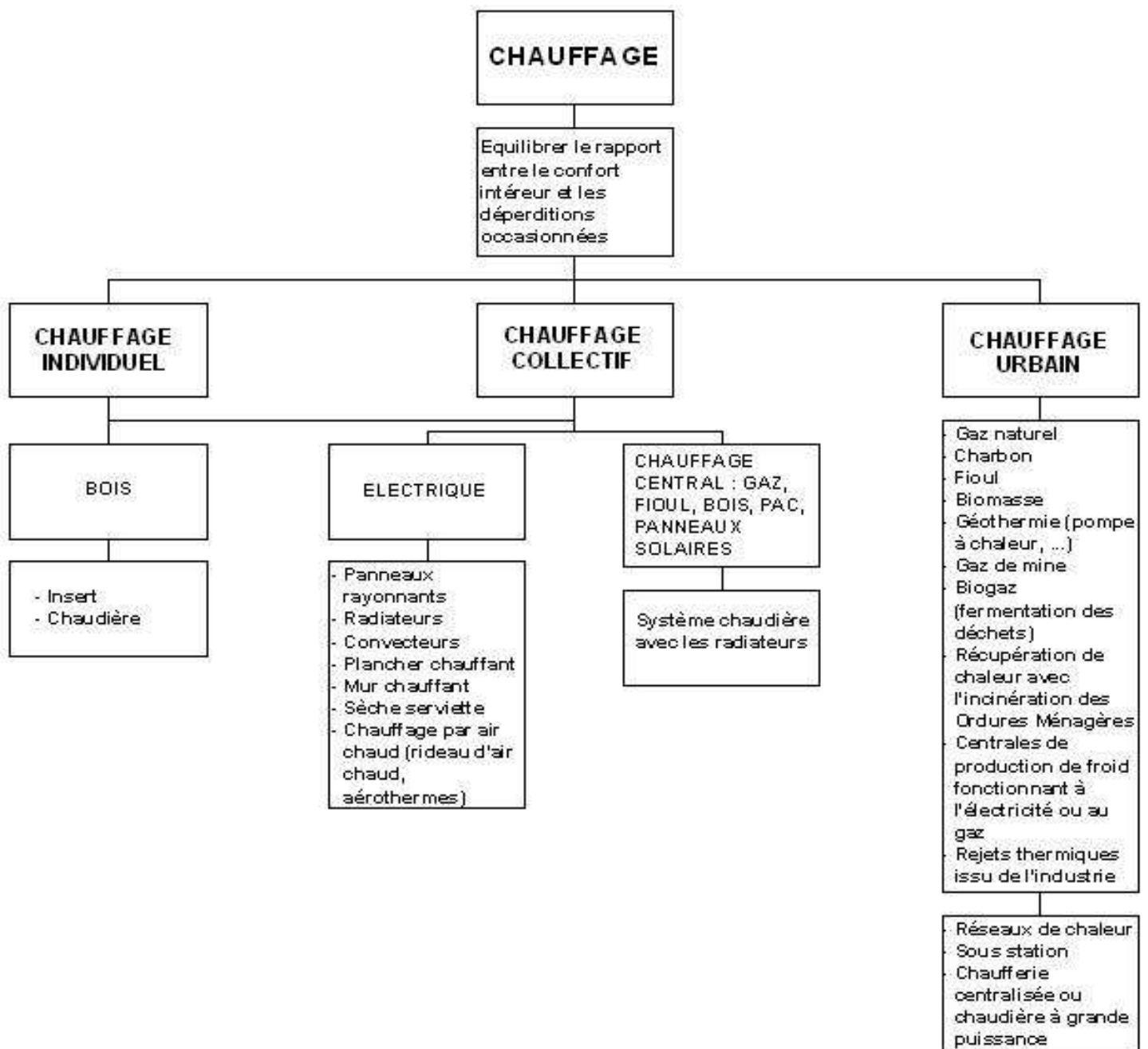
Chauffage : Protéger les personnes et leur assurer un confort intérieur à travers différentes fonctions.

Schéma structurel

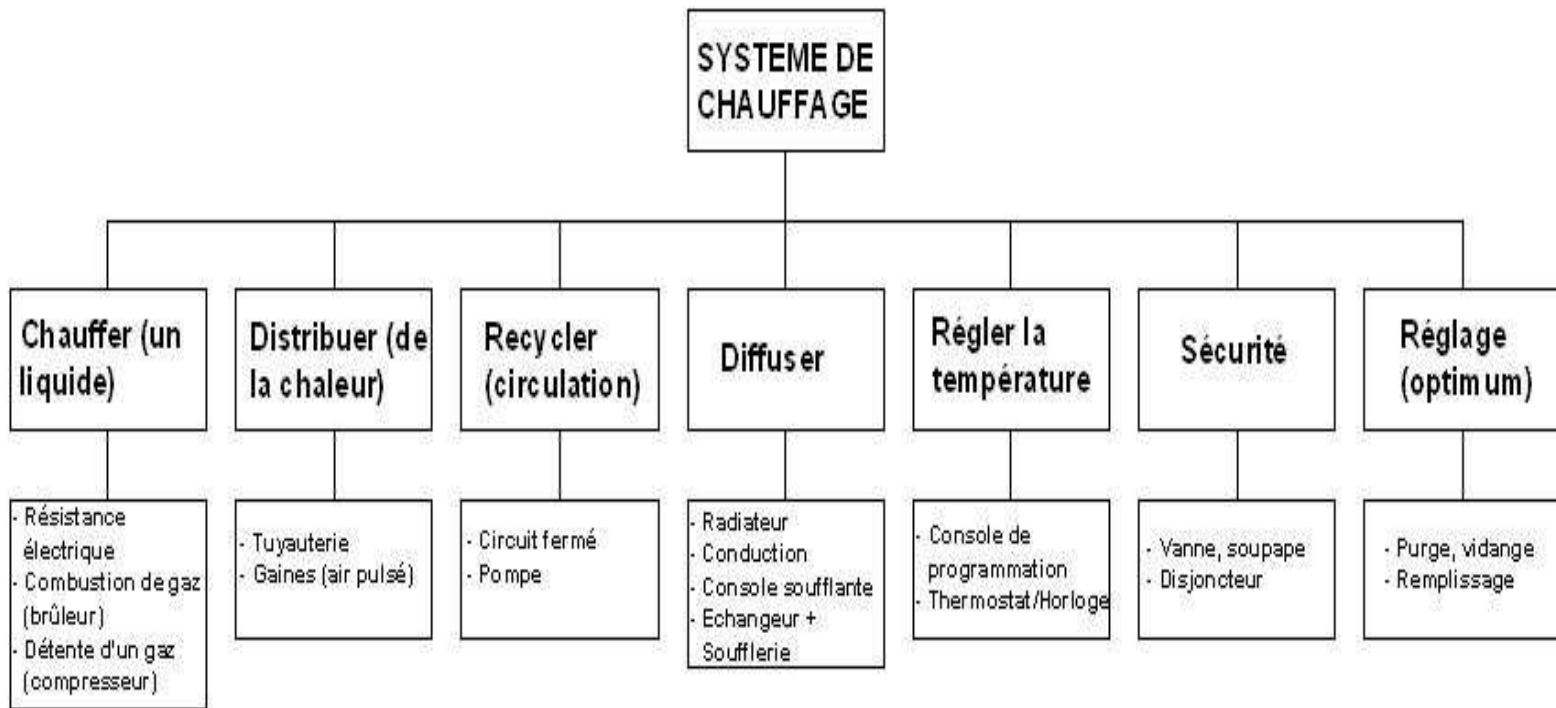


B/ Description des différents chauffages sous forme de schéma

Le chauffage dans une ville, habitation peut être utilisé sous différentes sources et formes. Il permet ainsi d'équilibrer le rapport entre le confort intérieur souhaité et les déperditions occasionnées, et ainsi avoir un confort intérieur convenable.



C/ Description des fonctions d'un système au gaz avec les objets qui permettent de les réaliser



2. NORMALISATIONS, **REGLEMENTATIONS**

A/ DOCUMENTS TECHNIQUES UNIFIES.

Un DTU constitue un cahier des clauses techniques types applicables contractuellement à des marchés de travaux de bâtiment.

1/ NF DTU 61.1 : Installation de gaz dans les locaux d'habitation

La norme nous donne une terminologie et une définition de tous les objets composants une installation au gaz. Elle présente les différents matériels et accessoires, ainsi que les conditions de réalisation des installations avant compteur dans un immeuble collectif, individuel et de l'installation d'un hydrocarbure liquéfié dans une habitation individuel. Il y a une description d'installation de détendeurs régulateurs, de limiteurs de pression. Etude des emplacements des compteurs, des installations intérieures et d'alimentation des mini- chaufferies, des chaufferies, et autres installations divers. Définition des conditions d'alimentation en air et d'évacuation des combustions des appareils à gaz (en fonction du débit calorifique nominal KW). Définition de la position des appareils et des prescriptions d'aménagement de locaux avec gaz. Les essais, la mise en gaz ainsi que la mise en service sont décrits. Il y a les dispositions à prendre pour l'installation des appareils et les possibles aménagements par rapport aux cahiers des clauses spéciales.

2/ NF DTU 65.3 : Installations de sous-stations d'échange à eau chaude sous pression

Il y a une description des aménagements des locaux, des canalisations, des robinets, des pompes, des échangeurs, des pressions et des réservoirs d'eau chaude sanitaire. Le cahier des charges est applicable aux installations de sous stations d'échange à eau chaude sous pression dans des immeubles pour le circuit primaire distribuant de l'eau chaude. La norme définit les travaux à réaliser, de l'étude jusqu'à la pose de l'appareil. Elle présente les différents contrôles et les procédures avant la mise à exécution des travaux.

3/ NF DTU 65.4 : Chaufferie au gaz et aux hydrocarbures liquéfiés

Il y a une terminologie, suivie d'une liste des normes et règles de sécurité pour la mise en place de blocs de détente pour l'alimentation de chaudière de puissance supérieure à 85 KW, qui fonctionne

soit au gaz, soit aux hydrocarbures liquéfiés. Suit une description des exigences relatives à l'emplacement du poste de détente et une description des blocs pour des bâtiments d'habitation et de leurs dépendances.

4/ NF DTU 65.7 : Exécution des planchers chauffants par câbles électriques enrobés dans le béton

Il y a une définition des matériaux, des matériels et une liste de disposition à prendre pour l'alimentation électrique. Description de la mise en œuvre, de la mise en place des éléments du plancher, l'enrobage, et les différentes techniques. Il y a une méthodologie de la mise en service, des vérifications et des essais à suivre avant contrôle et attestation de conformité suivant le type de bâtiment.

5/ NF DTU 65.9 : Installation de transport de chaleur ou de froid et d'eau chaude sanitaire entre production de chaleur ou de froid et bâtiments

Il y a une liste de clause technique à suivre pour l'établissement de réseaux enterrés, en élévation et en galerie technique. Le document décrit les qualités des matériaux pour des réseaux d'alimentation de bâtiment. Suit une méthode de réalisation et d'essais pour la mise en service de canalisation. Il y a une définition de la consistance des travaux, et des documents particuliers au marché, des délais et de la mise en exécution des travaux.

6/ NF DTU 65.10 : Canalisations d'eau chaude ou froide sous pression et canalisations d'évacuation des eaux usées et des eaux pluviales à l'intérieure des bâtiments

Il y a une définition des matériaux et des produits utilisés, suivis d'une description des techniques d'assemblage et de la mise en place des canalisations. Suit une description de travaux spécifiques selon la position des canalisations et une liste des essais à suivre plus une terminologie sur les canalisations. La norme définit la consistance des travaux, et l'entretien des installations.

7/ NF DTU 65.11 : Dispositions de sécurité des installations de chauffage central concernant le bâtiment

Il y a une description des dispositifs de sécurité à suivre pour les installations de chauffage à vapeur basse pression, pour des installations de chauffage à eau basse température en communication avec l'atmosphère mais aussi sans communication avec l'atmosphère et pour l'installations à vapeur haute pression ou à eau chaude haute température de faible volume.

8/ NF DTU 65.12 : Réalisation des installations de capteurs solaires plans à circulation de liquide pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire

Il y a une description technique du matériel à utiliser, et de la mise en œuvre des capteurs indépendamment du support. Suit une présentation des positions possibles en fonction de cas divers. Il y a une méthodologie de l'exécution de l'installation, de la mise en service, d'essai et d'entretien. Il y a une liste de la consistance des travaux et des documents particuliers du marché.

9/ NF DTU 65.14 : Exécution de plancher chauffant à eau chaude

Il y a une description du matériel, des matériaux et une description de la mise en œuvre des éléments chauffants dans les dalles désolidarisées isolées. Il y a une liste des équipements de chauffage, des dispositions particulières, suivant les revêtements possibles, et une terminologie technique, plus une liste des normes des composants à utiliser. Il y a une description des dispositifs de sécurité, suivie d'une méthodologie d'exécution du plancher chauffant ainsi que leur vérification et essai.

10/ NF DTU 24.1 : Travaux de fumisterie – Système d'évacuation des produits de combustion desservant un ou plusieurs appareils

La norme Définit des termes techniques des systèmes d'évacuation des fumées et des matériaux utilisés. Suit une liste des dispositions communes à tous les conduits de fumées, suivie des spécificités des conduits extérieurs et intérieurs plus une description technique des conduits en béton, métallique, en terre cuite et briques.

Il y a une présentation technique des carneaux, de raccords divers, de chemisage et de tubage.

Il y a une description du mode opératoire pour les essais et la réception plus une méthodologie de la conception des installations d'évacuation de fumée. La norme présente des raccords possibles avec différents appareils de chauffage.

11/ NF DTU 24.2 : Travaux d'âtre

Il y a une définition des termes spécifiques, suivie d'une méthodologie de dimensionnement et de mise en œuvre des appareils à insert et à foyer ouvert.

Cette liste de normes applicables au bâtiment n'est pas exhaustive.

Et il ne faut surtout pas négliger les exemples de solutions pour l'obtention du label haute performance énergétique en maison individuelle, et les exemples pour leur respect du règlement technique applicable aux immeubles collectifs.

12/ NF DTU 45.1 : Isolation thermique des bâtiments frigorifiques et des locaux à ambiance régulée

Dans ce DTU, on nous parle principalement de la mise en œuvre et des conditions qu'il faut avoir pour pouvoir faire la mise en œuvre. On nous présente également les différentes exigences d'application de l'ouvrage ainsi que les matériaux, produits et procédés. Enfin, ce DTU nous évoque les différents contrôles et conditions de mise en services à respecter

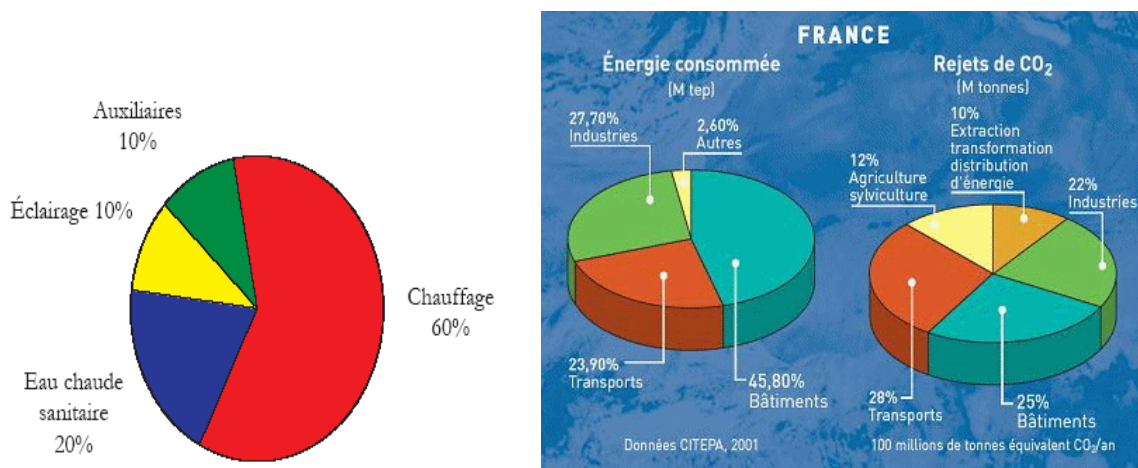
Cette liste de normes applicables au bâtiment n'est pas exhaustive.

Et il ne faut surtout pas négliger les exemples de solutions pour l'obtention du label haute performance énergétique en maison individuelle, et les exemples pour leur respect du règlement technique applicable aux immeubles collectifs.

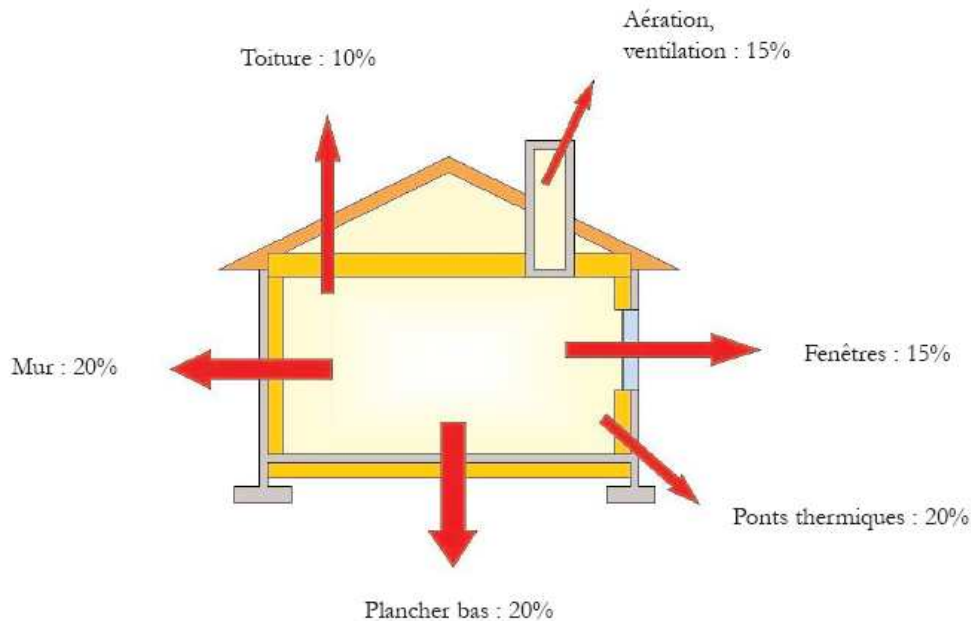
B/ REGLEMENTATION THERMIQUE.

Contrairement aux DTU qui sont des normes concernant les modalités de mise en œuvre, les réglementations thermiques concernent les modalités à respecter lors de la phase de conception.

En 1974, la première réglementation thermique est mise en place pour les logements neufs, puis e 1976, cette réglementation s'est étendue au secteur non résidentiel. En 1988, il y a un premier renforcement de la réglementation thermique appelé RT 1988. Ensuite, il y a la RT 2000 qui vient renforcer cette dernière réglementation et introduire une exigence concernant le confort d'été, puis vient la dernière réglementation thermique en date qui est la RT 2005.



Répartition moyenne des déperditions dans une maison individuelle neuve



1/RT 2000.

Cette réglementation thermique correspond notamment à la mise en application des engagements de la France au niveau international (Accords de Rio et de Kyoto). Elle était obligatoire pour tous les permis de construire déposés à partir du 2 juin 2001 pour tous les bâtiments neufs résidentiels et tertiaires. Elle avait pour but la réduction des consommations d'énergie de 20% dans les bâtiments neufs résidentiels et de 40% dans les bâtiments neufs tertiaires, et la limitation de l'inconfort d'été dans les locaux non climatisés. Pour satisfaire à cette réglementation le bâtiment devait répondre à trois exigences fondamentales en termes d'économie d'énergie, de confort d'été et de performances minimales des composants.

Cette réglementation peut se résumer par un calcul de trois facteurs :

- Le calcul de coefficient des déperditions thermiques surfaciques et linéiques pour des bâtiments $U_{\text{bât}}$ et $U_{\text{bât-réf}}$.

$U_{\text{bât}}$ est le coefficient moyen de déperdition par transmission à travers les parois déperditives séparant le volume chauffé du bâtiment, de l'extérieur, du sol et des locaux non chauffés. Il s'exprime en $W/(m^2.K)$.

$U_{\text{bât-réf}}$ est un coefficient de référence pour $U_{\text{bât}}$ appelé coefficient moyen de référence de déperdition par les parois du bâtiment. Il permet de situer la déperdition par transmission à travers l'enveloppe par rapport à une valeur de référence calculée en fonction de caractéristiques thermiques de référence des composants d'enveloppe.

- Le calcul de la consommation d'énergie des bâtiments avec les coefficients C et $C_{\text{réf}}$.

Le coefficient C est calculé en utilisant les caractéristiques réelles du bâtiment et de ses équipements.

Le coefficient $C_{réf}$ est calculé en utilisant les caractéristiques de référence du bâtiment et de ses équipements.

La consommation d'énergie devra être inférieure à celle d'un bâtiment ayant des caractéristiques thermiques de référence (isolation, système de chauffage, de ventilation, d'eau chaude sanitaire, éclairage, ...), soit $C \leq C_{réf}$.

- Le calcul de la température intérieure en été, dans les bâtiments avec les coefficients T_{ic} et $T_{ic-réf}$.

Le calcul de l'évolution des températures intérieures d'un bâtiment ou d'une zone est mené sur la journée chaude de référence et corrigé par un effet séquentiel. La température opérative moyenne d'un bâtiment ou de la zone est déterminée à partir de la température de l'air et de la température radiante moyenne calculée en régime dynamique. La valeur de T_{ic} en °C est arrondie à la valeur la plus proche de 0.1°C .

En été, la température intérieure devra être inférieure à celle d'un bâtiment ayant des caractéristiques thermiques de référence (protections solaires, possibilité d'ouverture des fenêtres, ...), soit $T_{ic} \leq T_{ic-réf}$.

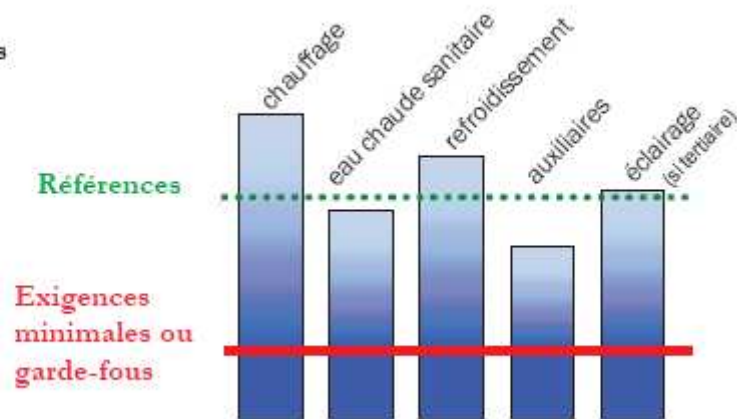
2/ RT 2005.

La réglementation thermique 2005 s'applique aux bâtiments neufs résidentiels et tertiaires (à l'exception de ceux dont la température normale d'utilisation est inférieure ou égale à 12°C, des constructions provisoires (d'une durée d'utilisation inférieure à deux ans), des bâtiments d'élevage ainsi que des bâtiments chauffés ou climatisés en raison de contraintes liées à leur usage). Elle concerne les projets dont le dépôt de la demande de permis de construire est postérieur au 1^{er} septembre 2006 et est définie par les articles L.111-9, R.111-6 et R.11-20 du code de la construction et de l'habitation et leurs arrêtés d'application.

La RT 2005 s'inscrit dans la continuité de la RT 2000. Les bâtiments qui seront construits devront respecter trois conditions :

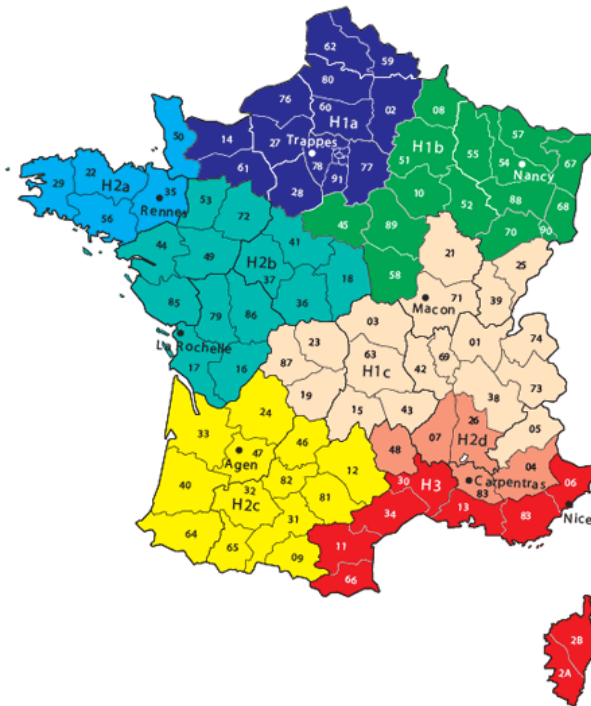
- L'économie d'énergie (la consommation globale de l'énergie du bâtiment pour les postes de chauffage, eau chaude sanitaire, refroidissement, auxiliaires, ainsi que d'éclairage dans le cas d'un bâtiment tertiaire, doit être inférieure à la consommation de référence de ce bâtiment).
- Le confort d'été (la température intérieure conventionnelle atteinte en été doit être inférieure à la température de référence).
- Les « garde-fous » (des performances minimales sont requises pour une série de composants (isolation, ventilation, système de chauffage). Introduite par la RT 2000, ces performances minimales ont été renforcées par la RT 2005, notamment au niveau des déperditions par les ponts thermiques).

Principe de compensation entre les postes de déperdition



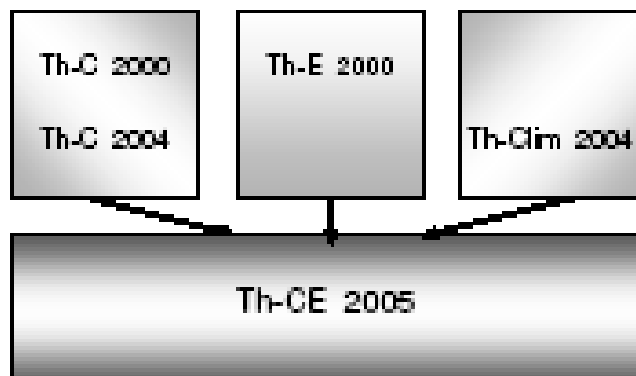
Les nouveautés de la réglementation RT 2005 sont réparties selon cinq points :

- Une meilleure lisibilité de la performance énergétique en affichant les consommations d'énergie par mètre carré de surface.
- La prise en compte et la valorisation de la conception bioclimatique pour diminuer les besoins en chauffage et de refroidissement et pour assurer un meilleur confort d'été.
- Un garde-fou sur la consommation en résidentiel est introduit, pour les logements, une limite de consommation maximale (par mètre carré de surface) pour les consommations de chauffage, de refroidissement et de production d'eau chaude sanitaire. Cette limitation est déclinée par des zones climatiques et par énergies de chauffage.
- Une incitation au recours aux énergies renouvelables, ainsi la référence des chaudières bois est calée aux bonnes pratiques du marché et, pour certains bâtiments résidentiels, une part de production d'eau chaude sanitaire solaire est introduite en référence.
- La limitation du recours à la climatisation. Pour ce qui est des consommations de refroidissement, elles sont intégrées dans les méthodes de calcul, sauf cas particuliers où la climatisation est absolument indispensable (zones de bruit, établissements sanitaires...), un bâtiment climatisé n'aura pas le droit de consommer plus qu'un bâtiment identique non climatisé.



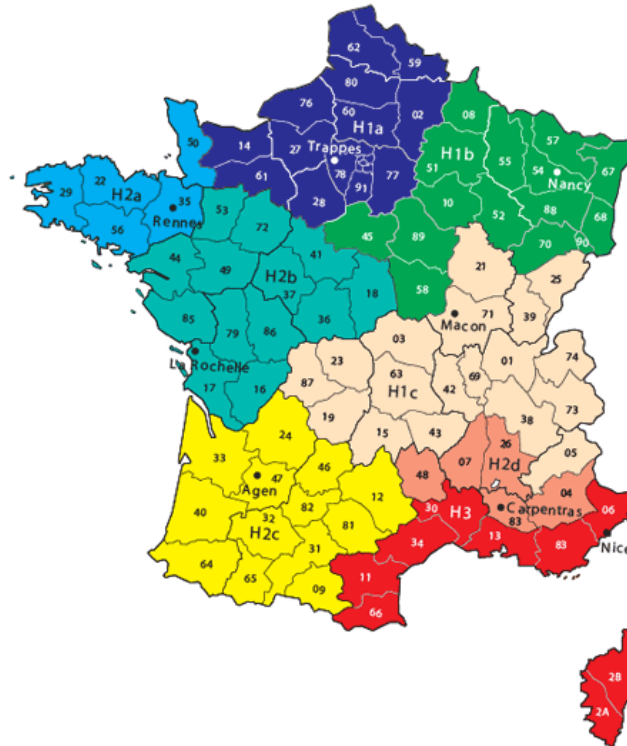
Le concepteur doit travailler en amont de la conception de son bâtiment, le surcoût d'un bâtiment construit selon la RT 2005 par rapport à un bâtiment construit selon la RT 2000 sera vraiment réduit : il sera en moyen de l'ordre de 2%, pourcentage qu'il faut comparer aux économies d'énergie qui seront d'au moins 15% par rapport à un bâtiment construit selon la RT 2000. Le concepteur devra notamment porter une attention particulière à la compacité de l'enveloppe, à l'implantation et à l'orientation du bâtiment, à l'orientation et à la surface des baies vitrées, au choix des matériaux, ainsi qu'à certains dispositifs constructifs.

Dans la RT2005, les calculs qui étaient avant divisés en trois méthodes de calcul sont maintenant réunis dans une seule méthode de calcul, comme le montre le schéma ci-dessous :



a/ Zones climatiques.

Dans la réglementation thermique RT 2005, la France est divisée en huit zones :



b/ Calcul de $U_{\text{bât}}$ et $U_{\text{bât-réf}}$.

Le coefficient $U_{\text{bât}}$ est le coefficient moyen de déperdition par transmission à travers les parois déperditives séparant le volume chauffé du bâtiment, de l'extérieur, du sol et des locaux non-chauffés. Il s'exprime en $W/(m^2.K)$.

Formule :

$$U_{\text{bât}} = \frac{\sum_i A_i U_i (b_i) + \sum_j I_j \Psi_j (b_j) + \sum_k X_k (b_k)}{\sum A_i}$$

Où :

A_i est l'aire intérieure de la paroi déperditive i du bâtiment, en m^2 .

U_i est le coefficient de transmission thermique de la paroi déperditive i du bâtiment, en $W/(m^2.K)$:

U_e pour les parois opaques en contact avec le sol ou donnant sur un vide sanitaire, ou sur un sous-sol non-chauffé.

U_p pour les autres parois opaques.

U_w pour les fenêtres, les portes et les portes-fenêtres non équipées de fermetures.

U_{j_n} pour les fenêtres, les portes et les portes-fenêtres équipées de fermetures.

U_c pour les coffres de volets roulant.

$U_{cw,tot}$ pour les façades rideaux.

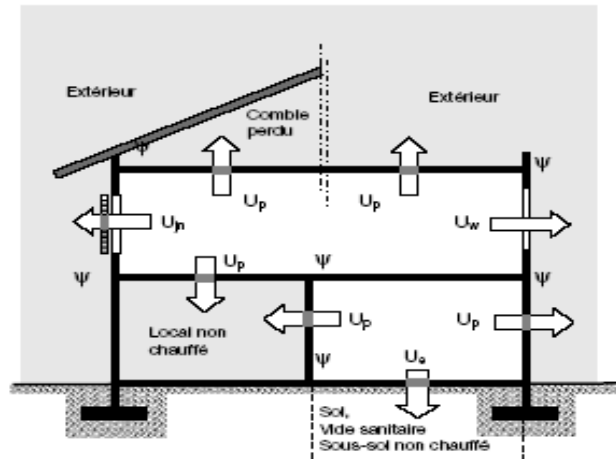
$U_{bb,jn}$ pour les blocs-baies.

b est un coefficient de réduction des déperditions, respectivement à travers les composants i, j et k .

l_j est linéaire du pont thermique de la liaison j , en m.

Ψ_j est le coefficient de transmission thermique linéique du pont thermique de la liaison j , en $W/(m.K)$.

κ_k est le coefficient de transmission thermique ponctuel du pont thermique tridimensionnel k , en W/K .



Le coefficient $U_{bât-réf}$ est le coefficient moyen de référence de déperdition par les parois du bâtiment, il s'exprime en $W/(m^2.K)$.

Formule :

$$U_{bât-réf} = \frac{a_1.A_1 + a_2.A_2 + a_3.A_3 + a_4.A_4 + a_5.A_5 + a_6.A_6 + a_7.A_7 + a_8.L_8 + a_9.L_9 + a_{10}.L_{10}}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7}$$

Où :

Les coefficients a_1 à a_{10} dépendent de la zone climatique du lieu de construction du bâtiment, on distingue entre la zone H_3 (altitude inférieure ou égale à 800 m) d'une part et les zones H_1 et H_2 et H_3 (altitude supérieure à 800 m) d'autre part.

Les coefficients a (a_1 à a_7 en $W/(m^2.K)$ et a_8 à a_{10} en $W/(m.K)$) sont donnés dans le tableau suivant :

Coefficient a_i	Zones H_1, H_2 et $H_3 > 800m$	Zone $H_3 \leq 800m$
a_1	0,36	0,40
a_2	0,20	0,25
a_3	0,27	0,27
a_4	0,27	0,36
a_5	1,50	1,50
a_6	2,10	2,30
a_7	1,80	2,10
a_8	0,40	0,40
a_9	0,55 pour les maisons individuelles 0,60 pour les autres bâtiments	0,55 pour les maisons individuelles 0,60 pour les autres bâtiments
a_{10}	0,50 pour les maisons individuelles 0,60 pour les autres bâtiments	0,50 pour les maisons individuelles 0,60 pour les autres bâtiments
<p>- Pour les bâtiments d'habitation, la valeur de a_1 correspond à des baies avec fermeture. - Pour les vitrines et portes d'entrée servant à l'accès du public dans les bâtiments à usage autre que d'habitation, les lanternes, les exutoires de fumée et les ouvrants-pompiers, le coefficient a_6 est pris égal à 5,8 $W/(m.K)$. - Pour les bâtiments autres que les maisons individuelles, et jusqu'au 31 décembre 2007 les coefficients a_9 et a_{10} sont pris égaux à 0,7.</p>		

Les surfaces A_1 à A_7 sont les surfaces inférieures des parois et les linéaires L_8 à L_{10} sont déterminés à partir des dimensions intérieures des locaux.

A_1 : surface des parois verticales opaques, y compris les parois verticales des combles aménagés et les surfaces projetées des coffres de volets roulants non intégrés dans la baie, à l'exception des surfaces opaques prises en compte dans A_5 , A_6 et A_7 .

A_2 : surface des planchers hauts et toitures autres que ceux pris en compte en A_3 (cette famille regroupe entre autres les planchers légers sous combles perdus et les rampants des combles aménagés).

A_3 : surface des planchers hauts donnant sur l'extérieur en béton ou en maçonnerie pour tout bâtiment, et surface des planchers hauts à base de tôles métalliques nervurées des bâtiments non résidentiels.

A_4 : surface des planchers bas.

A_5 : surface des portes, exception faite des portes entièrement vitrées.

A_6 : surface des fenêtres, des portes entièrement vitrées, des portes-fenêtres et des parois transparentes et translucides des bâtiments non résidentiels.

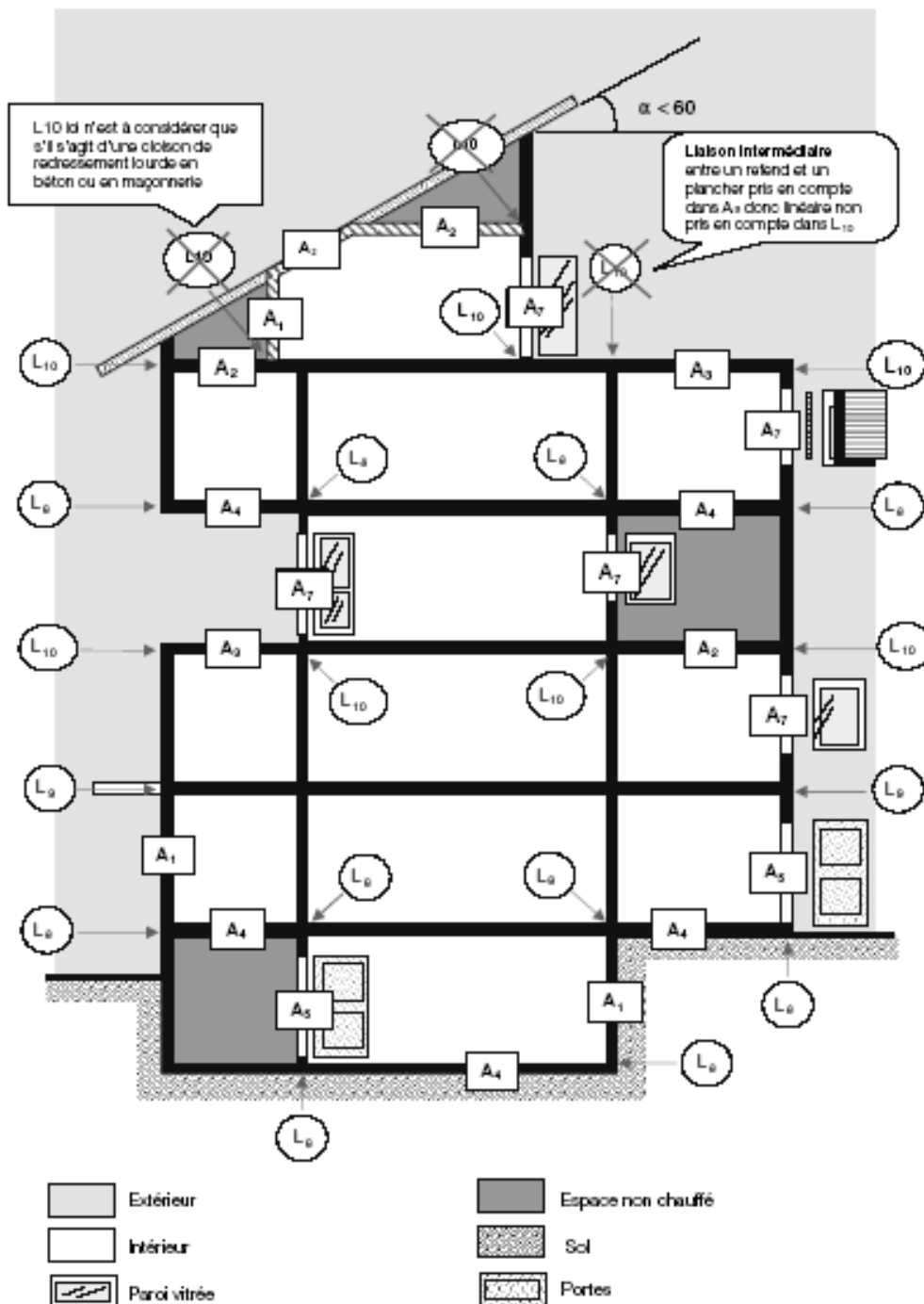
A_7 : surface des fenêtres, des portes entièrement vitrées, des portes-fenêtres ou des parois transparentes et translucides des bâtiments résidentiels.

L_8 : linéaire de la liaison périphérique des planchers bas avec un mur.

L_9 : linéaire de la liaison périphérique des planchers intermédiaires ou sous comble aménageable avec un mur.

L_{10} : linéaire de la liaison périphérique avec un mur des planchers hauts en béton, en maçonnerie ou à base de tôles métalliques nervurées.

Voici un schéma représentant les surfaces de A_1 à A_7 et les linéaires L_8 à L_{10} :



Le coefficient $U_{\text{bât}}$ ne peut excéder le coefficient maximal de déperdition de base :

- Maisons individuelles : $U_{\text{bât-max}} = U_{\text{bât-base}} \times 1,20$
- Autres bâtiments d'habitation : $U_{\text{bât-max}} = U_{\text{bât-base}} \times 1,25$
- Autres bâtiments : $U_{\text{bât-max}} = U_{\text{bât-base}} \times 1,5$

Le coefficient $U_{\text{bât-max}}$ est calculé comme le coefficient $U_{\text{bât-réf}}$ mais avec la surface des baies du projet comme donnée d'entrée quelle que soit la valeur de cette surface.

c/ Calcul de Cep et Cep-réf.

Cep est la consommation conventionnelle d'énergie d'un bâtiment pour le chauffage, la ventilation, la climatisation, la production d'eau chaude sanitaire et l'éclairage des locaux. Elle s'exprime en énergie primaire, soit en kWh/m².an (m² de surface hors œuvre nette).

Formule :

$$Cep = C_{ch} \cdot Cep_{ch} + C_{fr} \cdot Cep_{fr} + C_{ecl} \cdot Cep_{ecl} + C_{ecs} \cdot Cep_{ecs} + C_{vent} \cdot Cep_{vent} + C_{aux} \cdot Cep_{aux} - E_{pv} \cdot Cep_{pv}$$

Où :

C_{ch} : est la consommation conventionnelle d'énergie du bâtiment correspondant au chauffage hors auxiliaires et ventilateurs, en kWh/m².

C_{fr} : est la consommation conventionnelle d'énergie du bâtiment correspondant au refroidissement hors auxiliaires et ventilateurs, en kWh/m².

C_{ecl} : est la consommation conventionnelle d'énergie du bâtiment correspondant à l'éclairage, en kWh/m².

C_{ecs} : est la consommation conventionnelle d'énergie du bâtiment correspondant à l'eau chaude sanitaire hors auxiliaires et ventilateurs, en kWh/m².

C_{vent} : est la consommation conventionnelle d'énergie du bâtiment correspondant aux ventilateurs, en kWh/m².

C_{aux} : est la consommation conventionnelle d'énergie du bâtiment correspondant aux autres auxiliaires de distribution et génération, en kWh/m².

E_{pv} : représente la fourniture d'énergie photovoltaïque, en kWh/m².

Cep_{ch}, Cep_{fr}, Cep_{ecl}, Cep_{ecs}, Cep_{vent}, Cep_{aux}, Cep_{pv} sont les coefficients de transformation en énergie primaire correspondant respectivement au chauffage, au refroidissement, à l'éclairage, à l'eau chaude sanitaire, aux ventilateurs, aux auxiliaires de distribution et génération et au photovoltaïque.

Les coefficients de transformation en énergie primaire sont donnés dans le tableau suivant :

Énergie	Cep
Électricité et photovoltaïque	2,58
Bois	1
Réseau	1
Autres énergies	1

Cep-réf est le coefficient Cep de référence du bâtiment, déterminé sur la base des caractéristiques de référence pour l'isolation thermique, les apports solaires, la perméabilité de l'air, la ventilation, le chauffage, l'eau chaude sanitaire, l'éclairage des locaux, correspondant au « droit à consommer ».

$$Cep \leq Cep\text{-réf}$$

Cep-max : il existe une exigence minimale(ou « garde-fou ») pour le coefficient Cep ; à vérifier si Cep est bien inférieur à Cep-max variables selon l'énergie de chauffage (électricité ou combustibles) et la zone climatique.

$$\text{Cep (chauffage + refroidissement + eau chaude sanitaire)} \leq \text{Cep-max}$$

Voici le tableau des valeurs de Cep-max :

TYPE DE CHAUFFAGE	ZONE climatique	Cep _{max} en kWh énergie primaire/m²/an
Combustibles fossiles.	H1	130
	H2	110
	H3	80
Chauffage électrique (y compris les pompes à chaleur).	H1	250
	H2	190
	H3	130

d/ Calcul de T_{ic} et T_{ic-réf.}

T_{ic} est la température intérieure conventionnelle atteinte en été, est la valeur maximale horaire en période d'occupation. Elle est calculée en adoptant des données climatiques conventionnelles pour chaque zone climatique.

T_{ic-réf} est la température intérieure conventionnelle de référence atteinte en été dans un bâtiment de référence.

$$T_{ic} \leq T_{ic-réf}$$

3/ RT 2010.

La réglementation RT 2010, c'est la réglementation thermique en préparation et en continuité de la RT 2005. Sans pouvoir présumer des résultats, elle sera encore plus draconienne en termes de performance énergétique du bâtiment et de réduction de gaz à effet de serre.

3. CONCEPTION ET COUPES

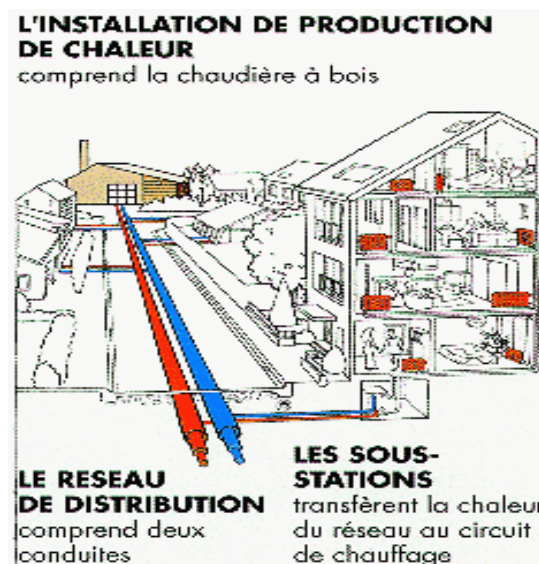
TECHNOLOGIQUES

Chauffage urbain

Le chauffage urbain ou réseau de chaleur n'existe pas partout en France. C'est un équipement collectif qui consiste à produire et distribuer de l'eau chaude ou de la vapeur d'eau à travers des réseaux de distribution.

Un réseau de chaleur fonctionne en circuit fermé : il y a un réseau qui distribue le fluide aux utilisateurs et un autre qui renvoie le fluide à sa source.

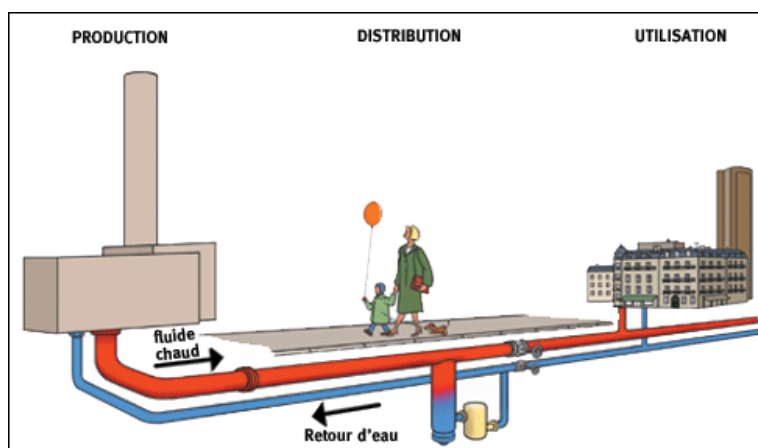
Un réseau de chaleur est composé de trois étapes : la production, la distribution et les postes de livraison.



Production de la chaleur

La chaleur est produite dans de grosses centrales de production où plusieurs sources de combustibles tels que le fioul lourd, le charbon, le gaz, le bois, la géothermie ou encore les ordures ménagères peuvent être utilisés.

Les centrales

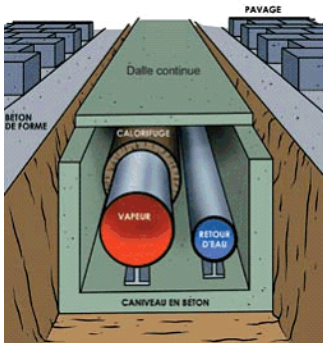


produisent de la vapeur d'eau ou de l'eau chaude. La vapeur est diffusée à une température de plus de 200°C, tandis que l'eau chaude varie entre 90°C et 160°C à l'aller et entre 70°C et 100°C au retour. Ces canalisations font l'objet d'une isolation permettant de limiter à quelques degrés la perte de température entre le point de départ et le point de livraison le plus éloigné. Les canalisations sont en acier et elles sont entourées par du polyuréthane expansé ou polyéthylène pour l'isolation thermique.

La production de chaleur est assurée par des installations thermiques comprenant :

- Les unités de stockage des combustibles
- Les fours et les chaudières
- Les dispositifs de traitement et la cheminée d'évacuation des rejets gazeux.
- Les unités de production d'eau (deminéralisation et adoucissement) et électricité.

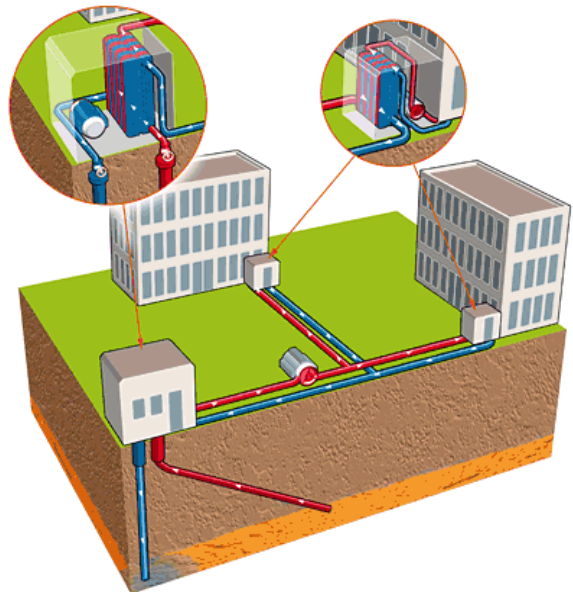
Distribution de la chaleur



La distribution de la chaleur s'effectue à l'intérieur de deux canalisations qui sont différentes car une contient le fluide qui va être envoyé chez les différents utilisateurs et l'autre pour le retour. Cette distribution se fait en souterrain en passant principalement sous les voiries ou les trottoirs.

Postes de livraison

Les postes de livraisons sont principalement des sous stations qui sont placés dans les sous-sols des habitations. La chaleur est principalement utilisée pour le chauffage mais aussi pour l'eau chaude sanitaire. Ces sous-stations permettent de transmettre cette chaleur dans les différents appartements de l'immeuble contenant la sous-station. Les sous-stations sont des locaux techniques qui abritent les équipements qui assurent le transfert de la chaleur du réseau de chauffage urbain au circuit de chauffage (et éventuellement d'eau chaude sanitaire) de l'immeuble. Des sous-stations peuvent aussi servir de relais pour des groupes d'immeubles.



Les avantages

Les principaux atouts du chauffage urbain sont :

- La maîtrise des coûts énergétiques
- Le développement multi-énergétique
- La suppression des rejets atmosphériques anarchiques
- La préservation de l'environnement sur le plan esthétique.

Chauffage central

Le **chauffage central** est un procédé de chauffage dans lequel la chaleur est transportée par des canalisations contenant un fluide (de l'eau, de la vapeur) qu'on appelle « caloporteur », depuis la chaudière ou une sous-station de chauffage urbain jusqu'aux pièces à chauffer. Il peut se retrouver sous différentes formes :

- Le **chauffage collectif** concerne une ou plusieurs chaudières produisant de la chaleur pour l'ensemble des logements d'un ou plusieurs immeubles, et parfois même pour un quartier entier dans le cas d'un chauffage urbain.
- Le **chauffage individuel**, c'est chaque logement qui possède son propre procédé de chauffage, soit par des convecteurs électriques, des radiateurs à gaz, des poêles à fioul, à bois ou à charbon, soit par une chaudière individuelle (chauffage central, en général au gaz).
- Le **Chauffage Individuel Centralisé (CIC)** est un système dans lequel la production de chaleur est collective, mais l'alimentation de chaque logement est assurée par un circuit individuel. Celui-ci est équipé d'un « module thermique » qui alimente l'appartement en chauffage selon la demande et d'un compteur qui enregistre les consommations.

Coupe technologique du chauffage dans un immeuble de plusieurs étages.

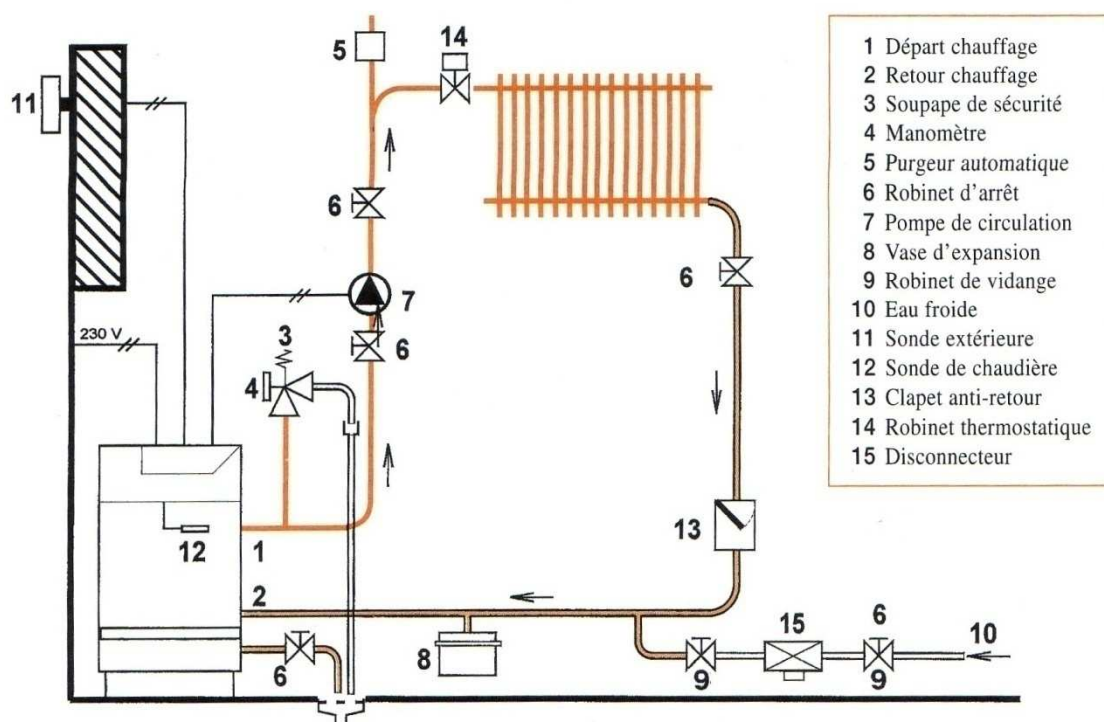


Figure 16.1 : schéma d'ensemble d'une installation pour chauffage central

Il existe plusieurs sortes de production de chaleur en chauffage central :

- **Chaudières** (il s'agit du générateur central qui produit la chaleur par transformation d'énergie grâce à un brûleur dans le cas du gaz ou fioul). Les **chaudières** peuvent fonctionner avec différents matériaux (gaz, fioul, bois (bûches, bûchettes, sciures, granulés, etc...)).

Les différents types de chaudières :

- Les **chaudières murales mixtes (ou double) à gaz** assurent les fonctions de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire instantanée sans ballon, ou avec ballon constituant une réserve pour soutirer immédiatement des débits plus importants. Elles comportent deux échangeurs, l'un pour le chauffage, l'autre pour l'eau chaude. Au moment de la demande d'eau chaude, toute la puissance est dirigée vers l'échangeur ECS.

- Les **chaudières simples service + ballon échangeur**

Le système est constitué d'une chaudière classique pour chauffage seul, reliée par un dispositif d'inversion à un ballon muni d'un échangeur. Lors d'une demande en ECS par le thermostat du ballon, le débit d'eau de chauffage dispensé par la chaudière est dirigé vers l'échangeur du ballon pour assurer le chauffage de l'eau.

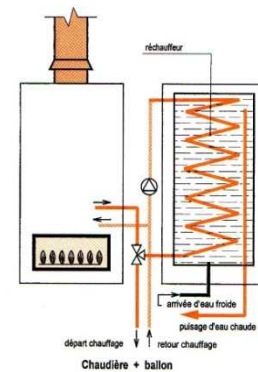
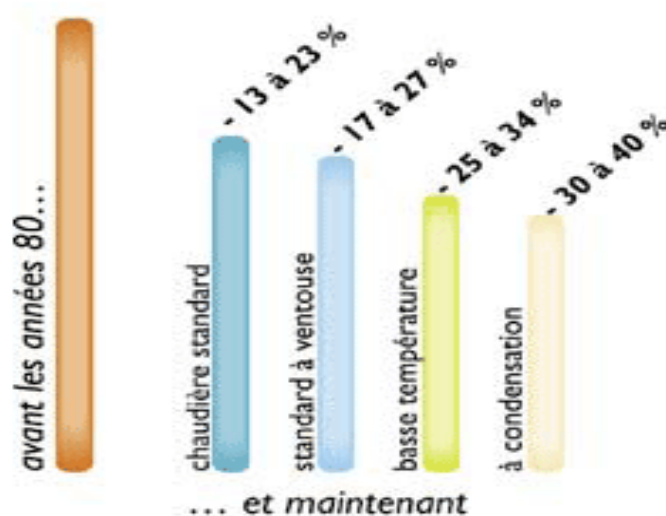


Figure 16.48 : chauffage et ECS accumulée

- Les **chaudières à ventouses** sont dites à circuit étanche qui prélève directement à l'extérieur du logement l'air nécessaire à son fonctionnement ; elles sont munies d'un ventilateur extracteur, qui extrait les gaz brûlés et les rejette à l'extérieur. Ce procédé réduit de 4 à 5% les consommations.
 - Un orifice de diamètre 100 mm est généralement suffisant pour le passage de la ventouse à travers la paroi.
 - La ventouse est constituée d'un double tube concentrique. L'espace annulaire entre le tube extérieur ($\varnothing=100\text{mm}$) et le tube intérieur ($\varnothing=60\text{mm}$) permet l'admission d'air neuf extérieur pour la combustion ; le tube intérieur sert à évacuer les produits de combustion (gaz brûlés).
 - Les circuits d'amenée d'air frais et d'évacuation des gaz brûlés donc étanches vis-à-vis du local où la chaudière est installée.
- Les **chaudières à condensation** sont des chaudières qui condensent les

produits de combustion, ce qui permet un rendement d'au moins 15 à 20% supérieur à celui d'une chaudière standard.

- Les **chaudières basse température** fonctionnent à température plus basse qu'une chaudière standard et permettent de réaliser des gains de consommation de 10 à 12%.
- Les **capteurs solaires**, ils transforment l'énergie solaire en chaleur. Celle-ci est transférée à un fluide caloporteur, il existe deux cas :
 - Le fluide **circule dans des tubes** noyés dans une dalle de béton qui sert à la fois de stockage et d'émetteurs de chaleur : c'est la technique du « **plancher solaire directe** ».
 - Le fluide **réchauffe l'eau d'un réservoir** qui alimente un circuit classique de chauffage central.
- Les **pompes à chaleur (PAC)** prélèvent de la chaleur du sol du jardin, de l'air ambiant ou de l'eau d'une nappe et utilise cette chaleur pour le chauffage du logement. Son fonctionnement peut être inversé : la PAC est alors dite réversible et assure le rafraîchissement du logement en été. Elles ont besoin d'électricité pour fonctionner. C'est un équipement économique à l'usage, qui limite les rejets polluants et de gaz à effet de serre. Les PAC nécessitent une maintenance régulière.
 - Les **pompes à chaleur géothermiques** (à capteurs horizontaux ou verticaux, ou sur eau de nappe) sont très efficaces mais plus difficiles à mettre en place que les pompes aérothermiques (pompes air/air, pompes air/eau). Le rendement de ces dernières est moins bon et elles nécessitent souvent un autre système de chauffage en complément.
- Les **éoliennes** qui permettent de créer de l'électricité et ainsi de la réutiliser dans les différents radiateurs électriques que nous avons dans les logements.

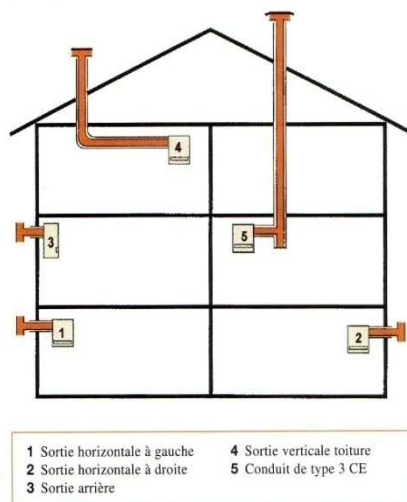


Différence de consommation entre les différentes chaudières.

Les différentes évacuations des produits de combustion :

Pour l'évacuation des produits de combustion, il y a plusieurs solutions en fonction de la version que l'on choisit :

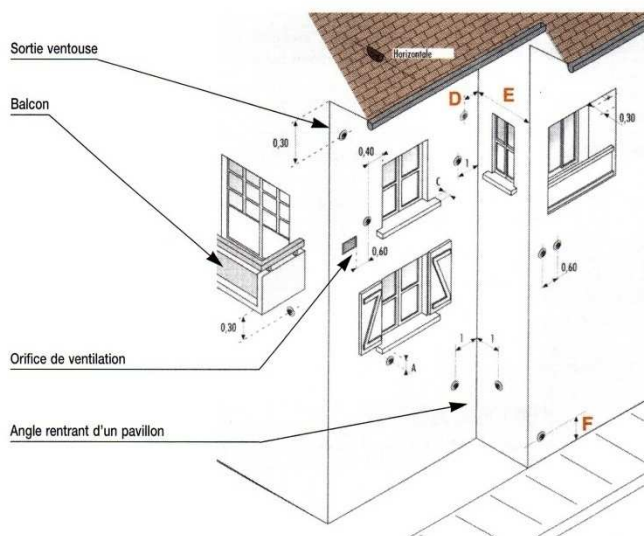
- **Version cheminée**, qui nécessite un conduit de fumée ;
- **Version ventouse à circuit étanche très répandue**, à faible encombrement et liberté d'implantation de la chaudière. Les différents types de ventouse permettent toute une gamme de solutions :
 - **Ventouse à sortie horizontale** arrière, latérale gauche ou latérale droite, ou en sortie supérieure de la chaudière.
 - **Ventouse à sortie verticale**, à diverses configurations de sortie décalée ;
- **Version VMC** quand la chaudière rejette les produits de combustion dans une gaine de Ventilation Mécanique Contrôlée.



1 Sortie horizontale à gauche 4 Sortie verticale toiture
2 Sortie horizontale à droite 5 Conduit de type 3 CE
3 Sortie arrière

Figure 15.9 : version « ventouse »
Configuration d'évacuation des gaz brûlés.

Voici les distances réglementaires de la mise en place des évacuations des gaz en façade :



$D \geq 0,15 \text{ m}$ si $E \leq 0,50 \text{ m}$.

$D \geq 0,80 \text{ m}$ si $E > 0,50 \text{ m}$.

La distance minimale à prendre en considération est la plus courte distance en tenant compte du contour des obstacles.

Si $F < 1,80 \text{ m}$, le terminal de ventouse doit comporter un déflecteur et une protection.

Figure 16.32 : distances réglementaires en façade

Les différents systèmes de distributions de chaleur :

La distribution de la chaleur s'effectue par le réseau de distribution, depuis la chaudière jusqu'aux émetteurs (radiateurs ou plancher chauffant). Ce réseau peut être réalisé par des tuyauteries en cuivre ou par des tubes en polyéthylène réticulé. Ce dernier matériau a également fait sa preuve pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire.

- **Le système monotube-dérivation**

Les émetteurs sont montés en dérivation sur une boucle unique qui fait le tour du logement. L'eau chaude traverse successivement chacun des émetteurs avant de retourner à la chaudière. Malgré une longueur de tuyauteries plus réduite, le système monotube-dérivation est moins rationnel que le bitube.

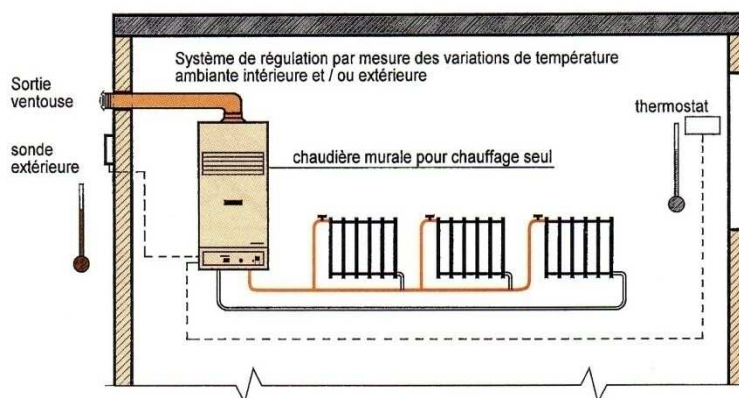


Figure 16.13 : principe de distribution en monotube-dérivation

- **Le système bitube**

C'est le système le plus utilisé. Les émetteurs sont montés en parallèle sur deux tuyauteries d'aller et retour.

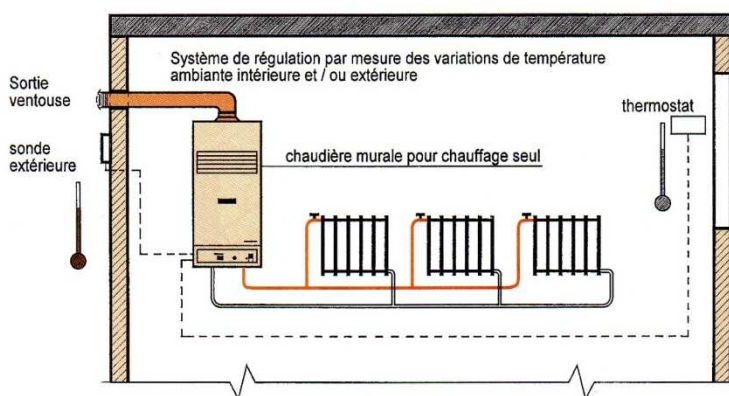


Figure 16.14 : principe de distribution en bitube

ouverts et disposer chacun d'une régulation.

- **La distribution en pieuvre**

Le principe consiste à alimenter chaque radiateur à partir d'un distributeur central, ou répartiteur. L'un des tubes sert pour l'aller (eau chaude) et l'autre pour le retour (eau refroidie). Cette technique

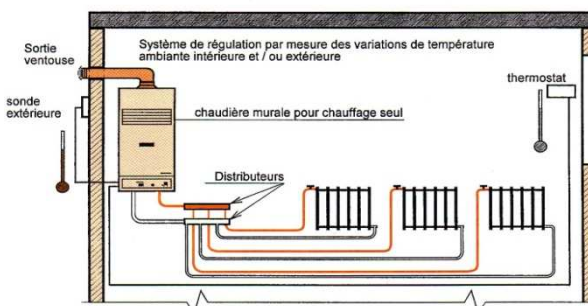


Figure 16.15 : principe de distribution en pieuvre

permet de conserver tous les avantages du bitube et fait gagner un temps considérable sur le chantier, si les tuyauteries sont enrobées dans l'épaisseur de la dalle en béton armé.

Les distributeurs, ou nourrices peuvent disposer de 3 ou 10 circuits.

Les canalisations sont en cuivre ou en polyéthylène réticulé (PER).

Les émetteurs peuvent être munis de robinets thermostatiques.

Les différentes sortes de tube utilisé dans les systèmes de chauffage :

Les tubes pour relier les différents appareils existent sous différents types de matériaux :

- Le **cuivre** est simple à mettre en œuvre, si on sait bien souder et il est beaucoup plus esthétique s'il y a des parties apparentes.
- L'**acier** est de moins en moins utilisé.
- Le **PER** est facile à mettre en œuvre et à changer en cas de problème. Il est idéal à mettre dans les chapes. Par contre, les raccords coûtent chers et il est difficiles de réaliser une « belle » installation. Les tuyaux ont tendance à s'allonger avec la chaleur.

- **Hydro câblé en tube PER**

Le PER (Polyéthylène Réticulé haute densité) est un matériau plastique utilisé pour la fabrication de tuyaux de plomberie, destiné à l'alimentation en eau chaude ou froide de chauffage et de rafraîchissement. Ce matériau est souple, facile et rapide à mettre en œuvre, n'est pas sensible à la corrosion et peu sensible au calcaire. Il est très utilisé pour la mise en œuvre du circuit hydraulique des planchers chauffants. Il est sensible à la dilatation thermique : on ne doit donc pas le fixer au moyen de colliers serrés et n'est jamais utilisé en apparent. Il est réticulé par procédé électro-physique, diamètres 10/12 à 20/25 et la pression de service ≤ 4 bars. Les tubes sont généralement introduits sous une gaine annelée de type ICTA (Conduits cintrables transversalement élastiques annelés) ou pré-fourreautés en usine.



Figure 15.30 : composants du système hydrocâblé

Voici les composants du système hydro câblé.

Dispositifs de régulation des circuits de chauffage :

- Le **thermostat de chaudière**, ou aquastat, dont le rôle est de maintenir la chaudière à une température souhaitée. Si cette dernière est atteinte, l'aquastat provoque l'arrêt du brûleur. Un aquastat

est un dispositif de régulation réduit à un simple thermostat placé sur un circuit d'eau de chauffage ou sur une chaudière. Il est préférable d'utiliser un thermostat d'ambiance

Thermostat de chaudière



Affichage pression



- Si pression entre 0,5 et 1 bar, led rouge allumée
- Si pression < 0,3 bar, led rouge allumée et chaudière à l'arrêt

mesurant la température de la pièce ou mieux, de faire appel à une régulation automatique, ou programmable. Il a pour rôle de gérer le fonctionnement de la chaudière en fonction des besoins.

- Le **thermostat d'ambiance** qui complète l'action du thermostat de chaudière en contrôlant la température de la pièce où il est placé. Il agit sur le fonctionnement de la chaudière et maintient la pièce dans laquelle il est placé à la température choisie, de façon constante



quelles que soient les variations de la température extérieure. Il est généralement placé dans le séjour, éloigné d'une source de chaleur, comme une cheminée à foyer ouvert. Il permet de réguler la température de la pièce entre 6 et 30°C par son action

modulante sur la chaudière. Dans les pièces où il y a un thermostat d'ambiance, il ne faut pas mettre de robinet thermostatique sur les radiateurs.

- Le **thermostat d'ambiance programmable** équipé d'une horloge munie de contacts.

Il permet de programmer les périodes pour obtenir une température plus réduite (programmation



journière ou hebdomadaire). Il adapte la température à chaque moment de la journée suivant des horaires choisis en fonction de la présence des occupants. Ceux sont des appareils constitués d'une horloge programmable et d'un thermostat régulateur.

- Les **robinets thermostatiques** servent à affiner la température pièce par pièce à la demande de l'utilisateur. Ce sont des thermostats qui agissent directement sur le débit d'eau chaude des radiateurs et qui contrôlent la température ambiante du local où ils sont installés. Chaque robinet se compose d'une tête thermostatique et d'un corps de robinet. Le fonctionnement est fondé sur le pilotage d'un clapet actionné par un élément thermosensible (capsule de cire, liquide ou gaz) dont la dilatation commande le débit d'écoulement de l'eau chaude dans les corps de chauffe en fonction de la température intérieure de la pièce. La température de consigne est graduée de 1 à 5. Ces températures correspondent en général à des températures variant de 6 à 29°C. une position antigel repérée par le signe * permet de maintenir la température ambiante à environ 7°C.



- Les **horloges de programmation** ont dites analogiques lorsqu'elles sont mécaniques à cadran (programmation par cavalier et/ou secteurs). Elles sont dites digitales si elles sont électriques (programmation par touches). Il existe deux types d'horloges de programmation selon leur plage d'action :

- L'horloge de programmation journalière, qui permet d'arrêter ou de mettre en route le chauffage aux horaires choisis.
- L'horloge de programmation hebdomadaire à deux canaux, qui permet de programmer sur l'un le chauffage, sur l'autre la préparation de l'eau chaude sanitaire par ballon.



En cas de coupure d'électricité, ces horloges disposent d'une réserve de fonctionnement d'au moins 16 heures.

- La **sonde extérieure**, qui mesure la température extérieure pour influencer le mode de régulation et maintenir la température intérieure des locaux en tenant compte des variations de température. La sonde permet à l'installation de chauffage d'anticiper les variations météorologiques. La chaudière réagit avant que le logement n'ait eu le temps de se refroidir ou de se réchauffer. Ce système convient bien à une maison à étage ou avec une grande surface au sol. Il est recommandé si l'on dispose de planchers chauffants. Son fonctionnement peut être affiné à l'aide d'une correction d'ambiance qui prend en compte les apports gratuits de chaleur dans le logement.



Sonde extérieure

- La **sonde d'ambiance** s'installe dans une partie neutre de la maison, hors ensoleillement, sans courant d'air et loin d'un radiateur. Cette sonde est reliée à la régulation et la corrige en fonction de la température ambiante réelle.



- La **vanne de régulation** est un actionneur qui associe un corps de vanne avec une motorisation électrique, voire pneumatique dans les applications industrielles. La vanne de régulation est souvent modulante et plus rarement TOR « Tout Ou Rien ». Son ouverture et le débit dans ses voies varient en fonction d'une loi de régulation. Il existe des vannes 2 voies et des vannes 3 voies en fonction du système hydraulique de l'installation. Les vannes de régulation se situent au droit de générateurs tels que les chaudières ou pompes à chaleur pour réguler par exemple une loi de chauffe en fonction de l'extérieur. Les vannes de régulation peuvent également être au droit des terminaux tels que les ventilo-convecteurs assurant le chauffage et la climatisation.



Les dispositifs de régulation précédents constituent le **système de régulation** qui commande le brûleur pour maintenir la température tout en contrôlant celle de l'eau de la chaudière par la **sonde de chaudière**.

Autres éléments composants le chauffage (production, distribution et émission) :

- Vase d'expansion

Le vase d'expansion est un dispositif capable d'absorber les variations de volume de l'eau d'un circuit de chauffage en fonction de la température. L'eau se dilate en chauffant, créant un accroissement de pression dans le circuit de chauffage. Il permet d'absorber ce surplus de pression pour éviter une détérioration du circuit tout en le maintenant étanche, contrairement à une soupape de sécurité qui déleste l'installation en laissant le fluide surcomprimé s'échapper. Il a pour fonction d'absorber la dilatation de l'eau chauffée. Sur les installations avec circulateur, le vase d'expansion est fermé et contient de l'air ou de gaz séparé de l'eau par une membrane. Le vase d'expansion ouvert absorbe les variations du volume d'eau dues aux changements de température dans les installations de chauffage à combustible solide.



- **Circulateur ou pompe de circulation**

Une pompe de circulation est une pompe électrique destinée à forcer la circulation d'un fluide caloporteur ou frigoporteur. On les retrouve dans les installations de chauffage et de climatisation pour accélérer les échanges thermiques. Une pompe de circulation est aussi appelé circulateur. Un circulateur est un terme désignant une pompe de circulation d'une installation de chauffage, d'eau chaude sanitaire ou de climatisation. Le fonctionnement du circulateur

dépend de 2 paramètres essentiels ; le débit est exprimé en m³/h ou L/s et la pression est exprimée en Pa (Pascal), en bar ou en mm de CE (colonne d'eau). Les circulateurs sont souvent conçus à plusieurs vitesses fixes. Certains circulateurs économiques sont à variation de fréquences et donc à débit variable provoquant ainsi économies d'électricité et d'énergie.



- **Clapet coupe feu**



Un clapet coupe-feu est utilisé pour créer une continuité de résistance au feu d'une paroi avec un conduit de ventilation. Il est composé d'un corps et d'une forme de clapet intérieur qui se ferme quand un fusible thermique se déclenche et ferme par conséquent le dit-clapet. Une fois fermé, le clapet coupe-feu ne permet plus de mouvement d'air ni de mouvements de fumées chaudes. Il crée un obstacle au feu. Les clapets sont par exemple CF1h, soit coupe-feu de degré une heure.

Ils résistent 1 heure à des fumées chaudes (400°C).

- **Groupe de sécurité**

Il est obligatoire sur l'entrée d'eau froide des ballons d'accumulation. Il protège les chauffe-eau lorsque la pression interne atteint 7 bars. Lors du fonctionnement normal du chauffe-eau, la montée en température provoque une expansion du volume d'eau contenu dans le chauffe-eau. Cette eau s'écoule par l'orifice de décharge. Ce petit écoulement est normal, mais d'une part c'est un gaspillage, et



d'autre part risque de créer une

érosion du siège de la soupape, accélérant le débit de fuite. Il est possible de remédier à cet inconvénient dû à n phénomène purement physique par la pose d'un vase d'expansion sanitaire. La pose d'un réducteur de pression réglé à 3 bars est également recommandée. L'évacuation vers l'égout se fait avec un siphon.



Sur les installations à circuit d'eau fermé, le groupe de sécurité est constitué de trois composants vitaux :

- Le **manomètre** qui indique la pression de l'eau dans l'installation.



- La **soupape de sécurité** qui empêche les surpressions. La soupape de sécurité d'une installation de chauffage est un dispositif permettant de protéger le circuit d'une montée de pression dangereuse en laissant le fluide surcomprimé s'échapper. Elle est obligatoire sur les installations à vase d'expansion fermé pour prévenir tout risque de surpression.



- Le **purgeur** d'une installation de chauffage est un dispositif manuel ou automatique en général placé en son point le plus haut et permettant d'en évacuer l'air emprisonné dans les conduites. On trouve également des purgeurs sur un radiateur fonctionnant avec un fluide caloporteur pour que l'air qui s'y trouve piégé puisse être évacué. Une installation à vase d'expansion doit comporter au moins un purgeur.



- Vannes

Une vanne est un dispositif permettant de régler le débit d'un fluide dans un circuit de chauffage ou de climatisation. C'est en fait un robinet qui peut être de différentes façons : manuelle, thermostatique ou commandée par une régulation de débit, de pression, électronique...

- La **vanne de zone**

La vanne déviatrice permet de dériver automatiquement un fluide dans les installations de chauffage, de climatisation ou les circuits sanitaires.



- La **vanne thermique**



Dans les installations de chauffage à combustible solide la vanne permet de recycler entièrement l'eau de départ de la chaudière vers le retour, afin d'atteindre rapidement la température idéale de fonctionnement de la chaudière. Lorsque la température de consigne est atteinte l'eau chaude commence à réchauffer progressivement le ballon de stockage. L'eau de retour du ballon est mélangée à l'eau de recyclage, ce qui permet d'éviter un retour trop froid et la formation du point de rosée dans la chaudière. Lors de la chauffe

normale, la vanne assure la circulation entre la chaudière et le ballon stockeur.

- La **vanne d'arrêt**

La vanne d'arrêt sert à isoler un circuit hydraulique en coupant sa circulation de fluide du reste d'une installation.



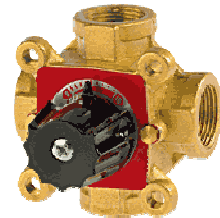
- **Vanne mélangeuse**

Son rôle consiste à assurer le mélange de l'eau de départ du circuit de chauffage avec l'eau de retour des émetteurs :

- Soit pour moduler en permanence la température de l'eau envoyée dans les corps de chauffe à un niveau inférieur à la température de la chaudière (dans les installations de chauffage par le sol, une vanne 3 voies est ainsi obligatoire pour éviter d'endommager la dalle avec de l'eau trop chaude).



- Soit pour relever la température de l'eau de retour, afin d'éviter des condensations à l'intérieur de la chaudière avec un risque de corrosion (certaines chaudières en acier doivent ainsi fonctionner avec une vanne mélangeuse à 4 voies)
- Soit pour rendre les circuits totalement autonomes et permettre pour chacun d'eux des réglages spécifiques (température, programmation).



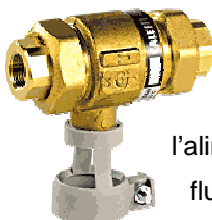
Les vannes peuvent être manœuvrées manuellement ou être actionnées par un moteur commandé par une régulation.

- Le **servomoteur**

Les servomoteurs sont utilisés pour la motorisation des vannes mélangeuses 3 ou 4 voies. La commande se fait par des systèmes de régulation.



- **Disconnecteur**



Ce dispositif obligatoire interdit le retour de l'eau de chauffage vers le réseau d'alimentation en eau potable. Les disconnecteurs protègent les circuits d'eau potable en interrompant la continuité de l'alimentation à l'installation utilisatrice par auto vidange et mise à l'égout du fluide en cas de danger de retour d'eau dans la canalisation principale.

- Le **séparateur d'air**

Le dégazeur automatique élimine entièrement l'air contenu dans les installations de chauffage et de climatisation. Il agit jusqu'au niveau des microbulles dissoutes et permet ainsi à l'installation de fonctionner parfaitement, en éliminant les bruits et en supprimant les risques de corrosion.



- Le **pot de décantation**



Dans les installations de chauffage, les pots de décantations permettent de recueillir les impuretés et « boues » en suspension assurant ainsi un bon fonctionnement et une plus grande longévité à l'installation.

- Le **clapet anti thermosiphon**

Le clapet anti thermosiphon évite le phénomène de thermosiphon dans l'installation de chauffage central. Quand le circulateur est arrêté, en été, ou quand la chaudière ne sert qu'à la production d'eau chaude sanitaire le clapet empêche toute circulation parasite dans le circuit de chauffage central.



- Le **thermosiphon** est le phénomène de circulation naturelle d'un liquide dans une installation du fait de la variation de sa masse volumique en fonction de la température. Dans un circuit de chauffage en thermosiphon, le liquide caloporteur réchauffé dans le générateur thermique, plus léger, monte vers un échangeur situé en partie haute de l'installation pour céder ses calories à l'air ambiant. Le fluide caloporteur refroidi redescend naturellement vers le bas de l'installation pour être réchauffé par le générateur et recommencer le cycle en continu. Ce mode de fonctionnement permet de se passer d'un circulateur.

- La **soupape différentielle**

La soupape différentielle de décharge s'ouvre en établissant un by-pass entre le départ et le retour du circuit de chauffage, lorsque les robinets thermostatiques ou les vannes de zone se ferment. Cela permet au circulateur de ne pas forcer et supprime les bruits dans l'installation.



- La **soupape thermique**



Les soupapes de sécurité thermiques sont utilisées pour la protection des chaudières à combustible solide. En cas de surchauffe accidentelle, le refroidissement de la chaudière est assuré par l'ouverture de la soupape qui évacue l'eau chaude. La pose d'une soupape de sécurité chauffage reste obligatoire. La régulation de la température de la

chaudière ne peut en aucun cas être assurée par la soupape seule.

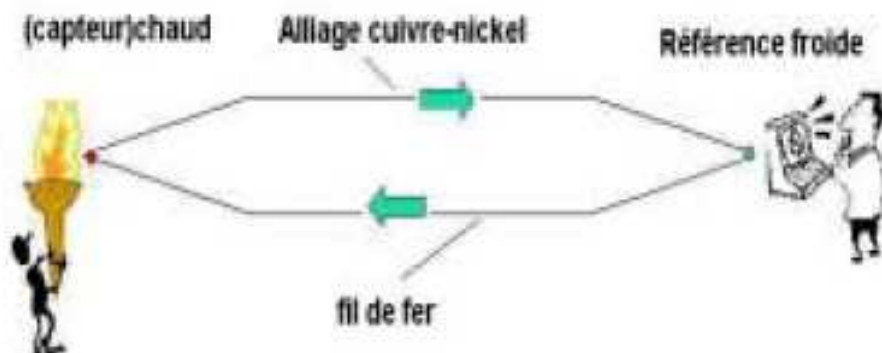
- **Le robinet de vidange**

Le robinet de vidange sert à vidanger l'installation de chauffage.



- **Le thermocouple**

Le thermocouple est un appareil très simple servant à déterminer la température en utilisant deux métaux dissemblables. Sur les modèles à veilleuse, il surveille la présence d'une flamme. Un voltage est produit entre les deux métaux, entre le côté froid : la référence et le côté chaud : le capteur.



- **Tableau de commande**

Il porte les différents organes de commande et de régulation.

- **Brûleur**

Un brûleur est l'élément mécanique qui assure la production de chaleur en assurant un mélange entre un combustible gaz ou fioul, avec de l'air comburant chargé d'oxygène, produisant ainsi une combustion. Le mélange nécessite le meilleur réglage pour que le rendement de combustion soit maximum et que la combustion soit parfaite (pas d'imbrûlés, ...). Il est en général de type atmosphérique.

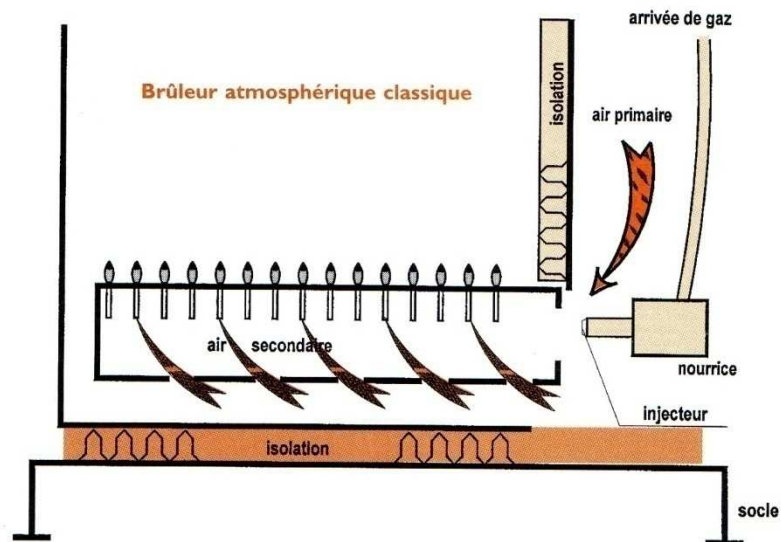


Figure 16.2 : brûleur d'une chaudière à gaz au sol

Dans un brûleur atmosphérique classique, le gaz sous pression entraîne tout ou partie de l'air comburant nécessaire à la combustion (air primaire). L'air secondaire s'ajoute au précédent dans le foyer.

Composition d'un brûleur d'une chaudière à gaz au sol :

- Le brûleur est essentiellement composé d'une nourrice, qui répartit le gaz dans les rampes. La nourrice porte autant d'injecteurs que de rampes. Les rampes distribuent le mélange gaz-air dans le foyer, au travers de fentes ou de trous.
- Le foyer constitue la chambre de combustion où se développe la flamme du brûleur.
- Le corps de la chaudière est généralement en fonte dans le cas des chaudières au sol. Il assure l'échange entre la flamme du brûleur et l'eau de chauffage.
- Le couple-tirage/anti-refouleur est un dispositif de sécurité qui régularise le tirage sur le brûleur en fonction du tirage du conduit de cheminée. Il est complété par un thermostat de sécurité qui coupe le brûleur en cas de refoulement des fumées.
- La buse de fumée est la pièce de sortie de la chaudière qui la raccorde au conduit de fumée.
- L'isolation est indispensable pour réduire les pertes à l'ambiance de la chaudière.
- L'habillage de la chaudière est l'enveloppe extérieure (tôle laquée).

- **Sécurité sur les chaudières à gaz**

L'alimentation en gaz est contrôlée par un **bloc de sécurité**, qui ne se maintient ouvert que si la combustion du gaz est assurée. Si le thermocouple détecte l'absence d'une flamme, il provoque la coupure, par le bloc de sécurité, de l'alimentation en gaz.

- Les **colonnes montantes**



Les colonnes montantes sont les canalisations qui permettent à l'eau chaude d'être distribuée dans les différents appartements. Elles créent la jonction entre les canalisations qui sont dans le sous-sol et les nourrices palières à chaque étage. Elles sont fixées aux murs par des colliers et de la colle pour les joindre entre eux, elles sont également serrées avec des rivets.

- Les **nourrices, collecteurs, ou distributeurs**

Les nourrices, ou collecteurs regroupent les arrivées et départs d'eau à chaque étage et ensuite, répartissent ces arrivées en direction de chaque appartement. Elles se situent également à l'intérieur de chaque appartement pour alimenter chaque radiateur de cet appartement. Elles sont composées de plusieurs sorties, en double permettant ainsi l'aller-retour de l'eau dans chaque radiateur.



- Le **ballon tampon**



Un ballon tampon est un ballon de stockage d'eau chaude permettant d'assurer l'inertie d'un circuit de chauffage à eau chaude (pour éviter les variations de température). L'apport de chaleur au ballon tampon peut être d'origine électrique, solaire thermique, géothermie, gaz, etc...

- **Pile électrochimique**

Une pile électrochimique est une association de deux matériaux métalliques ayant un potentiel de dissolution différent et d'un milieu aqueux. Lorsque les deux matériaux sont en plus reliés par une liaison conductrice, il apparaît un courant électrique d'intensité I du matériau ayant le potentiel le plus élevé vers celui ayant le potentiel le plus faible. Ce mécanisme apparaît dans le cas de la corrosion galvanique. Il est de plus responsable d'importantes dégradations. Il convient donc d'être particulièrement prudent lorsque l'on associe deux matériaux différents.

Les différents compteurs d'énergie utilisée :

- **Compteur de chaleur**

On utilise principalement, pour mesurer la chaleur que l'on consomme :

- Un **évaporateur** : c'est un appareil posé sur chaque radiateur ; plus le radiateur chauffe, plus l'évaporation est intense. Il suffit de mesurer le niveau pour déterminer la consommation de chaleur.
- Un **compteur de calories** : c'est un appareil qui mesure la différence de température à l'entrée et à la sortie de vos radiateurs. Il s'en déduit le nombre de calories consommées. Ce dispositif n'est installable que dans les immeubles disposant d'une boucle par lot, ce qui n'est pas toujours le cas.



- **Le téléreport**

Le téléreport est un câble permettant de créer une liaison entre le compteur situé à l'intérieur de l'habitation jusqu'au compteur localisé à l'extérieur. Ceci permet à l'agent EDF de lire directement le compteur sans entrée et déranger les personnes.



- **Le télécomptage**

Le télécomptage est le comptage de la consommation d'énergie à distance, sans intervention physique d'un agent de comptage. D'autres termes utilisés sont la télélecture et l'Automatic Meter Reading (AMR).

Eléments dans et sur les tubes utilisés dans un système de chauffage :

- **Fluide caloporteur**

Un fluide caloporteur est un liquide utilisé pour transporter de la chaleur d'un point à un autre. Dans un circuit de chauffage courant, le fluide caloporteur est simplement de l'eau qui est chauffée dans la chaudière destinée à céder sa chaleur en se diffusant dans des radiateurs. On utilise de l'eau glycolée (eau+antigel) comme fluide caloporteur dans les installations de géothermie dans le circuit primaire enterré (capteur géothermie) et dans le circuit secondaire (plancher chauffant, radiateurs). Dans le cas de transport de froid, on parle de fluide frigoporteur.

- **L'eau glycolée**

L'eau glycolée est une eau normale de réseau à laquelle on a ajouté 1% de glycol, par exemple 20% afin que cette eau ne puisse geler, même si elle est stagnante, lorsqu'elle

circule dans un réseau de chauffage passant par l'extérieur.

- **Calorifuge**

Il désigne et qualifie divers isolants thermiques, en particuliers ceux utilisés pour éviter les déperditions calorifiques des équipements de chauffage, canalisations et gaines :coquilles de mousse ou bourrelets d'isolation des tuyauteries, enveloppes isolantes des ballons échangeurs, en feutre, liège, mousses plastiques, laine minérale, laine de roche, laine de verre, etc...



Autres renseignements sur la conception du lot chauffage :

- La **puissance de chauffage** est l'énergie nécessaire pour assurer une température de consigne et de confort dans la pièce ou le bâtiment à chauffer. Elle s'exprime en Watt (W). le Watt étant l'unité qui a remplacé la kilocalorie par heure (Kcal/h). la puissance de chauffage dépend d'un calcul de besoins ou de déperditions (pertes thermiques à combattre pour créer l'équilibre de chauffage dans la pièce considérée). Elle se calcule dans les conditions extrêmes à partir de la température extérieure de base ; données de calcul connu pour chaque ville.
- Le **rendement** est le rapport entre ce qui est produit et ce qui est entrant. Le rendement de combustion va donner un rapport inférieur à 100% du fait que la combustion n'est pas parfaite (imbrûlés). Le rendement chaudière également prendra en compte les pertes par les parois. Dans le même sens, le rendement de production prendra en complément les pertes de la chaudière par les fumées.
- Le **rendement sur PCI** (Pouvoir Calorifique Inférieur) est le rendement d'une chaudière fonctionnant au gaz ramené à la chaleur totale. Le rendement PCI est supérieur à 100% pour atteindre jusqu'à 109% (augmentation due à la chaleur latente produite par la combustion gaz).

- Le **PCI**, c'est la quantité totale de chaleur dégagée par la combustion d'une énergie. Par exemple, la combustion de 1 litre de fioul ou de 1 m³ de gaz naturel dégage environ 10 kWh.

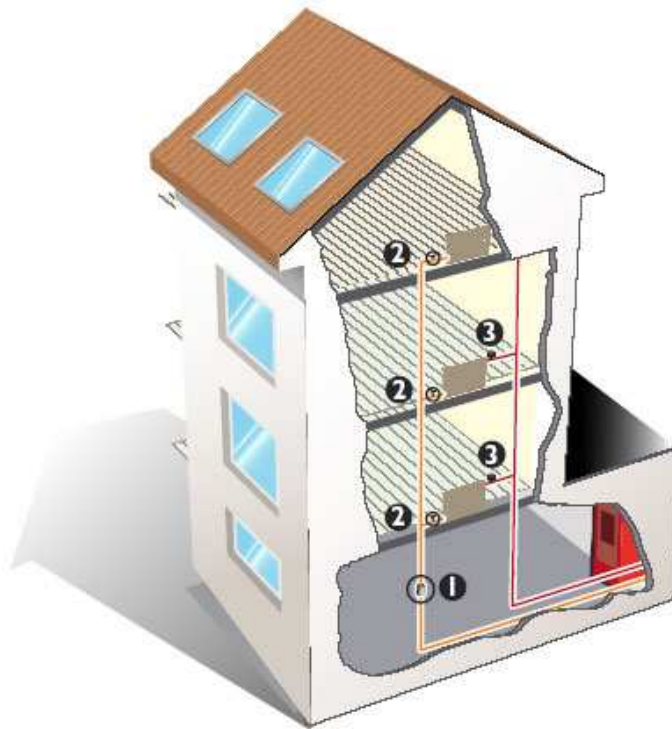
Pouvoir calorifique inférieur des combustibles



- L'**équilibrage** d'un réseau de chauffage, c'est une opération de réglage permettant de réaliser une répartition optimale de la distribution du chauffage dans les pièces ou locaux d'un bâtiment, en fonction de leur nature, type d'occupation, etc... Cette opération technique est destinée à établir (ou rétablir) les débits d'eau chaude adéquats en intervenant sur les organes d'équilibrage du réseau de chauffage. Le déséquilibre thermique est constaté si l'on constate des différences de température importantes et systématiques entre les pièces d'un même appartement ou les appartements d'un même immeuble. Ce déséquilibre provient :
 - D'un défaut d'isolation thermique ou d'une mauvaise étanchéité à l'air de l'immeuble.
 - D'émetteurs de chaleur mal dimensionnés.
 - D'un déséquilibre hydraulique, qui provient soit des dépôts de tartre et des matières en suspension qui encombrant petit à petit les canalisations et y modifient le débit d'eau chaude, c'est l'embouage. Ou sinon, en cas d'absence d'organes d'équilibrage dans l'installation ou de leur mauvais réglage. Pour rétablir cet équilibrage hydraulique, il faut d'abord nettoyer les tuyauteries et l'ensemble de l'installation, c'est le désembouage qui comprend le rinçage et détartrage chimique. En plus, il est souvent nécessaire de régler les organes d'équilibrage ou d'en poser.

Pour équilibrer, il faut régler les organes d'équilibrage comme les vannes de pied de colonne montante (1) et les tés de réglage des radiateurs (2), ainsi que les robinets

thermostatiques (3) qui servent à régler la chaleur délivrée par les radiateurs dans chaque pièce.



Pour équilibrer un circuit, il faut calculer les pertes de charge du circuit le plus défavorisé qui commande l'installation, comme ci celui-ci était seul. Pour ce circuit, on somme les pertes de charge régulières et singulières qui s'expriment en mce :

$$\Delta H = \sum j \cdot L + \sum \xi \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Pour ce calcul, on peut :

- Se fixer un intervalle de vitesse et une valeur j_{\max}
- Se fixer une vitesse maximale et une valeur j_{\max}

Connaissant la perte de charge totale de ce circuit le plus défavorisé, on choisit le circulateur (H_m , Q_v) avec $H_m \geq \Delta H$ (en général 10% de plus) et Q débit total d'eau de la chaudière alimentant le réseau de chauffage des locaux.

- Evaluer les pertes de charges singulières à une valeur centésimale des pertes de charges totales, on choisit le circulateur (H_m , Q_v), connaissant la longueur de tubes on détermine les diamètres en respectant une valeur moyenne du coefficient de perte de charge unitaire j_m .

Ensuite, on équilibre le circuit, une fois que ces calculs ont été effectués et le circulateur choisi, on effectue alors le calcul de tous les autres circuits et on crée des pertes de charges singulières (coude de réglage, té de réglage, vanne de réglage) de façon à ce que tous les circuits aient la même perte de charge totale aller-retour chaudière émetteur.

Les différents appareils servant d'émetteurs de chaleur :

Les émetteurs de chaleurs sont des appareils ou surfaces qui diffusent la chaleur produite par un système de chauffage dans les pièces d'un logement.

- radiateurs



- radiateur à accumulation



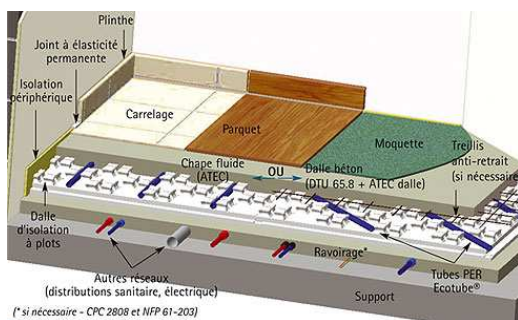
- radiateur à inertie



- convecteurs



- plancher chauffant



- murs chauffants



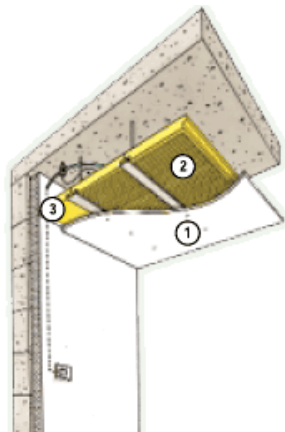
- sèche serviette



- panneaux rayonnants



- plafond chauffant



- 1 Plaque de plâtre spécifique
- 2 Film chauffant
- 3 Panneau isolant thermique

- aérotherme



- ventilo-convecteur

Il permet de chauffer, rafraîchir et/ou climatiser tout en traitant l'air ambiant. Le confort intégral et la montée rapide en température de la pièce est ainsi optimisé.



- chauffage électrique



- cheminée ouverte

- poêles



- appareils mobiles

- rideaux d'air chaud



4. DIMENSIONNEMENT

Nous allons présenter les différents calculs qu'il faut faire pour obtenir les besoins annuels en chauffage.

1/ Dimensionnement de chaudière

1-1/ Les déperditions de chaleur.

Le bilan des déperditions thermique est représenté par la lettre D et il s'exprime en W/K.

$$D = D_p + D_r$$

Avec D_p : déperditions à travers les parois ($D_p = \sum_i U_i * S_i + \sum_j \psi_j * l_j + \sum_k \chi_k$)
représentant les déperditions surfaciques, linéaires et ponctuelles.

D_r : déperditions par renouvellement d'air ($D_r = 0,34. Q$, avec

$Q = Q_v + Q_i$ Avec Q pour le débit horaire du renouvellement d'air, Q_v pour le débit de ventilation et Q_i pour le débit d'infiltration).

1-2/ Le flux de déperdition total.

Jusque là, nous considérons que les transferts de chaleur se faisaient de l'intérieur vers l'extérieur. Or, le flux peut aussi se faire vers des locaux non-chauffés (garages).

$$\phi_{tot} = \phi_{ext} + \phi_{LNC}$$

$$\phi_{tot} = (D_{ext} + B * D_{LNC}) * (T_{int} - T_{ext})$$

Avec D_{ext} : déperditions dues aux conditions extérieures

D_{LNC} : déperditions dues aux locaux non-chauffés

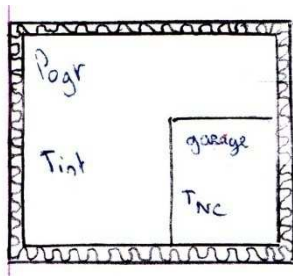
$$B = \frac{(T_{int} - T_{LNC})}{(T_{int} - T_{ext})}$$

La réglementation fournit une méthode de calcul de B dans le cas de figure les plus courantes donc on a alors pas besoin de calculer T_{LNC}

B dépend notamment de :

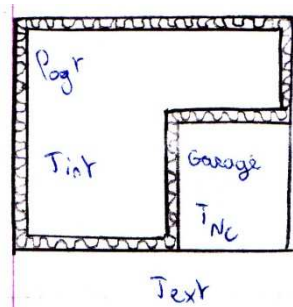
- la surface de la paroi séparatrice entre le local chauffé et le local non-chauffé, le coefficient U de cette surface.
- La surface séparant le local non-chauffé de l'extérieur, le coefficient U de cette surface.

2 cas de figures :



→ TLNC proche de Tint

→ B proche de 0



→ TLNC proche de Text

→ B proche de 1

1-3/ besoins de chauffage

Pour calculer les besoins de chauffage, on utilise la formule suivante :

$$\phi_{besoin} = \phi_{tot} * (1 - F)$$

Avec F : facteur de couverture d'apports gratuits

Les apports gratuits peuvent être soit internes ou soit externes

Les apports internes sont ceux provenant par les occupants au travers de leurs activités mais aussi par les équipements, l'éclairage qui sont difficilement prévisibles. Les apports externes proviennent principalement du soleil grâce à ses rayonnements qui pénètrent dans l'habitation à travers les parois vitrées. Ces apports sont très variables et dépendent de :

- L'orientation et des caractéristiques des parois
- La saison, de l'heure, de la latitude
- La transparence de l'atmosphère : nuages, pollution, etc...

Les apports gratuits concernent en général environ 25% des déperditions. La réglementation vise à augmenter la part des apports solaires.

Cependant, il faut faire attention à la paroi vitrée car elle favorise les apports solaires mais reste toujours moins isolante qu'une paroi opaque (notion de facteur solaire).

1-4/ Consommation d'énergie

Pour calculer la consommation en énergie d'une chaudière, on utilise la formule suivante :

$$E = \phi_{besoin} * D_j$$

Avec D_j : Degrés jours

Ces Degrés jours se calculent en sommant pour chaque jour de chauffe les températures intérieures moins les températures extérieures moyennes.

Pour avoir cette énergie en Joule, il faut utiliser l'équation suivante :

$$E = \phi_{besoin} * D_j * 86400$$

1-5/ Les pertes fatales

Les pertes fatales (pertes quasi inévitable), comme pour les pertes par les fumées et leur pourcentage est en fonction du rendement de la chaudière. Les autres pertes sont assez diverse comme les déperditions de la chaudière qui sont fonction de on isolation. Il est difficile d'estimer ces pertes car on ne connaît pas dans quelle mesure est contribuent au chauffage du logement. Une partie de ces pertes contribue au chauffage du logement en réduisant légèrement les écarts de pertes de charge entre la pièce où se situe la chaudière et celle du dessus. Il en est de même pour les conduites alimentant les émetteurs. On va donc estimer un pourcentage de pertes fatales d'environ 20% doc un coefficient de 0,80.

2/ besoins en ECS (Eau Chaude Sanitaire)

Pour pouvoir estimer les besoins annuels en ECS, il faut connaître la consommation journalière par personne. Ces valeurs sont obtenues de manière empirique et elles varient de 30 à 60 litres. Un volume de 50 litres par jour et par personne peut être utilisé pour obtenir des résultats suffisamment exacts. La température de stockage doit aussi être définie. La valeur généralement utilisée se situe entre 50 et 60°C. Il faut aussi connaître la température moyenne annuelle de l'eau froide. Cette valeur se situe en général aux alentours de 10°C. Comme pour les besoins en chauffage, les pertes fatales sont aussi à prendre en considération. Ces pertes comprennent les déperditions du ballon d'ECS, qui sont fonction de la qualité de son isolation, du ΔT entre la température de stockage et celle de l'air ambiant. Ces pertes sont aussi dus aux déperditions des conduites d'ECS, du refroidissement de l'eau à l'intérieur de celles-ci après un soutirage, eau qui a été chauffée et sera envoyée à l'égout au prochain soutirage. Il est difficile d'estimer avec exactitude le pourcentage de pertes fatales donc, pour cette raison, on va prendre une valeur de 25% ce qui donne un coefficient de 0,75. Ces valeurs une fois obtenues, la formule à utiliser est la suivante :

$$B_{besoin} \text{ en ECS} = \frac{(V_p * Nb_p * 30,41 * 11 * 1,1627 * \Delta T)}{(1000 * Pt_{25})}$$

Avec V_p : Volume en litre par personne et par jour

Nb_p : Nombre de personnes occupant le logement

30,41 : Nombre de jour par mois sur une moyenne annuelle (365/12)

11 : 11 mois car un mois est pris en compte pour les vacances

1,1627 : Chaleur spécifique de l'eau

1000 : Pour résultats en KW

Ptes : Pertes fatales

3/ dimensionnement des radiateurs

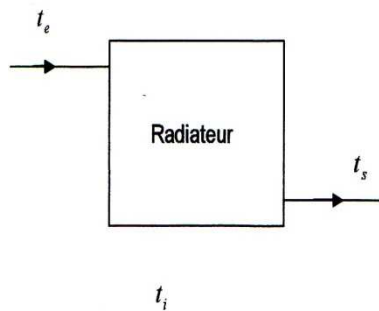
Pour le calcul des radiateurs, on le fait en plusieurs étapes :

- La **puissance de l'émetteur** est : $P = K * S * \Delta t$

Avec P : puissance en W
K : coefficient global de transfert en W/m^2

S : surface d'échange en m^2

Δt : écart moyen arithmétique de température $\Delta t = \frac{t_e + t_s}{2} - t_i$



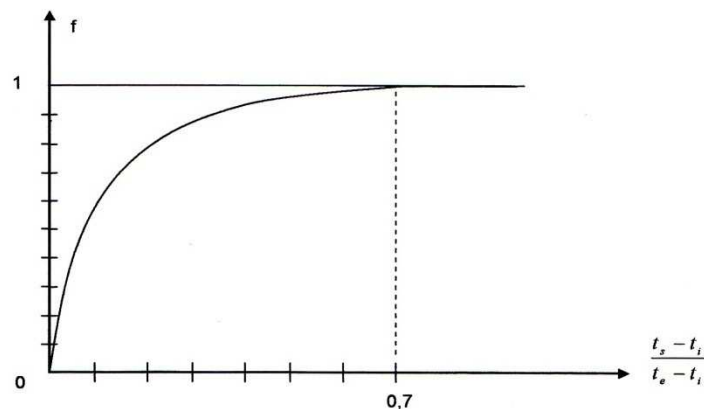
t_e : température d'entrée

t_s : température de sortie

t_i : température ambiante

$t_m = \frac{t_e + t_s}{2}$: température moyenne

L'écart moyen arithmétique est en général suffisant en chauffage, toutefois, lorsque $\frac{t_s - t_i}{t_e - t_i} < 0,7$. Il est alors nécessaire de le corriger en le multipliant par un facteur f donné par un abaque ou des tables.



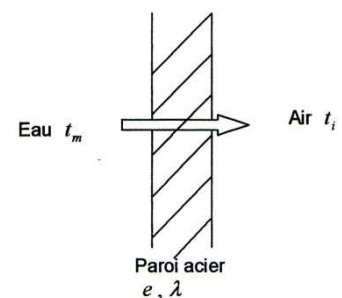
- La **résistance thermique** entre t_m et t_i est :

$$R = R_{si} + R_{se} + \frac{e}{\lambda}$$

Avec R_{se} , R_{si} : résistance superficielle intérieure et extérieure.

e , λ : épaisseur et conductivité thermique du matériau.

Les termes R_{si} et $\frac{e}{\lambda}$ sont négligeable devant R_{se} , l'échange est limitée par l'air fluide mauvais convecteur, il faut donc augmenter la surface



d'échange du côté de l'air (face profilée, déflecteur, ailettes, ...)

- La **puissance nominale** : $P_N = P_{50}$

Elle est rapportée à la norme européenne, mais dans certains ouvrages on utilise la norme française : $\Delta t_N = 60$ K. Le calcul du radiateur doit être adapté aux températures réelles de fonctionnement, donc au calcul de l'écart réel arithmétique : Δt .

La puissance est alors calculée par : $P = f * P_{50} \left(\frac{\Delta t}{\Delta t_N} \right)^n$

La valeur de n est sensiblement voisine de 1,30 et le coefficient f est le plus souvent égal à 1.

- Les **déperditions du local**, le calcul se fait selon la norme NF EN 12831 en conformité avec la réglementation. La charge thermique est la somme des déperditions thermiques par transmission, par renouvellement d'air et de la surpuissance de montée en température. Cette surpuissance de montée en température représente 10 à 20% des déperditions thermiques par transmission et par renouvellement d'air.

La puissance du radiateur doit en fonction des données climatiques couvrir l'ensemble des déperditions et de la surpuissance de montée de température.

- La **surface d'échange**, le fabricant donne la surface d'échange estimée par élément ou pour le radiateur.

$$P = K * S * \Delta t$$

Le coefficient de transfert n'est en général pas constant : $K = a * \Delta t^{n-1}$

D'où : $P = a * S * \Delta t^n$

Le fabricant donne pour un élément d'un type de radiateur : $P_1 = A * \Delta t^n$, connaissant la puissance à fournir dans les conditions de fonctionnement, il est possible de calculer le nombre d'éléments.

4/ Dimensionnement du diamètre et de la section du conduit de fumées.

Pour assurer une marche normale et sans problème d'une chaudière, le conduit de fumées doit être de dimension suffisante, avoir le moins de pertes de charge possible. Il doit être le plus étanche possible car c'est sa dépression qui assure en grande partie l'évacuation des gaz brûlés et elle doit être en mesure de vaincre les pertes de charge. Une formule relative peut être utilisée pour définir le diamètre minimum en fonction de la hauteur du conduit de fumées et de la puissance en Watts de la chaudière :

$$D = 0,02 * \left(\frac{P}{h^{0,5}} \right)$$

Avec D : diamètre en mm

P : Puissance en Watts de la chaudière

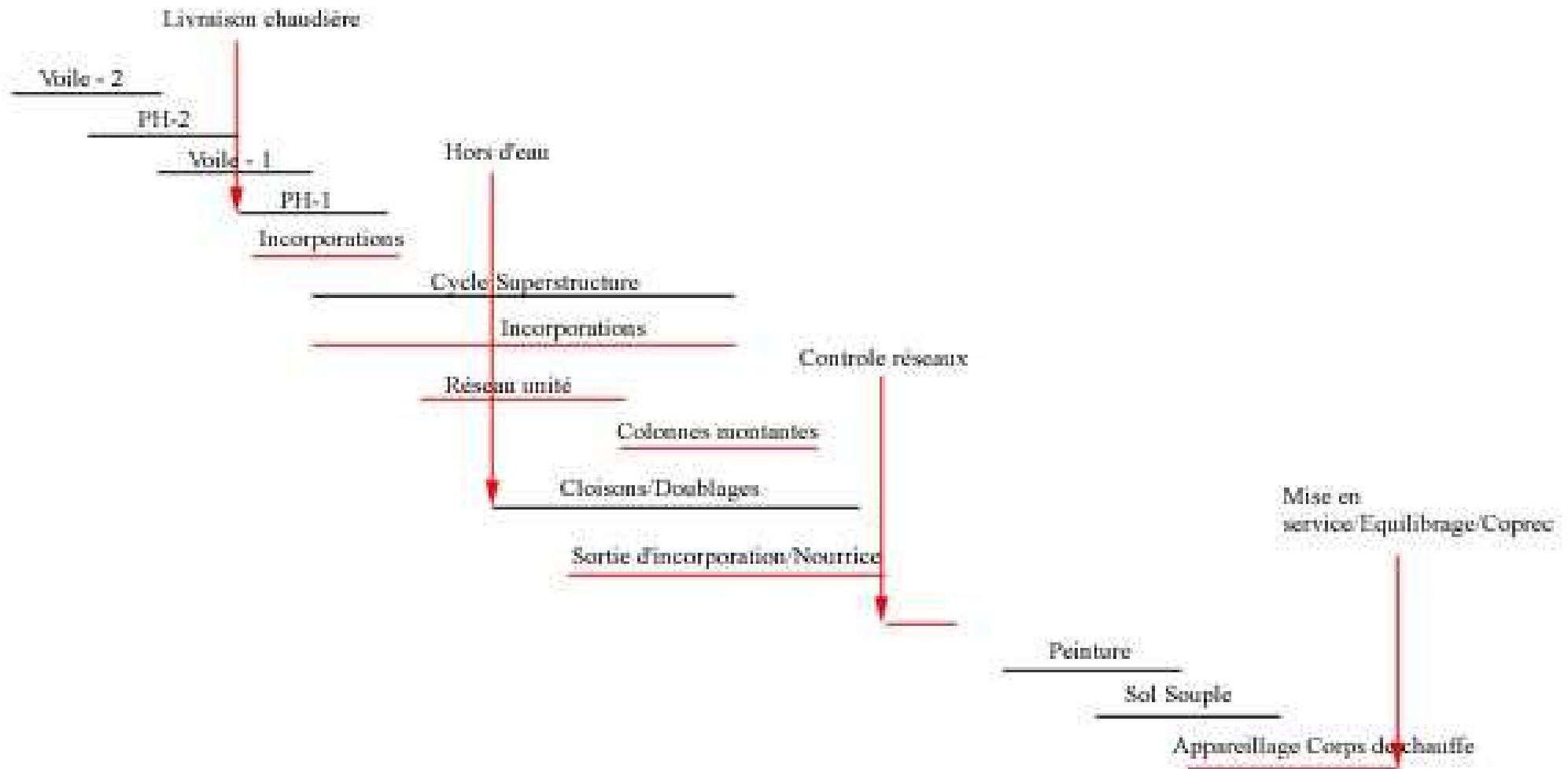
h : Hauteur en mètres du conduit de fumées

Cependant, il faut faire attention que le diamètre ou la section du conduit de fumées ne devra dans aucun cas être inférieur à celui de la buse de sortie de la chaudière.

Diamètres normalisés en mm : 125, 139, 153, 167, 180, 200.

Les diamètres inférieurs ne sont pas conseillés pour une utilisation en conduit de fumées.

5. PLANNIFICATION PAR RAPPORT AUX AUTRES LOTS



Retro-planning

Le retro-planning est l'étape qui concerne l'avant projet, ceux sont tous les documents ou travaux qu'il faut faire avant de commencer le chantier. Avant de commencer un projet, il faut :

- Des études doivent être réalisées sur le terrain choisi, ces études concernent le sol principalement.
- Etablir une phase de consultation des entreprises en charge du chantier
- Choisir une entreprise spécialisée dans le secteur que l'on étudie.
- Après avoir trouvé ces différentes entreprises, il faut que le maître d'œuvre donne son accord en faveur de ces entreprises.
- Puis vient la signature d'un document entre l'entreprise spécialisée et celle qui est en charge du chantier.
- Ensuite, il y a la phase de préparation du PPSPS, de la mise sur un document récapitulatif des différentes études réalisées sur le terrain et la préparation de la phase de conception, afin que les plans soient les plus adéquats avec les résultats obtenus.
- Suite à cette élaboration de plan, il y a une rencontre qui se passe entre le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre afin d'avoir l'approbation de ce maître d'ouvrage. Il faut également l'approbation des différents bureaux d'études consultés pour les premières esquisses établies.
- La planification des travaux est ensuite faite par le maître d'œuvre, ainsi que l'élaboration des plans définitifs et les plans montrant les détails techniques, qui seront envoyés aux entreprises concernées.
- L'élaboration du CCTP (Cahier des Clauses Techniques Particulières) est établie grâce aux différents devis que le maître d'œuvre aura reçu des différentes entreprises.
- Suite à cette rédaction du CCTP, il y a la dépose du PC (Permis de Construire) à la mairie, au service urbanisme.

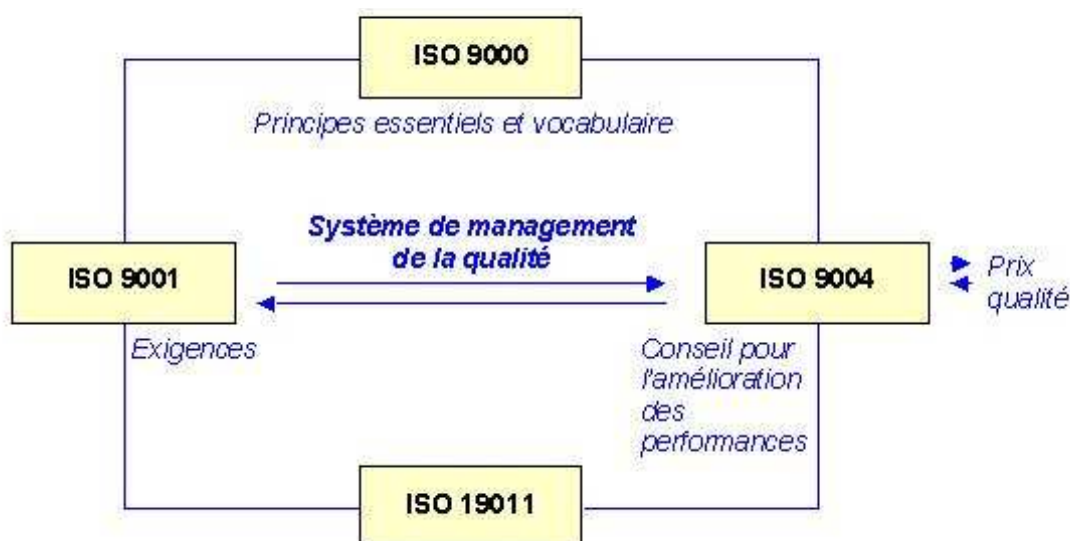
Ensuite ou pendant l'acceptation du permis de construire, le début des travaux peut être fait.

6. PLAN QUALITE

1/ NORMES ISO

La qualité de chaque lot est certifiée par les normes ISO. Cette normalisation peut être prise en compte lors de la consultation des entreprises afin de choisir des produits qui respectent bien ces différentes normes de qualité. La certification et normalisation de ces produits sont faites par l'AFNOR (Agence Française De Normalisation).

Une norme est un document établi par consensus, qui fournit, pour des usages communs et répétés, des règles, des lignes, garantissant un niveau d'ordre optimal dans un contexte donné.



ISO 9000 : Système de management de la qualité : Principe essentiels et vocabulaires.

ISO 9001 : Système de management de la qualité : Exigences.

ISO 9004 : Système de management de la qualité : Lignes directrices pour l'amélioration des performances (usage interne).

ISO 19011 : Système de management de la qualité : Audits.

A ce plan de qualité s'associe différents plans particuliers de contrôles, qui sont différents en fonction des lots étudiés. Ces plans particuliers de contrôles sont effectués sur les chantiers à différentes périodes de l'évolution du chantier, ils concernent plusieurs éléments et leur mise en marche.

2/ LE PPC

Dans ce plan particulier de contrôles, nous allons vous présenter une liste d'éléments qui sont à contrôler sur les chantiers.

Quoi ?	Qui ?	Comment ?	Quand ?
Contrôle à la livraison	Les ouvriers	Contrôlant les malfaçons du matériel, des prescriptions légales	A la réception
Contrôle de fonctionnement	Les ouvriers	Avec une charge minimale de 50% de la charge nominale de 4 heures	A la réception et la mise en marche (référence l'équilibrage)
Contrôle d'étanchéité	Les ouvriers	Avec une pression de 1,5 fois la pression de service	Avant la peinture
équilibrage	Les ouvriers	Rinçage général du réseau hydraulique	A la mise en marche
Contrôle de conformité au plan	Les ouvriers	En regardant les références sur les plans	A l'incorporation et avant le coulage de la dalle
Contrôle des dimensionnements (diamètres tuyaux, chaudière, ...) conforme à l'étude des déperditions	Les ouvriers	En mesurant les diamètres	A la réception et à la mise en place sur le chantier

En plus des ces points de contrôle, les ouvriers procèdent à des vérifications à l'aide de fiches Coprec, celles utilisées par le lot chauffage sont les fiches n°1 et n°2.

3/ ENTRETIEN

L'entretien des différents composants du chauffage est indispensable car il offre de meilleures conditions de confort, fonctionne bien lors de l'usage, dure plus longtemps, préserve la qualité de l'air de la maison et limite les émissions de gaz à effet de serre.

L'entretien de ces appareils doit être fait par un spécialiste afin de donner une assurance et une garantie d'un entretien complet et de qualité. L'entretien annuel de votre installation de chauffage et de production d'eau chaude est obligatoire, cet entretien s'effectue sous la responsabilité et à l'initiative du client.

Le risque avec un mauvais entretien serait la création de monoxyde de carbone, qui est un gaz toxique très dangereux. Il peut se dégager chez les personnes quand les appareils de chauffage sont privés d'air, quand ils sont encrassés ou mal réglés, quand le conduit de fumée est obstrué.

Il faut procéder à l'aération périodique du local de la chaudière, car c'est indispensable pour le bon fonctionnement du brûleur.

Un professionnel contrôle plusieurs points du système de chauffage :

- La chaudière qui doit être nettoyé tous les ans, il effectue également les contrôles de la combustion et les réglages nécessaires au bon fonctionnement de l'équipement. Celui-ci consommera et rejettera moins de CO₂, peu de suie et pas de monoxyde de carbone. Un nettoyage annuel et des réglages lui permettent de conserver intactes et pour longtemps ses qualités.
- Le contrôle annuel des dispositifs de sécurité du brûleur et de la chaudière et leur réglage garantissent une tranquillité.
- Les organes de régulation, les thermostats et les programmeurs sont à vérifier tous les ans.
- Le ramonage du conduit de cheminée est obligatoire au moins une fois par an. Un professionnel qualifié profitera de ce nettoyage pour vérifier son état. Ce contrôle est d'ailleurs obligatoire tous les trois ans pour les conduits tubés. Ces conditions sont indispensables pour votre sécurité : un conduit obstrué peut être à l'origine d'une intoxication par le monoxyde de carbone.
- Le brûleur doit être propre et bien réglé, c'est pour cela qu'il doit être vérifier et nettoyer annuellement.

En contrôlant chaque année la qualité de la combustion de la chaudière, le professionnel détecte les anomalies et effectue les réglages ou les réparations nécessaires.

Ces opérations diminuent les pertes par la fumée et contribuent à protéger l'environnement : elles limitent en particulier la production de gaz à effet de serre.

Il existe des contrats d'entretien qui sont :




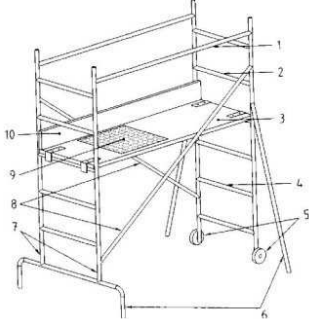
- Une visite annuelle systématique du professionnel. Il nettoie la chaudière, en vérifie les dispositifs de régulation et de sécurité, règle le brûleur, contrôle la combustion ;
- Un intervenant compétent ;
- Un contrôle annuel préventif de la chaudière ;
- La définition des engagements du professionnel et des responsabilités du client ;
- Le dépannage rapide de l'installation en cas de panne. Certaines entreprises s'engagent même par contrat à intervenir sous 24 heures ;
- Un coût à partir de 100 € en fonction des chaudières et des prestations choisies.

Un contrat d'entretien, c'est une durée de vie de 2 à 3 fois plus longue pour la chaudière, 5 fois moins de panne et 8 à 12% de combustible consommé en moins.

7. PPSPS

Sur les chantiers, les travailleurs indépendants et les employeurs doivent établir un Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé afin d'assurer la sécurité de tous les salariés présents.


1/ Risque principale

CAUSE	RISQUE	SOLUTION
Installation de la chaufferie	Risque de blessure	Port des Equipements de Protection Individuel 
Brasage réseau cuivré	Risque de brûlure Gène respiratoire	Lunette pour braser, gant, masque 
Mise en service d'appareil électrique	Electrocution, électrisation	Habilitation électrique obligatoire  et EPI (tapis caoutchouc)
Incorporation du réseau PER dans les dalles de chaque étage augmente les risques (diversités des travaux et Co-activité des différents corps d'états)	Risque de chute	Echafaudage Sécurisé, garde corps et port des EPI 
Installation et mise en service du gaz pour la chaufferie	Risque de fuite (intoxication)	Formation "responsable gaz" obligatoire
Monter des charges lourdes (des	Manutention risquée	Installation de monte charge (dans les

radiateurs par exemple)		trémies d'ascenseurs)
-------------------------	--	-----------------------

2/ Risque secondaire

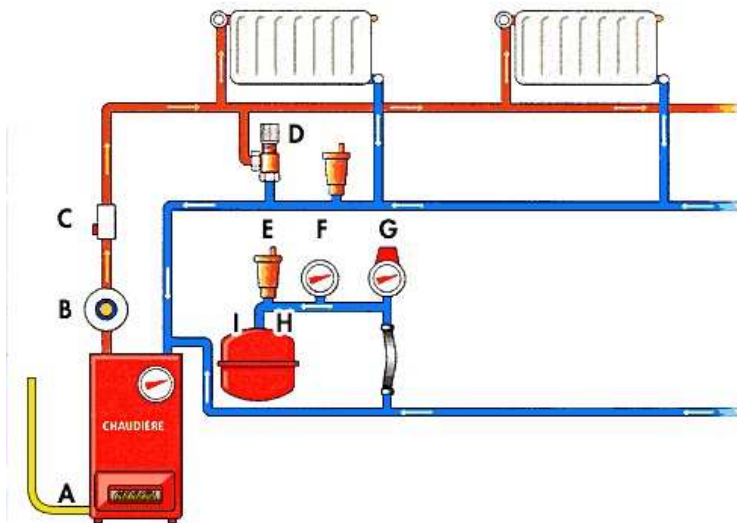
CAUSE	RISQUE	SOLUTION
Travail en hauteur, traçage et installation du réseau dans le local technique	Risque de chute	Utilisation de PIR 
Découpe des tubes cuivre ou PER	Risque de coupure	 Port des EPI
Travaux en milieux bruyants (Co-activité)	Risque de perte d'audition	Port de casque antibruit et, ou des  bouchons d'oreilles
Travaux en milieux poussiéreux (Co-activité)	Problème respiratoire	Port de masque 

<p>Travaux à différents étages (Co-activité)</p>	<p>Risque de chute d'objet</p>	 <p>Port du casque</p>
--	--------------------------------	---

8. MISE EN ŒUVRE

1) Préparation du local technique :

Les principaux constituants d'un chauffage central à eaux chaudes



- A : rampe gaz et brûleur (chauffage de l'eau)
- B : Pompe de circulation (déplacement du liquide)
- C : Clapet anti-thermosiphon (clapet anti-retour)
- D : Soupape différentielle (équilibre du réseau de départ avec le réseau de retour)
- E : Purgeur automatique (élimine les bulles d'air)
- F : Manomètre (contrôle de la pression)
- G : Soupape de sécurité (décharge des pressions)
- H & I : Vase d'expansion et son support (permet la dilatation du fluide chauffé)

Il faut localiser les arrivées de gaz, d'électricité et d'eau. On installe les supports de la chaudière qui sera fixé dans la dalle avec des vises et des chevilles béton. L'installation de la chaudière doit s'effectuer avec un engin de manutention (diable, chèvre).

Une fois en position, il faut la fixer sur ses supports et raccorder la chaudière collective aux réseaux d'eau froide, à un conduit d'évacuation de fumée, au réseau électrique, et au gaz.



Sur la photo il y a une chaudière alimentée au gaz naturel, avec le vase d'expansion en rouge, la vanne trois voies, des vannes d'arrêts, un purgeur automatique, des coudes, des tés, une pompe, des robinets d'arrêts,...



La fixation des tubes s'effectue à l'aide de collier

2) Implantation du réseaux

Le chauffagiste travaille d'après des plans, il trace le parcours des canalisations le long des murs et des cloisons. Il façonne la tuyauterie en coupant des tubes aux dimensions désirées. Il les soude les uns aux autres. Il faut utiliser un coupe tube (car il laisse peu de particules de métal dont la présence peut être néfaste au fonctionnement des organes de distribution) et en plus le plan de coupe est parfaitement perpendiculaire à l'axe du tube.

Il existe deux types de brasage, on utilise le brasage tendre qui a un point de fusion inférieur à 450° pour les travaux d'assemblage sur les canalisations car il est mieux adapté que le brasage fort (supérieur à 450°C). En effet, le grossissement ex agéré des grains de métal (brûlure du métal) à la suite d'un chauffage excessif, favorise les fuites. De plus les assemblages sont aisément démontables par fusion en cas de nécessiter.

Particulièrement malléable, le tube de cuivre accepte des déformations, ce qui permet de le façonner facilement et rapidement. Le chauffagiste va donc pouvoir suivre les tracés qui sont souvent complexes.

Les réseaux sont souvent réalisés en cuivre car le rayon de cintrage minimum d'un tube de cuivre est deux fois plus petit que celui d'un tube PER.

L'aptitude du cuivre au brasage et au sertissage autorise la mise en place de raccords fiables, étanches et économiques.

Il existe aussi des tuyauteries en, inox, acier zingué, et PER, qui sont souvent assemblées par sertissage, sauf pour le gaz (qui n'est pas encore autorisé en France). Cette technique, très répandue présente des avantages : rapidité, sécurité et longévité des assemblages.





Les différentes vannes, pompes, robinets avec purge,...sont montées sur le réseau par vissage. Il existe différents filetages males et femelles de dimensions standardisées 1, 3/4, 1/2, 1/4, ...



3) Passage du réseau dans la dalle.

En co-activité avec le gros œuvre, on passe le réseau sur le coffrage de dalle. Le cuivre revêtu d'une paroi mince ou le P.E.R sont utilisés couramment.

Le PER existe en tube pré gainé pour être encastré dans les cloisons ou noyé dans une dalle. Son utilisation se différencie par un code de couleur très pratique : tube rouge pour l'eau chaude et bleu pour l'eau froide ou tiède.

On utilisera 2 diamètres différents pour les incorporations dans les dalles de chaque étage.

- 10 x 12 pour éviers, lavabo, WC et radiateurs jusqu'à 2000W.
- 13 x 16 pour baignoires, douches et radiateurs au delà de 2000W



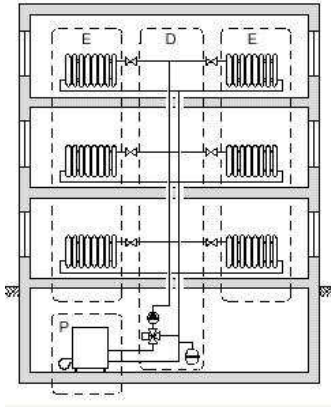
Pour assurer sa protection mécanique, sa dilatation, ainsi que son remplacement éventuel, le tube PER doit être protégé par une gaine spécifique (résistance à l'écrasement : 750 KN).

4) Installation des colonnes montantes.



En co-activité avec le gros œuvre les trémies des colonnes montantes sont décoffrées à tous les étages, On y fixe les tuyaux d'eau chaude (départ), d'eau tiède (retour), mais aussi l'eau froide potable, les descentes d'évacuation des eaux usées, et l'électricité. Des tubes de grand diamètre sont utilisés pour la colonne d'eau chaude et d'eau froide, car leurs débits sont importants.

5) Nourrice et les gaines palières



A chaque étage, il y a des nourrices qui distribuent les différents radiateurs de chaque appartement.

La figure montre le principe d'une installation bitube de chauffage central à eau chaude le plus souvent utilisé.



On peut installer par vissage les compteurs individuels de consommation d'eau, et aussi des compteurs chauffages individuels selon l'habitation.

6) Installation de radiateur



Présentation du radiateur par rapport aux incorporations. Mise en position et installation des pattes de fixation du radiateur dans le mur par des visses plus cheville et plaquo ou béton.



Une fois le radiateur fixé sur ses supports, il ne reste plus qu'à brancher le fil de terre, raccorder les entrées (robinet, ou vanne thermostatique) et la sortie d'eau.

AUTRE EXEMPLE DE DIFFUSION DE CHALEUR POSSIBLE :

LE PLANCHER CHAUFFANT



On pose des feuilles de polystyrène avec des plots en plastique afin d'isoler la dalle et de fixer facilement le réseau.



Installation du réseau PER, Il y a plusieurs façon de le mettre soit en escargot, soit en va et viens.



Commande de la toupie, et d'une pompe à béton pour réaliser une chape liquide de 8cm.



Après mise a niveau de la chape, (a l'aide de trépieds), on lisse celle-ci avec grande raclette.



Il reste plus qu'à raccorder le plancher chauffant à l'aide de nourrice avec mano, sur le réseau de chauffage.



Vue de la dalle après une couche de primaire d'accroche, étape importante avant de carrelé.



Il faut préparer la colle, l'étaler à la spatule puis on passe le peigne de 1cm pour bien répartir la colle. Il faut veiller à bien encoller les carreaux et le sol (double encollage),
Pour un carrelage en diagonale, il faut commencer par la plus grande diagonale et partir de part et d'autre.

A LA FIN DU CHANTIER :

Le chauffagiste vérifie le bon fonctionnement du système et l'absence de fuites. Après raccordement complet du réseau, il met sous pression le réseau avec un compresseur, puis il vérifie que la pression de 10 bars reste constante (après arrêt du compresseur). Si la pression chute cela signifie une fuite sur le réseau. Une fois étanche, on remplit celui-ci en ouvrant la vanne d'arrivée d'eau sur le réseau de retour et la robinet de vidange. Après rinçage, on ferme le robinet de vidange et on purge manuellement le réseau par le purgeur placé le plus haut.

9. PATHOLOGIES

FICHE N°1

CONDENSATIONS DANS LES LOGEMENTS



1/ LE CONSTAT

Auréoles et taches de moisissures constituent les principaux signes de condensation dans les logements. On les remarque dans les endroits faiblement ventilés : cueillies de plafonds, encoignures des cloisons, parois des penderies, derrière les meubles adossés...

Passé un certain stade de gravité, ces dommages sont souvent confondus par les occupants avec des fuites ou des infiltrations. Ils sont susceptibles d'avoir de sérieuses répercussions sur le plan de la santé et du confort des occupants mais aussi au niveau de la conservation du bâti.

2/ LE DIAGNOSTIC DES DÉSDRES

L'air ambiant contient de la vapeur d'eau en quantité variable. Elle provient de l'évaporation des eaux terrestres, de la respiration animale et végétale ainsi que des activités humaines (travaux ménagers,...). A tout moment, l'air extérieur ou l'air d'un local contient un certain pourcentage de vapeur d'eau, appelé humidité relative (HR). Pour une pression donnée, l'air ne peut contenir qu'une quantité limitée d'eau sous forme de vapeur. Cette quantité maximale est fonction de la température et diminue avec celle-ci. Par exemple, à 20°C, l'air ne peut contenir 14,7 g de vapeur d'eau par kg d'air sec, mais seulement 5,4 g à 5 °C. L'ensemble de ces valeurs limites peut être obtenue par simple lecture sur le diagramme de Mollier.

Lorsque le maximum de vapeur d'eau est atteint, on parle d'air saturé (HR = 100 %) et le surplus éventuel d'eau ne peut plus exister que sous forme liquide.

Les condensations superficielles peuvent s'observer sur les vitrages des menuiseries mais aussi sur les parois opaques (murs), les sols (carrelages, par exemple) ou les dallages sur terre-plein. Essentiellement hivernal, ce phénomène est lié à la tendance de la paroi à laisser passer vers l'extérieur les calories d'un local chauffé.

On définit le coefficient de transmission thermique (K) qui dépend de l'épaisseur de la paroi et des matériaux qui la constituent. Un mur possédant un faible coefficient K (bonne résistance thermique) a peu de risque d'être le siège de condensations superficielles. Sa température de surface, tout en étant inférieur à celle du local, en reste toutefois suffisamment proche.

En revanche, une paroi ayant un K élevé (mauvaise résistance thermique) comme un simple vitrage, aura une température de surface intérieure plus faible, et deviendra donc rapidement le siège de condensations, voire de ruissellements, quand l'air extérieur refroidira.

Les condensations à l'intérieur d'une paroi :

En l'absence d'écran pare-vapeur côté intérieur, la vapeur d'eau se diffuse au travers de la paroi vers l'extérieur. Sous l'effet de l'abaissement de la température, elle va se condenser au droit du point de rosée. L'eau ainsi formée peut provoquer des dommages sous l'effet expansif du gel.

Différents facteurs peuvent venir aggraver cette situation :

- Une surproduction de vapeur d'eau (sur occupation du logement, cuisson à la vapeur, lessives et séchages,...) ;
- un chauffage insuffisant dans les pièces principales ou ponctuellement interrompu ;
- l'obstruction volontaire ou non (encrassement) des orifices d'entrée ou d'extraction d'air ;
- arrêt volontaire ou non (panne) de la VMC
- branchement d'une hotte aspirante sur une extraction ;
- mise en œuvre, dans le cadre d'une rénovation, d'un revêtement d'imperméabilité de façade ;
- remplacement de menuiseries extérieures sans mise en place d'un système de ventilation.

3/ LES POINTS SENSIBLES

PARE-VAPEUR

Feuille ou membrane étanche à la vapeur d'eau : film de PVC, polyéthylène, polyester, papier-plomb, papier goudronné, feuille d'aluminium, etc.

Les pare-vapeur ont pour rôle d'empêcher ou d'entraver fortement le cheminement ("migration" ou "diffusion") de la vapeur d'eau à travers les parois.

Dans une isolation thermique, il importe de toujours disposer les écrans pare-vapeur du côté chaud de l'isolant, c'est-à-dire vers l'intérieur des locaux, pour éviter le risque de condensation de la vapeur dans l'épaisseur de l'isolant.

VENTILATION

Le système d'aération doit comporter :

Des entrées d'air dans toutes les pièces principales, réalisées par des orifices en façades, des conduits à fonctionnement naturel ou des dispositifs mécaniques (VMC).

Des sorties d'air dans les pièces de service, au moins dans les cuisines, les salles de bains ou de douches et les cabinets d'aisances, réalisées par des conduits verticaux à tirage naturel ou des dispositifs mécaniques. En installation collective de ventilation, si une pièce de service possède une sortie d'air mécanique, toutes les autres pièces de service doivent en posséder une.

L'air doit pouvoir circuler librement des pièces principales vers les pièces de service.

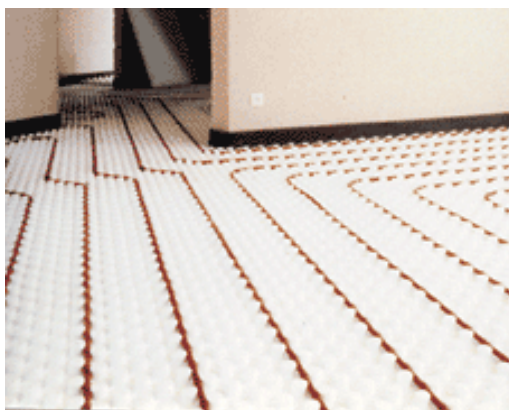
4/ CONSEIL DE L'EXPERT

Pour éviter ou réduire l'ampleur de ce phénomène, le maintien permanent et conjoint d'une température et d'un renouvellement d'air suffisants ainsi qu'un bon entretien des installations sont nécessaires.

Les conditions de confort pour l'homme correspondent à des taux d'humidité relative compris entre 30% et 75%.

FICHE N°2

LE CHAUFFAGE PAR LE SOL A EAU CHAUDE



1/ LE CONSTAT

Afin d'éviter des fuites sur le réseau ou diverses fissurations liées aux effets thermiques, la mise en œuvre d'un chauffage par le sol à eau chaude doit être prise en compte dès la conception par l'ensemble des corps d'état concernés.

2/ LE DIAGNOSTIC DES DÉSORDRES

Un plancher chauffant à eau chaude est habituellement réalisé par plusieurs corps d'état : maçon (chape de ravaillage « béton maigre » éventuelle sur le dallage pour le passage des canalisations ou réseaux autres que les canalisations de chauffage) chauffagiste (isolant + canalisations de chauffage en cuivre ou matériaux de synthèse (PE, polybutène), maçon ou le plus souvent carreleur (chape d'enrobage des canalisations et pose revêtement de sol).

Les désordres les plus fréquents concernent les revêtements de sols, principalement les carrelages collés ou scellés.

Il s'agit principalement de :

- Microfissuration, fissuration du carrelage, portant en général sur l'ensemble de la complexe chape du revêtement / chape d'enrobage.

- Tassement ou écrasement en partie courante ou en rive de dallage.

Leur origine est principalement liée :

- À l'isolant : trop compressible ou mal mis en œuvre (discontinuité).
- À l'installation de chauffage : délai de mise en chauffe par rapport à la réalisation du carrelage non respecté, température du fluide caloporteur ou à la surface du revêtement trop élevée, non respect de la pression de ville pendant le bétonnage.
- À l'enrobage des canalisations : canalisations insuffisamment enrobées, retrait excessif du mortier avec treillis soudé ou fibres (métalliques ou synthétiques), mortier sous dosé.
- À la réalisation du revêtement : absence ou insuffisance de joints de fractionnement et de joints périphériques.

Certains phénomènes d'embouage, de corrosion (en cas de canalisations métalliques), voire des percements accidentels, peuvent aussi être constatés, comme dans des réseaux de chauffage traditionnel.

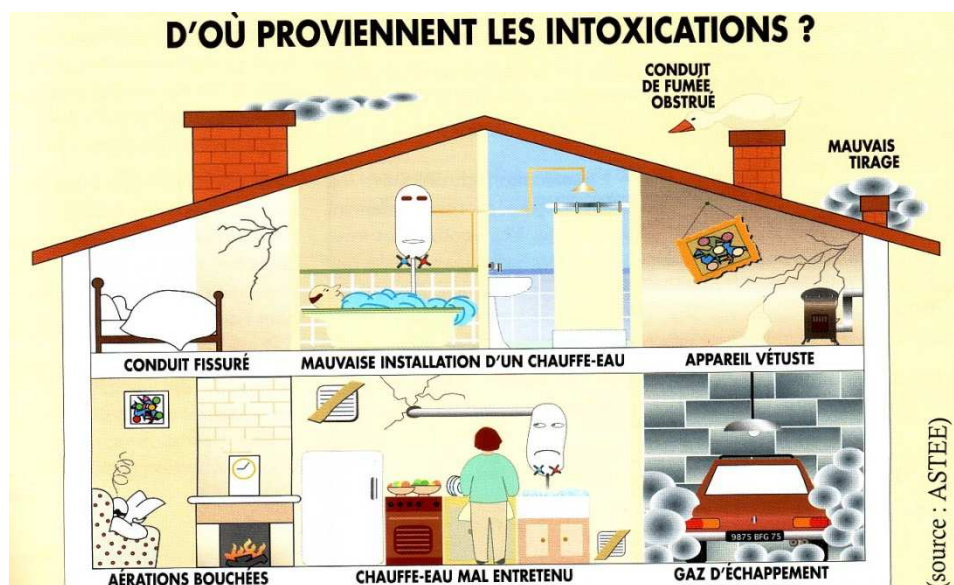
3/ LES CONSEILS DE PREVENTION

Il faut absolument respecter le DTU 65.14 et plus particulièrement les points suivants :

- Utiliser des isolants de classe de compressibilité I ou II au sens du DTU 26.2 ou certifié ACERMI ISOLE I3 / I4 ou I5.
- Avoir une température du fluide inférieure à 50°C et de surface inférieure à 28°C. Au Niveau de la maintenance prévoir les dispositifs nécessaires (articles 5.1 et 5.5) ; planning de mise en température).
- Respecter les épaisseurs minimales d'enrobage des canalisations.
- Respecter pour l'ensemble chape d'enrobage et revêtement les joints de fractionnement et/ou périphériques. Attention, la pose de carreaux de grand format en diagonale peut conduire pour des raisons esthétiques à la réduction de ces joints, ce qui reste d'être néfaste.
- La pose scellée directement sur les canalisations n'est pas autorisée.
- Le béton d'enrobage des canalisations peut être remplacé par une chape liquide anhydrite. Dans ce cas, il faudra se conformer aux Avis Techniques des procédés pour les produits associés à utiliser (enduits de lissage, mortier colle).

FICHE N°3

INTOXICATION AU MONOXYDE DE CARBONE, GAZ ASPHYXIANT INVISIBLE ET INODORE



1/ LE CONSTAT

Monoxyde de carbone résulte d'une combustion incomplète de substances carbonées appelées aussi comburants (bois, butane, charbon, essence, fuel, gaz naturel, pétrole, propane) en présence d'une quantité insuffisante d'oxygène.

Cet appauvrissement de l'air en oxygène se produit dans certaines conditions: absence de ventilation de la pièce (bouches d'aération et fenêtres fermées), présence de vapeur d'eau (salle de bains), conditions météorologiques défavorables (vent, brouillard, redoux), présence d'autres gaz qui occupent la place de l'oxygène.

Le monoxyde de carbone est un gaz asphyxiant invisible et inodore. Il peut se révéler mortel en moins d'une heure.

2/ LES POINTS SENSIBLES

- Les appareils récents à gaz raccordés à un conduit de fumée en tirage naturel, possèdent désormais un système de sécurité contre le refoulement des produits de combustion, appelé SPOTT (Système permanent d'Observation du Tirage Thermique), dont le fonctionnement doit être testé lors des opérations d'entretien.
- Nettoyez régulièrement les brûleurs de votre chaudière (on doit voir une flamme bleue et courte). S'ils sont encrassés le mélange air gaz ne s'effectue pas dans de bonnes conditions et le brûleur peut s'éteindre, notamment quand il est au ralenti.

3/ CONSEIL DE L'EXPERT

Afin de limiter les risques d'intoxication, il est conseillé de ne pas obstruer les grilles de ventilation, de faire entretenir sa chaudière par un professionnel qualifié avant l'arrivée du froid, de faire ramoner le conduit de cheminée ou de ne pas utiliser en continu les chauffages d'appoint fonctionnant au gaz ou au pétrole.

La seule façon de détecter la présence de monoxyde de carbone est d'utiliser un détecteur avertisseur de CO.

L'installation d'un détecteur avertisseur de monoxyde de carbone ne peut se substituer à une révision de vos installations de chauffage et de production d'eau chaude par des professionnels qualifiés. Son rôle est de limiter les conséquences de l'intoxication par monoxyde de carbone en vous alertant avant que vous ne soyez dans l'impossibilité de fuir.

Fonctionnement : l'avertisseur de CO constitue un moyen de protection efficace lorsque des sources potentielles de CO sont présentes dans une maison. Il mesure en permanence, la concentration de CO dans l'air et déclenche l'alarme sonore avant que la concentration de CO dans l'air ambiant ne présente un risque pour la santé.

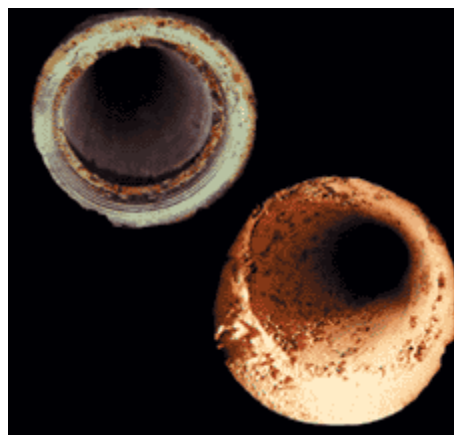
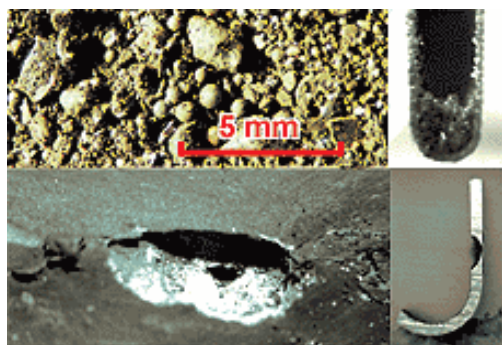
Un détecteur de fumée ne vous protège pas contre le CO.



DETECTEUR MONOXYDE CARBONE CO 9Vcc BUZZER

FICHE N°4

EMBOUAGE ET CORROSION DES CIRCUITS DE CHAUFFAGE



1/ LE CONSTAT

Une installation de chauffage à eau chaude perd de son efficacité thermique lorsque trop de boues sont présentes dans ses circuits. Elles peuvent aussi entraîner la corrosion de certains composants et notamment des émetteurs en tôle d'acier.

2/ LE DIAGNOSTIC DES DÉSORDRES

Ces boues se composent :

- De la calamine couvrant à l'origine les faces internes des tubes et tôles d'aciers assemblés pour former le circuit de chauffage.
- De résidus de construction. Les liaisons des tubes par des raccords mécaniques ou à souder sont à l'origine de déchets (morceaux de filasse, métal d'apport de soudure autogène ou de soudo-brasure, particules métalliques...).
- De produits minéraux présents dans l'eau de remplissage et d'appoint. La présence de ces minéraux dans l'eau fait de celle-ci un électrolyte.

Au moment du chauffage ou au fil du temps, ils précipitent sous forme de composés insolubles.

- De produits de corrosion.
- D'amas de bactéries (ferrobactéries thermorésistantes) qui vivent sous les dépôts. Elles aggravent le processus de corrosion.

Lorsqu'il atteint un niveau conséquent, l'embouage se traduit par :

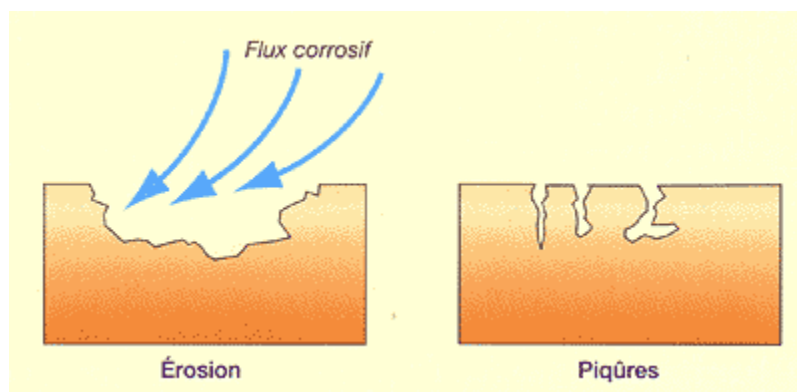
- des surchauffes locales de la chaudière. Elles conduisent à des vaporisations locales de l'eau et, à terme, à l'éclatement des parties qui atteignent les limites d'élasticité du métal.
- une baisse d'efficacité des échangeurs de chaleur (impossibilité d'atteindre une température de confort dans les locaux concernés). Les usagers font remarquer que les radiateurs sont froids dans les parties basses. Pour arrêter les gargouillements dans les radiateurs, ils doivent les purger pour évacuer les gaz qui s'accumulent en partie haute. Au final, le gestionnaire de l'immeuble constate une augmentation du coût de l'entretien, du coût du chauffage mais aussi du nombre de réclamations de ses locataires (inconfort).
- Des fuites d'eau apparaissent sur les faces externes de radiateurs en acier.
- De fréquents appoints d'eau au niveau d'un chauffage individuel. Des écoulements d'eau se produisent parfois au niveau du groupe de sécurité de la chaudière.

Au niveau de la chaudière, les dépôts qui se forment sur les faces internes de l'installation peuvent conduire à la déformation voire l'éclatement des surfaces de chauffe. En effet, la température de la paroi chauffée est de plus en plus élevée quand l'épaisseur de tartre carbonaté calcique augmente.

Au niveau des radiateurs, les dépôts réduisent la température de surface extérieure. La perte de température est proportionnelle à l'épaisseur du dépôt.

Sous les dépôts, la corrosion naît de la formation d'une pile galvanique, que des apports d'eau fréquents, qui enrichissent l'eau du circuit en minéraux et en oxygène dissout, favorisent la corrosion.

La corrosion attaque et détruit lentement la surface des tubes par l'action des agents chimiques (surtout sels dissous et acides) qui oxyde les conduits. Ces percements sont la conséquence d'une corrosion (phénomène chimique), d'une abrasion (phénomène mécanique) et parfois des deux.



"Illustration des différences entre les deux modes d'attaque des canalisations :

Érosion et piqûre."

La corrosion apparaît sous forme de piqûres ou « pitting ».

La corrosion externe est relativement fréquente. Elle provient du passage de l'eau par les arases de gaines au niveau du sol ou par les raccords de gaine de protection non étanches. L'eau provient des lavages de sol et contient donc des produits de nettoyage (présence de chlorures et de sulfates). La concentration de ces sels agressifs dans les points bas entraîne une attaque rapide et caractéristique.

La corrosion interne peut être due à plusieurs facteurs qui rendent complexe le phénomène.

Les principaux sont :

- la nature de l'eau (minéralisation, température, aération, pollution) ;
- la nature et l'état métallurgique du métal ;
- des dépôts superficiels exagérés ;
- les couples galvaniques (" effet de pile " par différence locale de potentiel électrique) ;
- une contrainte dans le tube (déformation excessive, par exemple) ;
- la vitesse du fluide.

3/ LES POINTS SENSIBLES

Le traitement curatif consiste à :

- Eliminer les boues en circulation par la mise en place de pots à boues, filtres à cartouches ou appareils cycloniques avec, éventuellement, des aimants pour fixer les particules ferromagnétiques.
- Eliminer, dans certains cas, les dépôts durs d'oxydes de fer en les remettant en circulation grâce à des additifs spécifiques (attention, certaines pompes supportent mal le passage des résidus abrasifs).

4/ CONSEIL DE L'EXPERT

Avant la mise en service d'une installation de chauffage collectif, il faut s'assurer que le circuit est bien rincé afin d'éliminer la calamine et les résidus de mise en œuvre.

S'assurer aussi que l'eau de remplissage et d'appoint est adoucie, voire désionisée afin de réduire sa conductivité et d'exclure la précipitation de composés minéraux.

Dans les circuits " tout acier ", ajouter des produits à base de soude, d'ortho phosphates de sodium et de carbonates de sodium pour rester dans le domaine de passivité du métal. Prévoir aussi des inhibiteurs de corrosion, des séquestrant d'ions alcalino-terreux, des réducteurs d'oxygène et des produits de suspension-dispersion des boues.

La mise en place d'un compteur volumétrique sur l'eau d'appoint permet d'évaluer la quantité d'eau ajoutée et de produit de traitement nécessaire.

La corrosion peut-être évitée préventivement par les traitements électrolytiques, zingage, étamage, chromage, etc., ou par les revêtements et peintures anticorrosion.

FICHE N°5

LES CHEMINÉES A FOYER FERME ET LES INSERTS



1/ LE CONSTAT

Les cheminées à foyer fermé et les inserts ont été à l'origine de nombreux sinistres d'incendie. Ils sont principalement liés à leur comportement thermique et aux températures très élevées pouvant être atteintes par les gaz de combustion.

2/ LE DIAGNOSTIC DES DÉSORDRES

Les cheminées à foyer fermé et les inserts ont un aspect extérieur très proche des cheminées à feu ouvert. Mais, en fait, ce sont des poêles dont la conception et le design permettent de voir les flammes au travers de la vitre équipant la porte.

La combustion de bois nécessite un apport de comburant (oxygène contenu dans l'air). Dans le cas d'une cheminée à foyer ouvert, celui-ci est toujours largement excédentaire, ce qui a pour effet de refroidir les fumées et le foyer. Dans le cas des poêles, des foyers fermés et des inserts, une régulation du débit d'air est possible (ce qui améliore le rendement). Seule la quantité d'air nécessaire à la combustion est introduite dans le foyer. Il en résulte des températures de gaz brûlés et du foyer beaucoup plus élevées, pouvant provoquer d'importants échauffements des ouvrages proches du foyer avec, dans les cas extrêmes, des risques d'incendie.

La hotte surplombant le foyer est l'ouvrage le plus sensible. Il faut donc éviter tout piège à calories permettant de dépasser une température de 105 / 110°C, qui engendrerait un début de carbonisation des pièces en bois, voire d'auto-inflammation à partir de 250 / 275 °C.

Les autres sinistres proviennent :

- des ouvrages situés à proximité du conduit ;
- de l'habillage du foyer ;
- de la jonction entre le conduit de raccordement et le conduit de fumée en attente au plafond ;
- du conduit sur lequel le foyer est raccordé.

3/ LES POINTS SENSIBLES

- Le DTU 24.1 - NF P 51.201 de février 2006 (lien I.1) et l'arrêté du 22 octobre 1969, fixent les conditions de conception et réalisation des conduits de fumée.
- Les éléments constitutifs des conduits (boisseaux, éléments métalliques) déterminent l'étanchéité des conduits et leur isolation.
- La géométrie des conduits
- La hauteur de la souche (Ouvrage sur toit pour contenir le conduit de fumée)
- La distance au feu

Le DTU 24.2 de décembre 2006 « travaux d'âtre »

Le DTU 24-1 de février 2006 fixent les conditions de conception et de réalisation des cheminées à foyer fermé et des inserts.

L'étiquetage et la vente de ces appareils sont réglementés par l'arrêté du 14 novembre 1991 et le décret n°93-1185 du 22 octobre 1993.

Le DTU 24-2 prévoit des dispositions consistant en un système de ventilation de la hotte afin d'éviter toute surchauffe.

Tous les ouvrages situés à proximité du foyer (sol, mur, cloison, plafond) sont soumis à un échauffement par rayonnement et convection. Il faut donc éviter la présence dans cette zone de tous matériaux combustibles ou dégradables sous l'action de la chaleur. La mise en place d'isolants incombustibles et/ou d'une lame d'air ventilée est souvent nécessaire.

L'habillage du foyer doit être réalisé en matériaux incombustibles. Le bois est néanmoins autorisé, notamment pour réaliser des linteaux décoratifs. Dans la plupart des cas, une isolation thermique des parois soumises au rayonnement direct doit alors être mise en place pour éviter toute élévation de température supérieure à 80°C.

Le conduit de raccordement entre le foyer et le conduit de fumée est la plupart du temps métallique. L'ensemble de ce raccordement doit être parfaitement étanche. La jonction entre le conduit de fumée en place et le conduit de raccordement en attente au plafond doit être réalisée à l'aide d'un élément

permettant le ramonage du conduit. On évitera ainsi toute accumulation de suie risquant de favoriser le départ d'un feu de cheminée.

La sécurité de l'installation dépend également du conduit de fumée évacuant les gaz brûlés. Il est donc nécessaire de s'assurer de son état (étanchéité, isolation, section, écart au feu,...) et de sa compatibilité avec le foyer à installer.

4/ LES CONSEILS DE PREVENTION

- Respecter les règles de l'art et porter une attention particulière aux zones pouvant constituer des pièges à calories ;
- Vérifier l'état du conduit de fumée et, en particulier, les distances de sécurité.
- vérifier que l'isolation du conduit et de la souche est suffisante
- réaliser des conduits verticaux
- respecter la distance au feu entre conduit et éléments combustibles.

10. ECONOMIE DU LOT

Dans cette partie consacrée à l'économie du lot nous allons parler des différents éléments qui sont pris en compte lors de la demande de devis. Nous ferons également des comparaisons entre les différents prix des chaudières en fonction de l'énergie utilisée. Voici un tableau montrant les différents prix du kWh en fonction de l'énergie utilisée :

Energie	Les points positifs	Les points négatifs
Electricité	<ul style="list-style-type: none"> - Peu de travaux d'installation, - Large gamme de prix : du moins cher au plus cher, - Pas de stockage. 	<ul style="list-style-type: none"> - En abonnement double tarif (heures pleines/heures creuses) pour une puissance de 12KWA : 272,89€ TTC/an, - Coût du kWh élevé (de 0,1057€ en heures pleines à 0,0644€ en heures creuses), - Très bonnes isolation et ventilation obligatoires.
Gaz naturel	<ul style="list-style-type: none"> - L'augmentation est forte depuis des mois : 0,05€ du kWh, - Pas de stockage. 	<ul style="list-style-type: none"> - N'est proposé que dans 7100 communes françaises, - Abonnement B1 : 125,21€/an, - Investissement de départ élevé, - Encombrement de la chaudière.
Fioul	<ul style="list-style-type: none"> - Pas d'abonnement, - Coût du kWh relativement peu élevé mais en hausse (autour de 0,04€). 	<ul style="list-style-type: none"> - Stockage en cuve, - Encombrement de la chaudière, - Energie payable d'avance, - Entretien annuel (125€ environ), - Prix fluctuant avec le prix du pétrole.

Propane	<ul style="list-style-type: none"> - Disponible dans les endroits les plus reculés, - Pas d'abonnement. 	<ul style="list-style-type: none"> - Coût du kWh relativement cher (0,07€), - Stockage en citerne obligatoirement en extérieur, - Location (de 200€ à 250€ par an) ou consigne (de 915€ à 1525€ par an) pour la citerne.
Géothermie	<ul style="list-style-type: none"> - Pas de cuve à remplir, de ramonage ou d'entretien, - Juste le coût de l'électricité pour la pompe à chaleur, - Pas de pollution, - Pas de danger de stockage ou de combustion. 	<ul style="list-style-type: none"> - Une installation plus coûteuse qu'une installation classique.
Bois	<ul style="list-style-type: none"> - Complément de chauffage très souple, - Assez bon marché (entre 36,60€ et 53,40€ le stère), soit 0,05€ le kWh, - Souvent gratuit, en réalité... 	<ul style="list-style-type: none"> - Réservé à des habitations de petite taille et occupés brièvement (chalets, par exemple), - Stockage nécessaire, - Ramonage obligatoire (entre 65€ et 160€).

Voici un tableau montrant le prix que vaut certain composant du chauffage :

	Prix
Vanne thermostatique	40 - 50 €
Thermostat d'ambiance à horloge	130 – 250 €
Régulation climatique sur chaudière	500 – 700 €
Régulation climatique de 2 circuits avec vannes mélangeuses	1 300 – 1 600 €
Régulation complète d'un bâtiment de 1 000 m² avec un circuit	800 – 1 300 €

Evolution du nombre de litres de mazout consommés par m² :

- 1920 : 20 litres : murs en pierre (60à 80 cm)
- 1950 : 21 litres : murs de béton (parpaing) +espace vide+murs en brique
- 1970 : 22 litres : murs en béton armé
- 1980 : 17 litres : isolation des murs > 5 cm de laine de verre
- 1990 : 13 litres : isolation intérieure d'environ 10 cm
- 2000 : 10 litres : isolation par l'extérieure ce qui crée une inertie thermique.

L'économie en chauffage dans une maison dépend de la paroi en contact avec l'extérieur, on peut voir que le nombre de litres de mazout nécessaire par m² pour une chaudière est en constante diminution depuis la crise du pétrole de 1974.

Le prix des tubes utilisés dans le système de chauffage varie en fonction du matériau, un tube vaut 2,80€/m pour le cuivre et 0,99€/m pour le PER. Le prix de ces matériaux varie en fonction de la variation des cours de la bourse sur les matériaux.

INDICE BT

Un indice est un nombre abstrait dont l'évolution dans le temps représente l'évolution du prix d'un produit ou d'un facteur de coût particulier. (Salaires et charges, matériaux, matériel, transport, etc...).

La révision des prix du marché correspond au calcul, par mois ou acompte par acompte, de la dérive de valeur de chaque acompte par rapport à son estimation, faite par l'application de prix initiaux du marché. Pour des motifs qui relèvent de la tradition historique, l'application de la révision n'est pas totale : une partie, dite « fixe », du prix initial reste invariante. Réglementairement, son importance est aujourd'hui de 12,5%, mais en pratique de très nombreux marchés appliquent une partie fixe de 15%.

L'actualisation d'un marché est une méthode de calcul permettant de revaloriser globalement la valeur des prix d'un marché, lorsque s'écoule un délai anormalement long entre une estimation de prix et le commencement des travaux. Cette actualisation n'a lieu, en principe qu'une seule fois avant le début de l'exécution des travaux. Dans ce cas, la réglementation des marchés publics prévoit que l'actualisation doit se faire avec un décalage de lecture des index de 3 mois avant la date de l'actualisation, et sans introduction d'une partie fixe dans le calcul. Mais un calcul « d'actualisation » peut également s'employer dans d'autres cas, par exemple lorsqu'il est nécessaire d'évaluer l'incidence financière d'un décalage d'exécution des travaux dans le temps.

Il y a trois catégories de marchés publics :

- le marché à prix ferme doit comporter une clause d'actualisation. Si elle ne figure pas dans les documents de consultation des entreprises, il convient de la rajouter. Celle-ci ne doit réglementairement jouer que s'il s'est écoulé plus de trois mois entre la date de valeur du prix et celle de la date d'effet de l'ordre de service de commencement des travaux. L'application

d'une telle actualisation se fait donc avec un décalage de lecture de 3 mois en arrière, considérant ainsi qu'un prix ferme reste intangible pendant 3 mois.

Si M_0 est le mois de valeur de base des prix, si M_i est le mois de la date d'effet de l'ordre de service de commencer les travaux et si l'on a $i > 3$ mois, l'actualisation consistera à multiplier

tous les prix du marché par le coefficient :
$$\frac{P}{P_0} = \frac{I_{M_0}}{I_{M_{i-3}}}$$

- le marché à prix révisable doit comporter une partie fixe minimale de 12,5%. Dans le quotidien, l'ancienne pratique d'avoir une partie fixe égale à 15% est généralement conservée. Une des formules les plus courantes pour une variation utilisant les Index, est

ainsi :
$$\frac{P_n}{P_0} = 0,15 + 0,85 * \frac{I_n}{I_0}$$

- le prix ajustable n'est pratiquement pas utilisé dans les activités de la construction.

Pour le chauffage central sauf le chauffage électrique, l'indice de prix est le BT 40, donc la formule devient :

$$\frac{P_n}{P_0} = 0,15 + 0,85 * \frac{BT40_n}{BT40_0}$$

Voici le tableau de pourcentage à prendre en compte pour indice BT du chauffage :

Salaires et Charges	Matériaux	Matériel	Transport	Energie	Frais Divers
40%	41%	2%	2%	0%	15%

11. ENVIRONNEMENT

1/LA HQE

La HQE (Haute Qualité Environnementale) n'est pas un label, ni une réglementation mais plus une démarche environnementale qui consiste à répondre à plusieurs cibles selon une certaine importance.

Pour dire qu'un bâtiment puisse avoir une certification « NF Maison Individuelle-démarche HQE », adoptée le 30 mai 2006. Il faut que le bâtiment possède 3 cibles très performantes au minimum, 4 cibles performantes au minimum et 7 cibles de base au maximum.

- Base : niveau correspondant à la performance minimum acceptable pour une opération Haute Qualité Environnementale. Cela peut correspondre à la réglementation si celle-ci est suffisamment exigeante sur les performances de l'ouvrage.
- Performant : niveau correspondant à de bonnes pratiques.
- Très Performant : niveau calibré par rapport aux performances maximales constatées dans des opérations Haute Qualité Environnementale, tout en veillant à ce qu'il reste atteignable.

Les cibles composants cette démarche sont au nombre de 14 réparties en quatre sous-thèmes :

- Environnement extérieur :
 - Eco-construction :
 - Cible 1 : Relation harmonieuse des bâtiments avec leur environnement immédiat.
 - Cible 2 : Choix intégré des procédés et produits de construction.
 - Cible 3 : Chantier à faibles nuisances.
 - Eco-gestion :
 - Cible 4 : Gestion de l'énergie.
 - Cible 5 : Gestion de l'eau.
 - Cible 6 : Gestion des déchets d'activité.
 - Cible 7 : Gestion de l'entretien et de la maintenance.
- Environnement intérieur :
 - Confort :
 - Cible 8 : Confort hygrothermique.
 - Cible 9 : Confort acoustique.
 - Cible 10 : Confort visuel.
 - Cible 11 : Confort olfactif.
 - Santé :
 - Cible 12 : Qualité sanitaire des espaces.

- Cible 13 : Qualité sanitaire de l'air.
- Cible 14 : Qualité sanitaire de l'eau.

En ce qui concerne le lot chauffage, il peut répondre à cinq cibles de la Haute Qualité Environnementale. Ces cibles sont :

- La cible 2 avec l'utilisation de produits innovants comme les chaudières à condensation,
- La cible 4 avec l'utilisation de l'énergie solaire, de la géothermie pour créer de la chaleur à l'intérieur des bâtiments,
- La cible 7 avec l'entretien des différents éléments du système de chauffage qui doit être fait très souvent pour éviter les dépenses d'énergie inutiles.
- La cible 8 en assurant une température de confort avec les systèmes de chauffage utilisés,
- La cible 14 avec les dispositifs de traitement de l'eau pour éviter l'apparition de la légionellose pour cela il faut faire passer de l'eau chaude dans les tuyaux à une température de 65°C.

2/ Normes ISO

Il existe des normes ISO pour l'environnement comme celles qu'il y a pour la qualité des bâtiments et produits. Ces normes sont :

- ISO 14050 : Système de management environnemental : Vocabulaire.
- ISO 14001 : Système de management environnemental : Spécification et lignes directrices pour son utilisation.
- ISO 14004 : Système de management environnemental : Lignes directrices générales concernant les principes, les systèmes et les techniques de mise en garde.
- ISO 14011 : Système de management environnemental : Audits (lignes directrices).
- ISO 14015 : Evaluation de la performance environnementale : Evaluation environnementale des sites et des organismes.
- ISO 14031 : Evaluation de la performance environnementale : Lignes directrices à suivre.

3/ LES LABELS

Dans le monde il existe plusieurs labels pour respecter les consommations en énergie des bâtiments. Ils ont des références de consommation différentes. On peut remarquer quelques valeurs de consommation de chauffage de ces labels.



Sur ce graphique, il y a les de grandes différences entre les maisons qui ont été construites dans les années 60-70 et les dernières habitations qui consistent à avoir des consommations de chauffage très petites. Les maisons construites dans les années 60-70 consomment plus de 300 kWh/m²/an, tandis que les maisons avec un label Minergie-P ou PassivHaus consomment seulement 10 à 15 kWh/m²/an. On voit également l'évolution des différentes réglementations thermiques et des labels, qui vont vers la diminution des consommations de chauffage.

PassivHaus

Une construction neuve, pour être tamponnée du label Pasivhaus, doit répondre à quatre conditions :

- Des besoins annuels de chauffage inférieurs à 15 kWh/m²/an en énergie finale
- Une consommation d'énergie globale inférieure à 120 kWh/m²/an en énergie primaire
- Une étanchéité telle que les fuites soient inférieures à 0,6 V/h
- Les calculs doivent avoir été réalisés avec l'outil diffusé par l'institut et l'étanchéité de la construction vérifiée in situ par un Blower Door test.

Outre ces mesures impératives, l'Institut Pasivhaus conseille aussi les entreprises, préconisant l'emploi de matériaux d'isolation dont le coefficient U_w doit être inférieur à 0,10 W/m².K, un facteur solaire de 50% pour les fenêtres, des ventilations double-flux...

Minergie

Egalement applicable à des constructions neuves, le label Minergie se répartit en quatre niveaux de qualité, dans l'ordre du moins performant au plus performant : Minergie, Minergie-P, Minergie-ECO, Minergie P-ECO. Pour les maisons individuelles, ce label fixe un indice plafonné à 42 kWh/m²/an et exige entre autre un dimensionnement de la puissance de chauffage intérieur à 10 W/m² et un indice pondéré de dépense d'énergie inférieur à 30 kWh/m²/an. Les modèles les plus performants demandent aussi des exigences en matière de modes de construction saines et écologiques, mais là où se situe la grande différence avec le label Pasivhaus, c'est que l'attribution du label Minergie n'est pas soumise à un contrôle systématique sur chantier, ni à une vérification de la perméabilité à l'air.

Effinergie

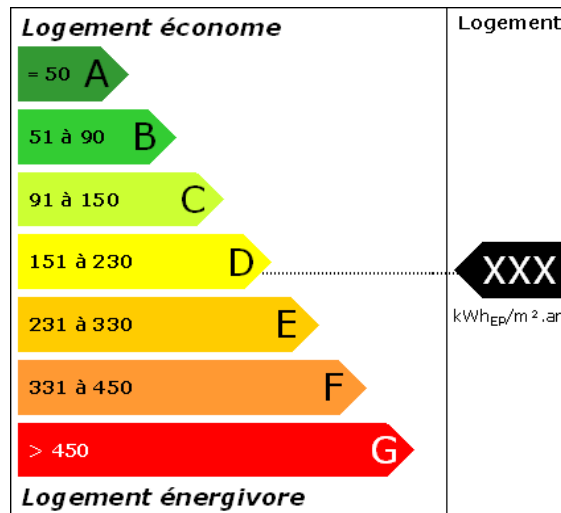
Tout récent, Effinergie (à la base une association à but non lucratif) a donc lancé son label qui récompense des bâtiments particulièrement économes en énergie avec :

- Une diminution des consommations dépassent de loin les standards actuels (HQE, RT2005, HPE),
- Une totale liberté quant aux critères de constructions pour faciliter la mise en œuvre,
- L'imposition de plafonds énergétiques techniquement accessibles et économiquement réalisables.

La finalité affichée par ce label désignant les « bâtiments basse consommation » (label BBC) est la division des dépenses énergétiques par quatre par rapport à la consommation actuelle. Il convient alors d'atteindre au maximum :

- Pour la construction neuve : 50 kWh/m²/an
- Pour la rénovation : 80 kWh/m²/an.

Maintenant pour vendre une habitation, il faut procéder à une étude énergétique concernant les énergétiques du bâtiment, comme cela existe déjà pour les réfrigérateurs et autres appareils ménagers. Ces études se présentent sous forme de diagramme avec des couleurs qui indiquent si le bâtiment est un grand consommateur énergétique ou un faible consommateur.



12. INNOVATION « Habitat passif »

1/ Définition

Le standard de « maison passive » vise essentiellement à réduire les consommations énergétiques de nos habitations. Trois critères définissant une maison passive ont été établis comme suit:

- Consommation d'énergie de chauffage < 15 kWh/(m².an).
- Etanchéité à l'air (test de la porte « blower door ». n50 < 0,6 h-1).
- Consommation totale d'énergie de la maison < 120 kWh/(m².an) d'énergie primaire.

Comme on le voit, le concept de « maison passive » correspond à une habitation à très basse consommation énergétique.

2/ Les Principes

La conception d'un habitat passif se base sur six grands principes :

1. **Isolation thermique renforcée, fenêtres de grande qualité**
2. **Suppression des ponts thermiques**
3. **Excellente étanchéité à l'air**
4. **Ventilation double flux avec récupération de chaleur**
5. **Captation optimale, mais passive de l'énergie solaire et des calories du sol**
6. **Des appareils ménagers économes**
7. **Les limites**
8. **Enjeux**
9. **Critique**

1 - L'isolation thermique renforcées, fenêtres de grande qualité

Elle doit être hautement performante et appliquée sur toute l'enveloppe extérieure du bâtiment, sans interruption ni brèche afin de limiter les ponts thermiques. La construction doit être assez compacte afin de limiter sa surface extérieure. Toutes les parties opaques du bâtiment sont à isoler de façon optimale. En principe pour le climat européen central, leur coefficient de transmission de chaleur U ne doit pas excéder 0,15 W/m²K. Pour comparaison, la RT2005 (Réglementation Thermique française) impose un maximum de 0,45 W/m²K et une valeur référence de 0,36 W/m²K pour les murs en contact avec l'extérieur. Les caractéristiques des fenêtres sont aussi très importantes. En effet, le coefficient de transmission U ne doit pas dépasser 0,8 W/m²K ce qui est très inférieur à la référence RT2005 qui est de 1,8 W/m²K avec une valeur limite de 2,6 W/m²K. Compte tenu de ces caractéristiques le triple vitrage est souvent utilisé.

Plus U est petit, meilleure est la performance. Par exemple, dans les mêmes conditions de températures intérieure et extérieure, un mur extérieur dont U vaut $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ accuse des déperditions thermiques deux fois plus petites que celles d'un mur dont U atteint $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Le U moyen de l'enveloppe du bâtiment doit être inférieur ou égal à $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ conseillé) pour respecter les standards de la maison passive. Il est clair qu'un U moyen aussi faible ne peut être obtenu qu'avec des matériaux performants, sous peine d'avoir une beaucoup trop grosse épaisseur d'isolant.

Déjà avec des murs en ballots de paille de 40 à 50 cm d'épaisseur, une maison passive est concevable. Si on utilise un isolant conventionnel tel que la laine de verre, le polystyrène ou la cellulose, il faudra compter environ 30 cm tandis que si on se tourne vers la mousse de polyuréthane, on peut réduire l'épaisseur à 20 cm. Pour encore gagner de la place on peut choisir d'autres types d'isolant, mais ceux-ci reviennent alors beaucoup plus chers.

De tous les composants de l'enveloppe, la fenêtre est l'élément le plus critique à cause de ses multiples fonctions : outre ses qualités d'isolation, elle doit permettre la vue vers l'extérieur, être ouvrable et pouvoir se fermer parfaitement, et en plus, elle doit aussi capter un maximum d'énergie solaire.

Ces multiples fonctions ont rendu des développements technologiques indispensables et c'est d'ailleurs le composant de la maison passive qui s'est développé le plus rapidement et le plus efficacement. Dans les années 70, les fenêtres étaient encore composées de simples vitrages et présentaient un coefficient U de $5,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Aujourd'hui, la Région wallonne impose un U maximum de $3,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, tandis que dans une maison passive, la limite est ramenée à seulement $0,8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$! Ces contraintes impliquent naturellement des châssis et des vitrages ultra performants.

Un coefficient U aussi bas peut seulement être atteint grâce à un triple vitrage. L'espace entre les vitres est rempli de gaz nobles tel que l'argon, afin de réduire le transfert de chaleur par convection. Pour diminuer également le transfert de chaleur par rayonnement, on utilise des verres à faible émissivité (Low-E), c'est-à-dire qu'on leur a ajouté une couche invisible d'oxydes métalliques qui laisse passer la lumière extérieure, mais bloque le rayonnement de chaleur provenant de l'intérieur de la maison. Il s'agit d'éviter les pertes, bien entendu, mais aussi de maintenir de hautes températures surfaciques intérieures tant pour une question de confort que pour éviter la condensation.



Figure 1 : Triple vitrage.
(Source : Coupe dans un châssis Finstral)

On peut aussi utiliser un triple ou quadruple vitrage à film, c'est-à-dire que la vitre ou les vitres en position intermédiaire est/sont remplacé(e)s par un ou deux film(s) transparent(s) ayant une valeur U adaptée aux standards de la maison passive (figure 2). Ce type de vitrage obtient de bonnes performances également avec l'avantage d'être moins épais et moins lourd.

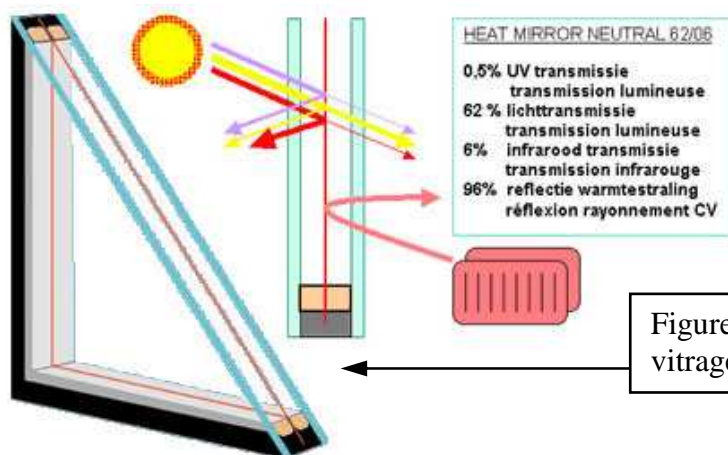
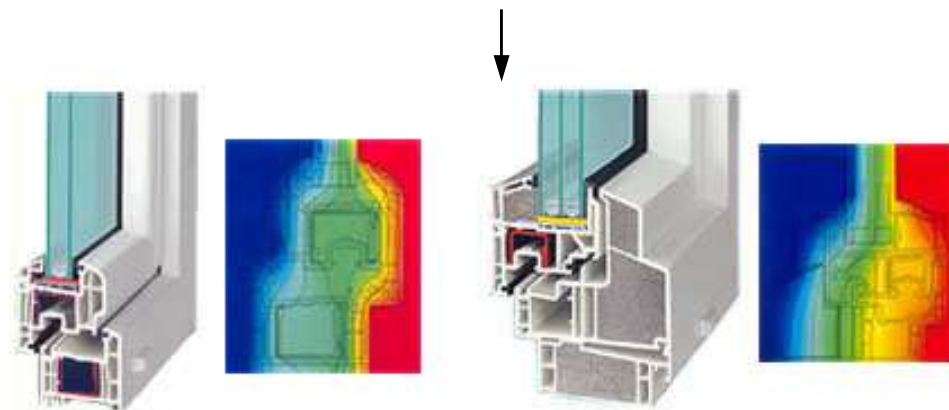


Figure 2 : Alternative pour le triple vitrage.

La figure 3 compare un châssis traditionnel double vitrage et un châssis triple vitrage. Par simulation ou grâce à la thermographie, on peut avoir une idée précise des températures en différents points de la fenêtre. On constate assez aisément que la surface intérieure (à droite) du triple vitrage est plus chaude (orange) que la surface intérieure du double vitrage (jaune-vert).

Figure 3 : Comparaison double vitrage / triple vitrage.



Avec une telle isolation, le triple vitrage capte un peu moins de chaleur solaire ("coefficient g") par rapport à un double vitrage classique. On arrive cependant à 60% de transmission, ce qui est largement suffisant pour respecter le critère établi à 50%. D'ailleurs, pour une raison financière, on se contente bien souvent d'un facteur g de 50% et d'une bonne orientation de la baie. L'important est d'avoir un bilan énergétique annuel positif pour la fenêtre.

Le degré d'isolation du châssis en lui-même est un autre facteur important. Il convient d'avoir un châssis absolument sans pont thermique. Pour y arriver, il existe de nombreux produits et le marché propose un nombre croissant de solutions. Certains fabricants offrent des châssis en bois avec des inclusions de mousse rigide de polyuréthane (basse conductivité thermique et haute qualité porteuse) ou de liège. Des châssis tout en bois sont également disponibles. Un "sur-châssis" en aluminium qui respecte également la norme a été développé pour des questions d'esthétique et de facilité d'entretien. D'autres fabricants proposent des châssis en plastique thermiquement isolant, ce qui est une solution moins onéreuse.

Les châssis destinés aux maisons passives offrent également une étanchéité à l'air améliorée grâce à une triple batée et des joints souples.

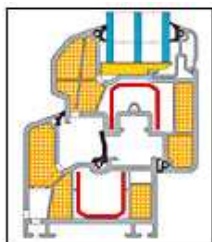


Figure 4 : Châssis triple vitrage avec triple batée.

L'intercalaire disposé entre les vitres peut créer un pont thermique. En effet, un intercalaire en aluminium peut être responsable de 20 à 30% des pertes d'une fenêtre. Dans une fenêtre répondant aux standards de la maison passive, on utilise un intercalaire en acier inox ou en plastique et on encastre au maximum les vitres dans le châssis pour diminuer le plus possible leur effet de pont thermique.

D'autre part, il faut aussi considérer l'inconvénient du poids assez important de ce type de châssis. Cela rend la mise en place plus difficile.

Inversement, un avantage implicite de ce type de fenêtre est l'insonorisation considérable qui en résulte, ce qui est toujours utile lorsque le bâtiment se trouve le long d'une voie fort fréquentée.

Les recherches continues avec des vitrages isolants à luminosité atteignable, et permettant de produire de l'électricité. Le fabricant MSK a inauguré sa nouvelle usine avec ses fenêtres PVTV semi transparent.

Les photos suivantes illustrent les caractéristiques des vitrages « PVTV ».

Vue depuis l'intérieur du bâtiment et du degré de transparence



Vue de l'extérieur



Les baies inférieures sont équipées de vitrage classique, toutes les autres de modules de PVTV 13mm. La face extérieure réfléchit la lumière.

2 - La suppression des ponts thermiques

A partir du moment où le bâtiment est très sérieusement isolé, les ponts thermiques, c'est-à-dire les endroits où la chaleur s'échappe plus vite qu'à d'autres, doivent être limités au maximum. Ceux-ci sont généralement dus à l'assemblage des éléments porteurs de l'édifice, les seuils, là où un mur intérieur et un mur extérieur sont en contact, là où une dalle de sol touche le mur extérieur, les balcons, les linteaux, etc.

Tous ces détails constituent les points faibles de l'isolation. D'une part, les ponts thermiques déforcent l'isolation et, d'autre part, ils favorisent l'apparition de condensation sur les parois intérieures, d'où un risque de formation de moisissures.

Les quatre règles suivantes permettent de réduire le risque de pont thermique :

- Règle de prévention : dans la mesure du possible, ne pas interrompre l'enveloppe thermique ;

- Règle de pénétration : là où une interruption est inévitable la résistance thermique dans le plan d'isolation doit être aussi haute que possible ;
- Règle d'articulation : aux articulations entre les éléments du bâtiment les couches d'isolation doivent se rejoindre sans interruption ni décalage ;
- Règle de géométrie : préférer autant que possible les angles obtus ; les angles aigus favorisent en effet la dispersion de la chaleur.

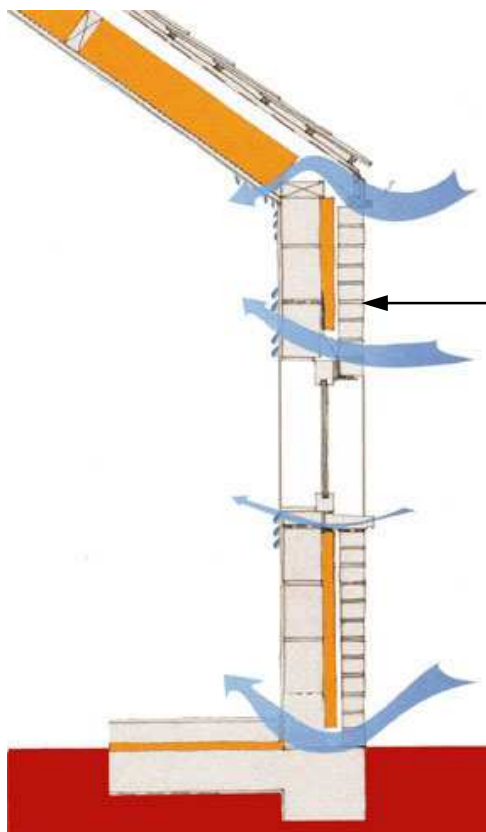


Figure 5 : Zones à ponts thermiques.

Théoriquement, il faudrait calculer tous les ponts thermiques du bâtiment pour s'assurer qu'ils sont acceptables. Cependant, en se conformant aux quatre règles de bases, il n'est pas indispensable de faire tous ces calculs. Toutefois, un calcul localisé reste nécessaire lorsque, pour des raisons techniques, il n'est pas possible de respecter ces règles.



Figure 6 : Linteau de fenêtre et image correspondante en thermographie

3 - Excellente étanchéité à l'air

Une excellente herméticité de l'enveloppe du bâtiment est une condition vitale pour une maison passive. En effet, sans une parfaite étanchéité, ni l'isolation, ni la ventilation ne peuvent être réellement efficaces.

Les fuites peuvent se situer aux endroits les plus divers. Sont principalement visés : tous les raccords avec les parois, le toit et les planchers, mais aussi les passages des tuyaux d'égout, d'eau chaude, de ventilation et des câbles électriques, ainsi que les ouvertures vers l'extérieur (portes, fenêtres, évacuation de l'air vicié...).

Pour éviter les fuites, le principe est simple en théorie : il suffit de garantir une enveloppe hermétique par une mise en œuvre soignée. Dans un projet en maçonnerie pleine, cela se traduit par exemple par un plafonnage continu et des raccords minutieux aux fenêtres. Dans un projet en structure bois, on installe une feuille étanche (pare-air) derrière les chevrons et on calfeutre tous les raccords. Une bonne étanchéité n'est possible qu'au prix d'une mise en œuvre extrêmement rigoureuse.

Les photos suivantes illustrent la mise en œuvre de l'étanchéité de la maison passive à ossature bois de Heusden-Destelbergen.



Figure 7: Mise en œuvre de l'étanchéité. Pour vérifier la bonne étanchéité du bâtiment, on effectue après la construction un test d'infiltrométrie.

4 - La ventilation double flux avec récupération de chaleur

Limiter les déperditions thermiques sous-entend de s'isoler complètement de l'extérieur. Un système de ventilation à double flux avec récupération de chaleur installé dans la maison passive permet de gérer les flux d'air dans le bâtiment et de chauffer ou rafraîchir l'air intérieur. L'utilisation d'un échangeur thermique air/sol (puits canadien ou provençal ou circuit eau) permet de préchauffer l'air en hiver et de le rafraîchir en été, avant qu'il n'entre dans le bâtiment. En intersaison, la température de confort se situant entre 18 et 22°C, le système sera court-circuité. En outre une bonne ventilation permet de limiter le contact avec les produits toxiques générés dans l'habitat et ainsi de mieux préserver sa santé. Les échanges d'air recommandés sont 0,3 ACH (changements d'air par heure), au-delà l'air est trop sec en hiver.

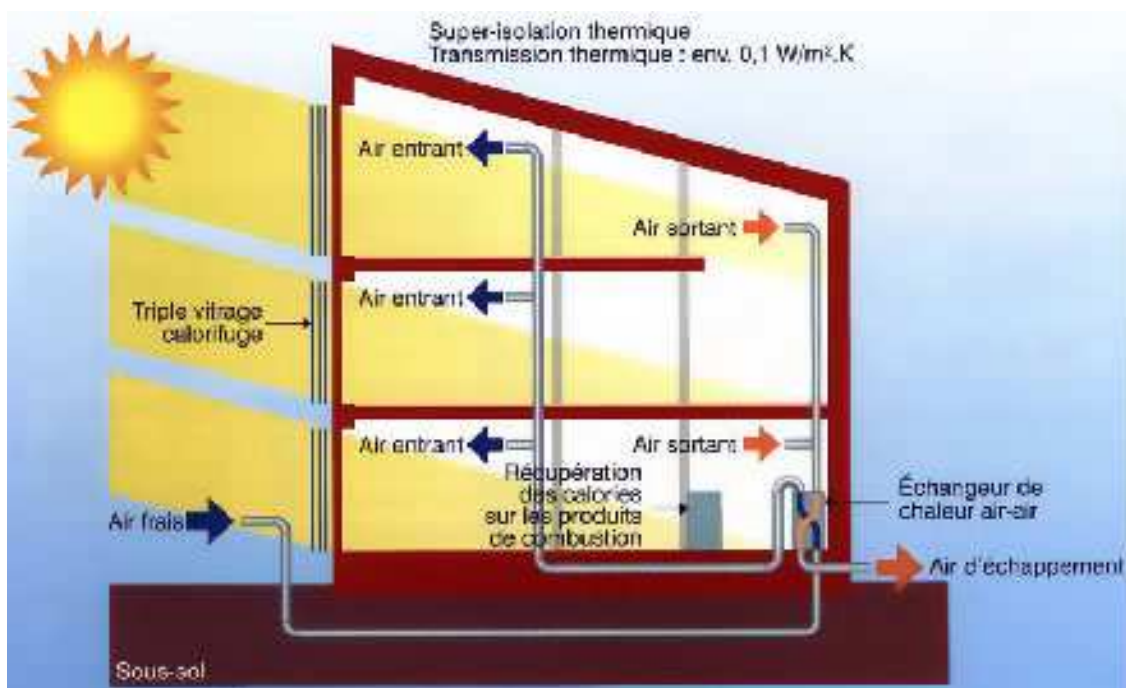
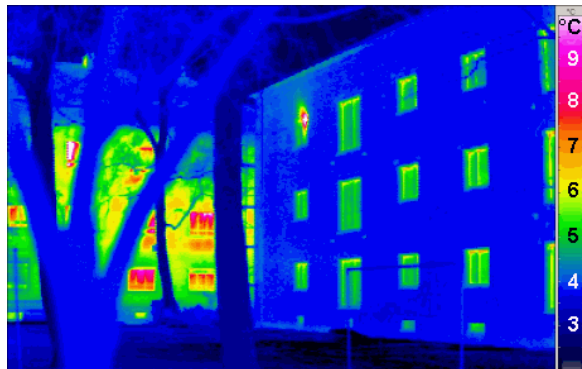


Figure 8 : Une ventilation mécanique contrôlée (VMC) à double flux avec récupération de chaleur insuffle de l'air frais dans les espaces de vie (chambre, séjour, bureau) et extrait l'air vicié des espaces utilitaires (salles d'eau et de bain, cuisine, WC). Moyennant un échangeur de chaleur efficace, l'air frais est préchauffé par la chaleur de l'air vicié évacué sans mélanger les flux.

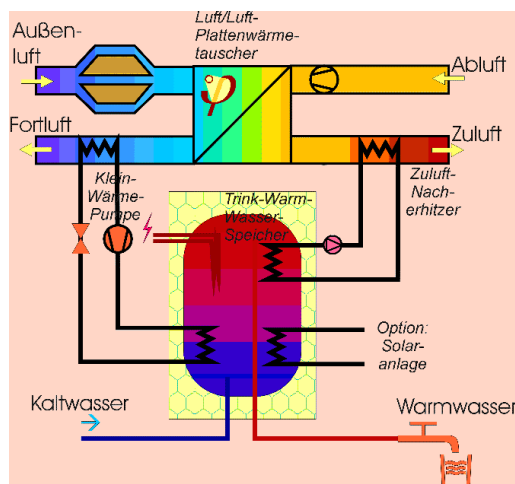
Un tel système de ventilation permet de contrôler en permanence l'air introduit dans la maison (puisque l'entrée d'air est unique) ce qui permet de le filtrer et de le débarrasser de toutes particules, pollen ou agent allergène. Attention cependant, les filtres exigent un entretien régulier sous peine de réduire le débit, d'augmenter la consommation énergétique et de diffuser de l'air encore plus pollué que celui d'origine. Ce système est coûteux en énergie (entre 350 et 500 kWh/an pour une maison

individuelle) et entretien (nettoyage des filtres obligatoire une fois par an, nettoyage des conduites une fois par an aussi dans l'idéal). Il serait judicieux d'alimenter directement la ventilation à l'aide de capteurs photovoltaïques et de batteries tampon.

5 - Captation optimale, mais passive de l'énergie solaire et des calories du sol



La thermographie montre dans l'infrarouge que la construction passive (à droite) perd beaucoup moins de calories (couleurs chaudes) qu'une construction classique (au fond).



En plus de l'échangeur thermique, (au centre), une micro pompe à chaleur extrait des calories de l'air et de l'eau sortant pour les réinjecter dans l'air ou l'eau de la maison. Le contrôle de la température intérieure par la ventilation est le fondement des systèmes passifs.

Pour valoriser le potentiel restituer. L'énergie solaire est captée par les parties vitrées de la maison. Ces vitrages isolants sont dimensionnés selon l'orientation du bâtiment : 40 à 60% de surface vitrée sur la façade sud, 10 à 15% au nord, et moins de 20% sur les façades est et ouest. L'énergie solaire, qui pénètre via les fenêtres, est stockée à l'intérieur par les matériaux. La chaleur accumulée dans le bâtiment doit être restituée dans la pièce par convection et rayonnement, avec un étalement dans le temps. En hiver et en mi-saison, lors d'une journée bien ensoleillée, une forte inertie (courbe rouge sur la figure 46) permet d'emmagasiner les apports solaires et de décaler le pic de température intérieure plus tard dans journée, quand la température extérieure sera plus basse. Une faible inertie (courbe verte), par contre, n'amortit que très peu le pic de température intérieure, qu'il ne retarde que de quelques heures seulement. L'inertie thermique agit donc comme une régulation naturelle du

climat intérieur. Par contre, pour les maisons passives l'effet de l'inertie sera moins prononcé, parce que la température intérieure reste quasi constante jour et nuit.

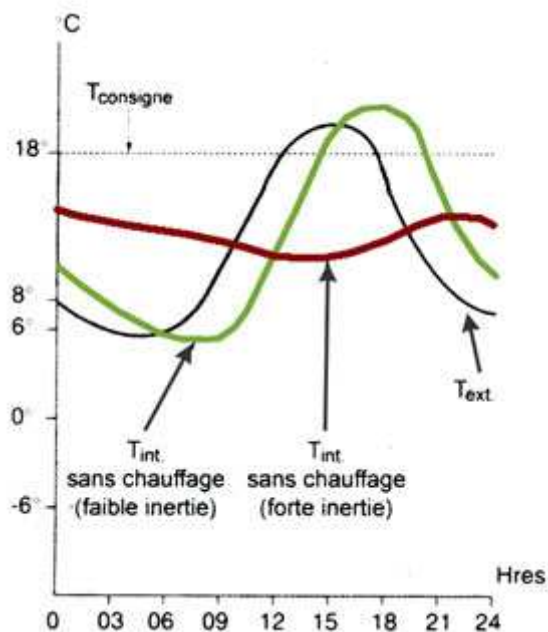


Figure 46 : Journée ensoleillée d'hiver. (Source :
Pour une amélioration de la performance énergétique des logements neufs)

Afin d'éviter l'inconfort occasionné par les surchauffes en été, l'ensoleillement direct des façades est à maîtriser grâce à des protections solaires constructives (auvent, pare-soleil, persienne,...) et à des vitrages avec un facteur solaire suffisant pour limiter les apports énergétiques. Ces mesures constructives peuvent être complétées par des stores et une protection végétale.

6 - Des appareils ménagers économes

Pour ne pas dépenser inutilement ce qui a été gagné par ailleurs, le concept de maison passive fixe une valeur maximale de consommation énergétique globale en termes d'énergie primaire consommée qui nécessite généralement l'utilisation d'appareils faibles consommateurs d'énergie dans l'habitat. Si l'on utilise l'électricité par exemple, les 120 kWh/(m².an) d'énergie primaire correspondent donc à 120 / 2,58 (le coefficient de rapport énergie primaire/énergie finale que l'on connaît avec le DPE) soit donc un maximum de 46 kWh/(m².an) de consommation totale de la maison. Comme le chauffage en prend déjà 15 kWh/(m².an), on se rend compte qu'il reste bien peu pour se conformer au concept de maison passive.

7- Les limites

Coût : Une maison passive coûte entre 7 et 15% de plus qu'une maison traditionnelle. Selon les cas, l'investisseur rentre dans ses frais entre une dizaine et une vingtaine d'années grâce aux économies d'énergie réalisées.

Frein : Un des freins identifiés est le manque d'artisans qualifiés, d'architectes formés à ces standards et la hausse des coûts entraînée par une demande qui dépasse l'offre. Pour diminuer la consommation énergétique des bâtiments de 22% d'ici à 2010 en Europe, une Directive "*performance énergétique des bâtiments*" (EPBD) est en cours de transposition en 2007 dans les droits nationaux, elle pourrait éventuellement encourager la formation.

8 - Enjeux

Le secteur du bâtiment est en Europe le premier consommateur d'énergie primaire (40% de l'énergie totale consommée) devant les transports (30%) et l'industrie (30%). Il est responsable de plus de 40% des émissions totales de CO₂. Les économies d'énergie sont un enjeu économique et écologique majeur pour ce secteur. Les maisons passives et/ou « énergiquement positives » qui existent par milliers en Allemagne et Suisse montrent que les solutions techniques existent. Reste à les généraliser pour tenir l'objectif du facteur 4, ou du facteur 9 (diviser par 9 la consommation pour un service équivalent). Alors que le prix du pétrole et de l'énergie devrait inéluctablement augmenter (Cf. manque de pétrole, Manque d'uranium à partir de 2024 selon l'AIEA). Une Directive européenne sur la performance énergétique des bâtiments vise à réduire leur consommation énergétique de 22% d'ici 2010.

9 - Critiques

Les principales critiques faites aux standards passifs, sont qu'ils véhiculent une image de haute-qualité, sans imposer de qualité écologique ni sociale ou en terme de commerce éthique quant aux matériaux utilisés (toxicité, provenance) ou à la main d'œuvre et à la santé et sécurité au travail (cf. salaire des ouvriers, etc.). Ce standard est d'ailleurs parfois confondu avec ceux du HQE, qui sont plus larges (14, voire 15 cibles) mais sans commune mesure de performance au niveau énergétique. Les marques suisses Minergie® Eco (écologique) et Minergie® P-Eco (passif et écologique) affirment répondre à ces critères. Minergie® Eco intègre dans ses critères la qualité écologique des matériaux, le confort et la santé des occupants, la gestion des déchets, ainsi que le bilan en énergies grises des matériaux et des transports associés à la construction du bâtiment.

Les formes architecturales sont moins complexes, et souvent jugées architecturalement plus pauvres. Ceci résulte de la volonté d'avoir un bâtiment compact.

En raison du faible nombre de fenêtres ouvrantes de certaines constructions, les claustrophobes peuvent se sentir enfermés dans ces maisons (par ailleurs très bien insonorisées), même si le renouvellement d'air y est souvent mieux assuré que dans un appartement moderne classique. Des éléments tampon de type véranda et des baies vitrées élargies peuvent atténuer ou faire disparaître ce sentiment, mais avec une augmentation de coût à la construction. Ce sentiment est par ailleurs souvent rapidement compensé par un confort thermique et sonore accru.