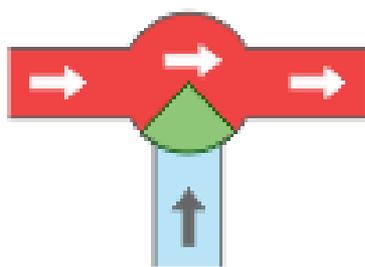
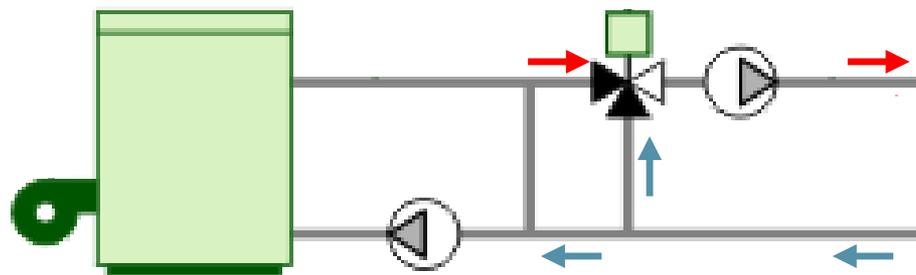
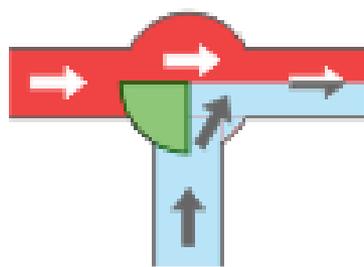


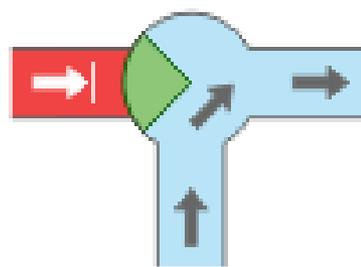
# Vanne mélangeuse ou « 3 voies »



La vanne est 100% ouverte.



La vanne mélange 50% du débit de la chaudière et 50% du débit de retour des radiateurs.



La vanne est fermée ; l'eau des radiateurs tourne sur elle-même et se refroidit.

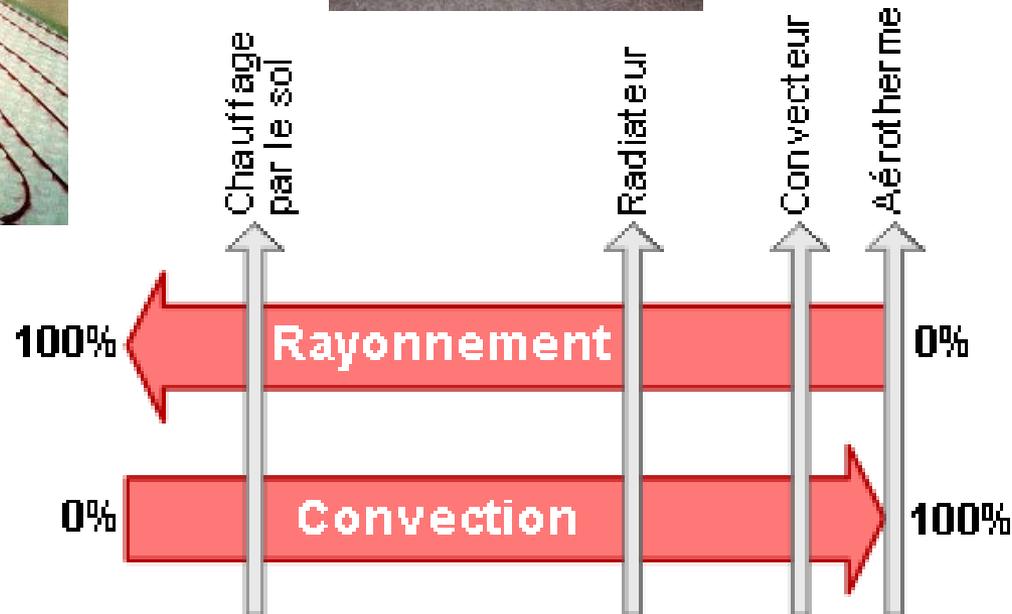


# Plan de l'exposé

---

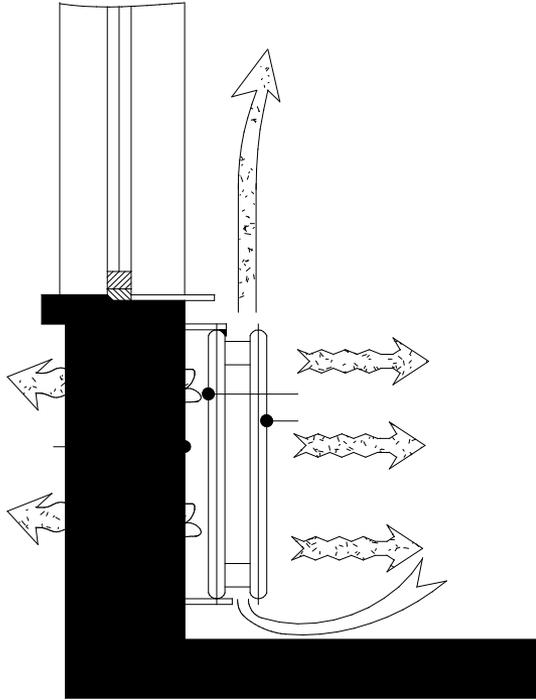
- Introduction
- La production
- La distribution
- **L'émission**
- La régulation
- Les auxiliaires
- Focus sur les installations à condensation
- Remplacer une chaudière / rénover une chaufferie
- Conclusions

# Types d'émetteurs



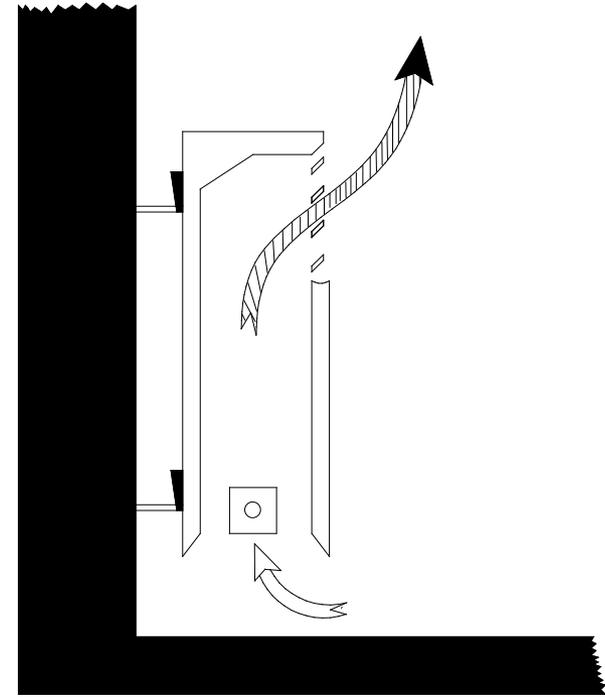
Parts relatives du « rayonnement » et de la « convection » dans le mécanisme de transmission de chaleur pour différents systèmes d'émission

# Radiateur et (ventilo-)convecteur



## Radiateurs

à ailette : convection: 70%, rayonnement : 30 %  
 simples panneaux : convection : 50%, rayonnement : 50%



## Systèmes convectifs

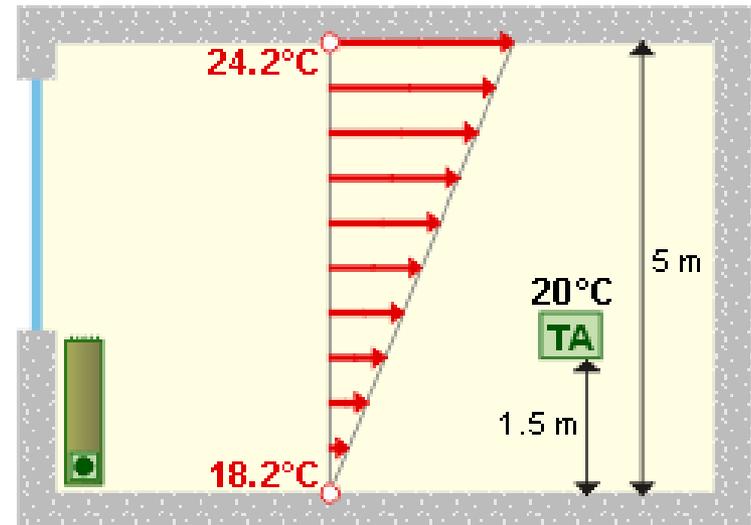
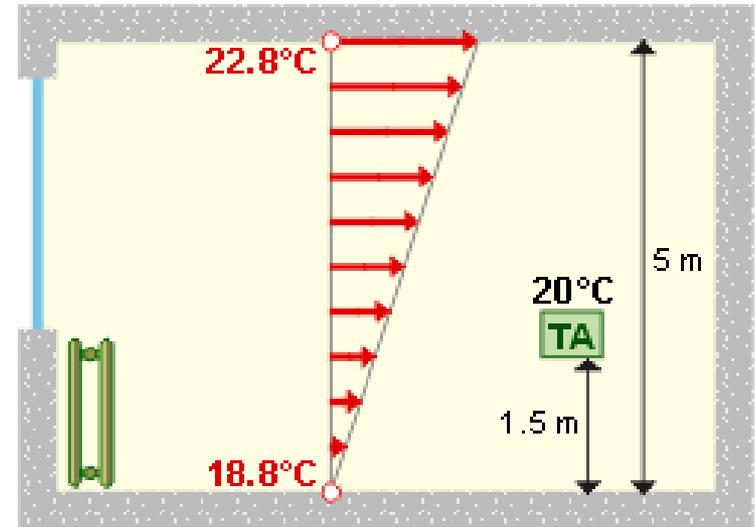
(100% convection)

# La stratification

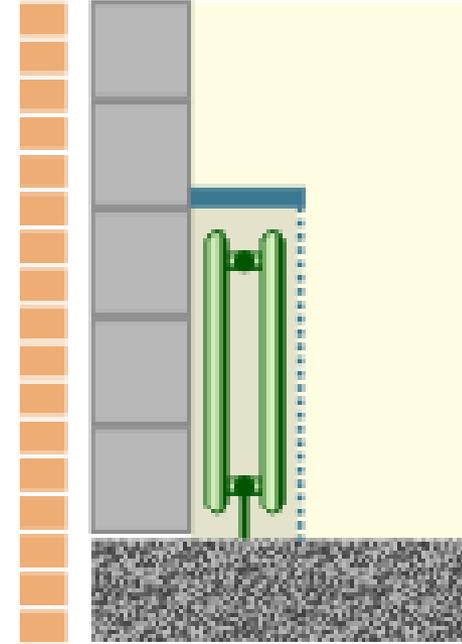
Les locaux ayant une hauteur importante favorisent le phénomène de stratification (si émetteur convectif)

→ pertes plus importantes

→ inconfort



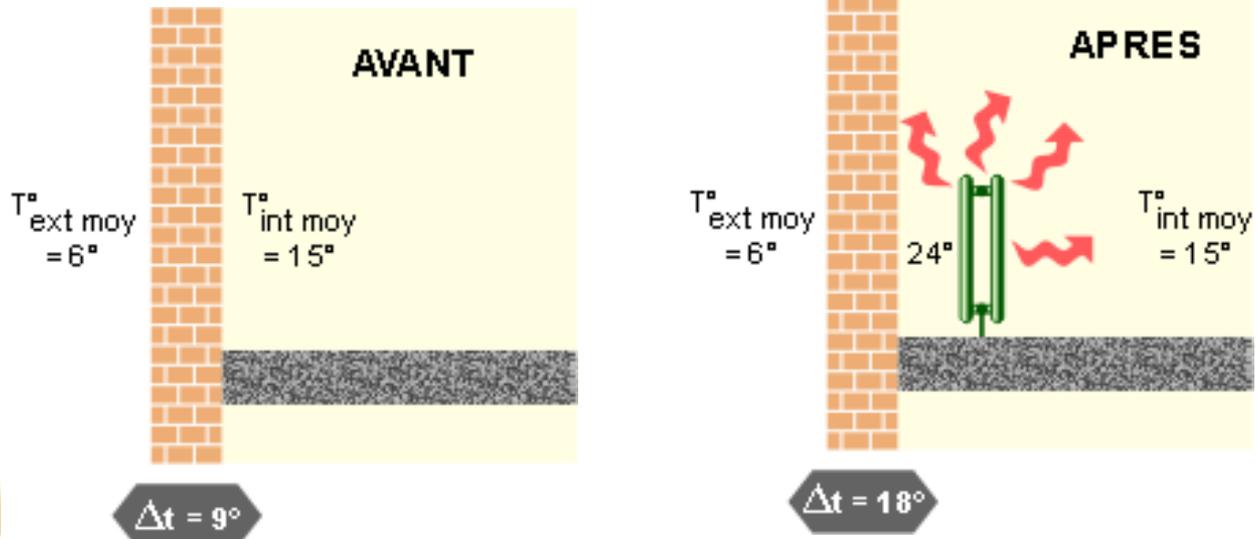
# Eviter d'entraver l'émission



**Caisson autour d'un radiateur**

# Pertes à l'émission

- **Pertes au travers des parois** au dos des radiateurs



Placer un isolant de 0,5 cm recouvert d'aluminium sur un mur non isolé au dos d'un radiateur permet de gagner :

**10 .. 15 litres fuel/m<sup>2</sup>.an**

Et est remboursé en **1 .. 2 ans.**

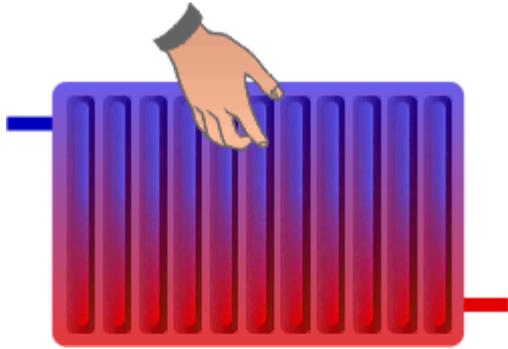
# Pertes à l'émission

- **Pertes au travers d'allèges vitrées** au dos des radiateurs ou convecteurs
- **A éviter !**

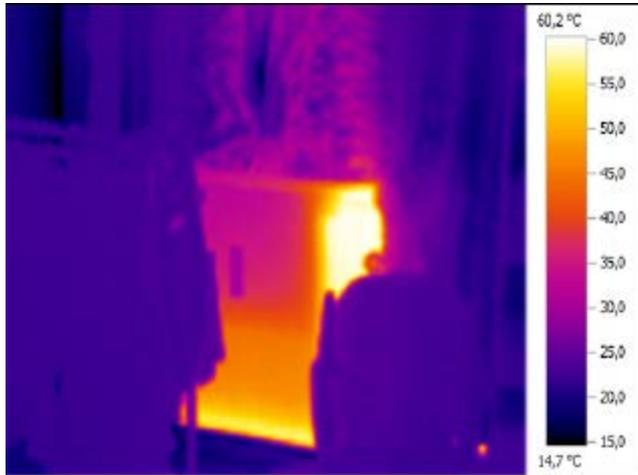


**Emetteur devant une fenêtre**

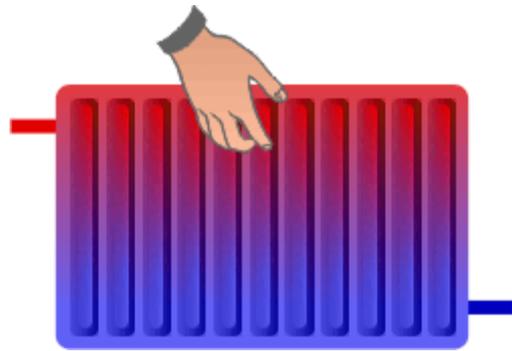
# Dysfonctionnements



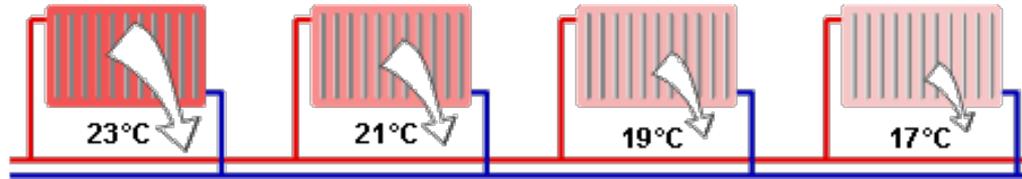
De l'air est présent dans le radiateur  
→ le purger



# Dysfonctionnements



## Déséquilibre hydraulique



**Equilibrage :**



*Té de réglage du débit d'un radiateur*



*Corps de vanne thermostatique avec pré-réglage du débit*

# Plancher chauffant

Plancher chauffant



→ Intérêts :

- fonctionne à basse T° (rayonnement)
- T° air intérieur plus basse pour un même confort (pas de stratification des t°)

→ Inconvénients :

- forte inertie
  - > surchauffe
  - > régulation délicate
  - > intermittence difficile à gérer

Ne pas entraver l'émission par le revêtement de sol :

→ Carrelage : idéal

→ Parquet : envisageable sous certaines conditions

→ Moquette : à proscrire



# Chauffage par air chaud

- Chaleur transmise à l'air via une batterie de chauffe
  - Température d'air pulsé limitée : jusqu'à 30 ... 40-45°C
  - Capacité thermique de l'air faible
- => Débit volumique important :
- Jusqu'à 5 ... 10 fois le débit nécessaire à la ventilation hygiénique (une grande partie de l'air peut être recyclée)
  - Consommation importante des ventilateurs
  - Encombrement des gaines



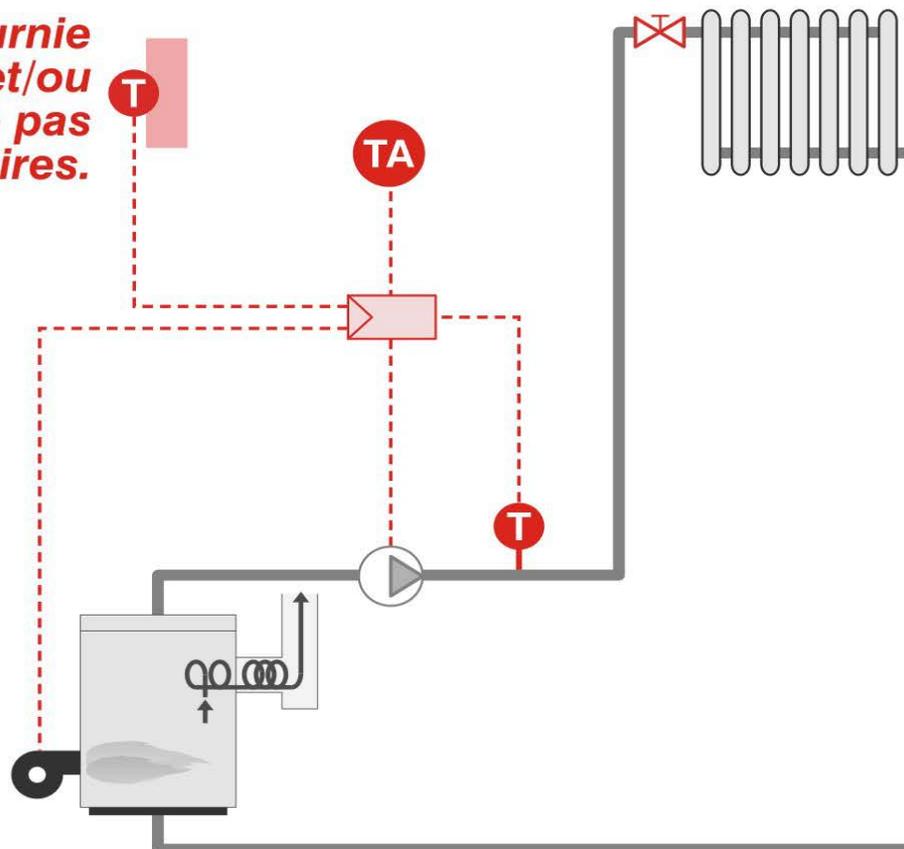
# Plan de l'exposé

---

- Introduction
- La production
- La distribution
- L'émission
- **La régulation**
- Les auxiliaires
- Focus sur les installations à condensation
- Remplacer une chaudière / rénover une chaufferie
- Conclusions

# Régulation

*De la chaleur est fournie à des moments et/ou avec une puissance pas toujours nécessaires.*



OBJECTIF : piloter l'installation pour avoir la **température de confort QUAND** c'est nécessaire et **OÙ** on en a besoin.

→ éviter tout gaspillage d'énergie

# Impact énergétique de la régulation

1 °C de trop = 7 à 8% de surconsommation  
(par rapport à une consigne de 20°C)



# Régulation de la T° intérieur

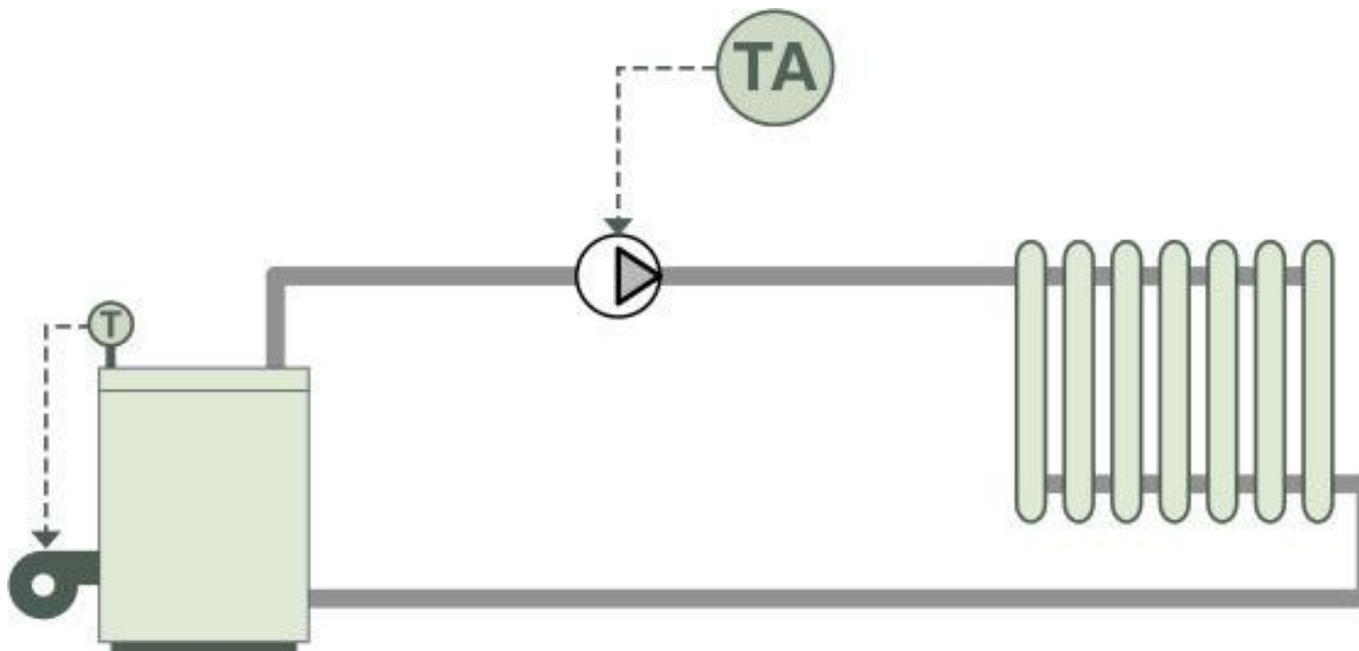
- Objectifs :
  - Ajuster la puissance délivrée par les radiateurs pour atteindre la bonne température
    - température de l'eau distribuée
  - Chauffer aux moments opportuns
    - ajuster au mieux les horaires

Avec ces 2 actions, on pourra ainsi limiter au mieux les pertes par les conduites et en chaufferie !

# Régulation des circuits typiques « unifamilial »

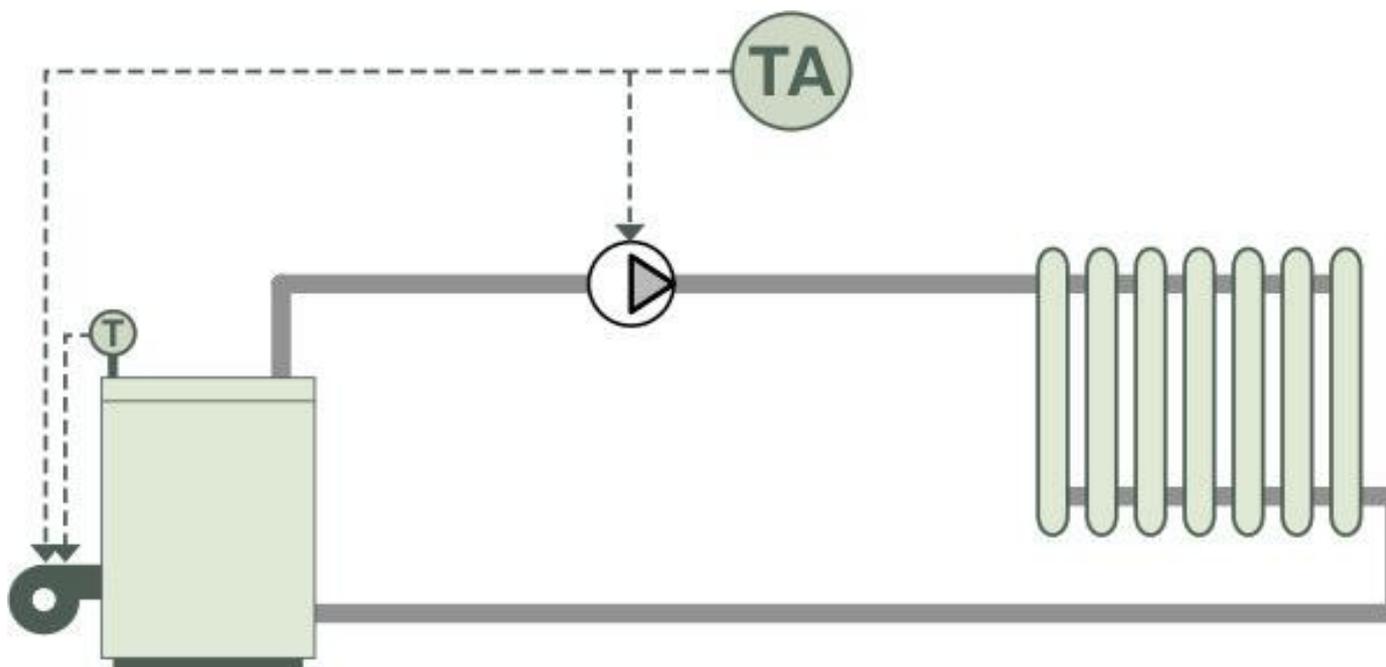
- « T° constante » :

la chaudière est maintenue constamment à température au moyen de son thermostat interne (aquastat). Si un thermostat d'ambiance est présent, il commande uniquement le fonctionnement du circulateur.



# Régulation des circuits typiques « unifamilial »

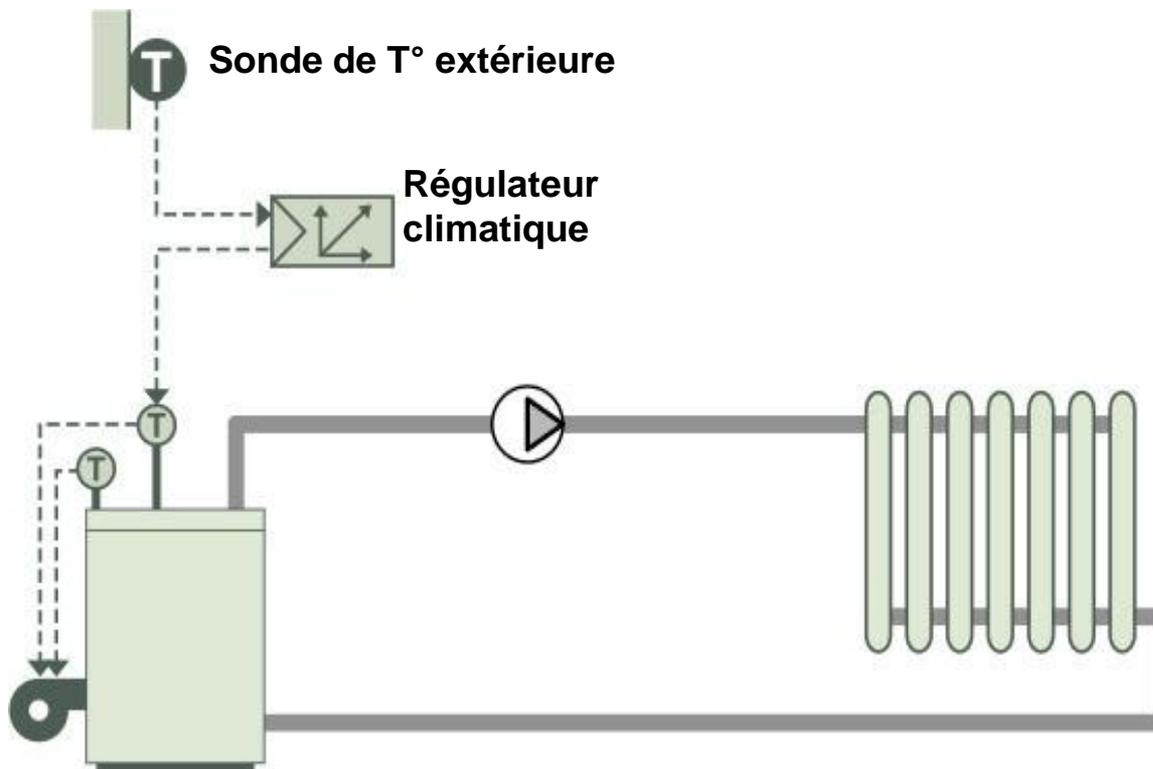
- « **T° variable** » (typique des maisons unifamiliales)  
La chaudière n'est portée à température que lorsqu'il y a une demande de chaleur.  
Thermostat d'ambiance agissant sur le brûleur et le circulateur (avec temporisation); Aquastat = Aquastat de sécurité



# Régulation des circuits typiques « unifamilial »

- « T° glissante » ou « Régulation climatique »

La consigne de T° de la chaudière est commandée par un régulateur climatique qui adapte la T° de l'eau en fonction de la T° extérieure; Aquastat = Aquastat de sécurité



# Régulation locale : vannes thermostatiques

- **But :**

- Pouvoir régler la température de confort de chaque local, en fonction de son affectation (salle de bain, chambre,...) et des désirs des occupants.
- Limiter la surchauffe en cas d'apports internes/solaires importants

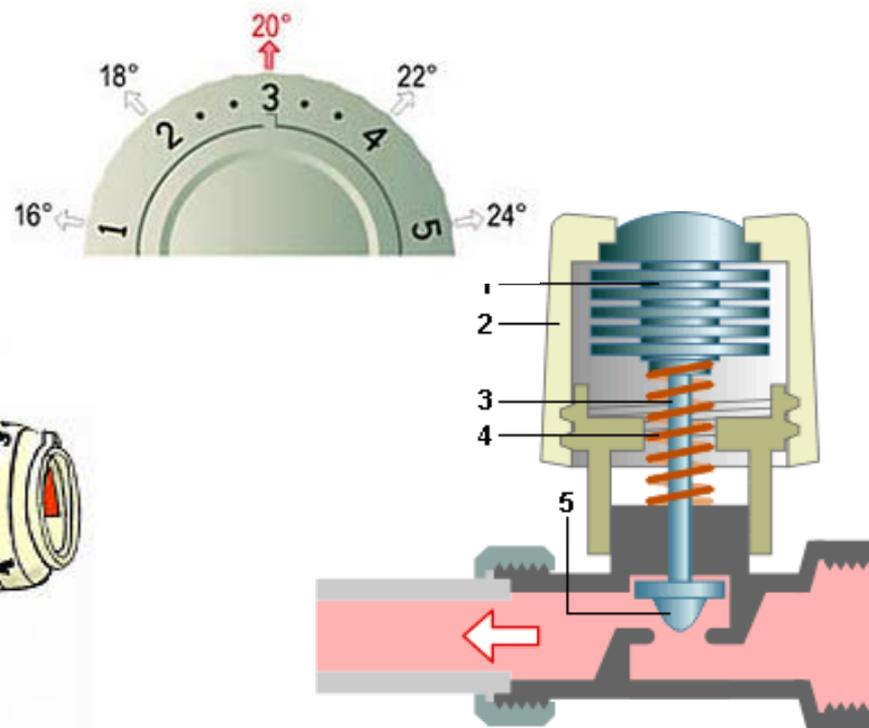
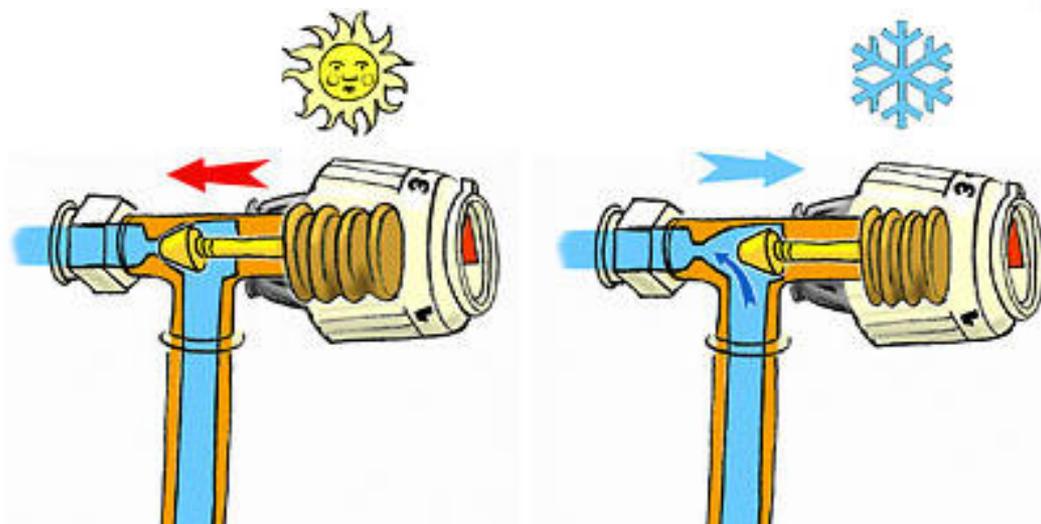


# Régulation locale : vannes thermostatiques

## • Principe de fonctionnement :

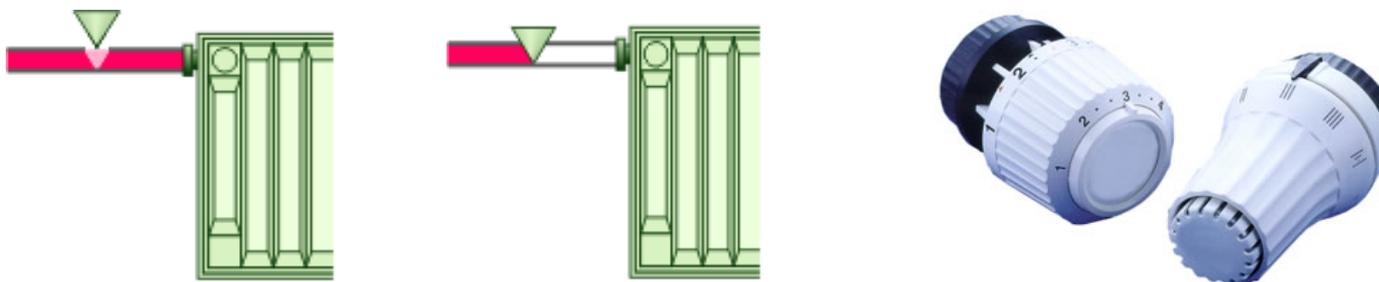
- La vanne est réglée sur une t° de consigne
- Si la température de consigne n'est pas atteinte (mesure de la température ambiante par le bulbe thermostatique), la vanne s'ouvre afin de laisser passer l'eau.
- Dès que la température de consigne est atteinte, la vanne se ferme

1. bulbe thermostatique
2. poignée de réglage
3. tige de transmission
4. ressort de rappel
5. clapet de réglage



# Comment fonctionne une VT ?

- Une vanne thermostatique permet de limiter le débit dans les corps de chauffe pour ne pas dépasser une température de consigne.



- Permet de réguler la T° dans les pièces dépourvues d'autre système de régulation (thermostat d'ambiance, sonde de température, ...)
- Permet une différenciation des T° de chaque local
- Permet de prendre en compte les influences extérieures difficilement prévisibles (apports solaires ou internes, etc)
- Permet à l'occupant de gérer la température de son local

# Régulation locale : vannes thermostatiques

## SOYEZ PARESSEUX...



Illustration: Bénédicte Beeckmans

...Laissez la vanne  
du radiateur sur **3** ! (=20°C)

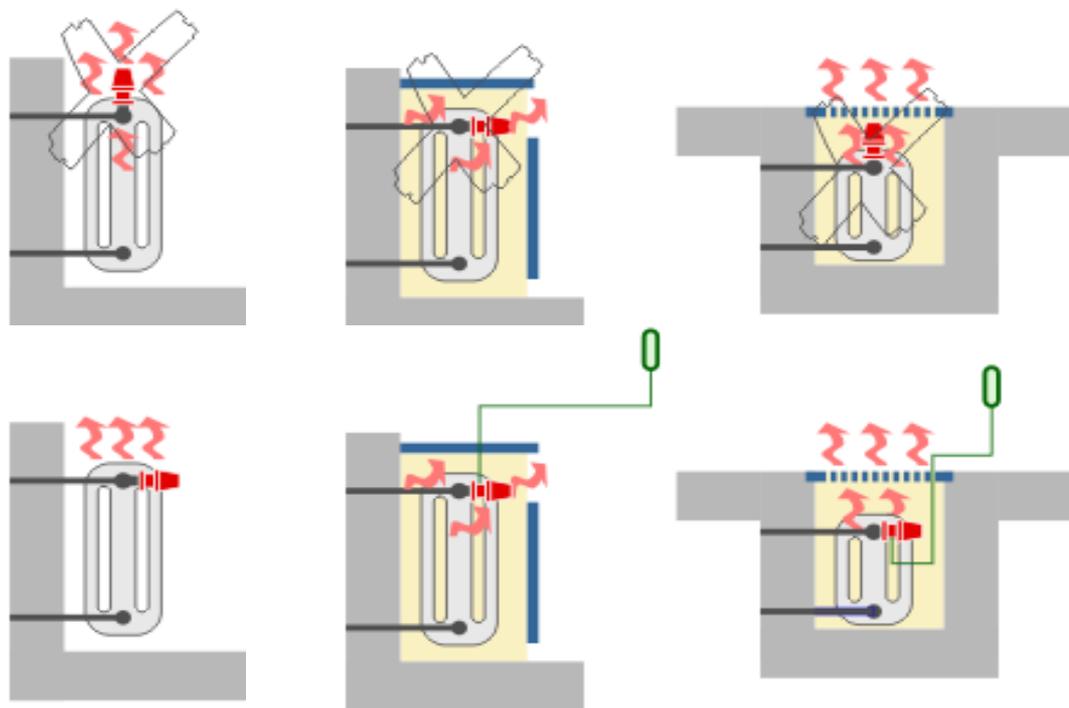
Placer des vannes  
thermostatiques dans les  
locaux à fort apport de  
chaleur?

<http://www.energieplus-lesite.be>

# Régulation locale : vannes thermostatiques

- **ATTENTION :**

- Eviter de mettre des vannes thermostatiques dans la pièce où se trouve le thermostat d'ambiance
- La vanne doit « mesurer » la température du local : éviter l'influence directe du corps de chauffe



# Régulation locale : vannes thermostatiques

## Différents types de vannes thermostatiques :



*Modèle standard avec sonde thermostatique et réglage libre incorporés.*



*Modèle standard avec sonde thermostatique séparée (pouvant être placée à distance) et réglage libre à distance.*

# Régulation locale : vannes thermostatiques

## Différents types de vannes thermostatiques :



Vannes thermostatiques programmables (horaire et température)

Vannes thermostatiques programmables à distance et de façon centralisée



# Régulation locale : vannes thermostatiques

Différents types de vannes thermostatiques :



*Vanne institutionnelle : le réglage de la consigne n'est pas accessible à l'occupant, elle résiste aux chocs (même d'un ballon de basket .) et ne peut être facilement démontée.*

# Régulation locale : vannes thermostatiques

- **Pourquoi ne pas réguler qu'avec des vannes thermostatiques ?**
  - Fonctionnent mal si la température de l'eau est trop élevée (pompage, sifflement)
  - Ne permettent pas d'intermittence automatisée
  - Ne permettent pas de limiter les pertes des chaudières et des circuits de distribution

# Régulation locale : vannes thermostatiques

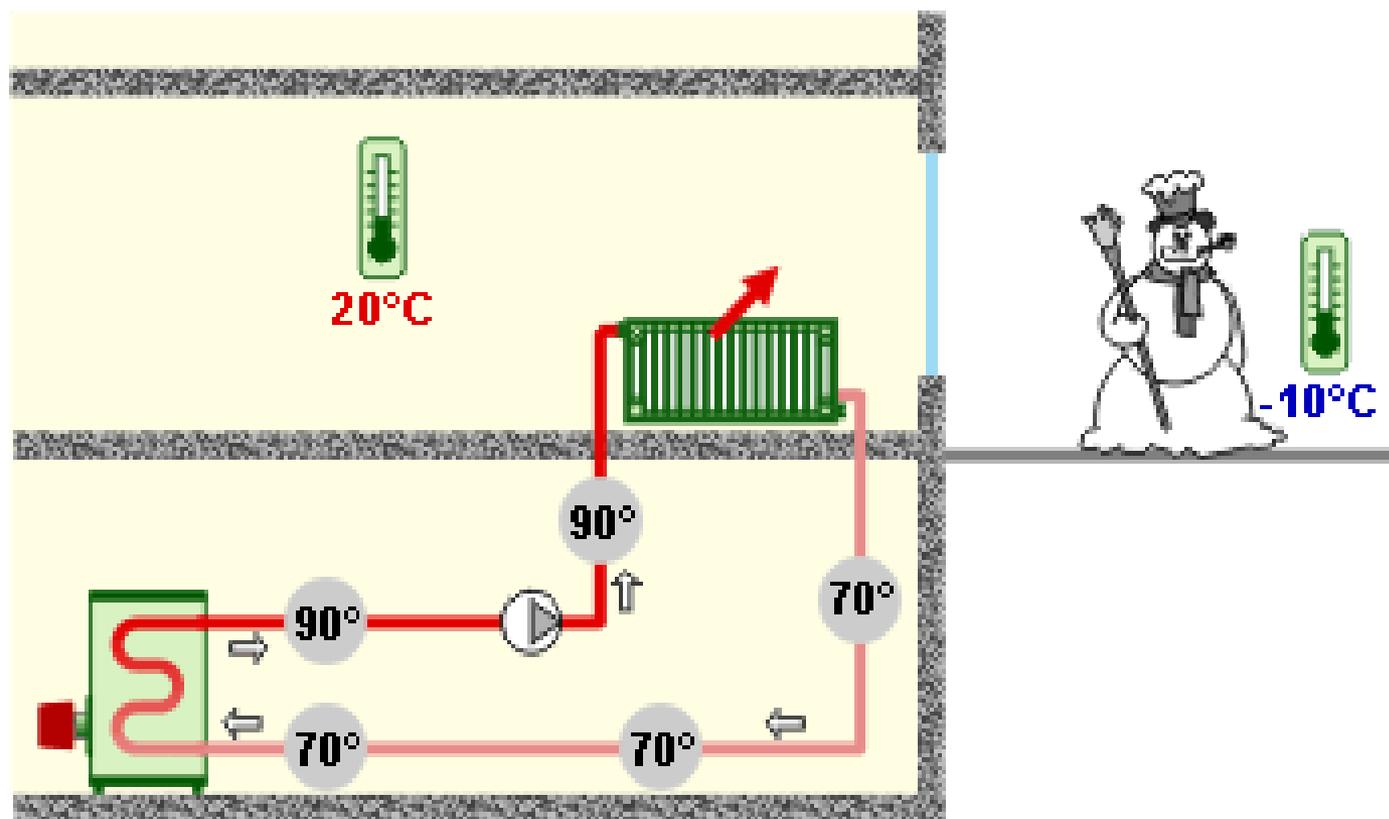
## Erreurs de manipulation les plus courantes :

- Dans un local inoccupé, la consigne des vannes thermostatiques a été réglée sur \*. A l'arrivée des occupants, le chauffage **ne sera pas** relancé plus rapidement si l'on met la consigne sur 5 que sur 3.
- Dans un local occupé, l'expérience des occupants montre que la bonne température est atteinte avec une consigne de 3. Un jour, la température intérieure est insuffisante. Dans ce cas, cette dernière ne sera par améliorée si la consigne est mise sur 4.
- Le raisonnement inverse est aussi valable : si, subitement, il fait trop chaud (par exemple, à cause de l'ensoleillement), mettre la vanne sur 1 ne changera rien puisque le clapet de la vanne est en principe déjà fermé.



**Sensibiliser les occupants !**

# Dimensionnement pour une situation extrême

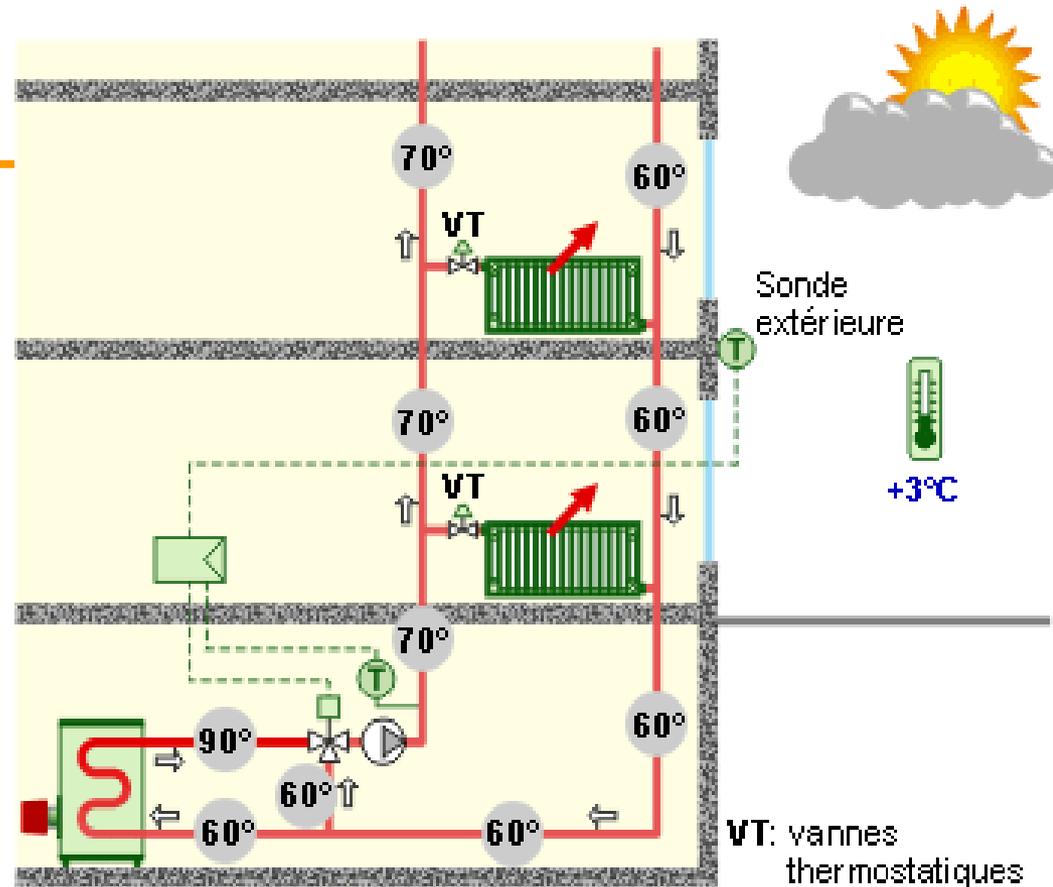


# Quid en mi-saison ?

**La puissance que le radiateur doit délivrer est moindre**

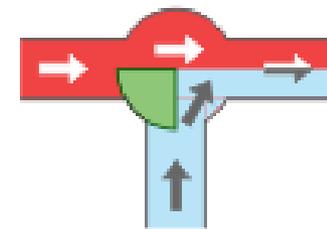
→ diminuer autant que possible la température de l'eau :

- on diminue les déperditions dans les conduites
- on favorise le bon fonctionnement des vannes thermostatiques



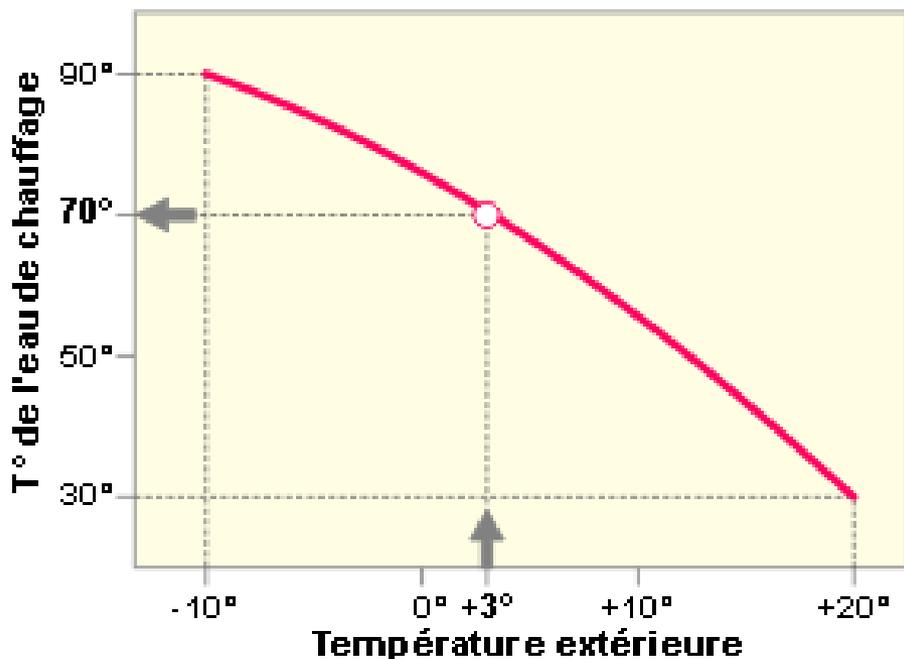
**Pour diminuer la température d'eau :**

- On a une vanne mélangeuse qui ajuste la température de l'eau des circuits en fonction de la température extérieure
- On pilote la chaudière en température glissante



# Régulation centrale de l'eau

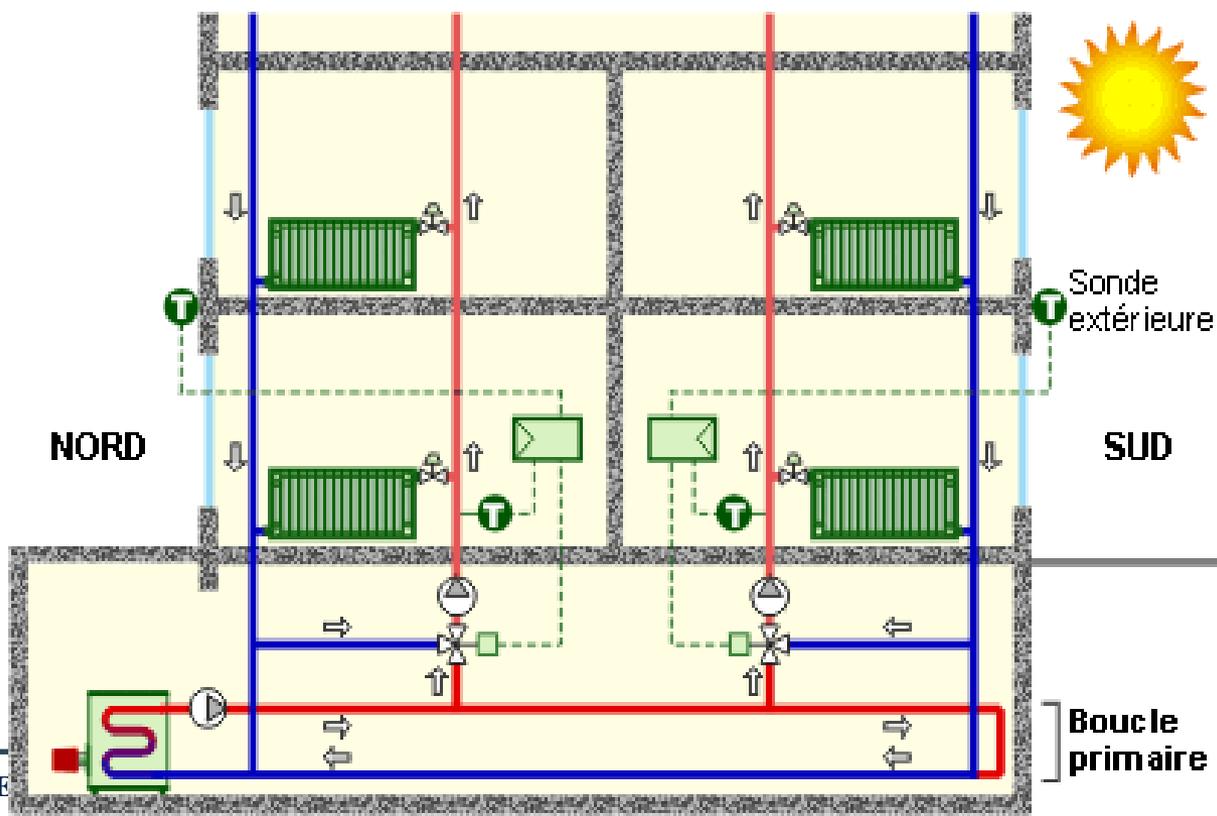
**Régulateur climatique** : commande la V3V (T° eau) pour délivrer la puissance suffisante dans le local le plus froid



# Régulation de bâtiments plus complexes

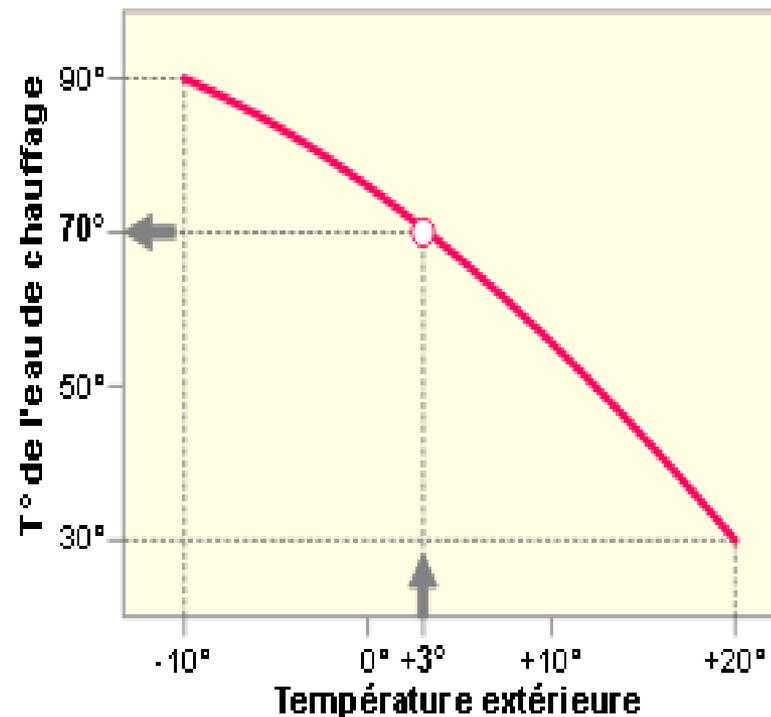
## Et s'il y a des locaux avec des besoins, des apports ou des horaires différents ?

Prévoir 1 circuit par affectation/zone et réguler la température d'eau de chaque circuit indépendamment

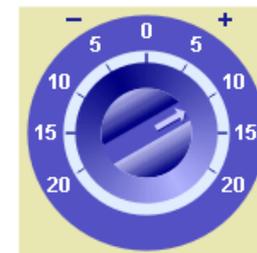
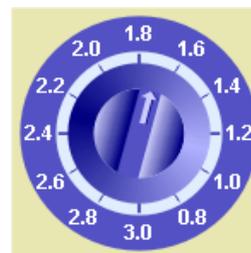
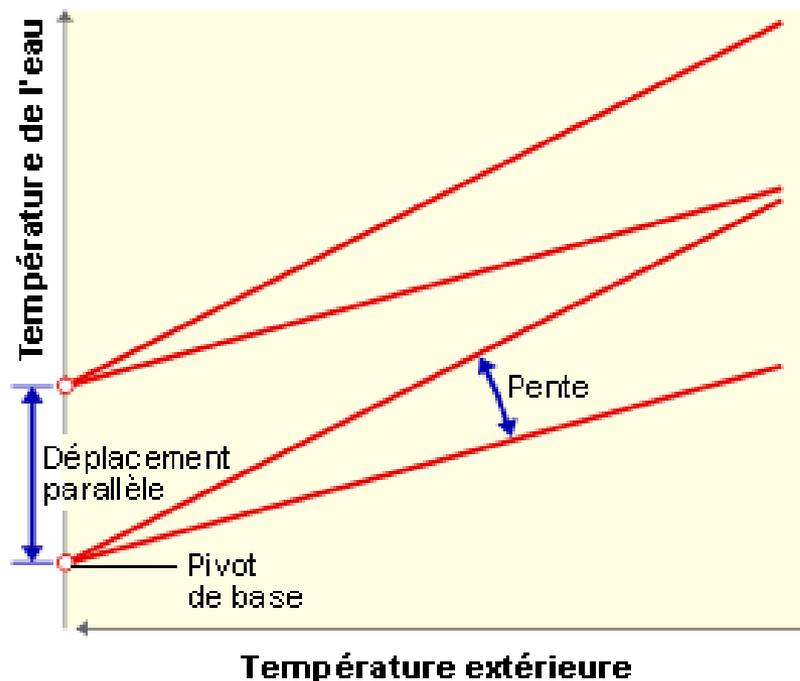
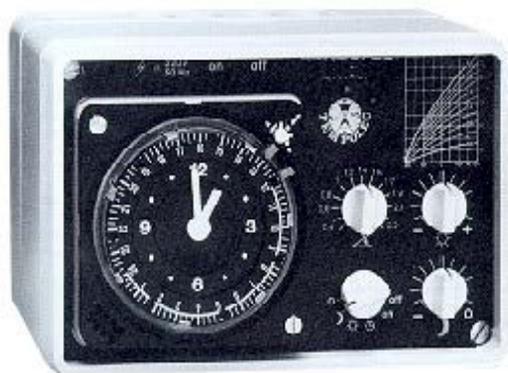


# Régulation en T° glissante

- La courbe de chauffe :
  - est unique pour un bâtiment
  - dépend :
    - de l'isolation du bâtiment
    - du surdimensionnement des radiateurs
    - des températures de consigne
  - est définie par :
    - sa pente
    - son déplacement parallèle

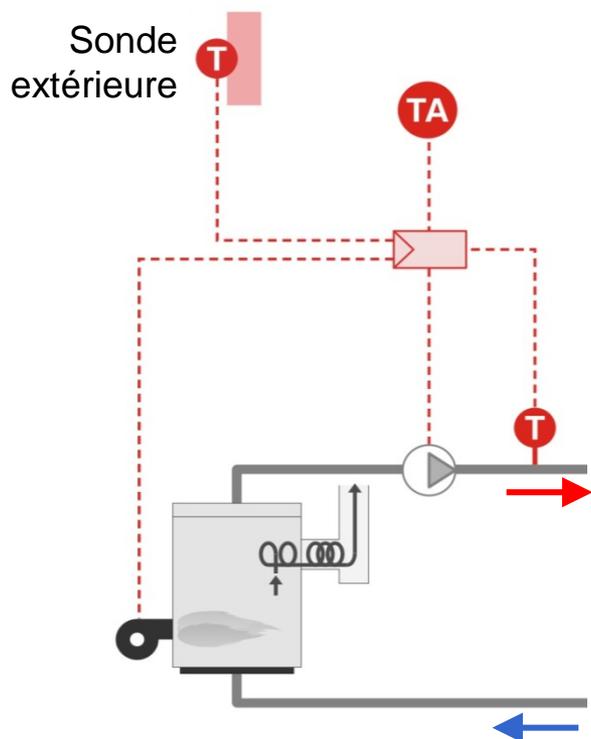


# Régulation en T° glissante

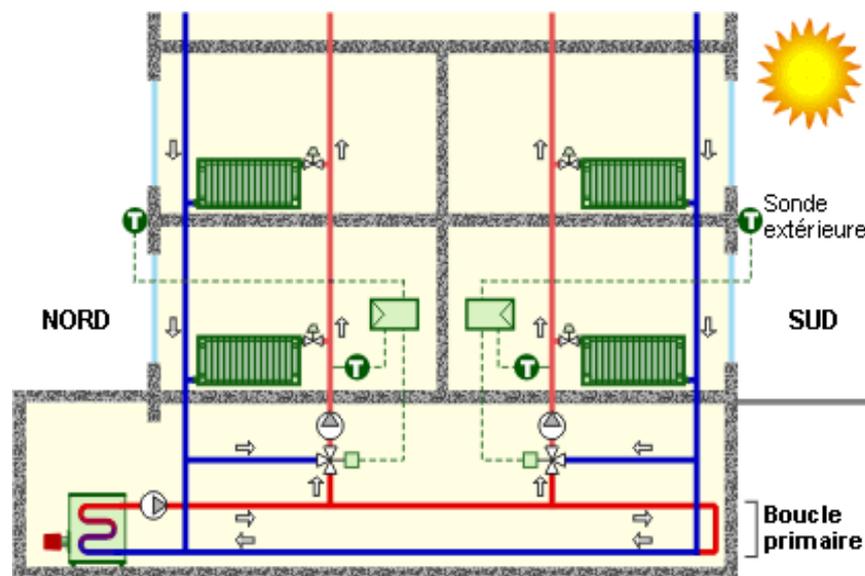


# Régulation de la T° du fluide caloporteur

Soit la régulation en T° s'applique directement sur la chaudière



Soit la régulation en T° s'applique uniquement sur le(s) circuit(s) secondaires à l'aide d'une vanne 3 voies. La chaudière est alors maintenue à T° plus élevée.

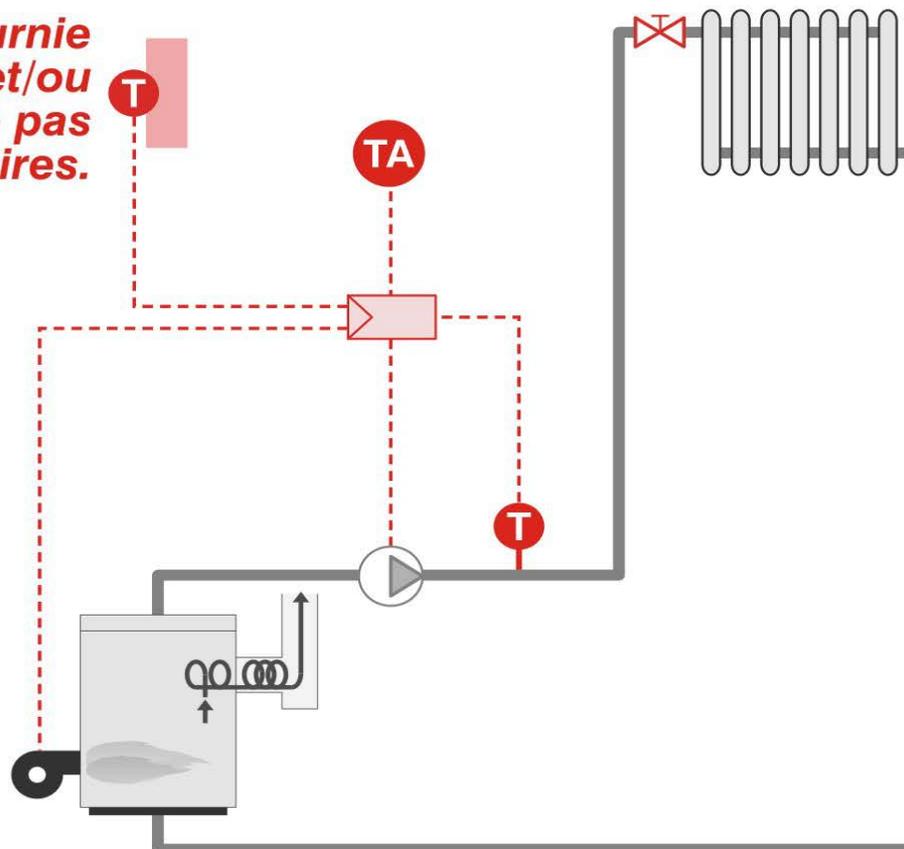


# Régulation en T° glissante

- Le réglage du régulateur climatique :
    - est unique
    - dépend du degré d'isolation du bâtiment et du surdimensionnement des corps de chauffe
  - Le réglage ne doit pas être fait :
    - par le chauffagiste
    - au hasard en fonction des plaintes (les causes d'inconfort peuvent avoir d'autres origines)
- ... mais par une personne vivant dans le bâtiment et tenant un historique des réglages

# Régulation

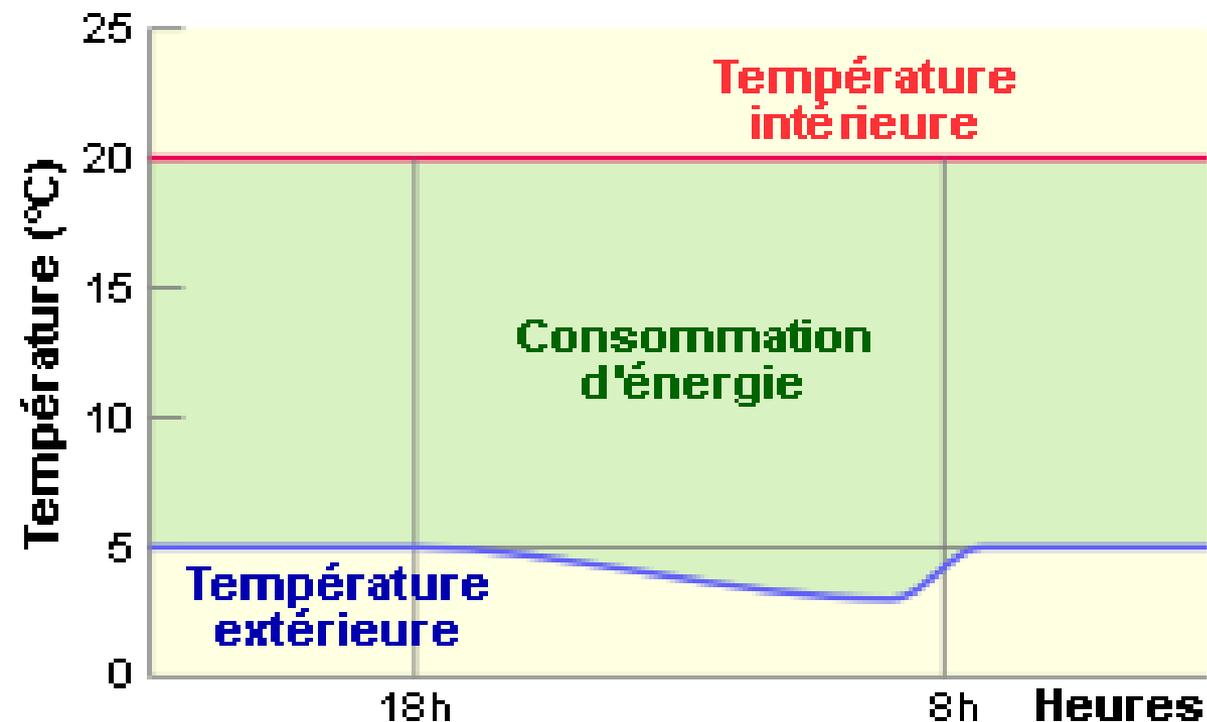
*De la chaleur est fournie à des moments et/ou avec une puissance pas toujours nécessaires.*



OBJECTIF : piloter l'installation pour avoir la **température de confort** **QUAND** c'est nécessaire et **OÙ** on en a besoin.

→ éviter tout gaspillage d'énergie

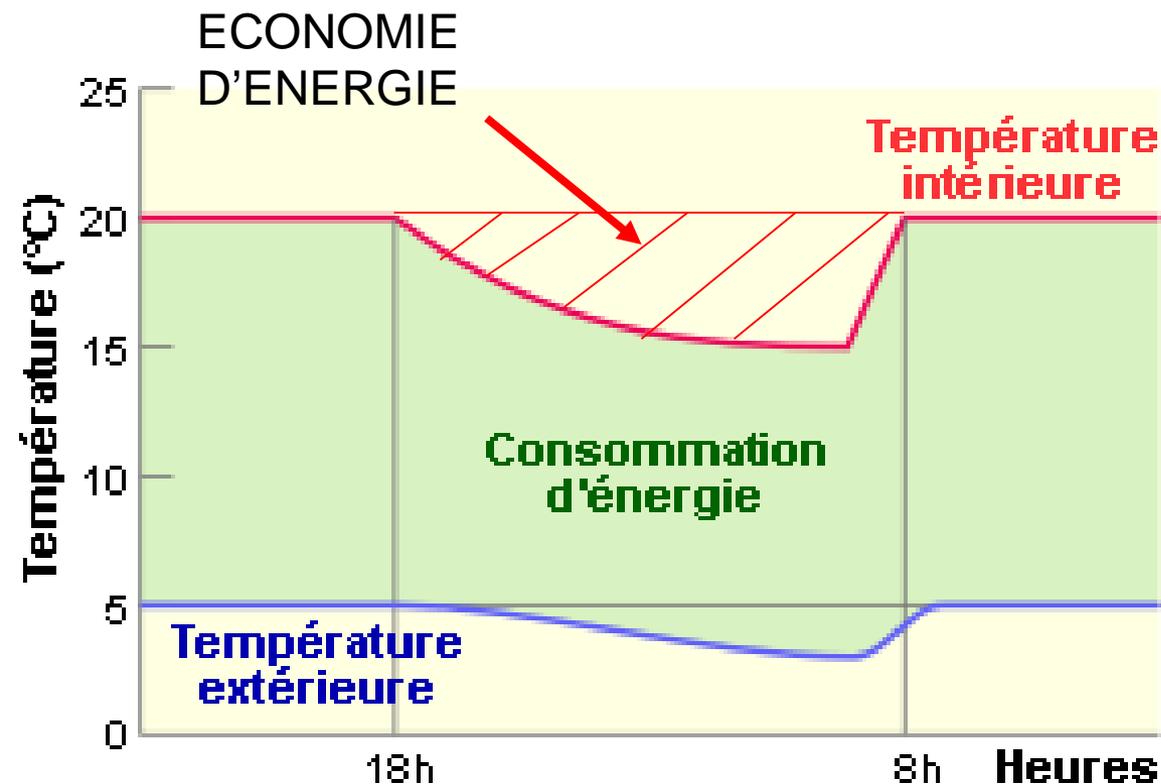
# Intérêt de l'intermittence



- Consommation proportionnelle à la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur

→ **Minimiser cette différence de température**

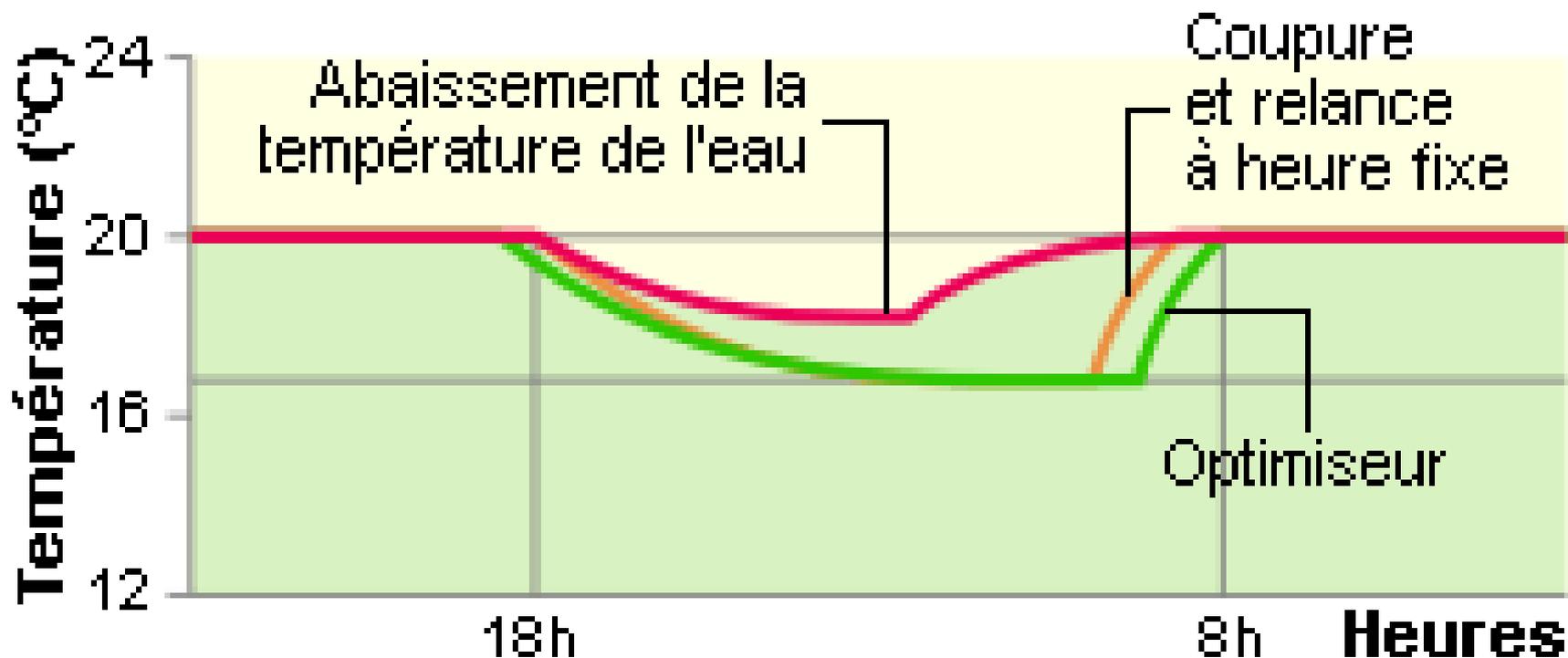
# Intérêt de l'intermittence



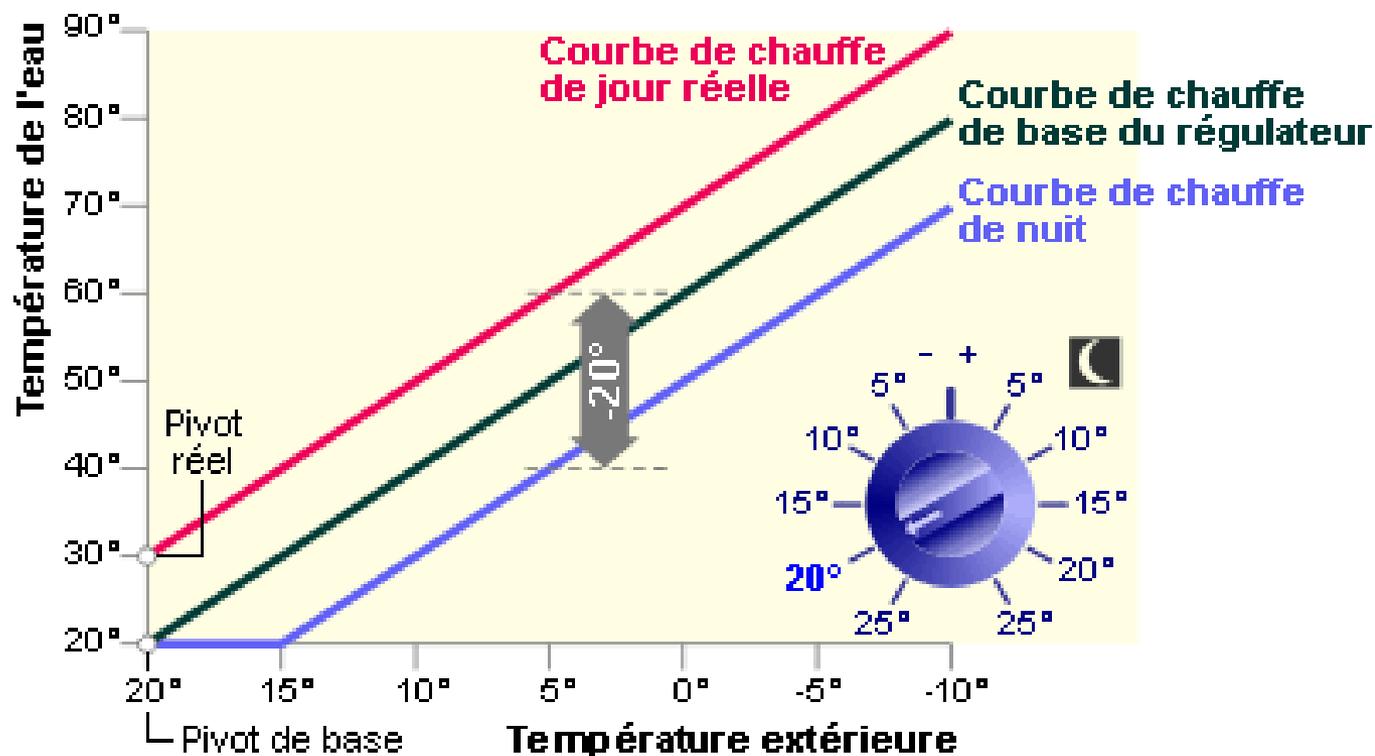
- Couper le chauffage fait chuter la température intérieure d'autant plus vite que le bâtiment est peu inerte (a peu emmagasiné de chaleur) et est mal isolé.

→ **Couper le chauffage ou diminuer le plus possible la température intérieure durant la coupure.**

# Types d'intermittence

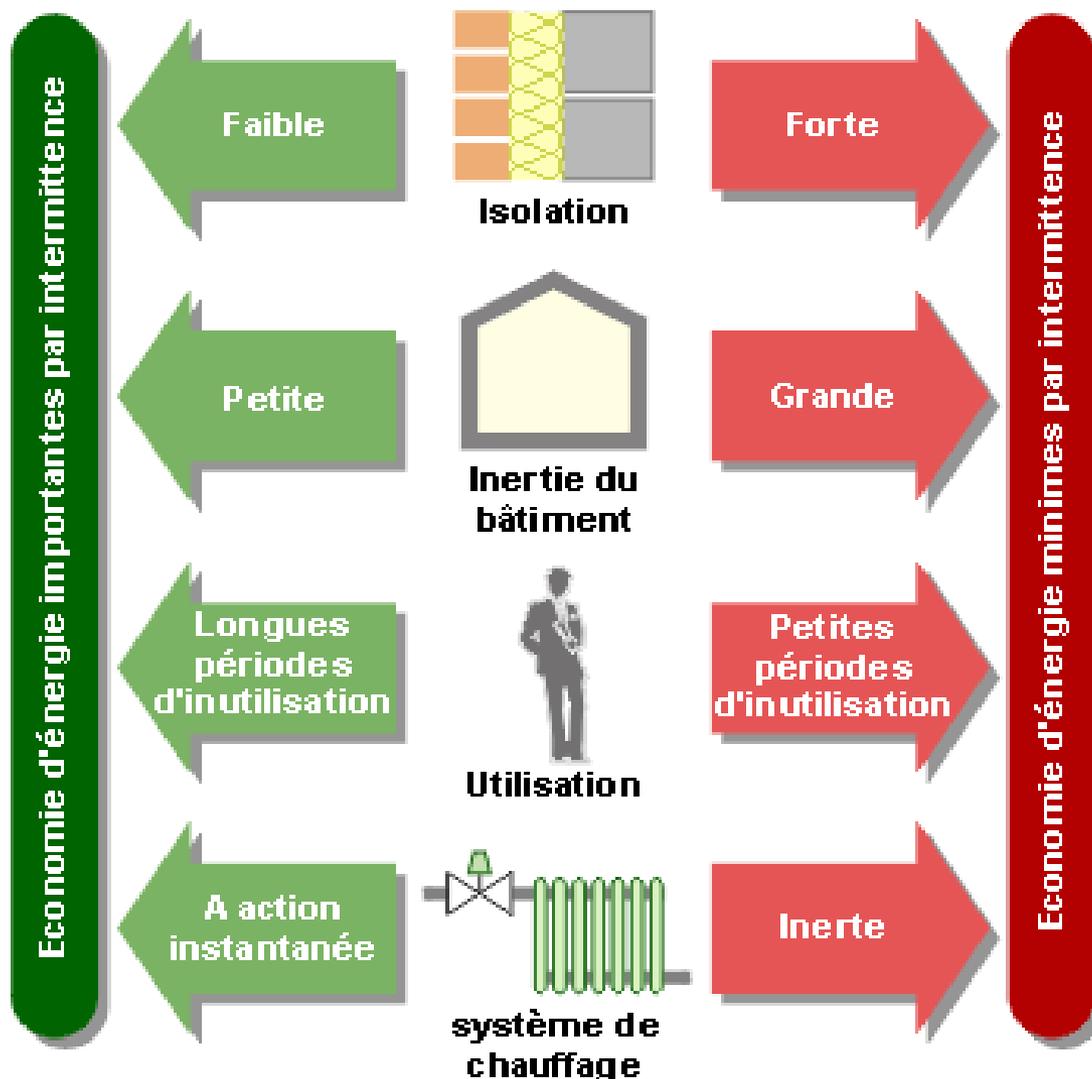


# Types d'intermittence : abaissement de la température d'eau



Note : ce n'est pas la manière la plus performante d'assurer l'intermittence

# Intérêt de l'intermittence



L'intermittence permet de réaliser des économies d'autant plus importante que l'isolation du bâtiment est faible, que l'inertie thermique du bâtiment est faible, ...

# Intermittence

- Limite pour la température de consigne basse?
  - Minimum 12 °C :
    - Si inférieure -> risque de condensation
    - Si inférieure : murs trop froids malgré la relance => inconfort
    - 12°C dans le local témoin = garantie de maintenir l'ensemble du bâtiment hors-gel.

Cette température ne sera en principe atteinte que par grand froid et/ou en période d'inoccupation prolongée



**Il faut une puissance de relance suffisante**

# Intérêt de l'intermittence

*"Cela ne sert à rien de couper le chauffage durant la nuit, la chaleur économisée est repayée en début de journée suivante pour recharger les murs !"*

**FAUX !**

# Plan de l'exposé

---

- Introduction
- La production
- La distribution
- L'émission
- La régulation
- **Les auxiliaires**
- Focus sur les installations à condensation
- Remplacer une chaudière / rénover une chaufferie
- Conclusions

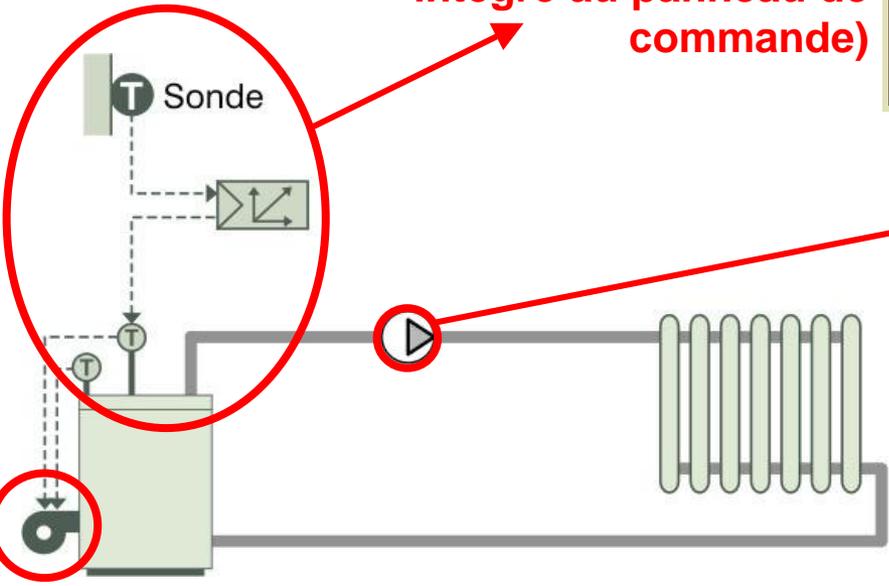
# Auxiliaires

- EXEMPLE :**

Electronique de commande de la chaudière (régulateur climatique intégré au panneau de commande)



Circulateur assurant la distribution



Ventilateur intégré au brûleur pulsé

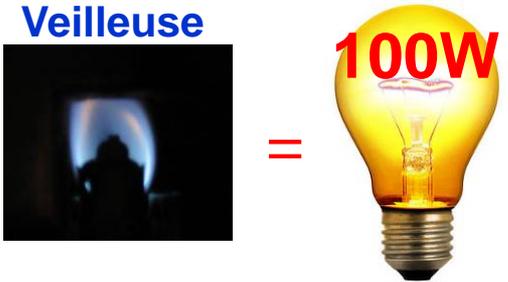


... ou présence éventuelle d'une veilleuse (chaudières atmosphériques, par exemple)



# Veilleuse

- La consommation d'une veilleuse équivaut à une ampoule électrique de 100 W allumée en permanence !!!
  - **Consommation sur un an ~ 100 m<sup>3</sup> de gaz ou ~ 60 €**
- Eteindre complètement la chaudière en dehors de la période de chauffe (si l'eau chaude sanitaire est produite séparément)



# Fonction d'un circulateur



- **Faire circuler l'eau dans l'installation**
  - vaincre les pertes de charge
  - assurer le débit d'eau nécessaire pour irriguer l'installation
- **Il existe :**
  - Des circulateurs standards à une ou plusieurs vitesses (ne sont plus commercialisés depuis 2014).
  - Des circulateurs à vitesse variable : la vitesse varie en fonction de la variation de pression dans le réseau.

# Circulateurs standards

- **Circulateurs « standards »**

Circulateurs à 1 ou plusieurs vitesses (3 ou 4) dont la vitesse de rotation (débit) est réglée manuellement et reste fixe quelques soient les conditions d'exploitation

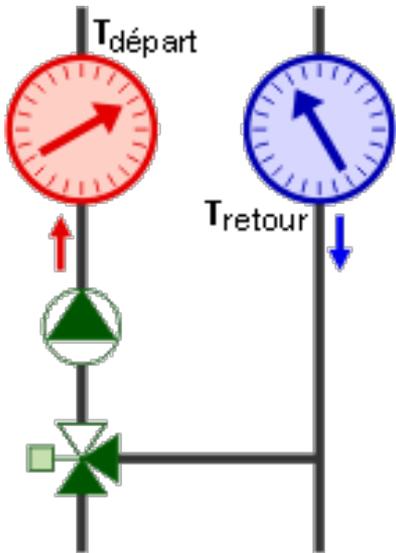


- Bien souvent, ces circulateurs sont surdimensionnés lors de la conception, ou suite à l'usage réel du système de chauffage.  
... par exemple, dans une habitation dont de nombreuses pièces ne sont plus chauffées (vannes fermées).
- Pour les circulateurs à plusieurs vitesses il peut être utile de tenter de **réduire la vitesse**, soit en permanence, soit selon la saison.  
En cas d'inconfort, il est aisé de retourner aux réglages initiaux.

# Réduire la vitesse des circulateurs

Indice :

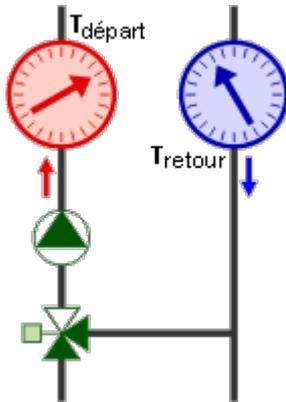
... par  $-10^{\circ}\text{C}$  ext...



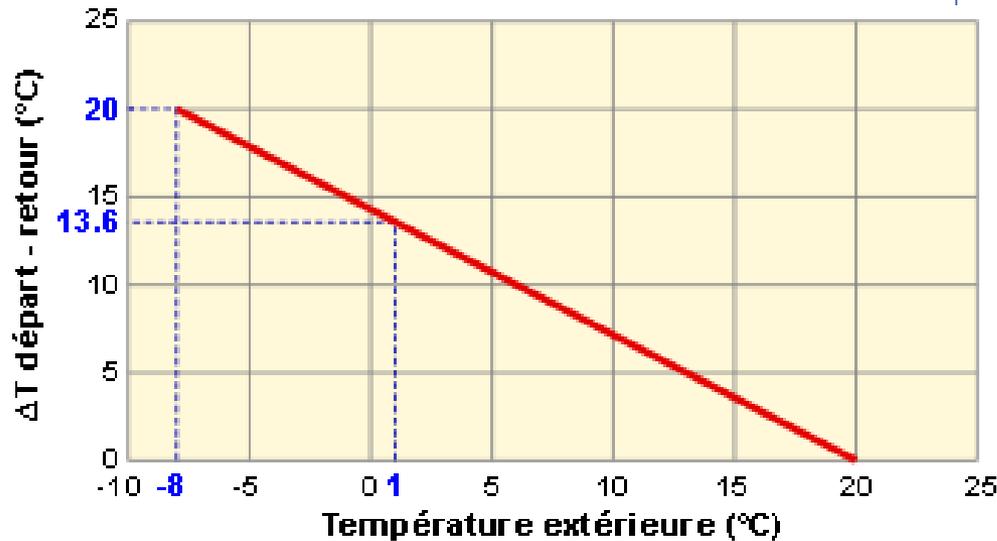
$80^{\circ}\text{C}$

$60^{\circ}\text{C}$

# Réduire la vitesse des circulateurs

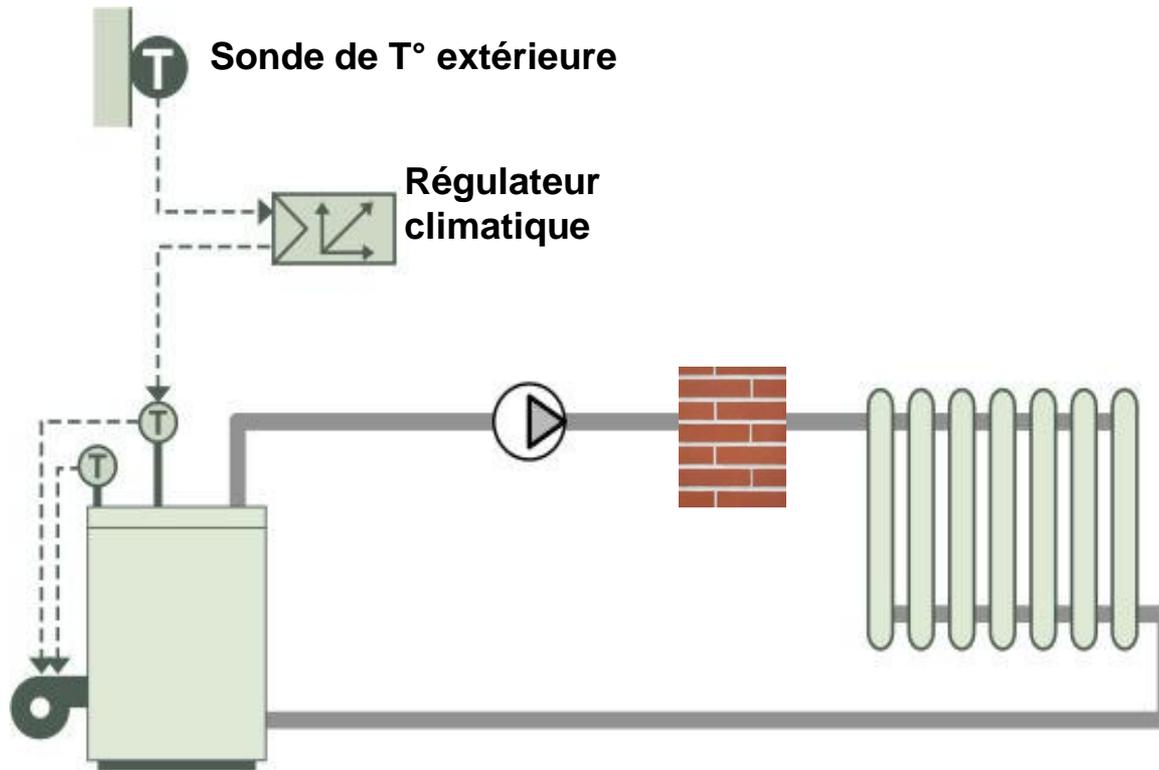


- Réduire d'un cran la vitesse des circulateurs secondaires permet de gagner ...20% ... de leur consommation électrique
- Indice : la différence entre la température de départ et de retour



- Pour une température extérieure de 1°C, Tdépart –Tretour devrait être de l'ordre de 13 .. 14°C
- Si elle est de 6 .. 7°C, le débit est vraisemblablement 2 x trop élevé.

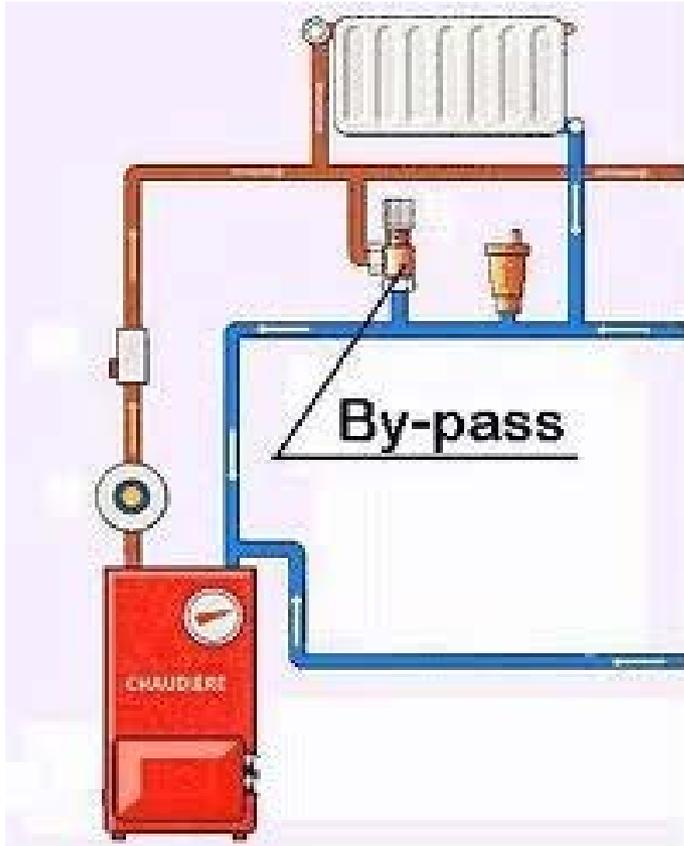
# Que se passe-t-il lorsque les VT sont fermées ?



Le circulateur pousse sur un « mur » !

- usure prématurée du circulateur
- consommation électrique inutile

# Que se passe-t-il lorsque les VT sont fermées ?



Avec des circulateurs « standards », il y a toujours un bypass! (vanne de pression différentielle entre le départ et le retour)



# Circulateurs à vitesse variable

- **Circulateurs « à vitesse variable »**

Circulateurs dont la vitesse de rotation est réglée automatiquement de façon à ajuster en continu la pression différentielle en un point du circuit.

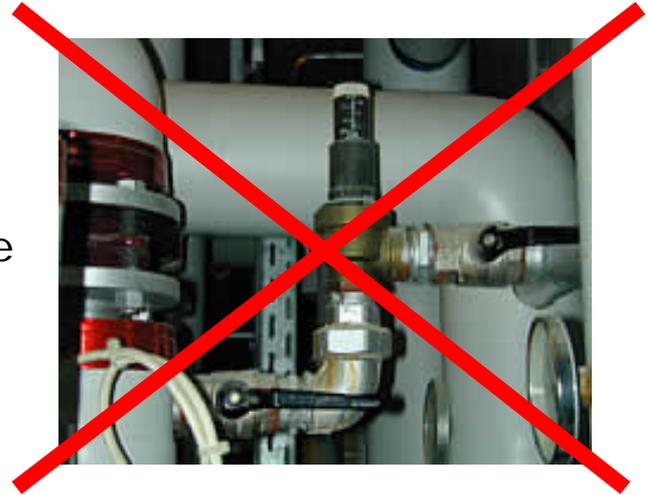
→ seule la puissance nécessaire est consommée  
(pas de surdimensionnement)



# Circulateurs à vitesse variable

De plus, un circulateur à vitesse variable peu avantageusement remplacer une soupape de pression différentielle

→ ce circulateur diminuera automatiquement le débit si des vannes thermostatiques se ferment (→ diminution de puissance consommée) alors qu'avec une soupape de pression différentielle la puissance consommée reste identique en pareille situation



→ selon les cas, économie de 30% à 50% sur la consommation électrique annuelle !

# Exemple



4 vitesses et donc 4 puissances :

83 W

72 W

55 W

41 W

- Diminution de la vitesse de 1 cran sur la saison de chauffe :  
 $(83-72) \text{ W} \times 5800 \text{ h} = 64 \text{ kWh}$  ou  $\sim 13 \text{ €/an}$
- Coupure circulateur en été (hors saison de chauffe) :  
 $72 \text{ W} \times 3000 \text{ h} = 216 \text{ kWh}$  ou  $\sim 43 \text{ €/an}$

# Temporisation du circulateur

- La commande du circulateur peut être intégrée à la régulation de l'installation :

le circulateur est mis en route en même temps que le brûleur et une temporisation commande son arrêt de 5 à 15 minutes après l'arrêt du brûleur pour évacuer la chaleur résiduelle de la chaudière

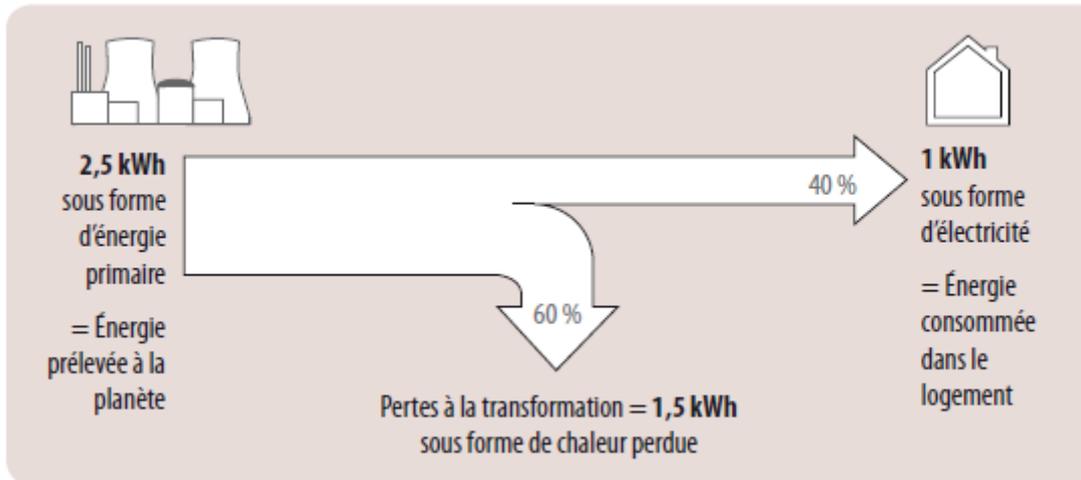
## Exemple : circulateur de 72 W à vitesse fixe

	Consommation annuelle [kWh/an]	
Fonctionnement continu durant la période de chauffe	420	- 40%
Fonctionnement discontinu durant la période de chauffe	252	

Hypothèses : coefficient de charge = 10 %, période de chauffe = 6000 h, temporisation = 5 min,

# Energie primaire

- Pour les combustibles, les pertes de transformation et de transport sont négligeables => énergie primaire = énergie finale
- Pour l'électricité :



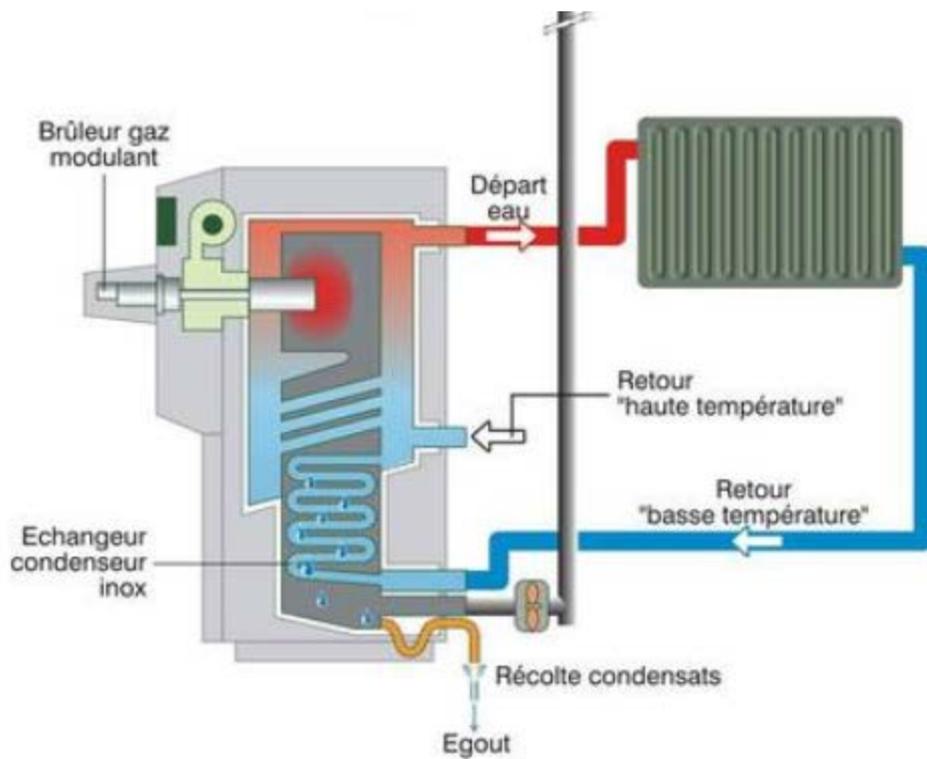
=> énergie primaire = 2,5 x énergie finale

# Plan de l'exposé

---

- Introduction
- L'émission
- La régulation
- La distribution
- La production
- Les auxiliaires
- **Focus sur les installations à condensation**
- Remplacer une chaudière / rénover une chaufferie
- Conclusions

# Chaudière à condensation



# Chaudières à condensation

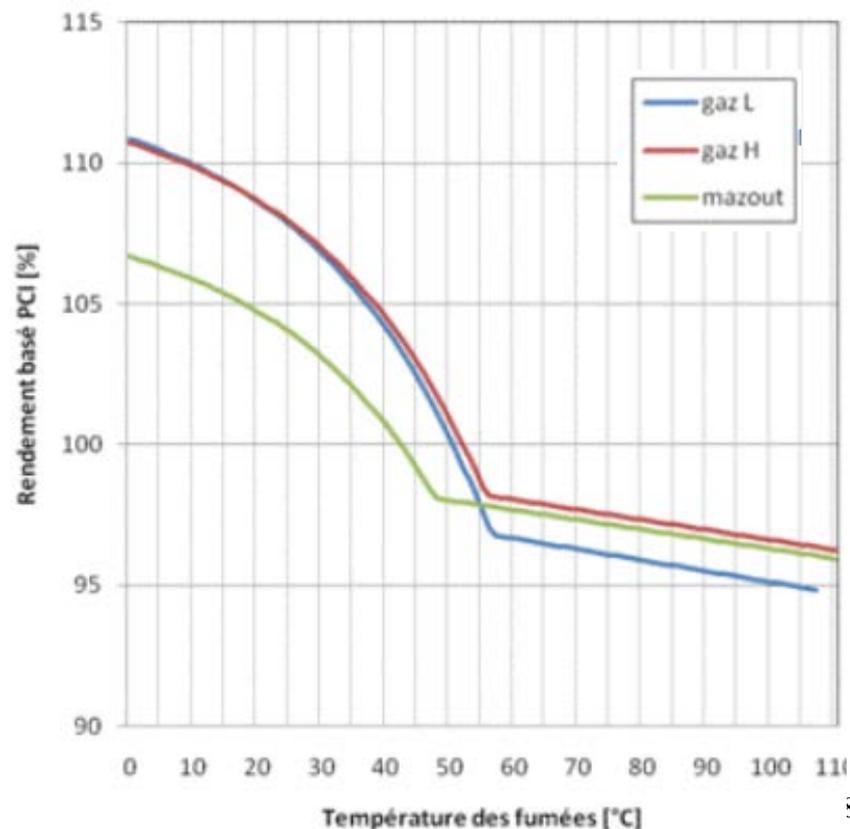
... ne sont pas des boîtes noires qui condensent d'office !!!

**La condensation n'a lieu que si :**

**→ Les fumées sont suffisamment refroidies pour que la vapeur d'eau puisse condenser**

Point de rosée ~ 54...58° pour le gaz

Point de rosée ~ 45...48° pour le mazout



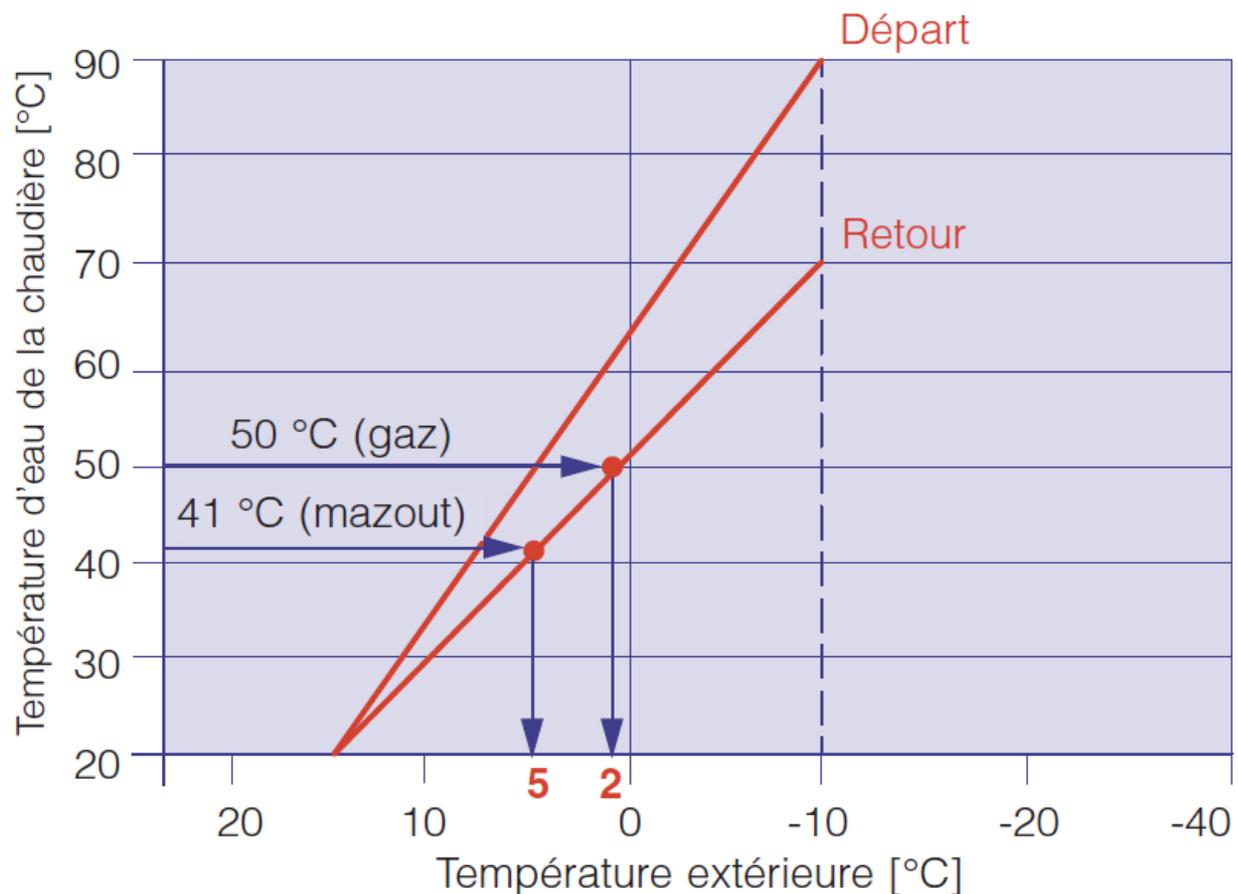
# Chaudières à condensation

## Paramètres influençant la condensation :

- **Température des fumées** basse implique :
  - **Une T° d'eau au retour la plus faible possible**
    - Émetteurs dimensionnés pour travailler à basse température (si possible)
    - Régulation en T° glissante de la température de départ
    - Hydraulique adaptée : éviter les retours chauds
  - **Un échangeur efficace** (rapport  $S_{\text{échange}} / P_{\text{brute}}$ )
    - Opter pour un brûleur qui délivre la puissance strictement nécessaire (brûleur modulant)

# Régulation en T° glissante & Dimensionnement des émetteurs

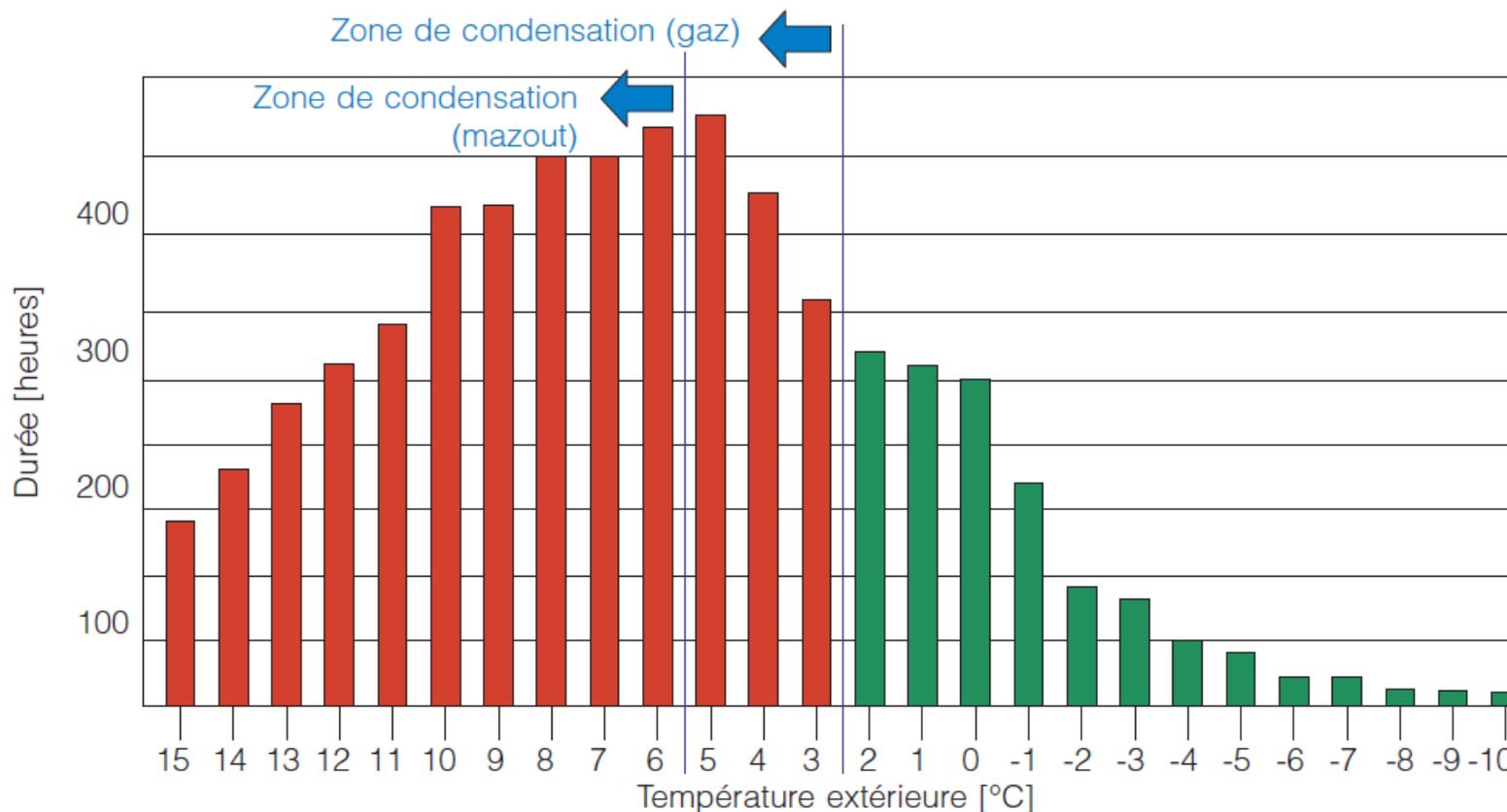
T° de départ et de retour en fonction de la T° extérieure



**Régime  
classique  
70 / 90 °C**

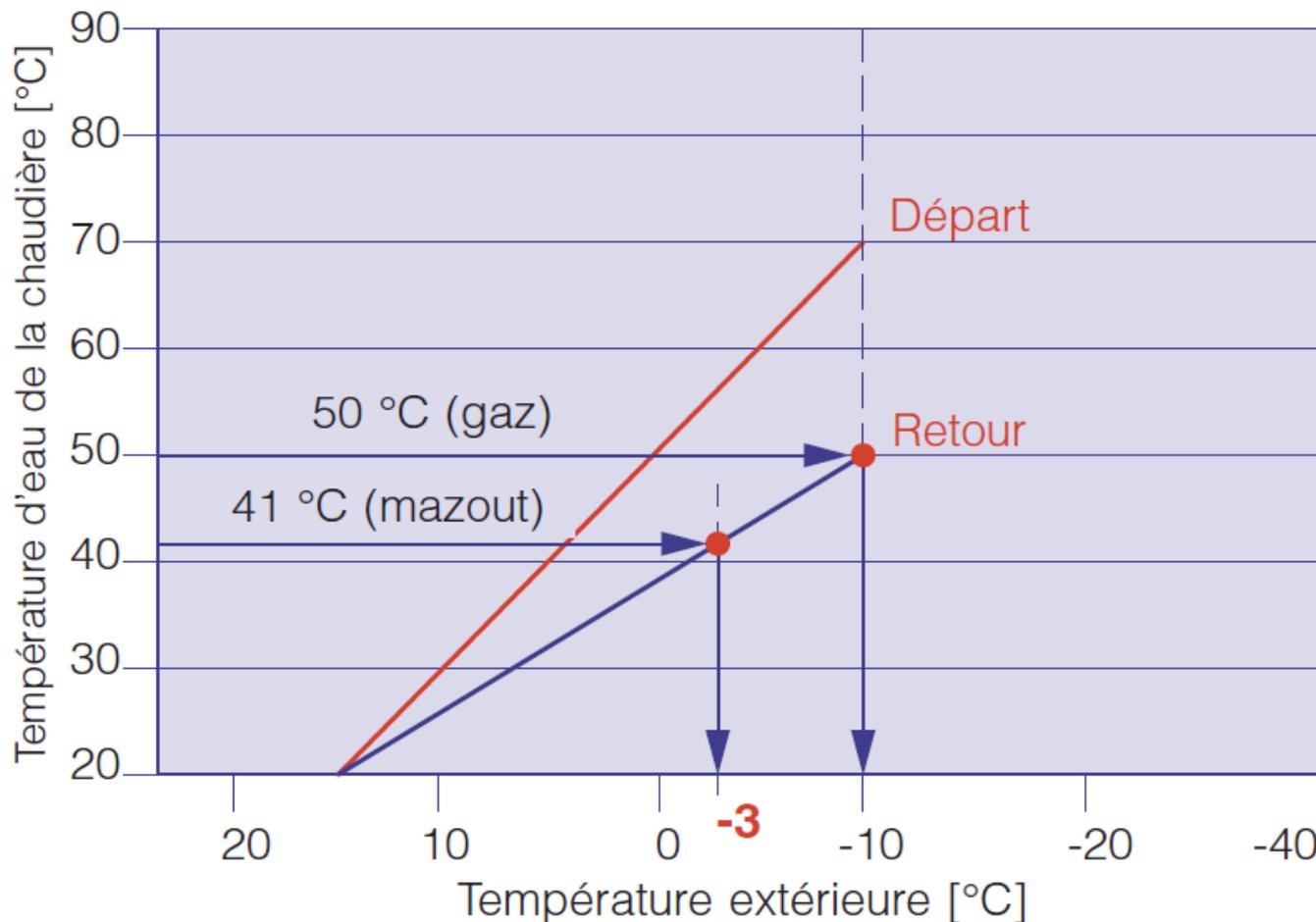
# Régulation en T° glissante & Dimensionnement des émetteurs

Durée pendant laquelle la température extérieure présente une valeur donnée au cours de la saison de chauffe



# Régulation en T° glissante & Dimensionnement des émetteurs

**Régime  
50 / 70 °C  
par exemple,  
radiateurs  
surdimensionnés**

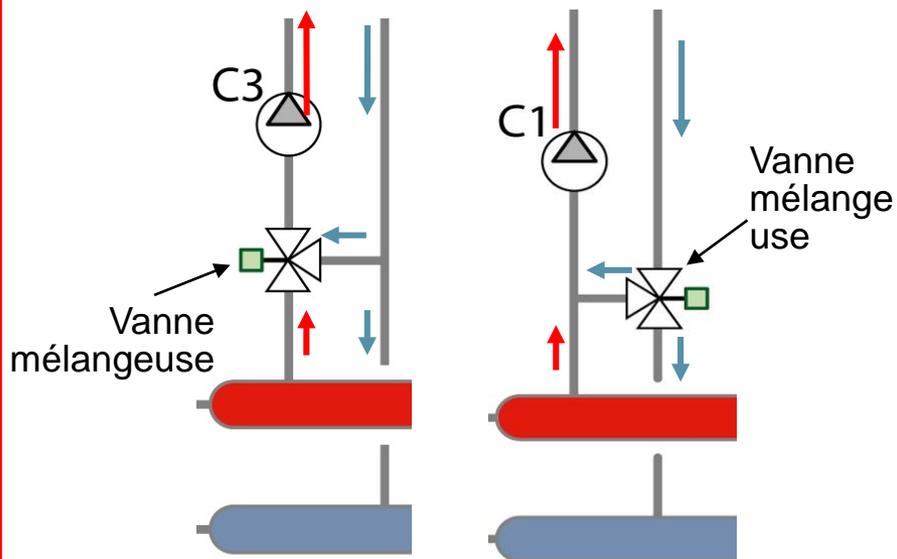




# Circuit à T° variable vs Circuit à T° constante

- Le type du circuit dépend des positions de la vanne et du circulateur ...

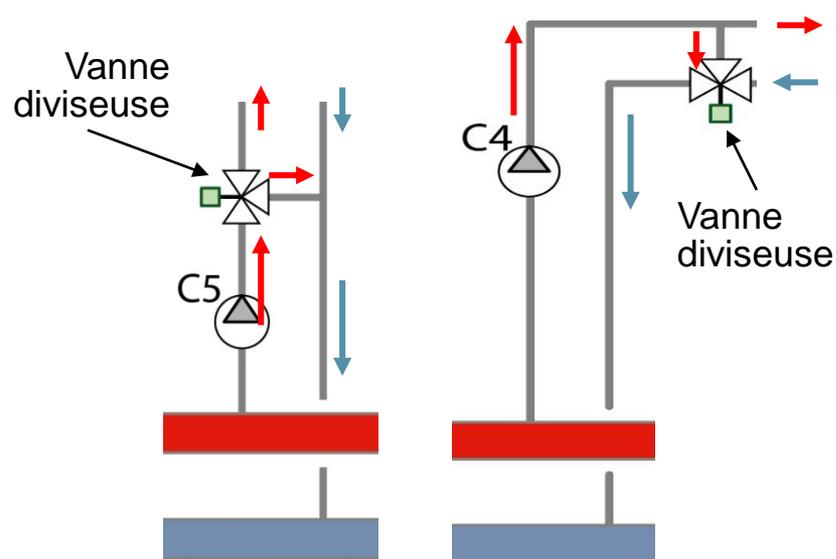
## « Circuit à T° variable »



Eau circulant dans le circuit secondaire :

- Débit constant
- T° variable

## « Circuit à T° constante »



Eau circulant dans le circuit secondaire :

- Débit variable
- T° constante

# Eviter les retours chauds

Pour la condensation, il faut que la température d'eau de retour soit la plus froide possible ...

Schéma défavorable à la condensation

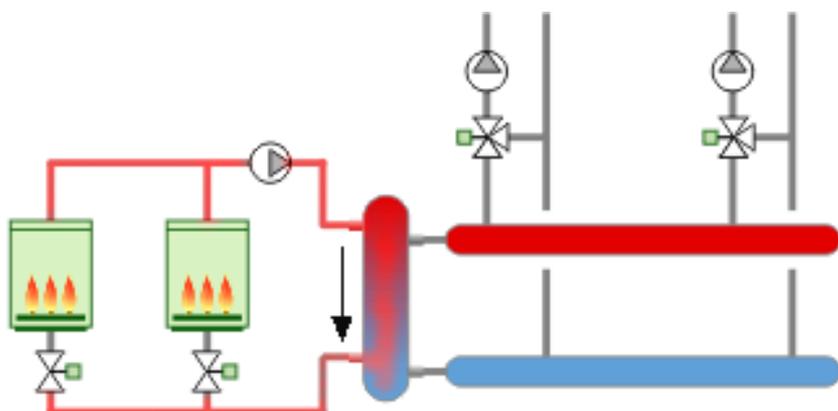
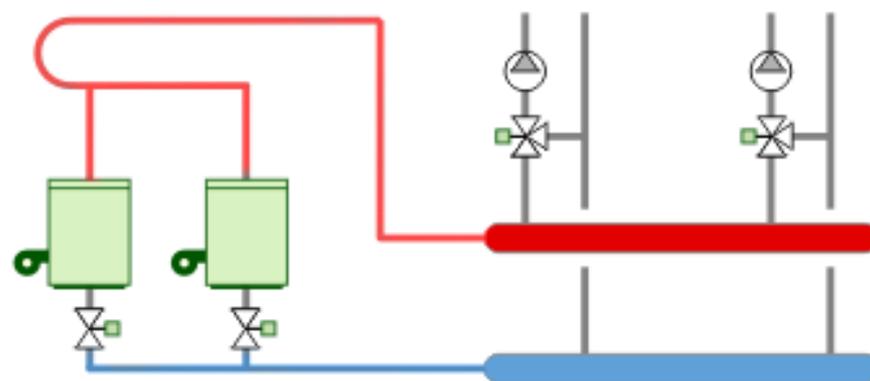


Schéma favorable à la condensation

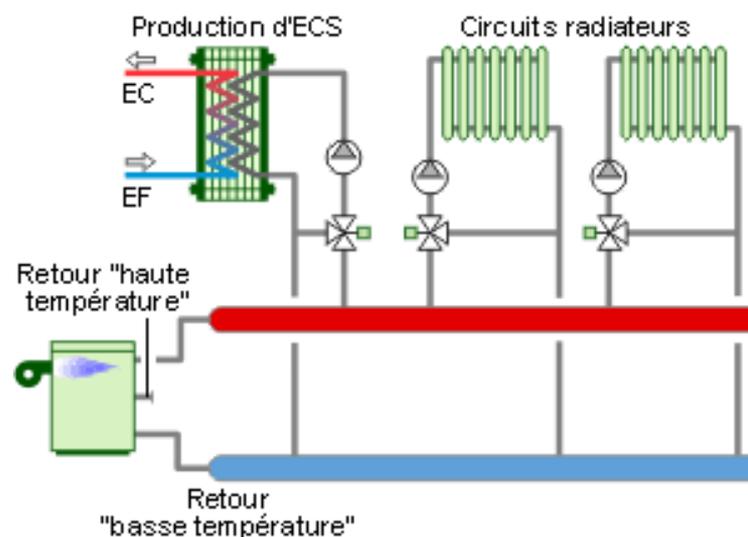
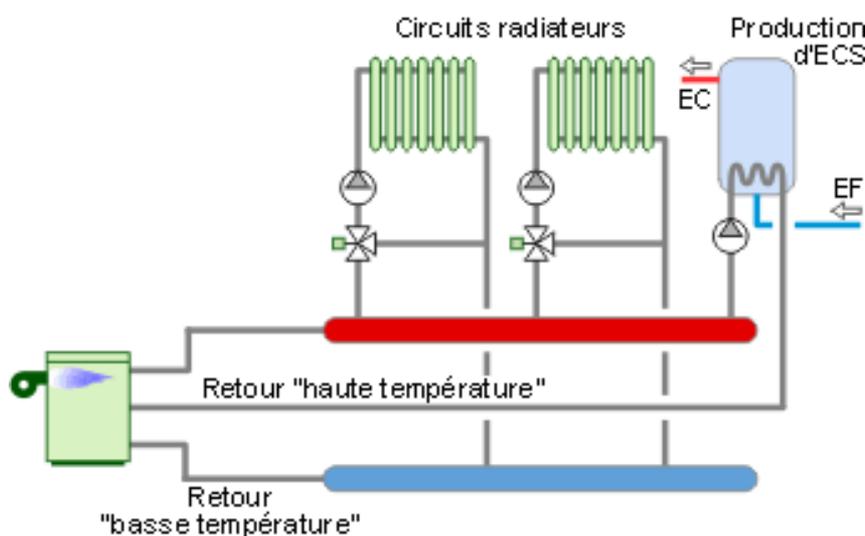


# Eviter les retours chauds

- **Quid si production d'ECS couplée ?**

Si chaudière à condensation :

... **soit** chaudière à grand volume d'eau et 2 retours distincts

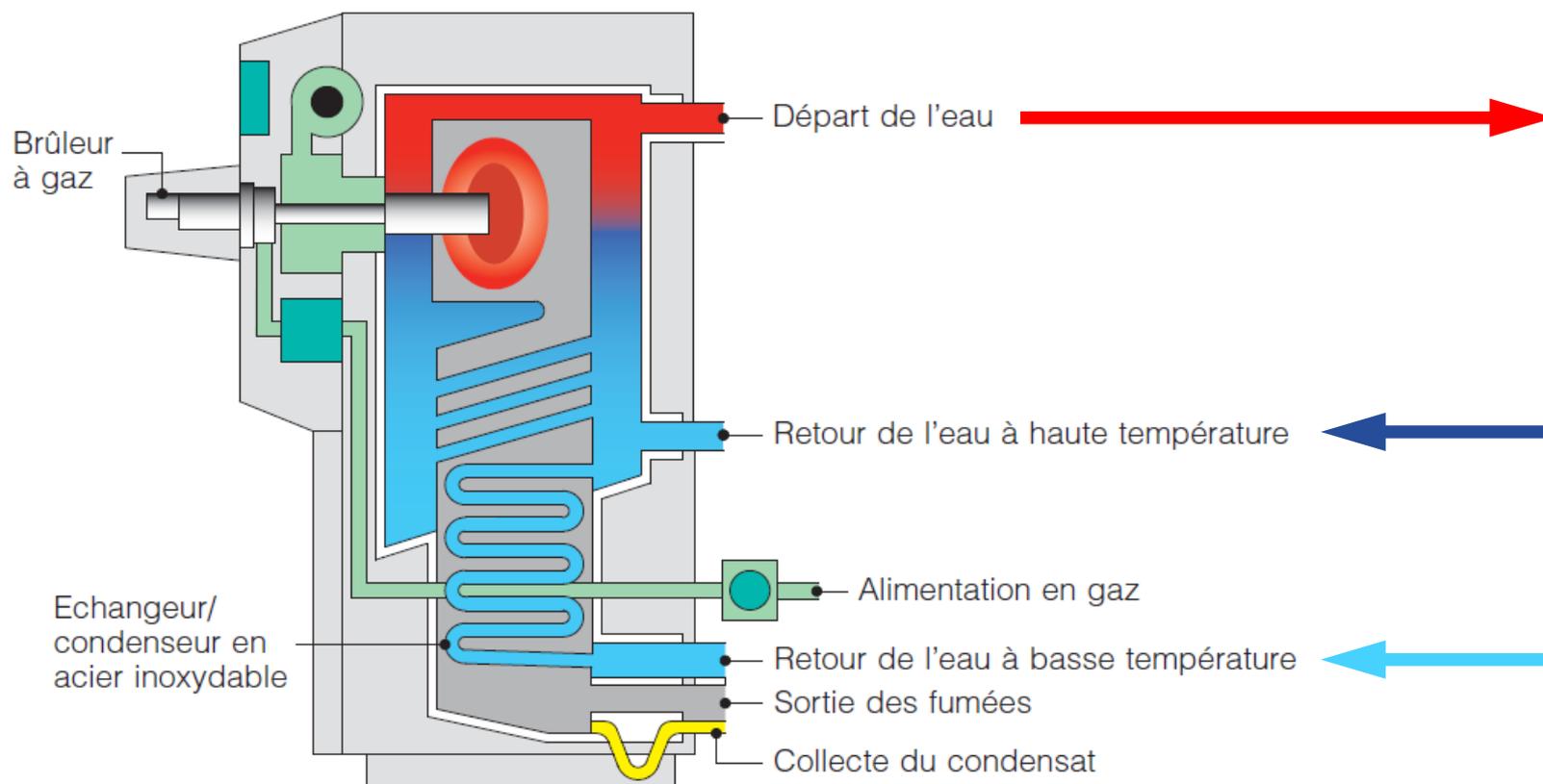


... **soit** dimensionner les échangeur ECS afin d'avoir des retours « froids » (échangeur à plaque)

... **soit découpler la production d'ECS et de chauffage**

# Eviter les retours chauds

- Si il existe des circuits à T° de retour différentes  
→ chaudières à raccords multiples



# Echangeur efficace

$$S_{\text{échange}} / P_{\text{brute}}$$

Surface de l'échangeur est fixe (échangeur = chaudière)

→ Agir sur la puissance!

→ Diminuer autant que possible la puissance = ajuster au mieux la puissance en fonction des besoins

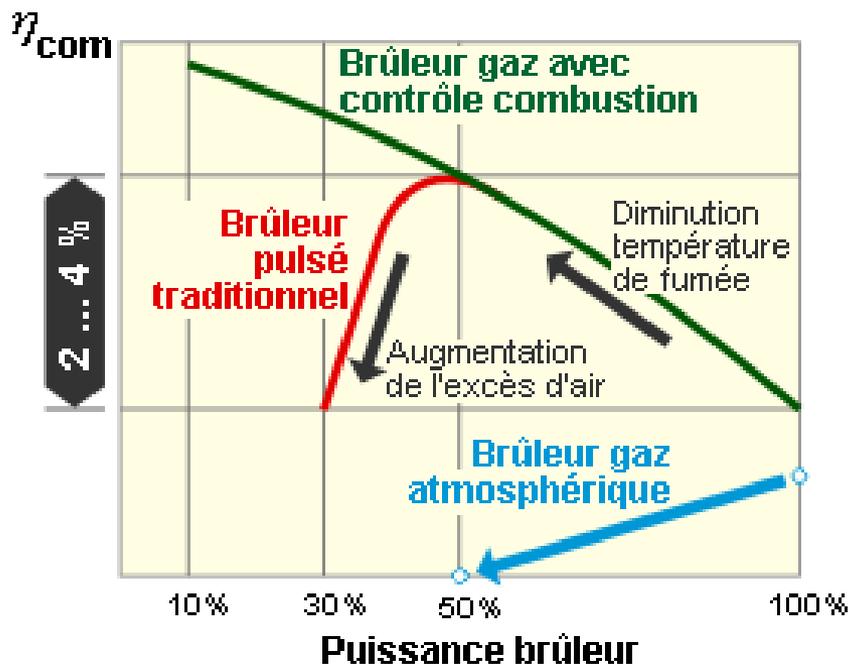
## Comment ?

**Etager les niveaux des puissances en ayant recours à :**

**→ des brûleurs à deux allures ou, mieux, à des brûleurs modulants**

**→ plusieurs chaudières (éventuellement à plusieurs allures) et régulées en cascade**

# Étagement de puissance sur un brûleur



- Pour les brûleurs pulsés 2 allures :
  - Si la puissance de la 1<sup>ère</sup> allure n'est pas trop basse (= ~60%), un gain de ~2 à 2.5% de rendement de combustion en 1<sup>ère</sup> allure est possible

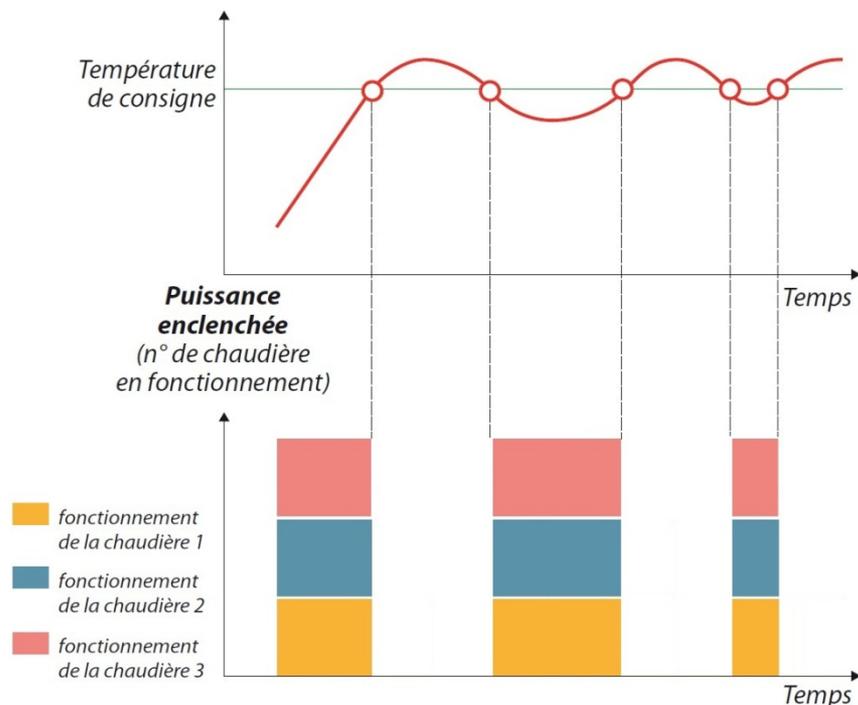
Car, si puissance diminue (en restant au-dessus d'une certaine valeur ~50% de la  $P_{chaudière}$  pour des chaudières standards):

- transfert de chaleur amélioré au sein de la chaudière
- les fumées évacuées sont plus froides
- les pertes par les fumées diminuent
- le rendement de combustion augmente

# Étagement de puissance avec plusieurs chaudières

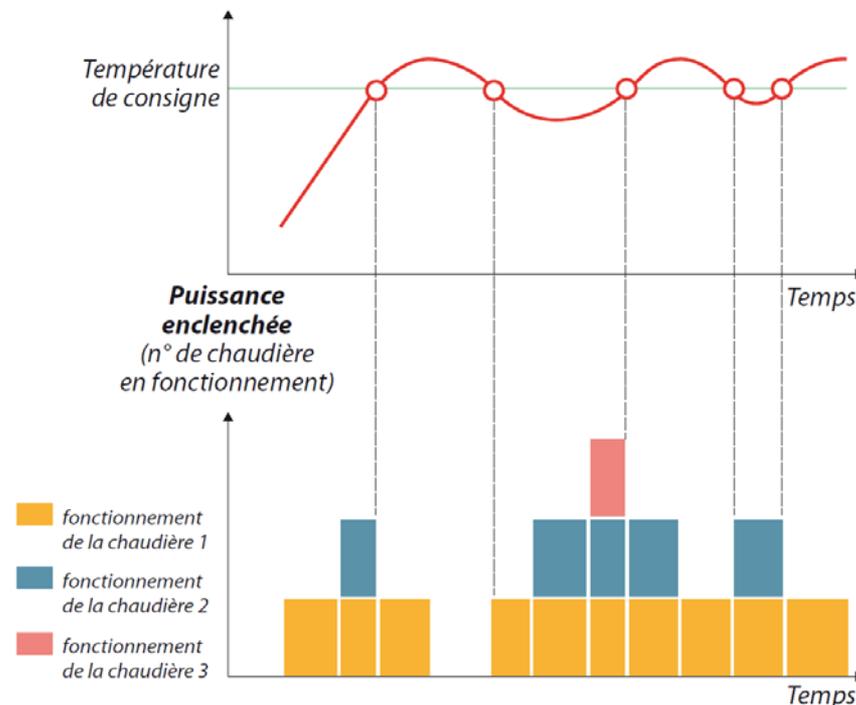
- Principe du fonctionnement en parallèle ou en cascade

## Parallèle



→ Pertinent si toutes les chaudières sont récentes (bien isolées), modulantes sur une large plage de puissance et à condensation

## Cascade



→ Pertinent dans les autres cas

# La condensation au mazout ?

Combustible	Pouvoir calorifique supérieur moyen ( $H_s$ )	Pouvoir calorifique inférieur moyen ( $H_i$ )	Chaleur latente récupérable ( $Q_{lat}$ ) par condensation complète de la vapeur d'eau			Quantité de vapeur d'eau (M) produite par la combustion de 1 kg ou de 1 m <sup>3</sup> de combustible (1)
			$Q_{lat} = H_s - H_i$	$Q_{lat} / H_i$		
				[kWh/kWh]	[%]	
Mazout normal ou extra (2)	12,67 kWh/kg (3) 10,63 kWh/l (4)	11,88 kWh/kg (3) 9,96 kWh/l (4)	0,79 kWh/kg	0,066	6,65	1,18 kg/kg
Gaz naturel L	9,79 kWh/m <sup>3</sup> (5)	8,83 kWh/m <sup>3</sup> (5)	0,96 kWh/m <sup>3</sup>	0,108	10,85	1,43 kg/m <sup>3</sup>
Gaz naturel H	10,94 kWh/m <sup>3</sup> (6)	9,87 kWh/m <sup>3</sup> (6)	1,07 kWh/m <sup>3</sup>	0,108	10,81	1,59 kg/m <sup>3</sup>
Butane	33,50 kWh/m <sup>3</sup> (7)	30,45 kWh/m <sup>3</sup> (7)	3,05 kWh/m <sup>3</sup>	0,101	10,10	4,54 kg/m <sup>3</sup>
Propane	25,90 kWh/m <sup>3</sup> (7)	23,70 kWh/m <sup>3</sup> (7)	2,20 kWh/m <sup>3</sup>	0,093	9,30	3,27 kg/m <sup>3</sup>

(1) Calculée sur la base d'une chaleur d'évaporation/condensation de 2418 kJ/kg (0,671 kWh/kg).

(2) Taux de soufre de 1000 ppm (mazout normal) et de 10 ppm (mazout extra).

(3) Source : CEDICOL (Centre d'information sur les combustibles liquides).

(4) Valeur calculée sur la base d'une masse volumique de 0,838 kg/l.

(5) Source : moyenne annuelle établie en 2006 par Fluxys pour le gaz de Slochteren (référence 15 – 15 °C et 1013,25 mbar).

(6) Source : moyenne des moyennes annuelles établies en 2006 par Fluxys pour les gaz d'Ekofisk, de Troll, d'IZTF, de Russie et d'Algérie (référence 15 – 15 °C et 1013,25 mbar).

(7) Source : Comité français du butane et du propane (15 °C et 1013,25 mbar).

Extrait de la NIT « La chaudière à condensation », CSTC

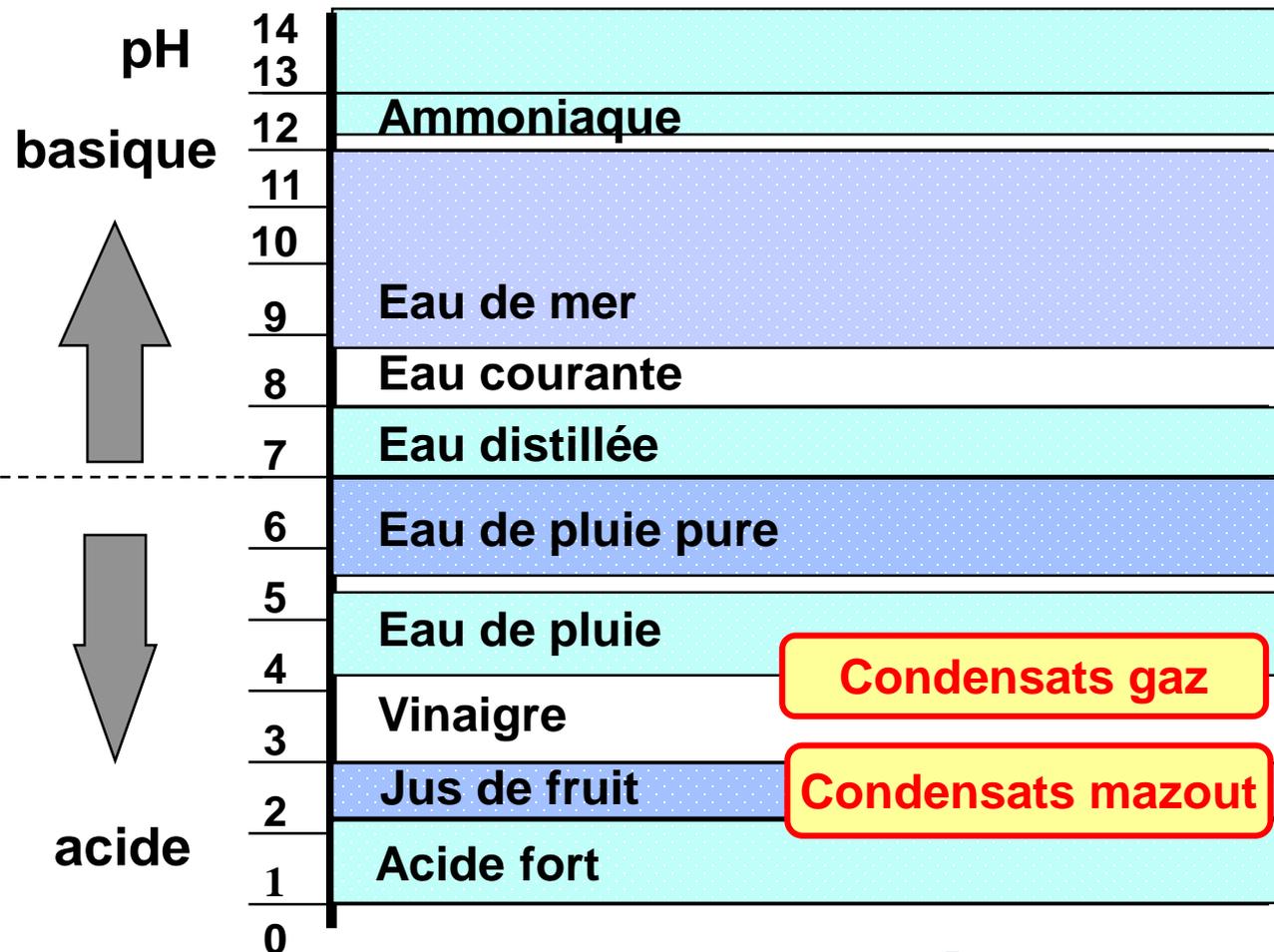
# La condensation au mazout ?

- Max. **7% de chaleur latente récupérable** (contre ~11% pour le gaz)
- **Point de rosée du mazout plus faible** (45 .. 48°C) que celui du gaz (54 .. 58°C)
  - moins de condensation que pour le gaz, toutes autres choses restant égales
  - Travailler avec des T° d'eau encore plus faibles
  - Surdimensionner davantage les corps de chauffe

# La condensation au mazout ?

## • Chaudière à condensation au mazout :

- **Condensats acides** (production de  $H_2SO_4$ )  
→ chaudières encore plus résistantes (surcoût + important)  
→ traitement des condensats avant rejet (neutralisation)
- Avant 2016, **utilisation de fuel « extra »** à faible teneur en soufre (combustible plus cher).



Depuis 1/1/2016, la teneur en soufre du mazout est passée de 0,1% à 0,005% → mazout « classique » OK pour la plupart des chaudières à condensation

# Impératifs liés à la condensation

- Évacuation des condensats

- à l'égout

- Une chaudière de 70 kW produit +/- 4 litres de condensats par heure !!!

- en matière plastique car pH acide

- (neutralisation préalable si chaudière mazout)



# Impératifs liés à la condensation

- Quelle quantité de condensats ?

Une chaudière à condensation de 250 kW produit environ 14 litres par heure de condensats soit l'équivalent de 1 chope par minute ...



# Impératifs liés à la condensation

- Cheminée

- résistante à la corrosion
- étanche à l'eau

→ Tubage de la cheminée obligatoire (inox ou PPS)

NOTE : le tubage est souvent nécessaire pour une chaudière basse T° également !



# Plan de l'exposé

---

- Introduction
- L'émission
- La régulation
- La distribution
- La production
- Les auxiliaires
- Focus sur les installations à condensation
- **Améliorer / rénover une chaufferie**
- Conclusions

# Améliorer une chaufferie existante

- Vérifier le **rendement de combustion** et voir s'il est possible d'améliorer celui-ci

## Enjeu énergétique

*1 % de rendement de combustion en plus  
= environ 1 % de consommation en moins*

3. MESURES (3)	Unité	Application	Mesures initiales (RBC)		Mesures finales		Exigences	Conformité	
			Allure 1	Allure 2	Allure 1	Allure 2		OK	Non OK
Température d'eau (4)	°C	1-2							
Gicleur: marque/type	/	1							
Gicleur: débit	USG/h	1							
Gicleur: angle	°	1							
Pression pompe	bar	1							
Pression gaz	mbar	2							
(dé)pression cheminée	Pa	1-2							
Indice fumée	Bacharach	1							
Teneur en O <sub>2</sub>	%	1-2							
Teneur en CO <sub>2</sub>	%	1-2							
Teneur en CO	mg/kWh	1-2							
Tem. des gaz de combustion	°C	1-2							
Temp. de l'air de combustion	°C	1-2							
Température nette	°C	1-2							
Rendement de combustion	%	1-2							

Application = 1: combustible liquide - 2: combustible gazeux  
Les tickets des résultats de mesure sont à agraffer à cette attestation

Ancienne  
chaudière de  
20 ~ 25 ans

Nouvelle  
chaudière  
non à  
condensation

T° fumées	~ 180	~ 120	°C
Taux CO2 mazout	12,5 .. 13	12,5 .. 13	%
Taux CO2 gaz	10 .. 11	10 .. 11	%
Taux CO	0	0	ppm
Excès d'air	~ 20	~ 20	%
Tirage	~ 10 .. 15	~ 10 .. 15	Pa
<b>Rendement</b>	<b>~ 90 .. 92</b>	<b>~ 94 .. 95</b>	<b>%</b>

# Améliorer une chaufferie existante

- Vérifier la **fermeture du clapet d'air** lorsque la chaudière est à l'arrêt

*Enjeu énergétique*

*0,5 à 1 % de la puissance nominale de la chaudière*



# Améliorer une chaufferie existante

- Vérifier si les 2 allures du brûleur sont bien commandées

*Enjeu énergétique*

*2 à 3 % de rendement en plus*



Consigne allure 1 = petite allure = petite flamme

Consigne allure 2 = grande allure = grande flamme

## Une chaudière à deux

allures :

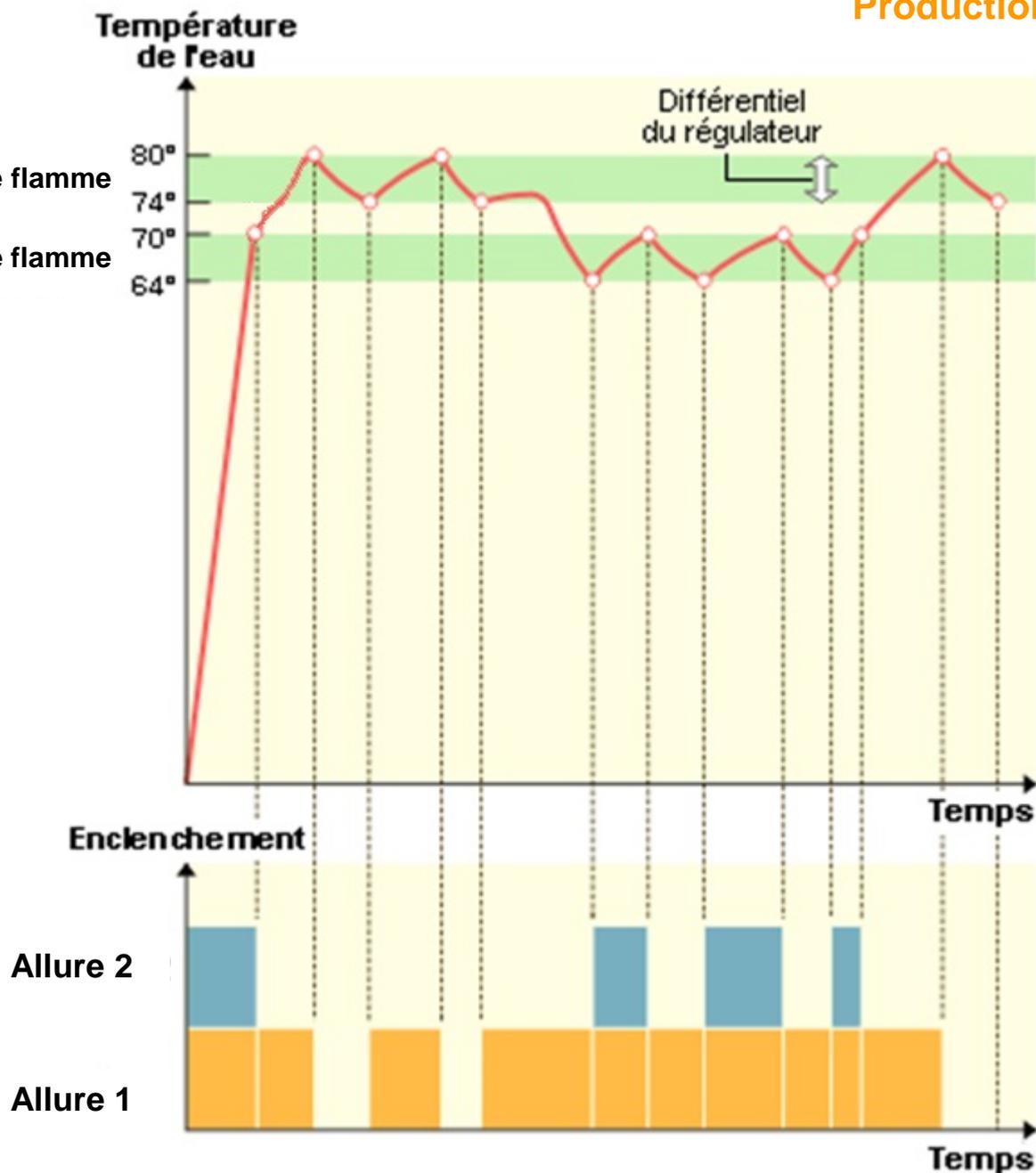
ordre

d'enclenchement des  
allures d'un brûleur

... pour une régulation basée  
sur des aquastats

**$T^{\circ}$  aquastat petite allure >  
 $T^{\circ}$  aquastat grande allure !**

(sinon, fonctionnement  
permanent en grande allure)



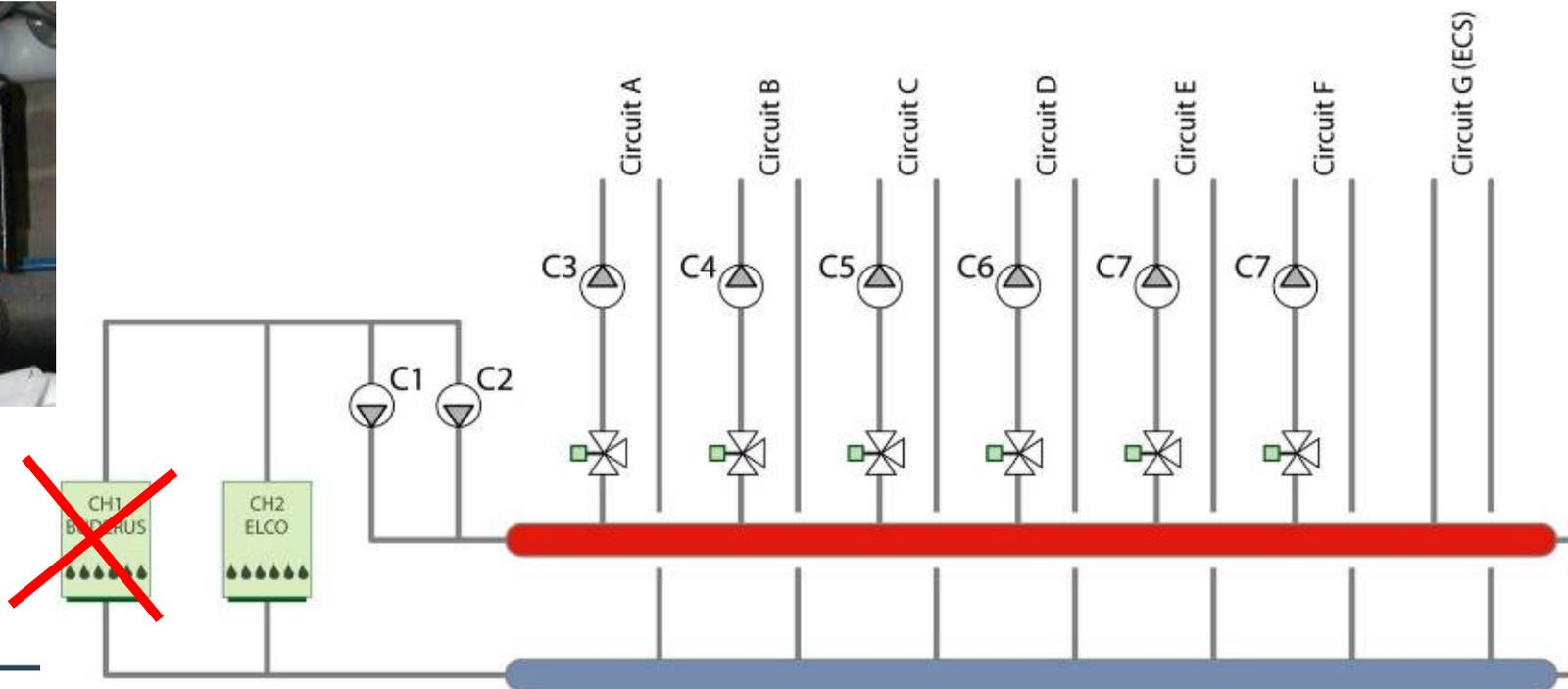
# Améliorer une chaufferie existante

- Vérifier le surdimensionnement et, si possible, mettre 1 chaudière à l'arrêt et isoler hydrauliquement cette chaudière (manuellement ou via cascade)

## *Enjeu énergétique*

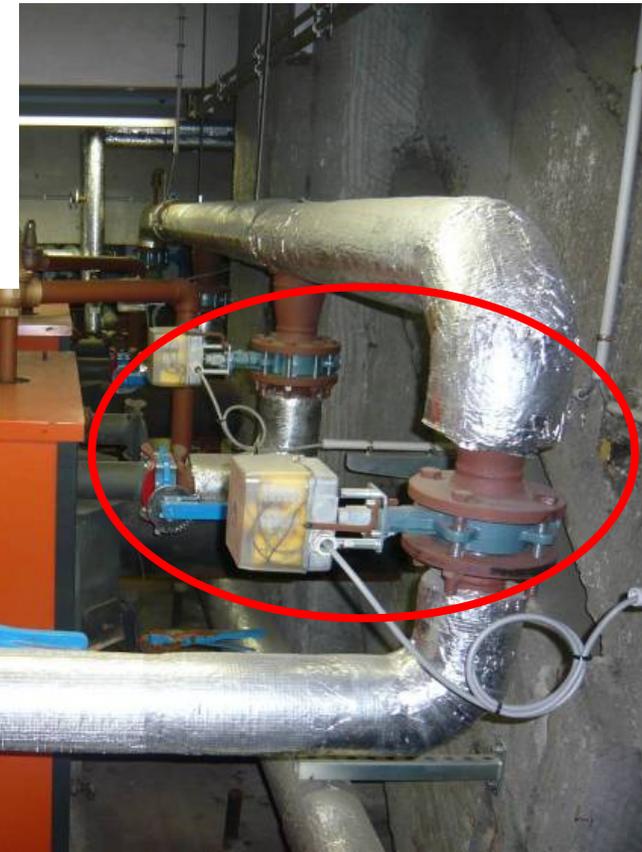
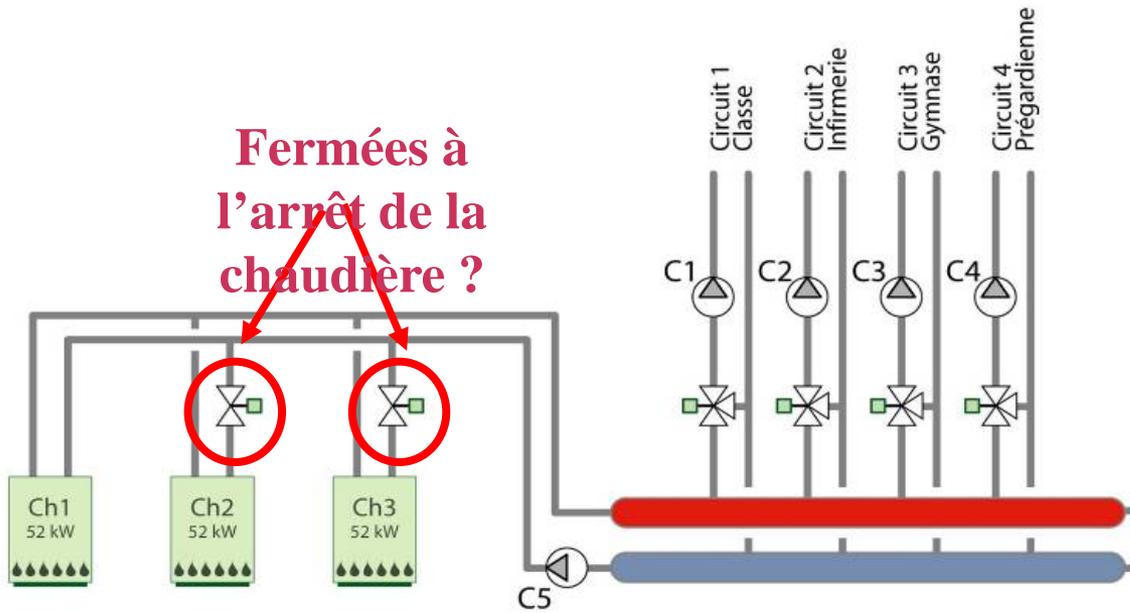
*Les pertes à l'arrêt des chaudières inutiles maintenues en température*

*0,3 à 1,5 % de la puissance nominale de la chaudière*



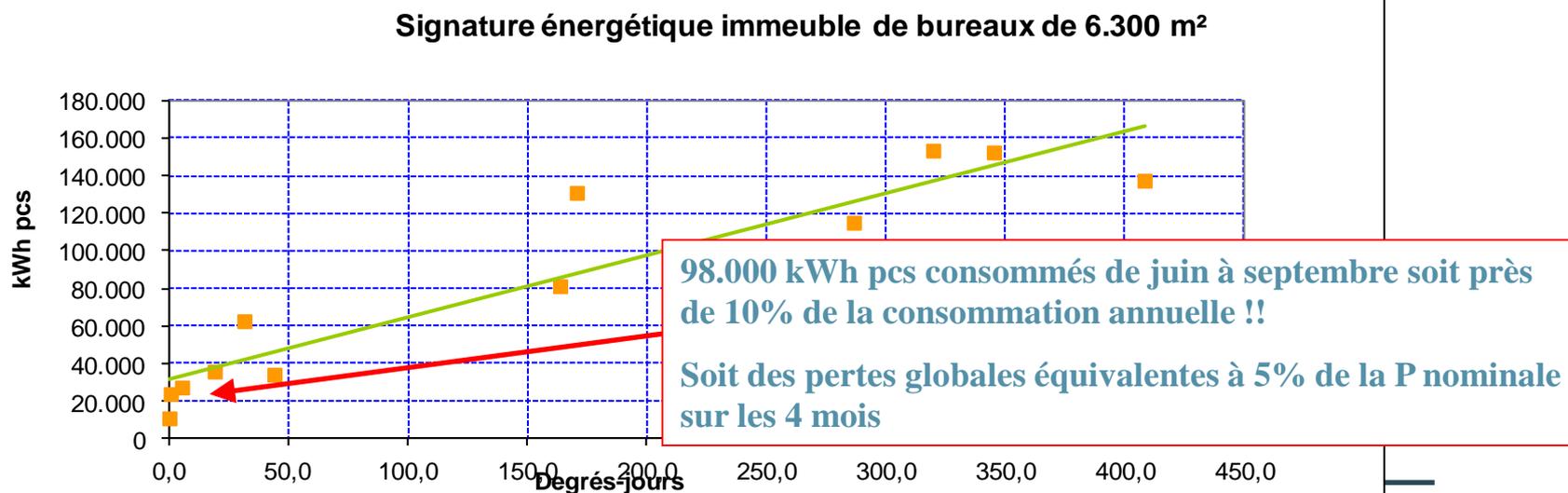
# Améliorer une chaufferie existante

Fermées à l'arrêt de la chaudière ?



# Améliorer une chaufferie existante

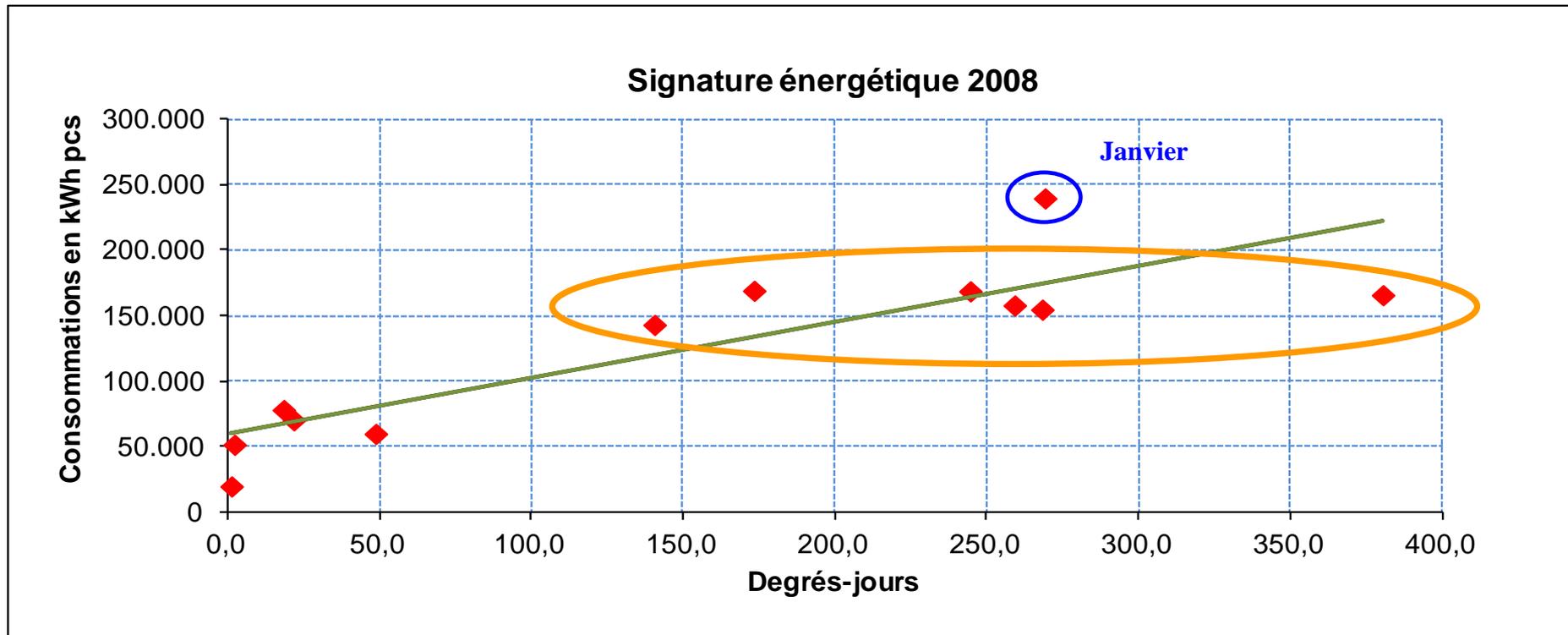
- Vérifier que les chaudières sont à l'arrêt en été
- > Pertes à l'arrêt observées tout l'été pour une chaufferie de 500 kW :
- $$500 \text{ kW} \times 3000 \text{ h/an} \times 0,6 \% = 9000 \text{ kWh/an ou } 540 \text{ [€]}$$
- > Approche réductrice si collecteur primaire est maintenu en température + consommation électrique de la pompe primaire
- > Exemple pour une chaufferie de 680 kW d'un immeuble de bureaux de 1993 consommant annuellement 1.000.000 kWh pcs



# Améliorer une chaufferie existante

- Vérifier que la régulation est fonctionnelle et bien paramétrée

## 1. Etablir la signature énergétique :



# Améliorer une chaufferie existante

- Vérifier que la régulation est fonctionnelle et bien paramétrée

## **2. Réaliser une campagne de mesures :**

- **T° des conduites : collecteur primaire et circuits de chauffage (départs et retours)**
- **T° intérieure dans plusieurs locaux « représentatifs »**
- **T° extérieure afin d'évaluer si la T° de l'eau varie effectivement en fonction de la T° extérieure**

# Campagne de mesures : exemple

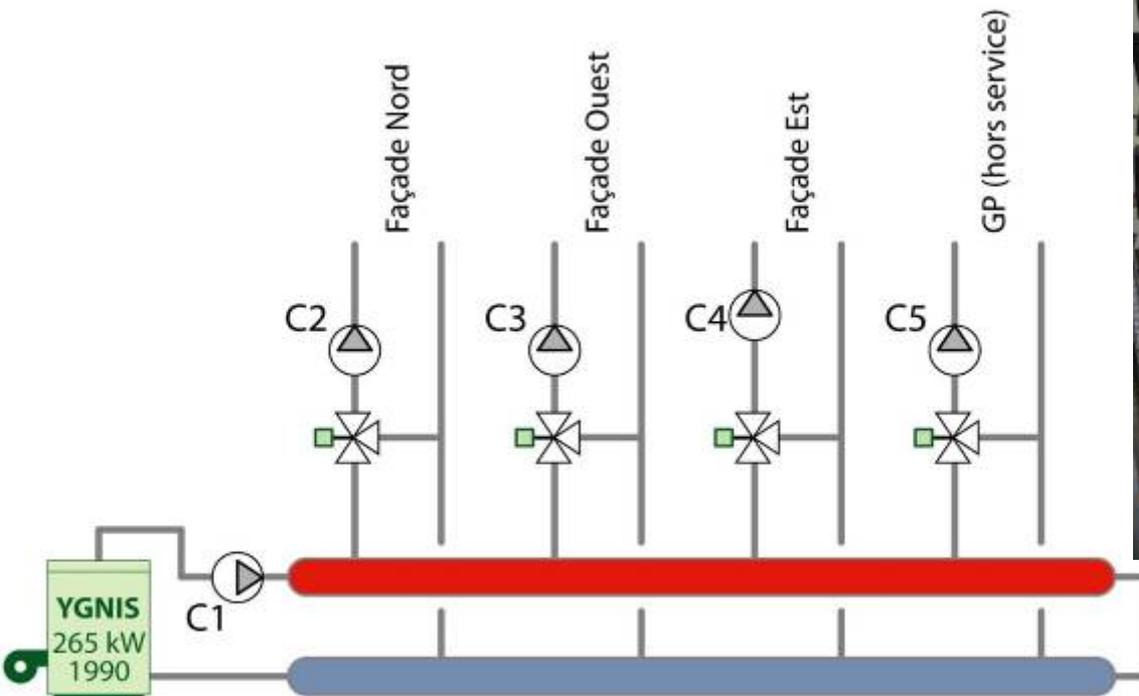
- > Immeuble de bureaux construit en 1990
  - > Superficie chauffée de 2.450 m<sup>2</sup>
  - > Consommation spécifique de 136 kWh pci/m<sup>2</sup>



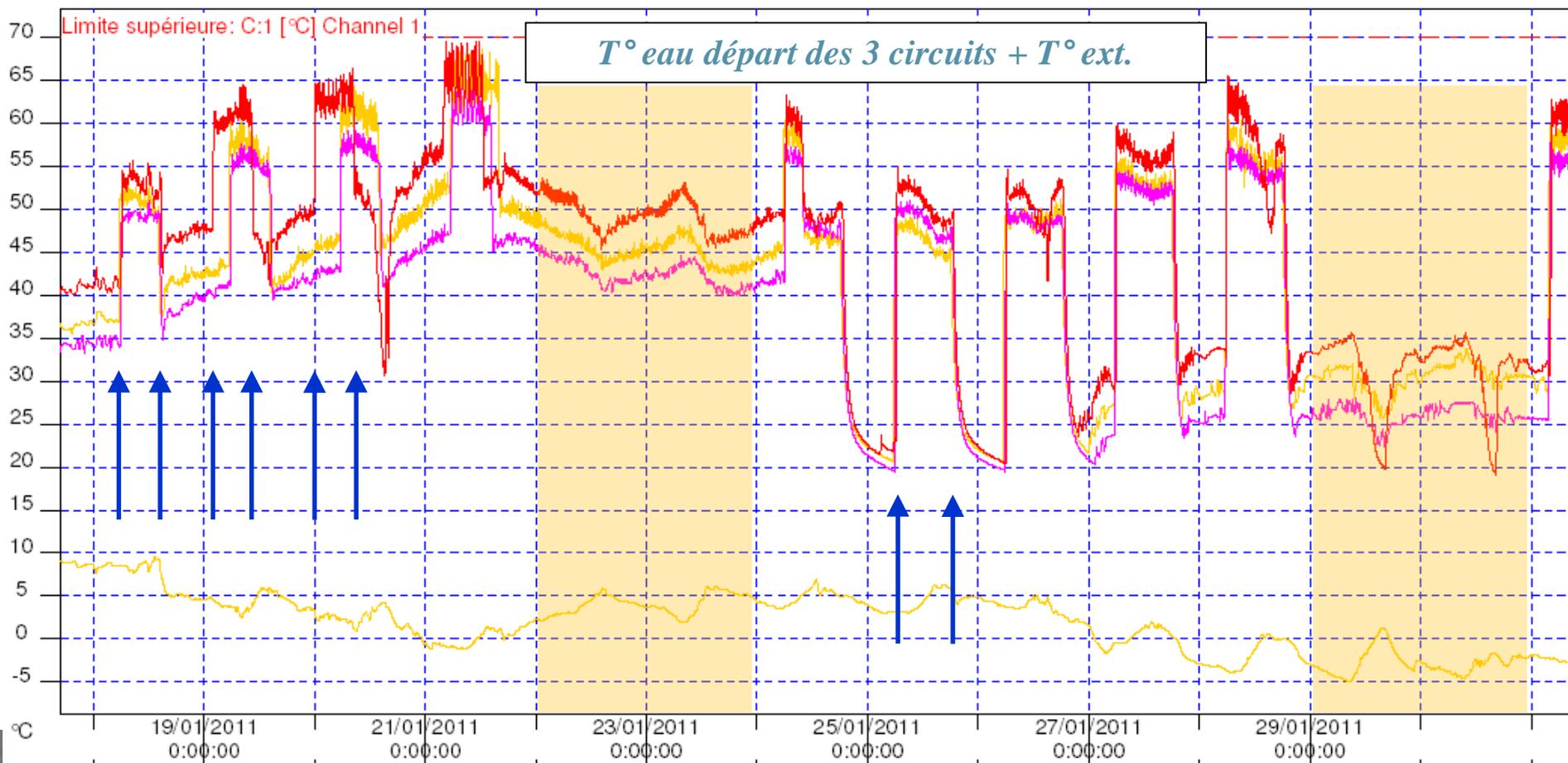
> Facture gaz 2010 de 13.000 €HTVA

# Campagne de mesures : exemple

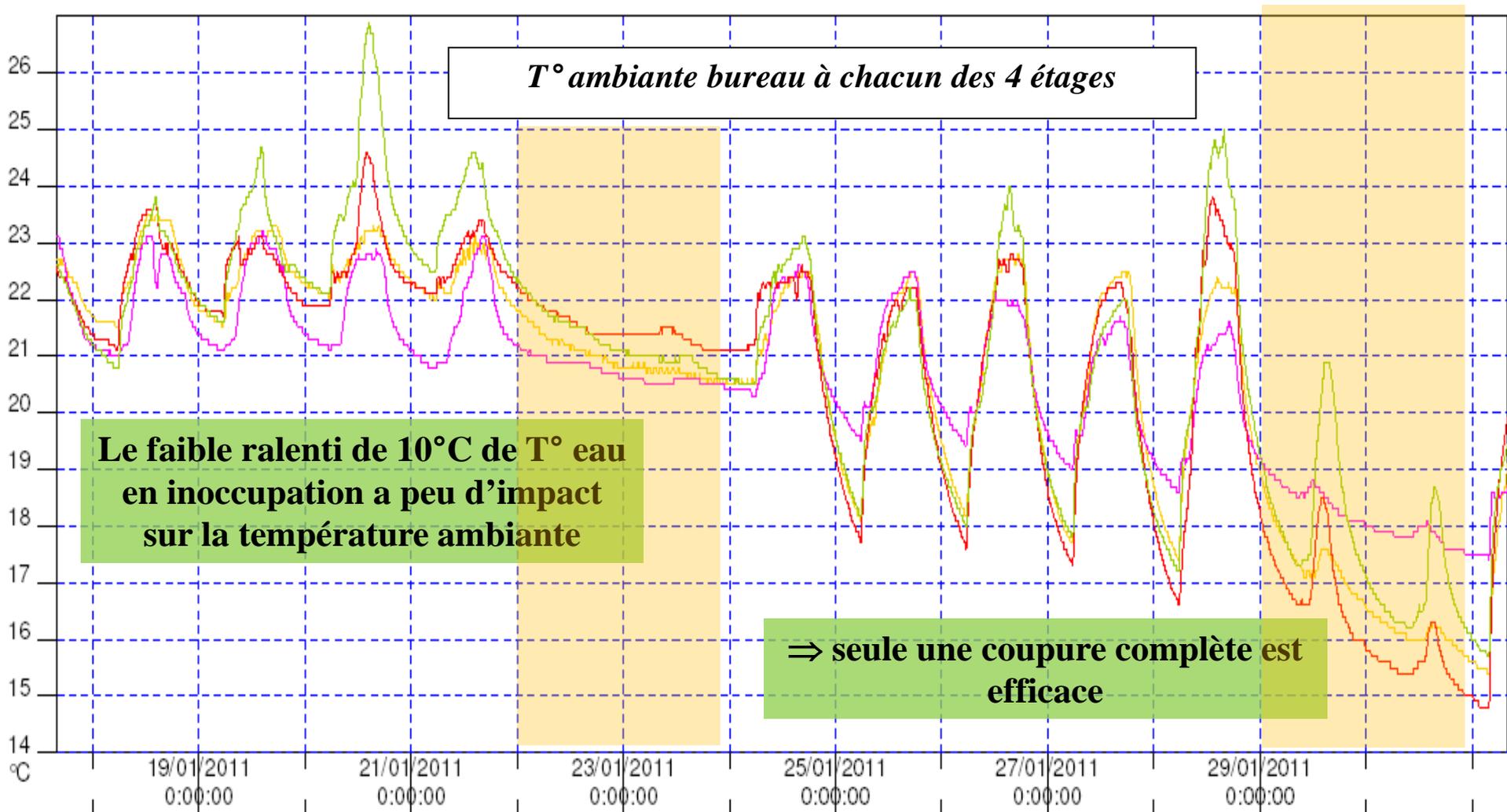
- > Chaudière de 265 kW équipée d'un brûleur gaz 2 allures
- > Collecteur primaire en température constante
- > 3 circuits radiateurs avec régulation climatique



# Campagne de mesures : exemple



# Campagne de mesures : exemple

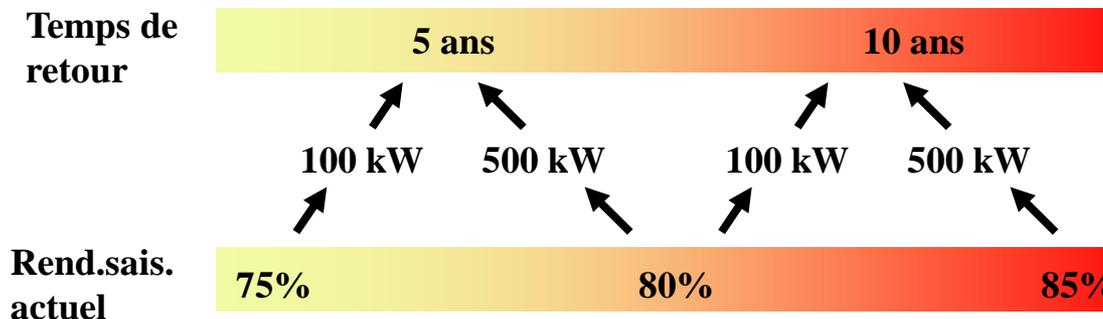


# Remplacement des chaudières existantes

Remplacer une chaudière, c'est l'occasion de repenser l'installation :

- Choix du combustible
- Redimensionnement des chaudières
- Choix des chaudières (chaudières à condensation ?)
- Régulation des chaudières et aussi des circuits de distribution (intégration de l'ensemble)
- Adaptation de la cheminée
- Mise en conformité de la chaufferie
- ...

# Remplacement des chaudières existantes



Anciennes chaudières atmosphériques maintenues en température;

Anciennes chaudières pulsées, surdimensionnées, rendement de combustion .. 86 ..%, brûleur sans clapet d'air fermé, cascade sans coupure hydraulique

Anciennes chaudières pulsées, bien dimensionnées, rendement de combustion .. 88 ..%, brûleur sans clapet d'air fermé, cascade sans coupure hydraulique

Anciennes chaudières pulsées, bien dimensionnées, rendement de combustion .. 90 ..%, clapet d'air fermé, cascade sans coupure hydraulique

# Remplacement des chaudières existantes

- Opter pour la condensation ? A priori, « OUI MAIS »  
... il y a lieu respecter quelques **points d'attention** !
  - Vérifier le dimensionnement du **système d'émission**  
(pratiquement toujours OK si radiateurs mais à vérifier si convecteurs)
  - Vérifier le **schéma hydraulique**.  
Si nécessaire prévoir de l'adapter.
  - si **gaz**, opter pour un **brûleur modulant** à large plage de modulation + régulation des paramètres de combustion  
si **mazout**, opter pour un **brûleur à 2 allures**.
  - **Bien dimensionner la puissance** des chaudières afin de maximiser le rendement saisonnier

# En résumé ...

## Pour un remplacement de chaudière(s) :

### Si le gaz est disponible :

→ une chaudière **gaz à condensation** ou, si on désire une continuité d'approvisionnement en cas de panne :

- la combinaison de deux chaudières à condensation en parallèle,
- la combinaison d'une chaudière à condensation en cascade avec une chaudière basse température.

→ **dimensionnée selon la norme,**

→ équipée d'un **brûleur modulant** (avec une grande plage de modulation : de ~10 à 100 %) et avec une **régulation de la combustion** sur toute la plage de modulation,

→ raccordée à un **circuit hydraulique favorisant au maximum la condensation** et de préférence **le plus simple possible** de manière à éviter les erreurs de conception et de régulation.

# En résumé ...

## si le gaz n'est pas disponible :

- une ou plusieurs chaudières (si on désire une assurance de fourniture de chaleur en cas de panne),
- à « **condensation** » ou à « **haut rendement** », travaillant avec des températures fumées les plus basses possibles.
- équipée d'un **brûleur à 2 allures**,
- équipée d'un compteur fuel.

**Ou un combustible « vert » (pellets, plaquettes,...)**

**Si le bâtiment est correctement isolé : une PAC ?**

# Plan de l'exposé

---

- Introduction
- L'émission
- La régulation
- La distribution
- La production
- Les auxiliaires
- Focus sur les installations à condensation
- Remplacer une chaudière / rénover une chaufferie
- **Conclusions**

# Ordres de grandeurs

Type d'installation	Rendements en % ( $\eta_{\text{global}} = \eta_{\text{production}} \times \eta_{\text{distribution}} \times \eta_{\text{émission}} \times \eta_{\text{régulation}}$ )				
	$\eta_{\text{production}}$	$\eta_{\text{distribution}}$	$\eta_{\text{émission}}$	$\eta_{\text{régulation}}$	$\eta_{\text{global}}$
Ancienne chaudière surdimensionnée, longue boucle de distribution	75 .. 80 %	80 .. 85 %	90 .. 95 %	85 .. 90 %	46 .. 58 %
Ancienne chaudière bien dimensionnée, courte boucle de distribution	80 .. 85 %	90 .. 95 %	95 %	90 %	62 .. 69 %
Chaudière haut rendement, courte boucle de distribution, radiateurs isolés au dos, régulation par sonde extérieure, vannes thermostatiques, ...	90 .. 93 %	95 %	95 .. 98 %	95 %	77 .. 82 %

# Conclusions

- Entre l'énergie finale (que l'on paie) à l'entrée du bâtiment et la chaleur restituée dans les locaux pour assurer le confort voulu : un long parcours jalonné de pertes
- La compréhension des différents mécanisme de pertes permet d'améliorer les performances de l'installation
  - par sa gestion quotidienne
  - par des améliorations ponctuelles
  - par sa rénovation

# Conclusions

- Il est nécessaire d'assurer une cohérence globale :
  - Une action sur un poste peut avoir des répercussions sur un autre  
exemple : des radiateurs fonctionnant à basse température favorisent le rendement d'une chaudière à condensation
  - Chaque poste a son importance (rendement global = produits des rendements)
- La régulation est primordiale pour garantir les performances de tous les postes de l'installation
- Il est important de sensibiliser les utilisateurs au mode de fonctionnement du système de chauffage au niveau de l'émission et de la régulation locale/finale