

FORMATION BÂTIMENT DURABLE

RÉGULATION DES BÂTIMENTS

PRINTEMPS 2025

Régulation d'une installation de chauffage



bruxelles
environnement
leefmilieu
brussel
.brussels

Pierre GUSTIN
écorce
LOGEMENTS CONSULTANT



- ▶ Obtenir une vue d'ensemble des capteurs, des actionneurs spécifiques à l'installation de chauffage
- ▶ Comprendre des schémas de régulation simples



INTRODUCTION

SPÉCIFICITÉS D'UNE INSTALLATION DE CHAUFFAGE EN PRATIQUE



Chauffage

L'installation est prévue pour assurer le confort dans des conditions extrêmes.

- ▶ Le confort ne doit pas être atteint partout, tout le temps.
- ▶ La puissance nécessaire $< 50 \%$ puissance de dimensionnement $> 80 \%$ du temps.

⇒ **Une régulation est nécessaire afin de limiter la consommation globale et d'assurer une bonne adéquation entre la puissance émise et la puissance nécessaire**

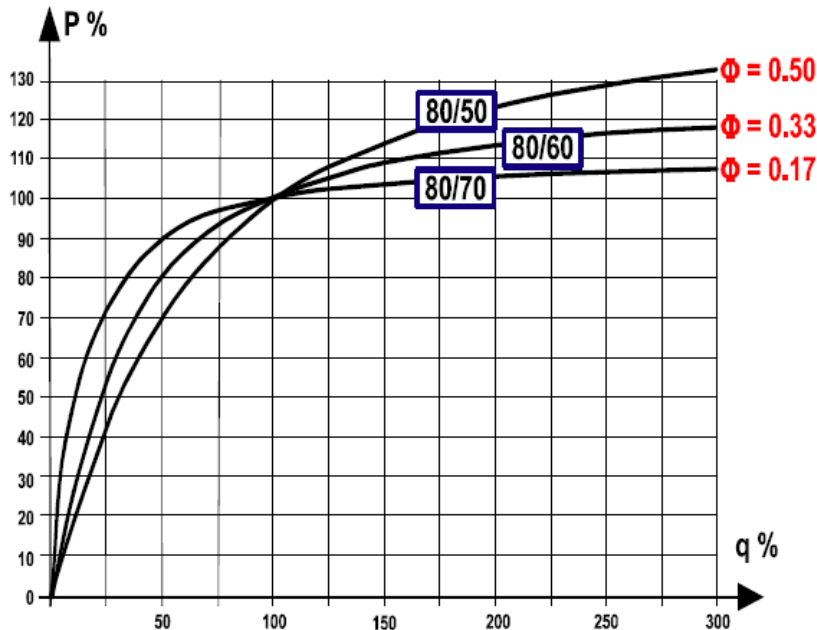


Puissance transmise à un circuit:

$$\begin{aligned} P \text{ [kW]} &= \\ &1,16 \quad [\text{kWh/m}^3\text{K}] \\ &\times \\ &Q_v \quad \text{Débit d'eau [m}^3\text{/h]} \\ &\times \\ &\Delta\Delta T \text{ [}^\circ\text{C]} \quad T_{\text{départ}} - T_{\text{retour}} \text{ [}^\circ\text{C]} \end{aligned}$$



Puissance émise par un radiateur (n = 1,3):



Efficacité énergétique

$$\phi = \frac{T_{\text{départ}} - T_{\text{retour}}}{T_{\text{départ}} - T_{\text{ambiance}}}$$

- La puissance varie de manière logarithmique en fonction du débit d'eau
- La pente varie en fonction de l'efficacité thermique
- Débit > 100 % débit nominal : peu d'impact sur la puissance émise, mais bien sur la consommation des circulateurs
- 0 < Débit < 50 % débit nominal : la variation de la puissance est très rapide, la puissance d'émission n'est pas facile à réguler avec précision



Puissance émise par un radiateur (n = 1,3):

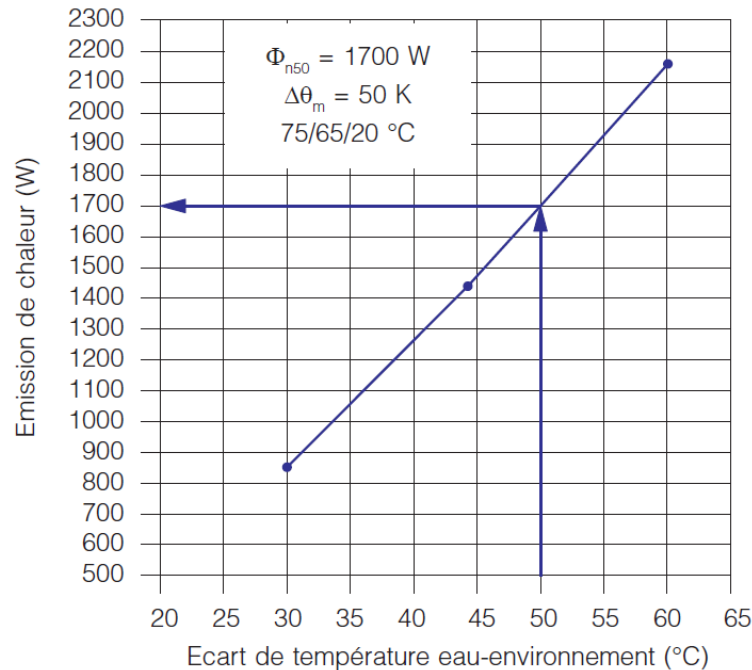


Fig. 10

Exemple de courbe caractéristique d'un radiateur (détermination de l'émission calorifique selon la norme NBN EN 442-2) [B9].

Source : BuildWise – Rapport 14

- La puissance émise varie de manière linéaire en fonction de la température moyenne de l'eau



Puissance émise par un chauffage sol ($n = 1,05$):

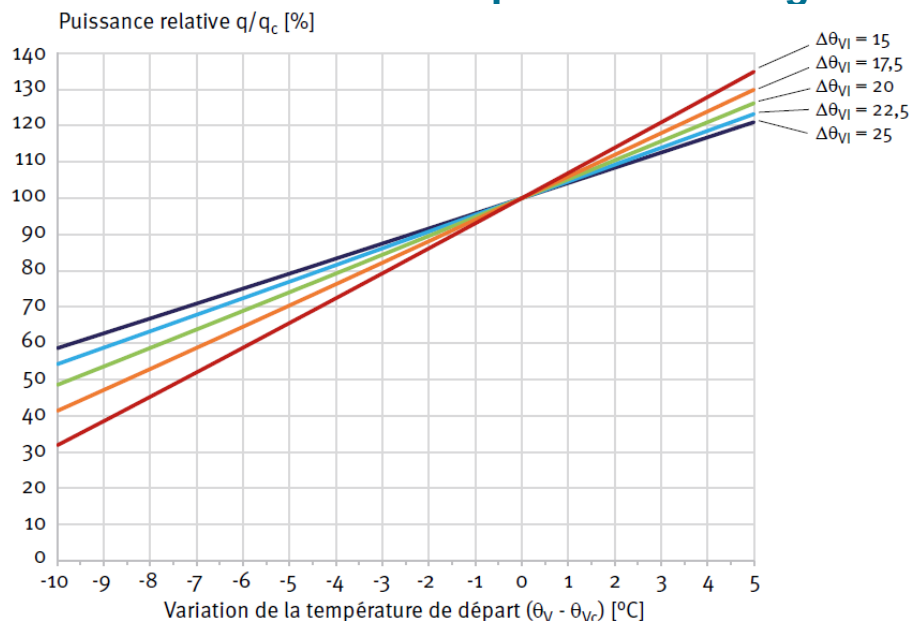


Fig. 33 Évolution de la puissance relative du chauffage par le sol en fonction de la variation de la température de départ et de la différence $\Delta\theta_{vl}$.

>> La puissance varie linéairement en fonction de la température de l'eau

La puissance varie logarithmiquement en fonction du débit d'eau

<<

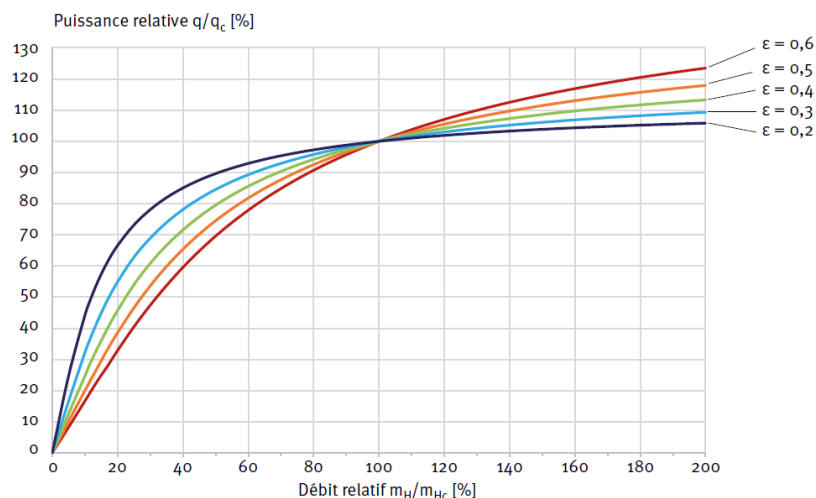


Fig. 31 Évolution de la puissance relative du chauffage par le sol en fonction du débit d'eau relatif et de l'efficacité ϵ (exposant $n = 1,05$) (*).





EN CONCLUSION



INTRODUCTION

SPÉCIFICITÉS D'UNE INSTALLATION DE CHAUFFAGE

- ▶ Capteurs
- ▶ Actionneurs

EN PRATIQUE



Température

Bulbe



Source : Danfoss

Bilame



Source : Euro-Index

Doigt de gant



Source : Siemens

Applique



Source : Siemens

Plongeur



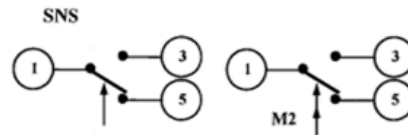
Source : Siemens, IMIT

Pression

Pressostat manque d'eau



Source : Siemens

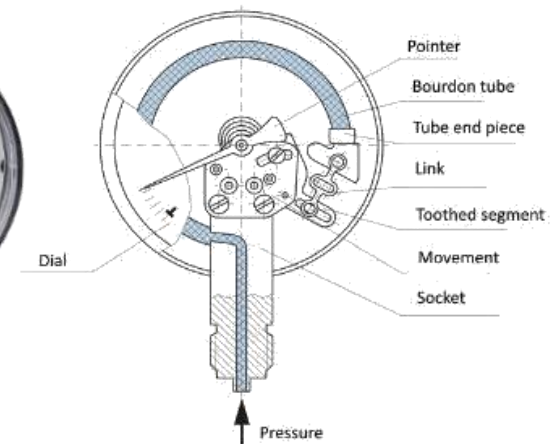


Le contact 1 et 3 se ferme quand la pression augmente.
Le contact 1 et 5 se ferme quand la pression diminue.

Manomètre à tube manométrique



Source : Euro-Index



Usage

- ▶ Mesurer la température de l'air ambiant, température extérieure
- ▶ Mesurer la température de l'eau : aller/retour chaudières et circuits, ballons,...

Caractéristiques

- ▶ **Unité** : °C
- ▶ **Type** : de gaine, à plongeur, chemisée, en applique, à affichage
- ▶ **Mesure** :
 - Sondes résistives RTD (Ni, Pt, NTC) : la résistance augmente en fonction de la température (la plus courante, en platine : Pt-100 → 100 Ohm à 0°C)
 - Sondes à coefficient de température négatif (CTN ou NTC en anglais) : la résistance diminue en fonction de la température
 - Bi-lame
 - Bulbe
- ▶ **Signal de sortie** : 4-20 mA, 0-10 V, 0-5 V, "passif", modbus, contact, affichage analogique, digital, mouvement



Usage

- ▶ Affichage de la pression d'eau dans l'installation (manomètre)
- ▶ Détection d'une pression trop faible dans l'installation (pressostat manque d'eau)

Caractéristiques

- ▶ **Unité** : bar (Pa, mcE)
- ▶ **Mesure** :
 - Tube manométrique
- ▶ **Signal de sortie** : contact, affichage



Vanne thermostatique (VT)

Source : Siemens, Wilo,
Danfoss



Thermostat



Source : Honeywell

Vanne mélangeuse (VM)



Source : Siemens

Circulateur



Source : Wilo



Source : Grundfos

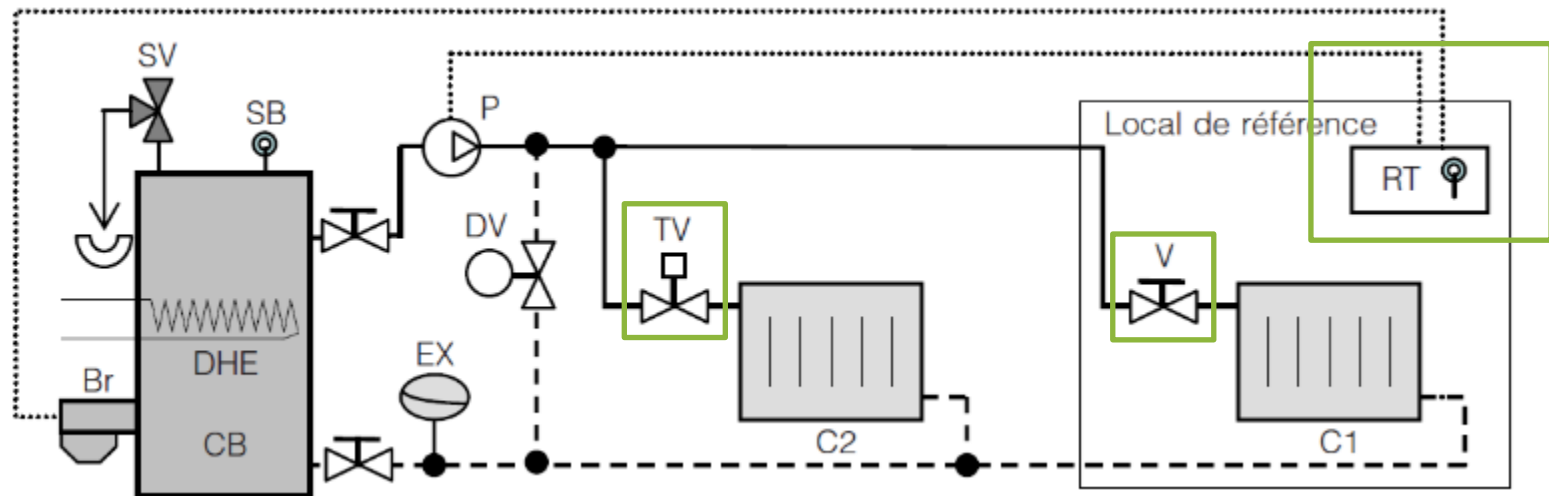
⇒ Les différents actionneurs d'une installation de chauffage seront présentés au fur et à mesure de leur apparition dans les schémas types.



SCHÉMA 1 : THERMOSTAT, VT, VM

Schéma 1

- ▶ Thermostat d'ambiance (RT)
- ▶ Vannes thermostatiques (TV)
- ▶ Vanne manuelle (V)



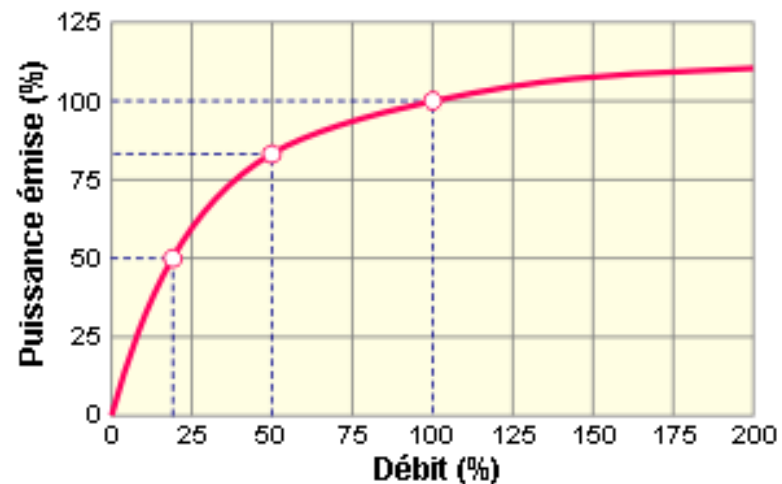
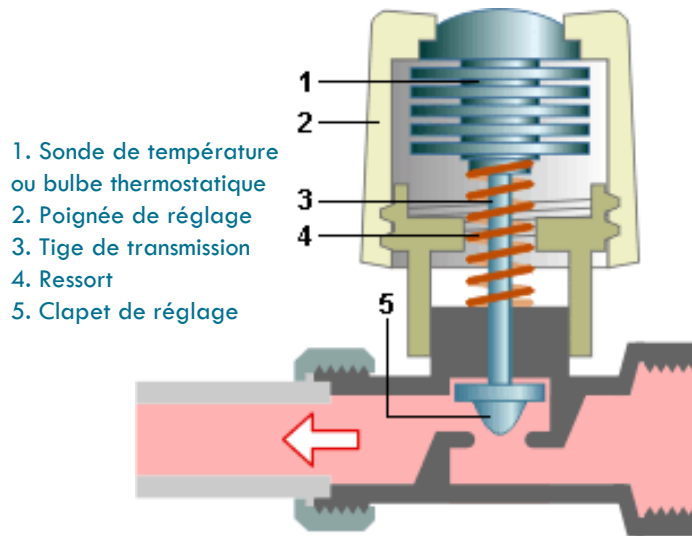
Source : CSTC

- Régulation extrêmement simple,
- Lorsque la demande en chaud est satisfaite dans le local témoin, il n'est pas possible de chauffer dans les autres locaux
- La surchauffe est évitée par l'emploi de vannes thermostatiques
- Potentiel d'économie d'énergie réduit



Usage

- Modification du débit d'eau au travers d'un corps de chauffe afin d'en modifier la puissance. Agît en fonction de la température ambiante.



Source Energie Plus



- Le débit d'eau dans le corps de chauffe varie en fonction de la différence de température dans la pièce et la température de consigne définie par la rotation de la bague.
- L'ouverture dépend de la consigne définie sur la bague et de la température mesurée : la modification de la consigne n'a pas d'influence sur la rapidité d'attente de la consigne.
- Les indications sur la bague ne sont pas en degrés car la température atteinte dépend du contexte. Généralement, la position III correspond à ~ 20°C.
- En dessous de 50 % du débit, la régulation manque de finesse.



Usage

- Gestion de la demande de chaleur

Caractéristique

- Simple

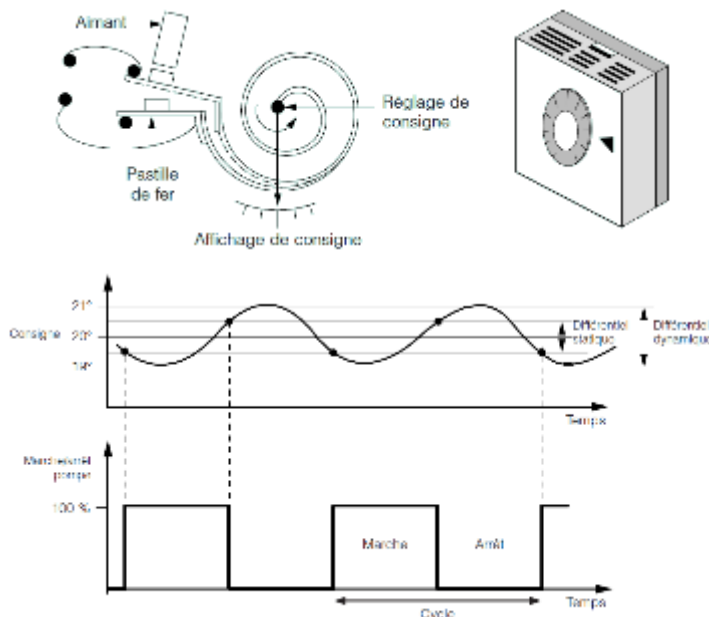


Fig. 42 Variations de température générées par un simple thermostat d'ambiance marche/arrêt.

⇒ **Température instable**

- Chronoportionnel



Source : Honeywell

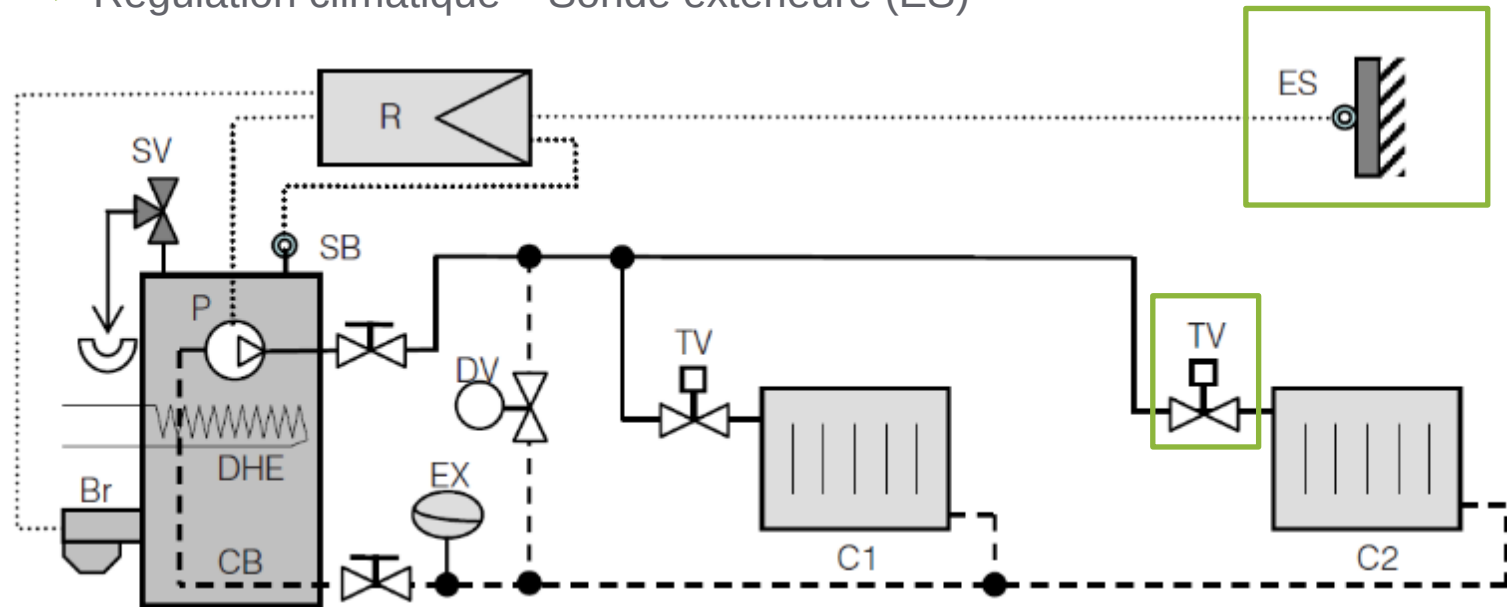
- Est équipé d'un régulateur PID qui permet de gérer plus finement le système et de stabiliser la température atteinte
- Permet de faire varier la consigne de température : confort, réduit, hors gel
- Selon un horaire : quotidien, hebdomadaire, annuel (congé)



SCHÉMA 2 : SONDE EXTÉRIEURE, VT

Schéma 2

- Vannes thermostatiques (TV)
- Régulation climatique – Sonde extérieure (ES)



Source : CSTC

- Régulation simple
- La température de départ dépend de la température extérieure
- Tous les locaux sont indépendants, pas de local témoin
- Potentiel d'économie d'énergie plus important



Usage

- Variation de la température de départ en fonction des conditions extérieures
- Ajustement de la puissance des corps d'émission en fonction du besoin
- Favorisation de la condensation au niveau de la chaudière et d'un rendement de production élevé (PAC, chaudières condensations)
- Diminution des pertes au niveau des tuyauteries

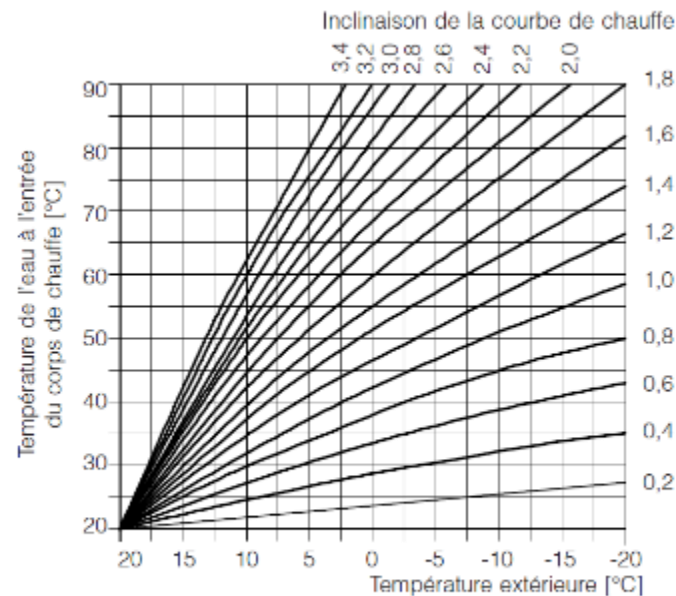


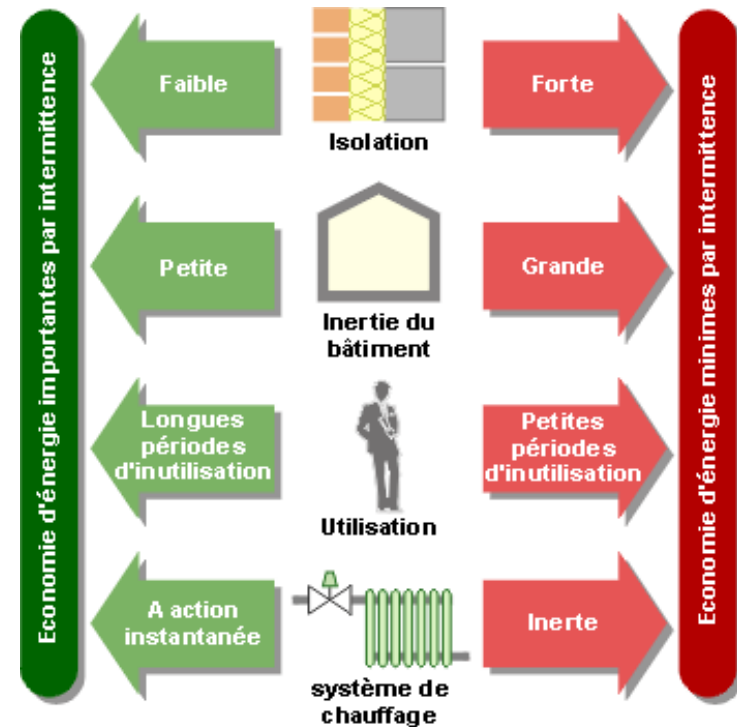
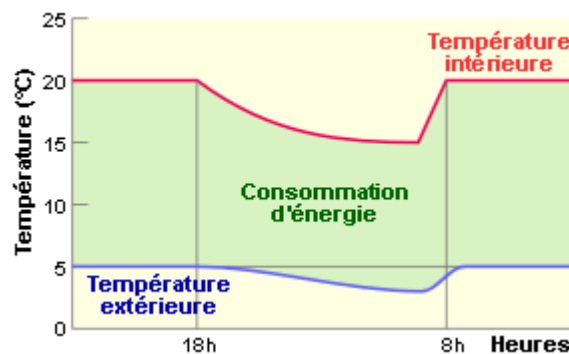
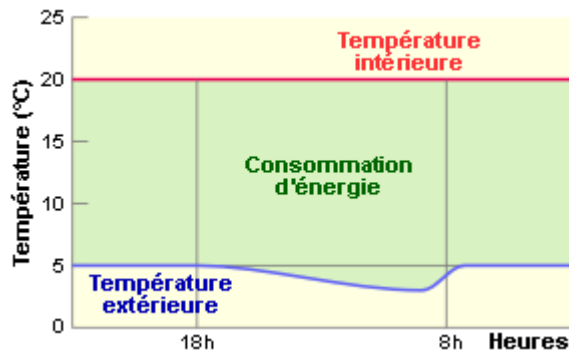
Fig. 44 Courbes de chauffe du régulateur d'une chaudière déterminée.

Source : BuildWise



Moyens :

- Abaissement de la température de l'eau
- Arrêt
- Arrêt « optimisé »

Intérêt :

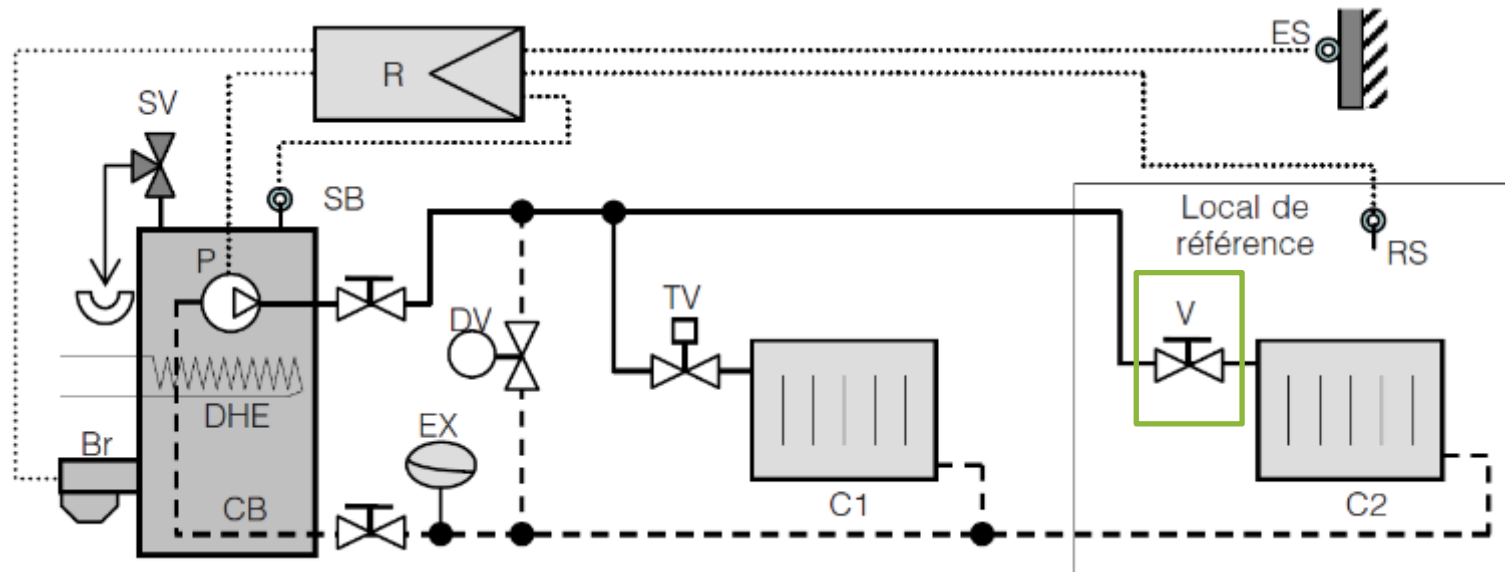
Source : EnergiePlus



SCHÉMA 3 : THERMOSTAT, SONDE EXTÉRIEURE, VT

Schéma 3

- ▶ Sonde intérieure (RS)
- ▶ Vannes thermostatiques (V)
- ▶ Régulation climatique – Sonde extérieure (ES)



Source : CSTC

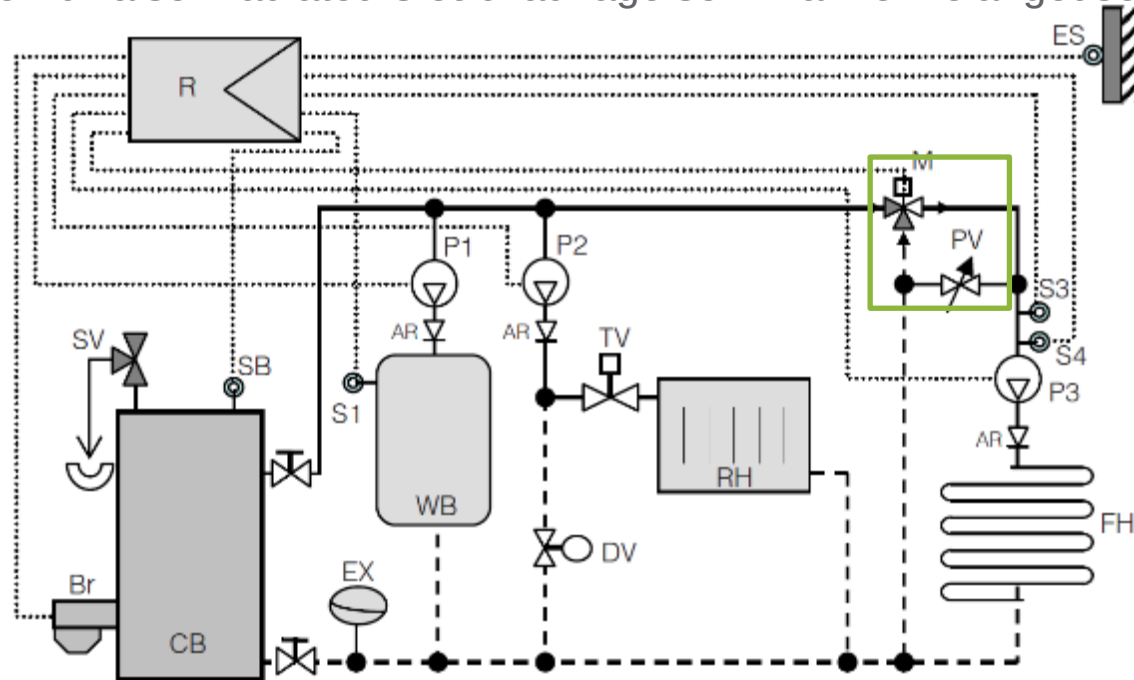
- Voir schéma 2
- Emission régulée par la sonde intérieure dans le local témoin (possibilité d'optimisation ?)



SCHÉMA 4 : SCHÉMA 3 + ECS + COMBINAISON EMETTEURS

Schéma 4

- = Schéma 3
- + Production d'eau chaude sanitaire
- + Combinaison radiateurs **et** chauffage sol > vanne mélangeuse (M)



Source : CSTC

- Voir schéma 3
- Régulation plus complexe
- Priorité eau chaude ?



Usage

- ▶ Zonage (ouverture/isolement) de parties de circuits,
- ▶ Mélange de débits d'eau en vue de modifier la température ou le débit d'une partie du circuit.

Caractéristiques

- ▶ **Grandeur influencée** : débit
- ▶ **Mode d'action** : modification de la (des) section(s) de passage
- ▶ **Moteur** :
 - Servomoteur
 - Manuel
- ▶ **Signal d'entrée** : 4-20 mA, 0-10 V, 3 points, ...



Exemples



- ▶ Servomoteur :
 - 3 points,
 - continu 0-10V,
 - 4-20mA,
 - électrohydraulique,
 - Électromagnétique

- ▶ Corps de vanne

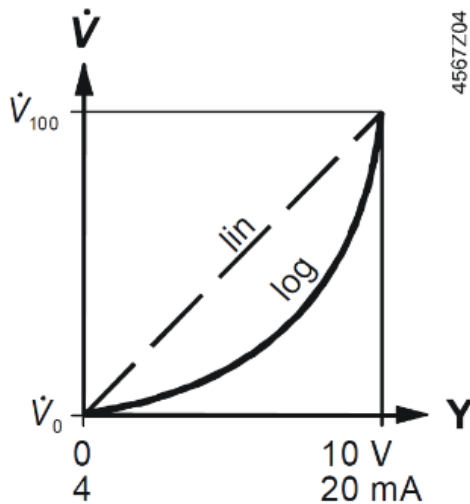
Source : Siemens



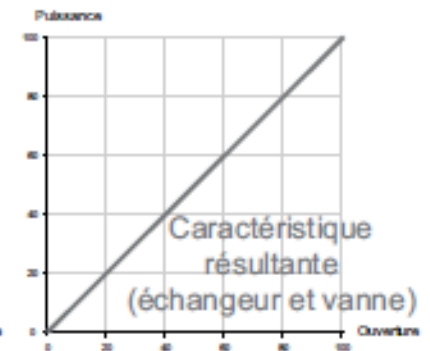
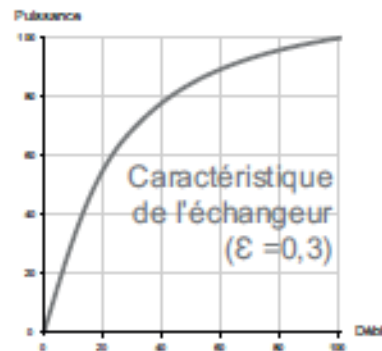
Régulation continue

lin = linéaire

log = à égal pourcentage



4567Z04

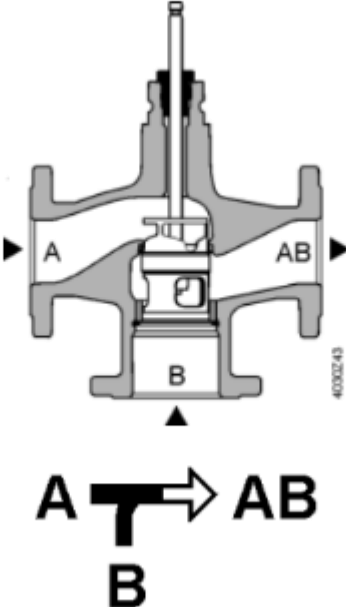
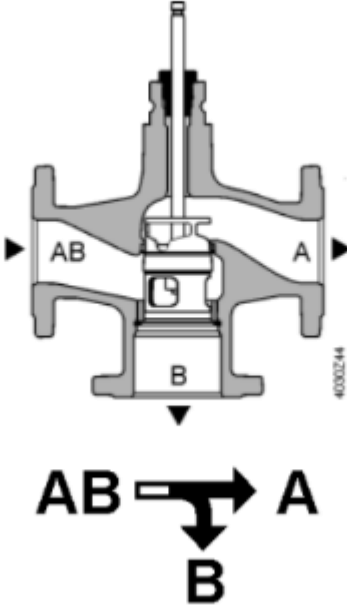


Courbes caractéristiques pour un échangeur, une vanne égale pourcentage et la combinaison des deux (Guide RAGE)

Source : Siemens



V3V : mélange ou répartition

 Vanne mélangeuse (de préférence)	 Vanne de répartition
	



Usage

- ▶ Assurer le débit d'eau adapté dans l'installation dans son ensemble

Caractéristiques

- ▶ Vitesse
 - Fixe
 - Réglable (3 positions)
 - Variable
- ▶ Communication
 - OUT : Etat (ON/OFF)
 - OUT : Défaut
 - IN : point de consigne, vitesse



Source : Wilo



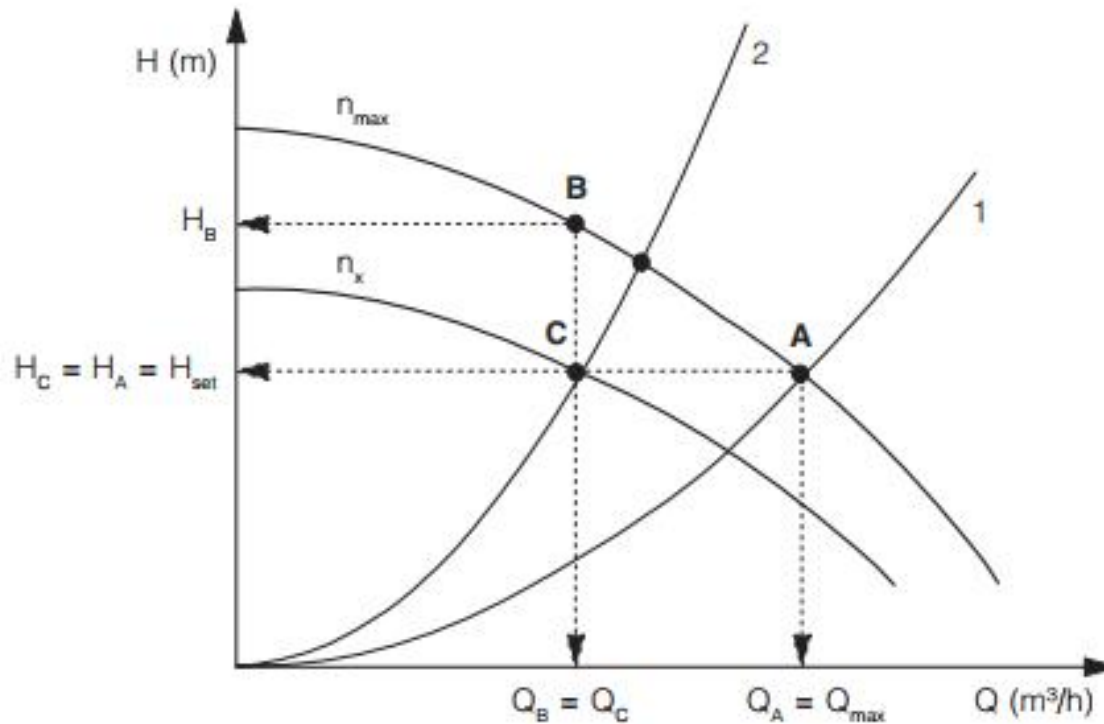


Fig. 61

Régulation du débit au moyen d'une pompe à vitesse réglable et à pression constante.

1. Courbe caractéristique de l'installation (vannes de radiateur grande ouvertes)
 2. Courbe caractéristique de l'installation (vannes de radiateur partiellement fermées)
- n_{max} : régime maximal
 n_x : régime ajusté
 H_{set} : pression de consigne de la pompe



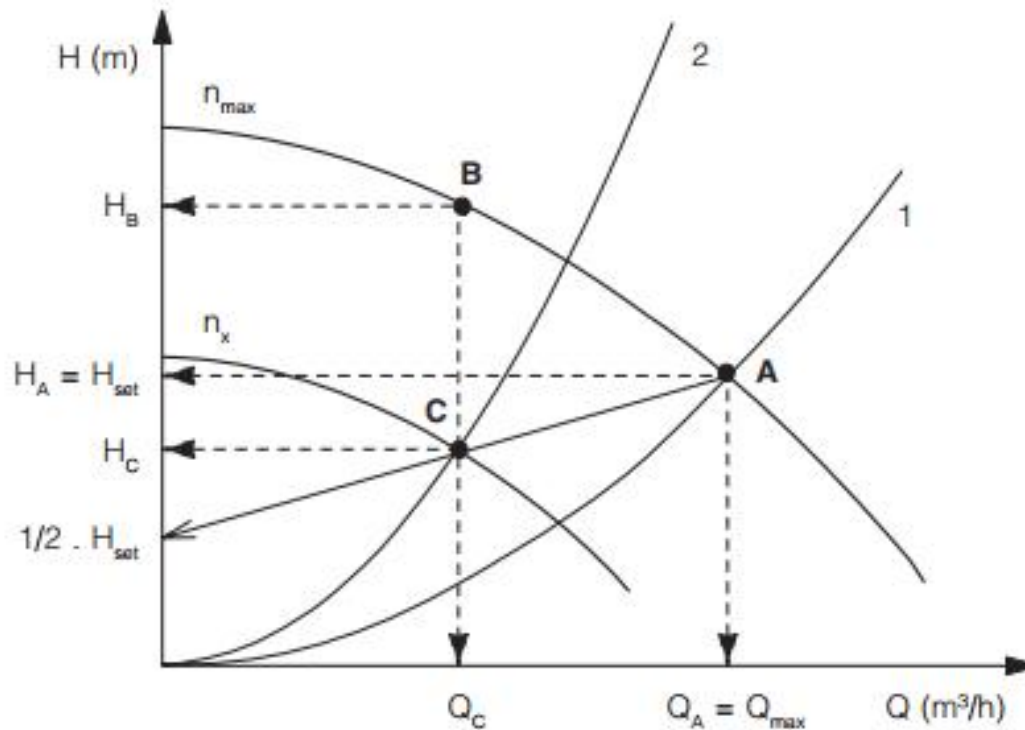


Fig. 62
Régulation du débit au moyen d'une pompe à vitesse réglable et à pression proportionnelle.

1. Courbe caractéristique de l'installation (vannes de radiateur grande ouvertes)
 2. Courbe caractéristique de l'installation (vannes de radiateur partiellement fermées)
- n_{max} : régime maximal
 n_x : régime ajusté
 H_{set} : pression de consigne de la pompe



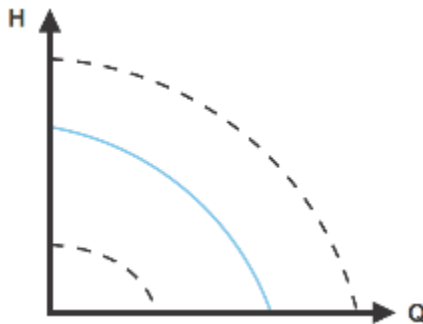
CIRCULATEURS

► Affichage :

- De la puissance consommée,
- Du débit ou de la vitesse,
- De la hauteur manométrique,
- Compteur de chaleur,
- Ecran de paramétrage plus ou moins complet

Régulation

► Courbe constante



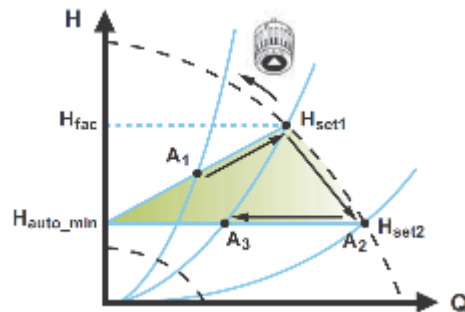
Source : Grundfos

Source : Wilo
Stratos MaxoSource : Grundfos
Magna 3

Source : Wilo Stratos Pico

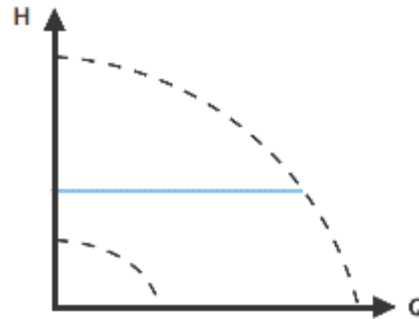


► « Auto Adapt »



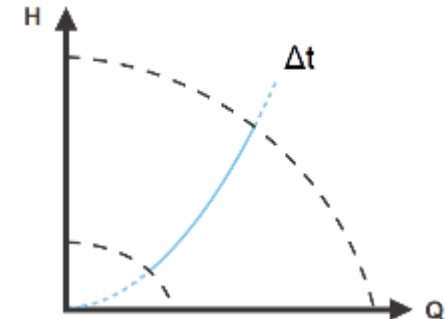
Source : Grundfos

► Pression constante



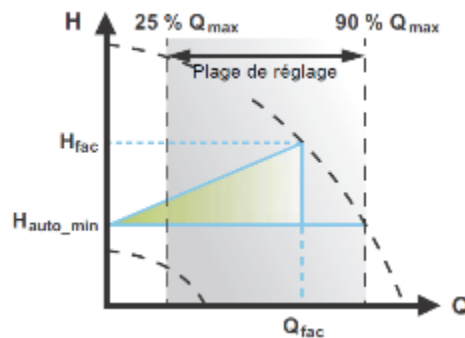
Source : Grundfos

► Température différentielle



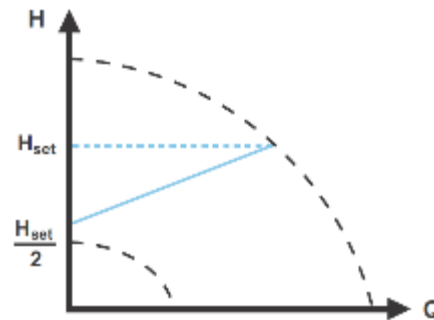
Source : Grundfos

► « Flow Adapt »



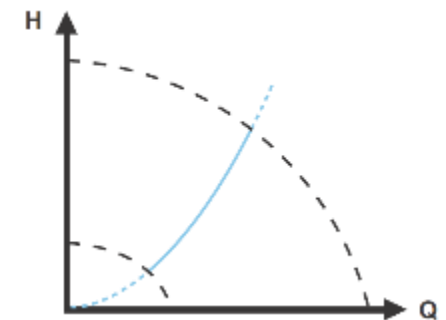
Source : Grundfos

► Pression proportionnelle



Source : Grundfos

► Température constante



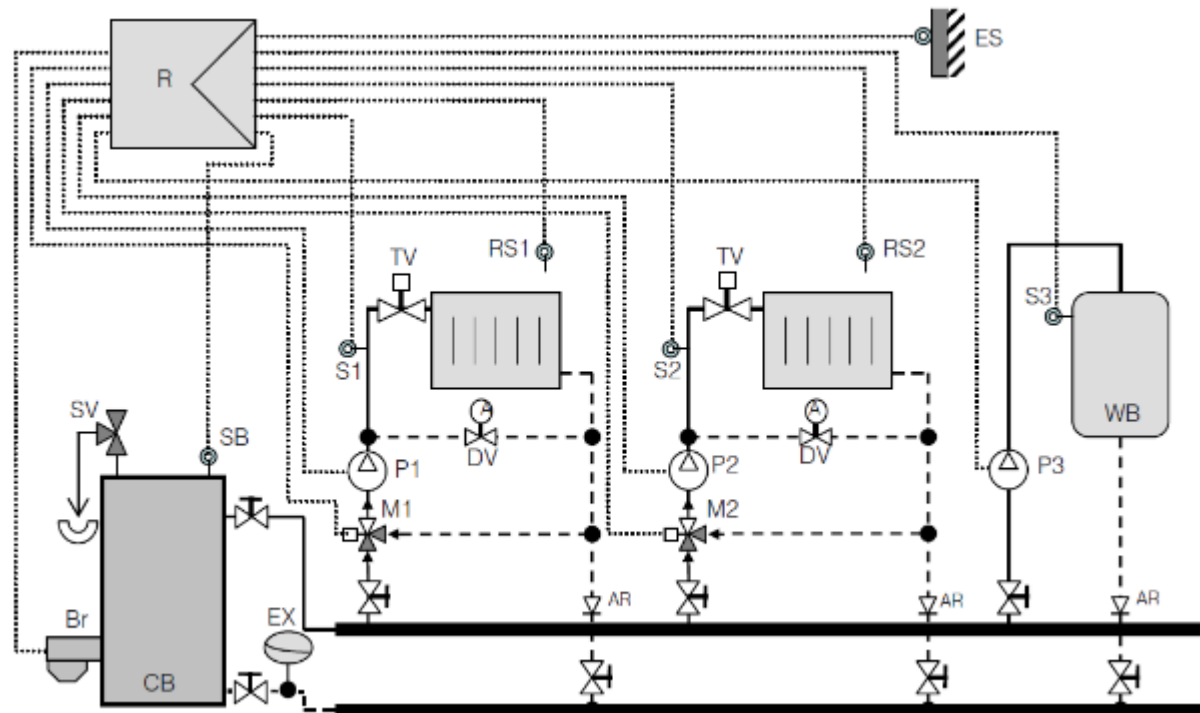
Source : Grundfos



SCHÉMA 5 : INSTALLATION COLLECTIVE

Schéma 5

- Installation collective
- Au moins deux circuits de radiateurs,
- Production d'eau chaude sanitaire



Source : CSTC

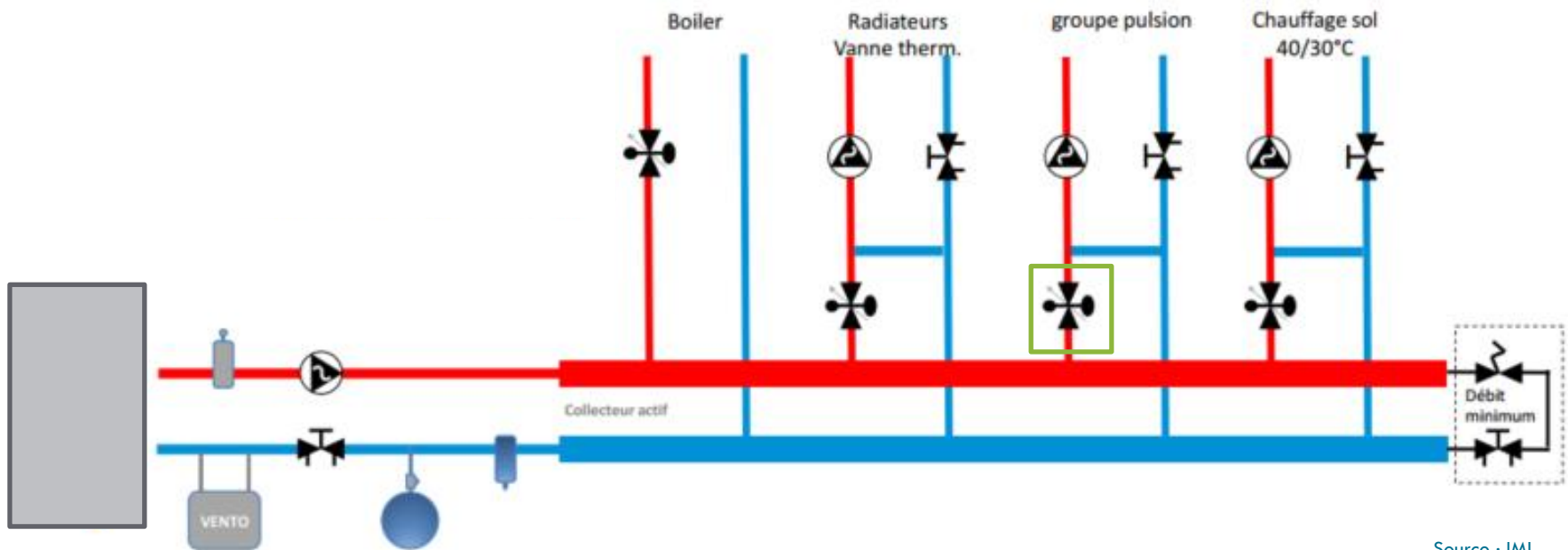
- Permet de tenir compte de différentes configurations d'utilisation (orientation, horaire,...). Chaque circuit est indépendant.
- Nécessite un local de référence par zone



SCHÉMA 5B : EQUILIBRAGE DYNAMIQUE

Schéma 5B

- Vannes d'équilibrage dynamique



- Permet de garantir un débit fixe en fonction du réglage (visuel)



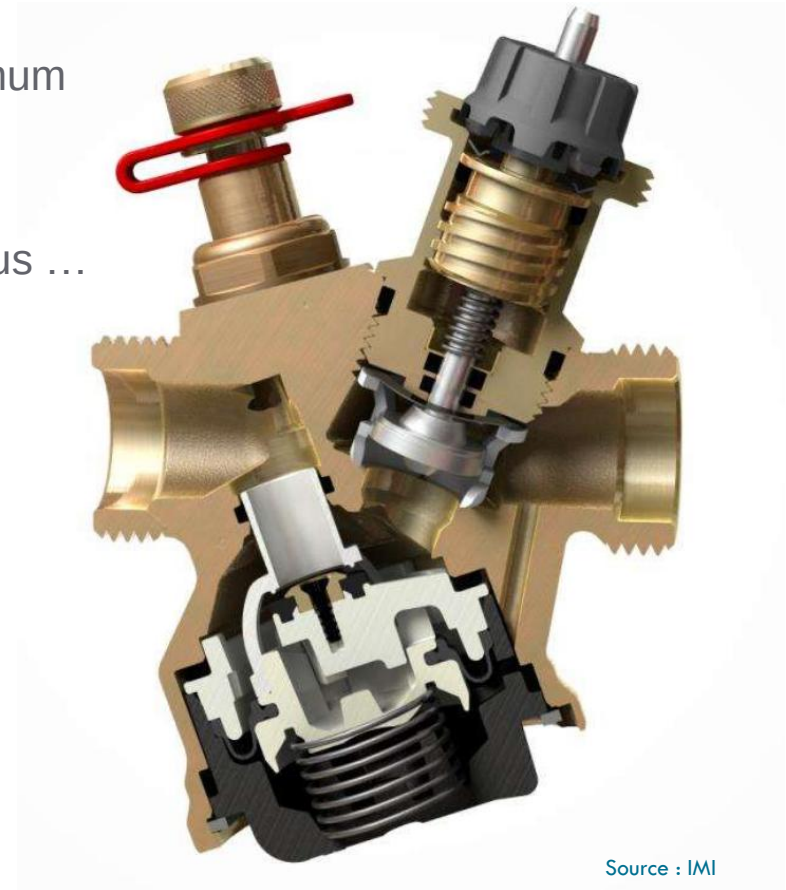
VANNE D'EQUILIBRAGE DYNAMIQUE

Usage

- ▶ Garantir un débit fixe (chaud / froid / chaud et froid)

Caractéristiques

- ▶ Nécessite une pression différentielle minimum
- ▶ Sélection sur base du débit uniquement
- ▶ Peut être motorisée
- ▶ Communication 0-10V, knx, bacnet, modbus ...
- ▶ Peut être auto-régulante
- ▶ Peut compter l'énergie

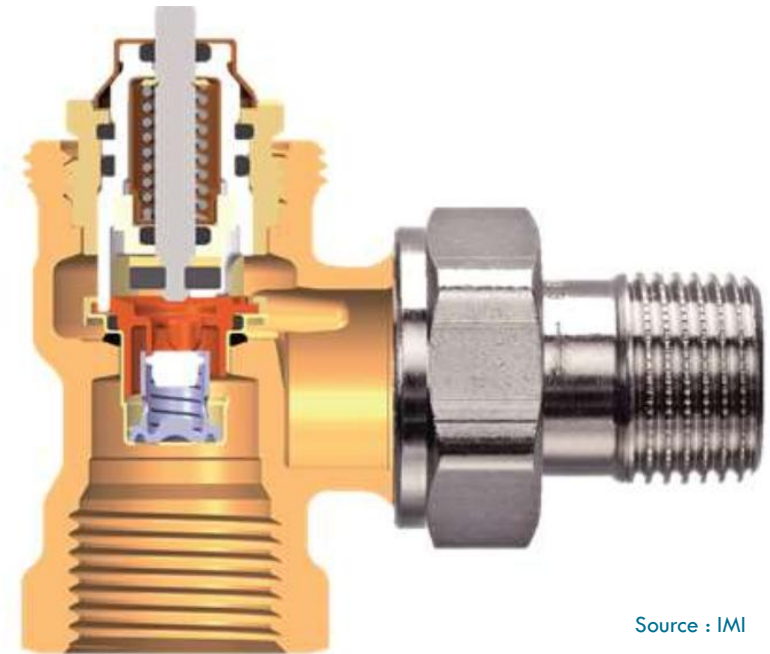


Source : IMI



Caractéristiques

- ▶ Débit maximum réglé sur le radiateur directement (10 à 150 l/h)
- ▶ Contrôle automatique du débit
- ▶ Compense les variations de pression différentielles
- ▶ Bulbe liquide (>< gaz) > plus précis
- ▶ Pression minimum nécessaire



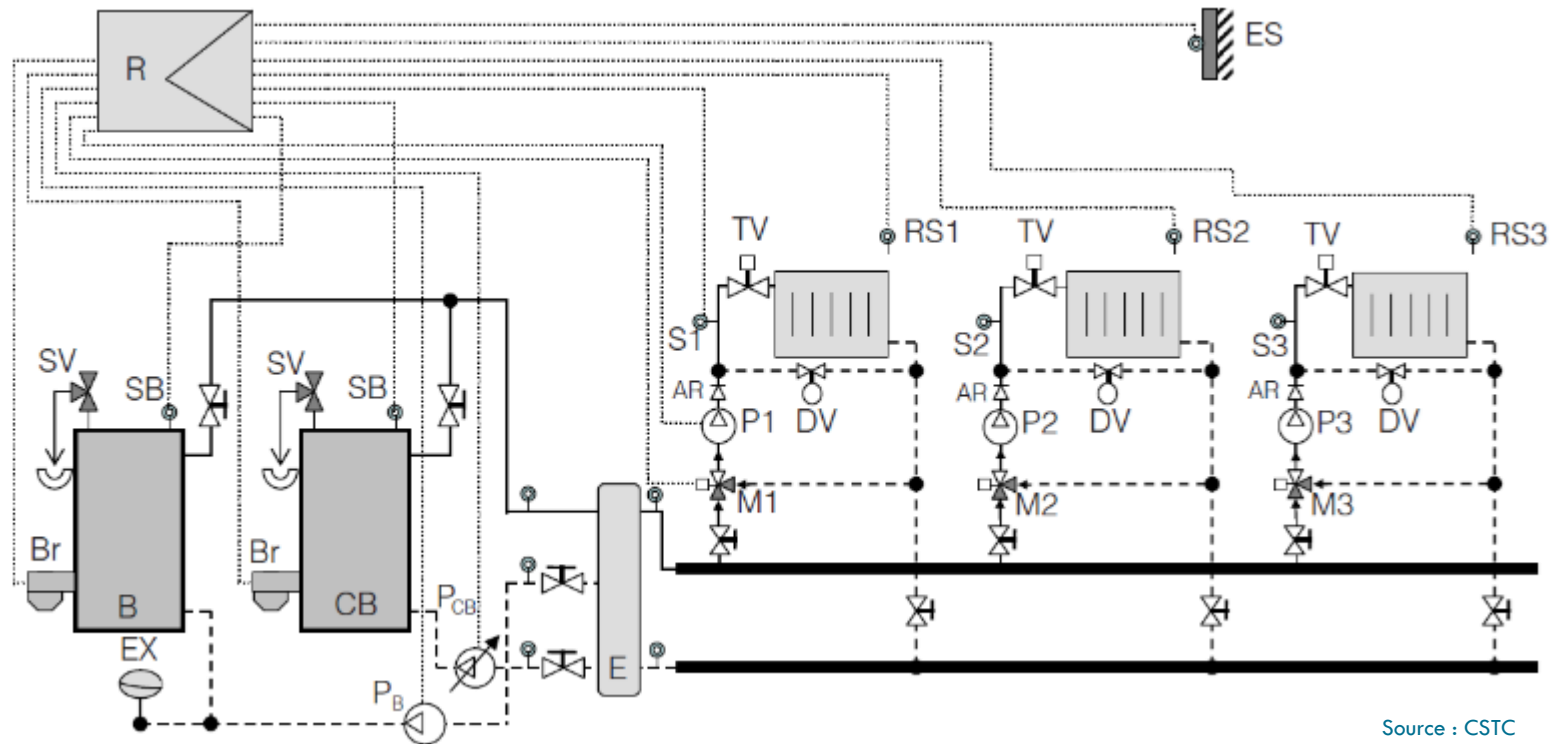
Source : IMI



SCHÉMA 6 : SCHÉMA 5 + COMBINAISON PRODUCTEURS

Schéma 6

- Schéma 5
- + Combinaison de producteurs



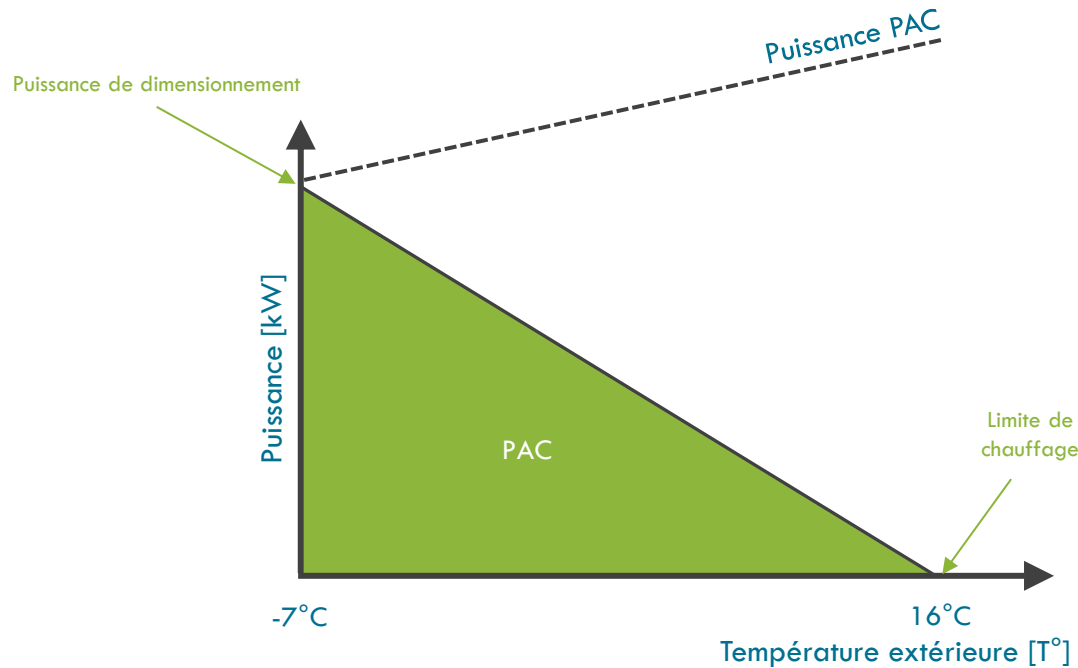
Source : CSTC

- [...] voir schéma 5
- Usage d'une **cascade** d'un même producteur ou de différents types de producteurs (chaudière/PAC, chaudière/cogénération)



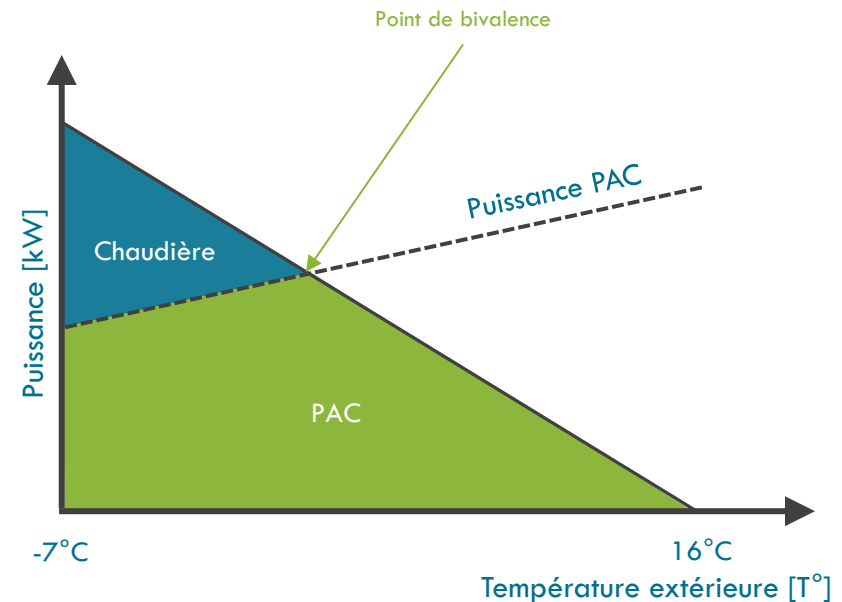
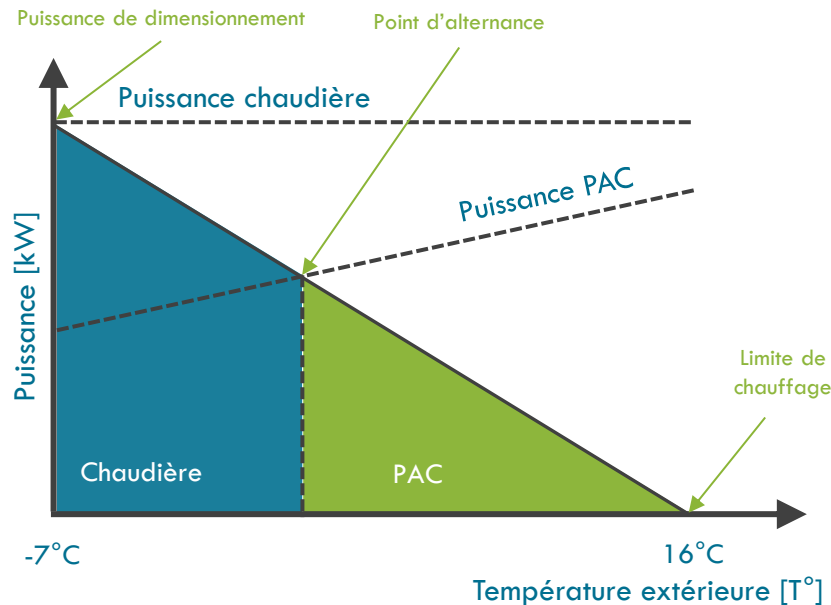
Fonctionnement monovalent

- ▶ La PAC est l'unique producteur de chaleur
- ▶ La PAC couvre tous les besoins en énergie de chauffage du bâtiment (+ éventuellement ECS)



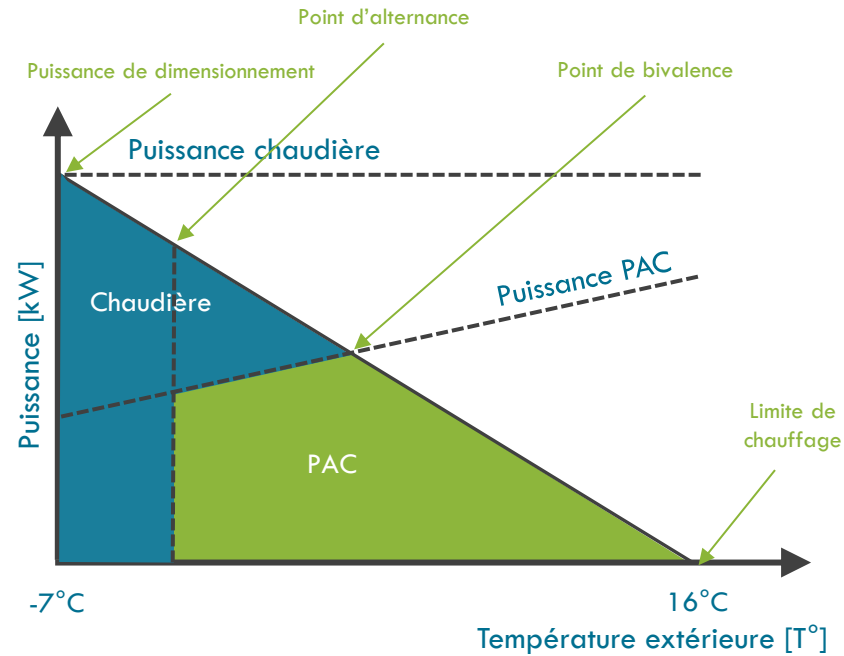
Fonctionnement bivalent

- En plus de la PAC, un producteur de chaleur supplémentaire est à disposition (chaudière, résistance électrique...)
- Bivalent-parallèle: $T_{\text{ext}} < T_{\text{bivalence}}$ → 2 producteurs travaillent parallèlement
- Bivalent-alternatif = $T_{\text{ext}} < T_{\text{alternance}}$ → basculement entre les 2 producteurs

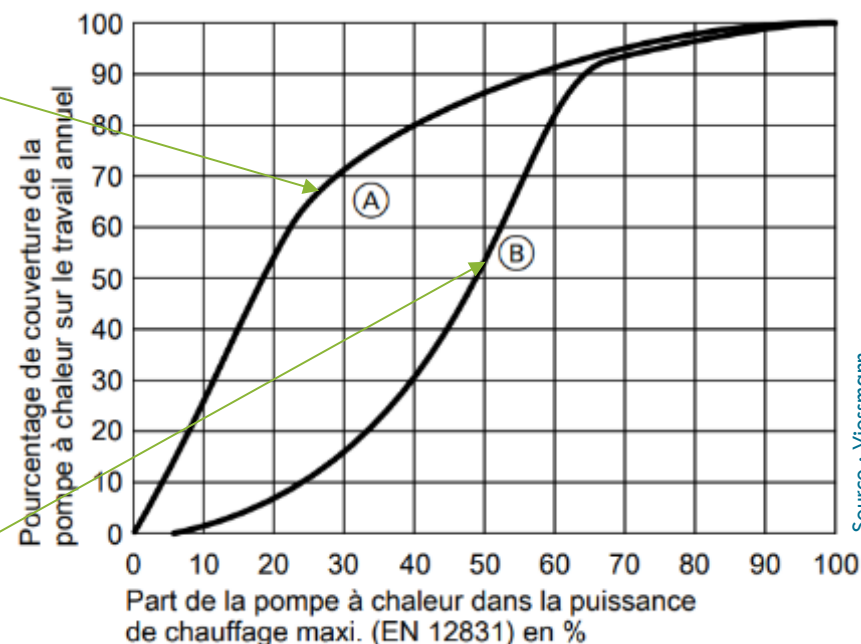
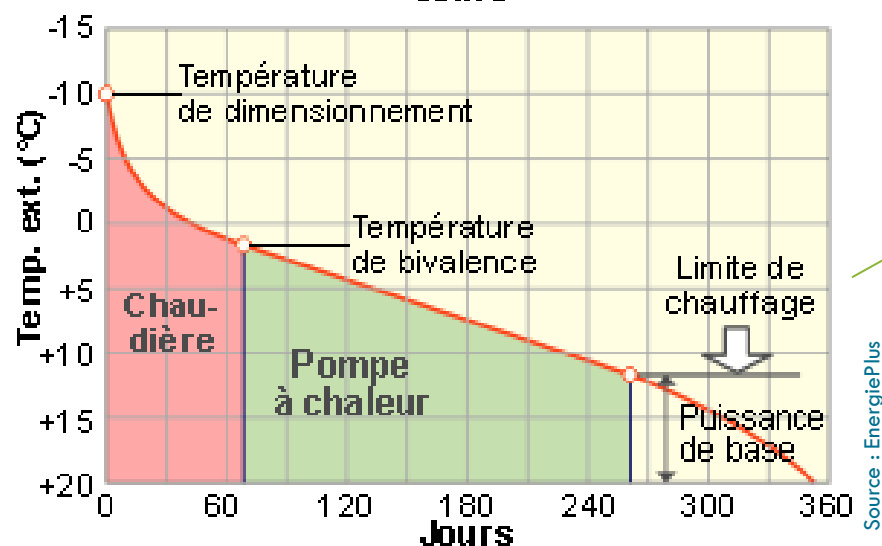
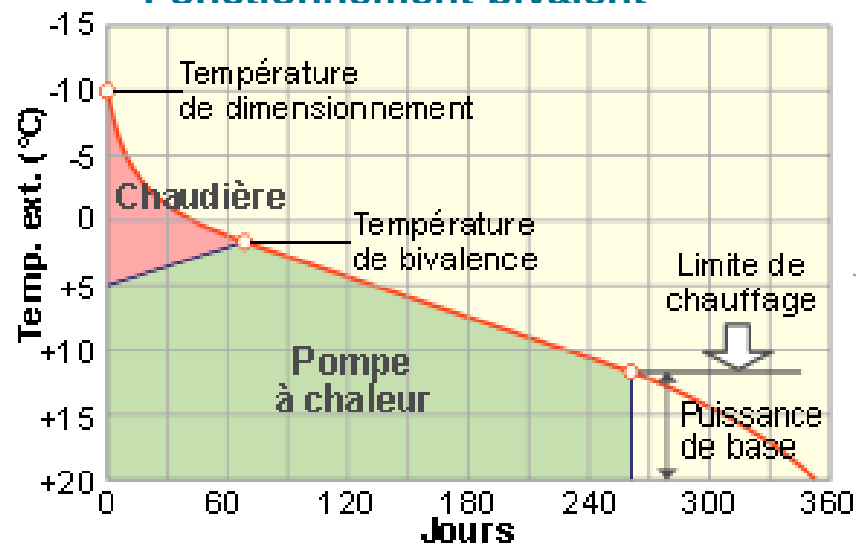


Fonctionnement bivalent

- Parallèle puis alternatif



Fonctionnement bivalent



Source : Viessmann



Comment choisir le point de bivalence ? Selon des critères

► Technique

- la PAC ne fournit plus assez de puissance
- la PAC ne fournit pas de l'eau assez chaude pour l'usage défini

► Ecologique : la PAC fonctionne avec un COP trop faible

► Economique : le kWh thermique produit par la PAC coûte plus cher que celui produit par la chaudière

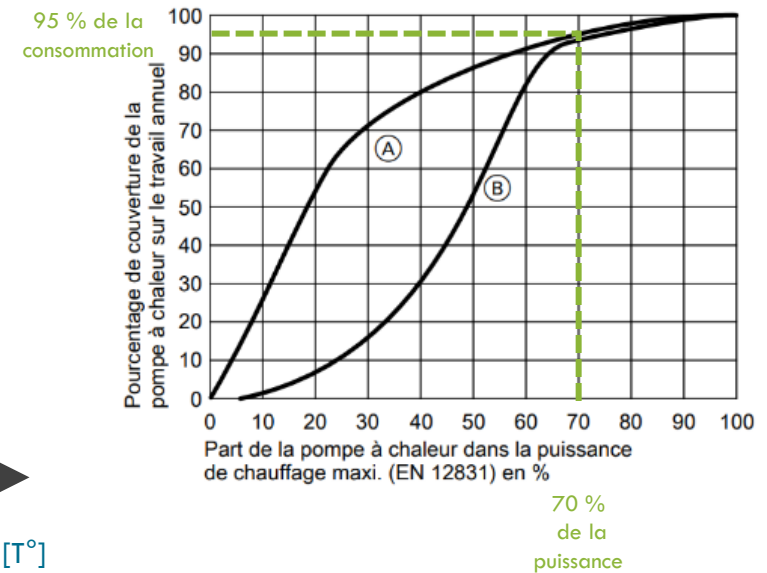
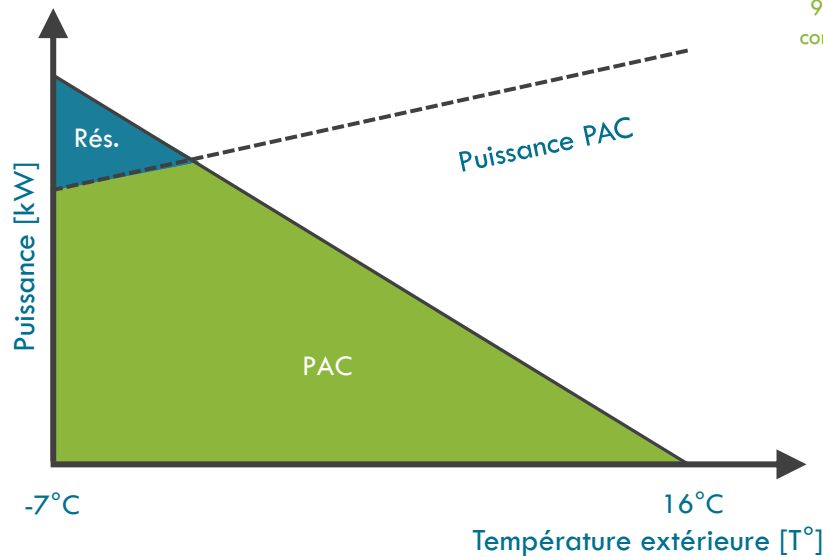
Dépend

- Du prix de l'électricité et du gaz (du rapport entre les deux)
- De l'auto-production d'électricité
- De la puissance nominale de la PAC
- Du COP de la PAC aux conditions de fonctionnement :
 - Température de départ
 - Température de la source d'énergie

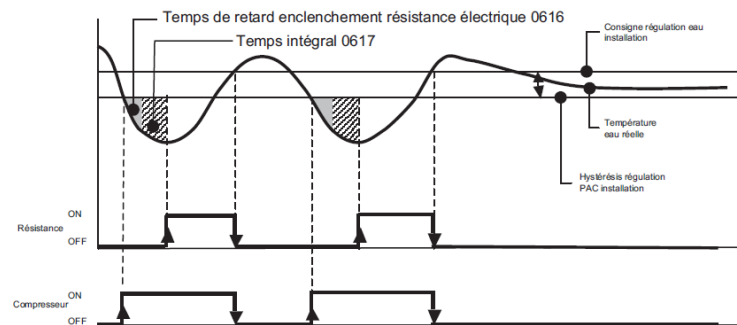


L'électricité comme solution d'appoint ?

- Part acceptable ?



- Attention à la régulation



INTRODUCTION

SPÉCIFICITÉS D'UNE INSTALLATION DE CHAUFFAGE

EN PRATIQUE

- ▶ **Analyse fonctionnelle**
- ▶ **Liste des points**
- ▶ **PID**



Analyse fonctionnelle

► Description littéraire du fonctionnement de l'installation

Toutes les mesures de sondes et toutes des commandes d'équipements présentes sont associées à un bloc d'enregistrement. La valeur des sondes est enregistrée à intervalle régulier :

- *Toutes les 10 minutes pour les sondes de température d'eau.*
- *Toutes les 10 minutes pour les sondes de gaine de ventilation.*
- *Toutes les 20 minutes pour les sondes d'ambiance*

La production est mise à l'arrêt si :

- *La température extérieure dépasse la consigne réglable de 20°C*
- *La demande des consommateurs est nulle*

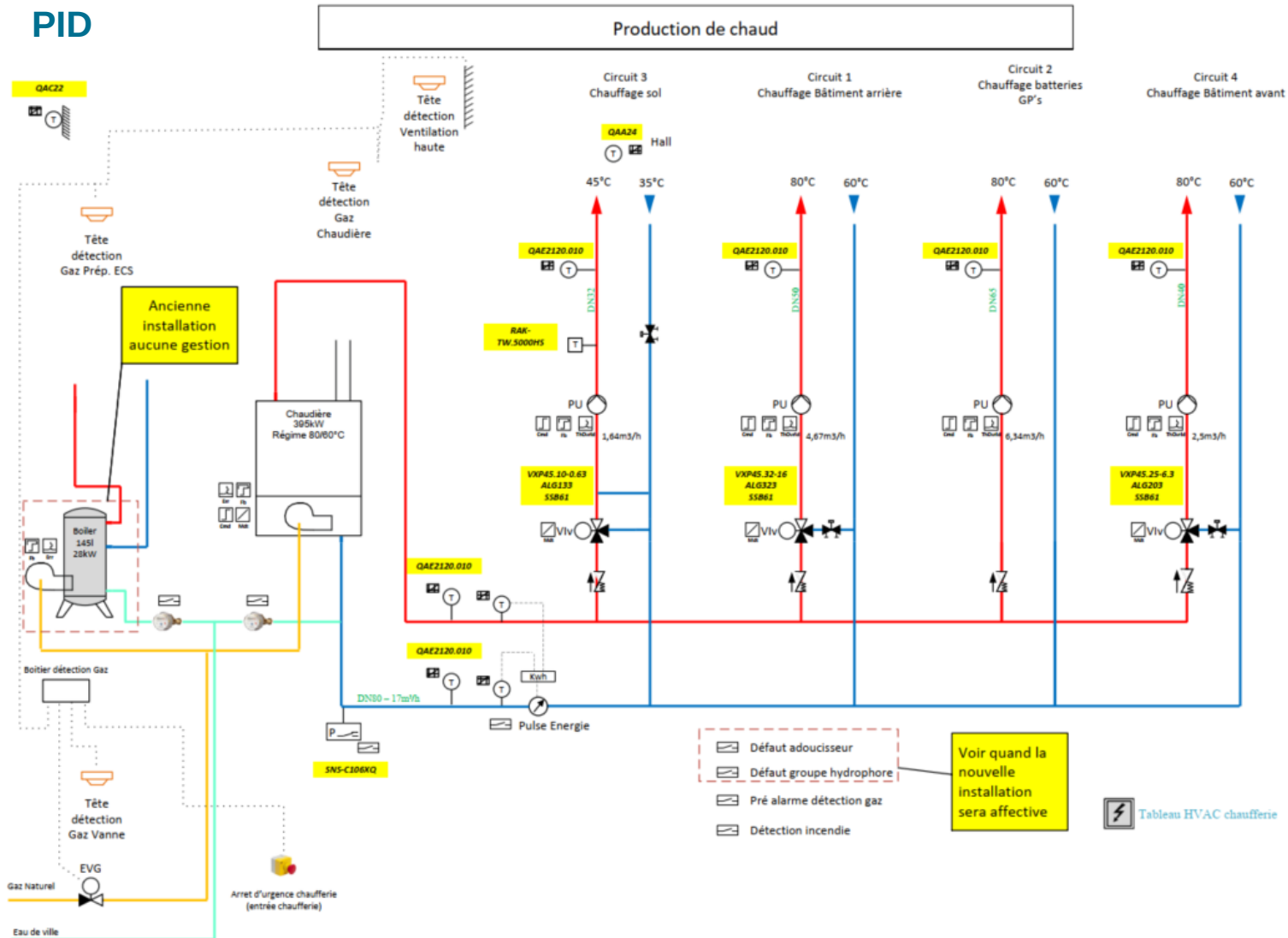


Liste des points

- ▶ Liste des paramètres qui sont mesurés et suivis
 - Sondes de température XX, YY, ...
 - Sondes de pression
 - Compteurs eau
 - Compteurs électricité
 - Compteurs gaz ...
 - Adoucisseur,
 - ...



PID





- ▶ La régulation est un élément essentiel d'une installation de chauffage
- ▶ Les capteurs permettent de transmettre des informations à un régulateur qui lui-même transmettra des ordres aux actionneurs
- ▶ Il existe différents niveaux de complexité de régulation





Guide bâtiment durable

www.guidebatimentdurable.brussels

- Energie

Dossier I [Concevoir une installation de chauffage efficace](#)



Sites internet

- Plateforme HIT de chez Siemens : [matériel et schéma de régulation type](#)
- Energie plus :
 - [Régulation du chauffage à eau chaude](#)
 - [Régulation climatique](#)
 - [L'intermittence](#)



Ouvrages

- CSTC, (2013), Rapport 14 : Conception et dimensionnement des installations de chauffage central à eau chaude,
- CSTC, NIT 235 (2008) : La chaudière à condensation

Formations et séminaires

- Consultez tous les supports [gratuitement](#) !



Pierre GUSTIN

Ingénieur projet
écorce sa

☎ + 32 4 226 91 60

✉ info@ecorce.be



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

