

FORMATION BATIMENT DURABLE

CHAUFFAGE ET EAU CHAUDE SANITAIRE : CONCEPTION

AUTOMNE 2023

Régulation
Principes de base

Pierre GUSTIN
écORCE
INGENIEUR EN ARCHITECTURE





- ▶ Comprendre l'importance de la régulation
- ▶ Se familiariser avec le vocabulaire
- ▶ Comprendre les différents composants d'une installation de régulation
- ▶ Obtenir une vue d'ensemble des capteurs, des actionneurs, des régulateurs et des protocoles de communication
- ▶ Comprendre des schémas de régulation simples



POURQUOI RÉGULER ?

COMMENT RÉGULER ?

EN PRATIQUE

LA RÉGULATION EN RÉNOVATION



Réguler

« Fait d'assurer le fonctionnement correct d'un système complexe. »

Pourquoi ?

Afin d'assurer :

- ▶ le confort des occupants via une bonne synchronisation entre besoin et fourniture de chaleur, de froid, d'eau chaude
- ▶ le bon fonctionnement des équipements, individuellement et collectivement
- ▶ l'optimisation des systèmes en vue d'une réduction de la consommation
- ▶ la sécurité des occupants, l'intégrité du bâtiment



Dans une installation de chauffage, cela se traduit en agissant :

- ▶ Sur la puissance des unités d'émission en fonction de différents paramètres
 - Le besoin (qui dépend du climat : température extérieure, apports solaires),
 - Les apports internes,
 - Les exigences de confort.
- ▶ Sur les horaires de fonctionnement
- ▶ Sur le zonage des apports
- ▶ Sur l'optimisation des conditions de fonctionnement des producteurs de chaleurs



POURQUOI RÉGULER ?

COMMENT RÉGULER ?

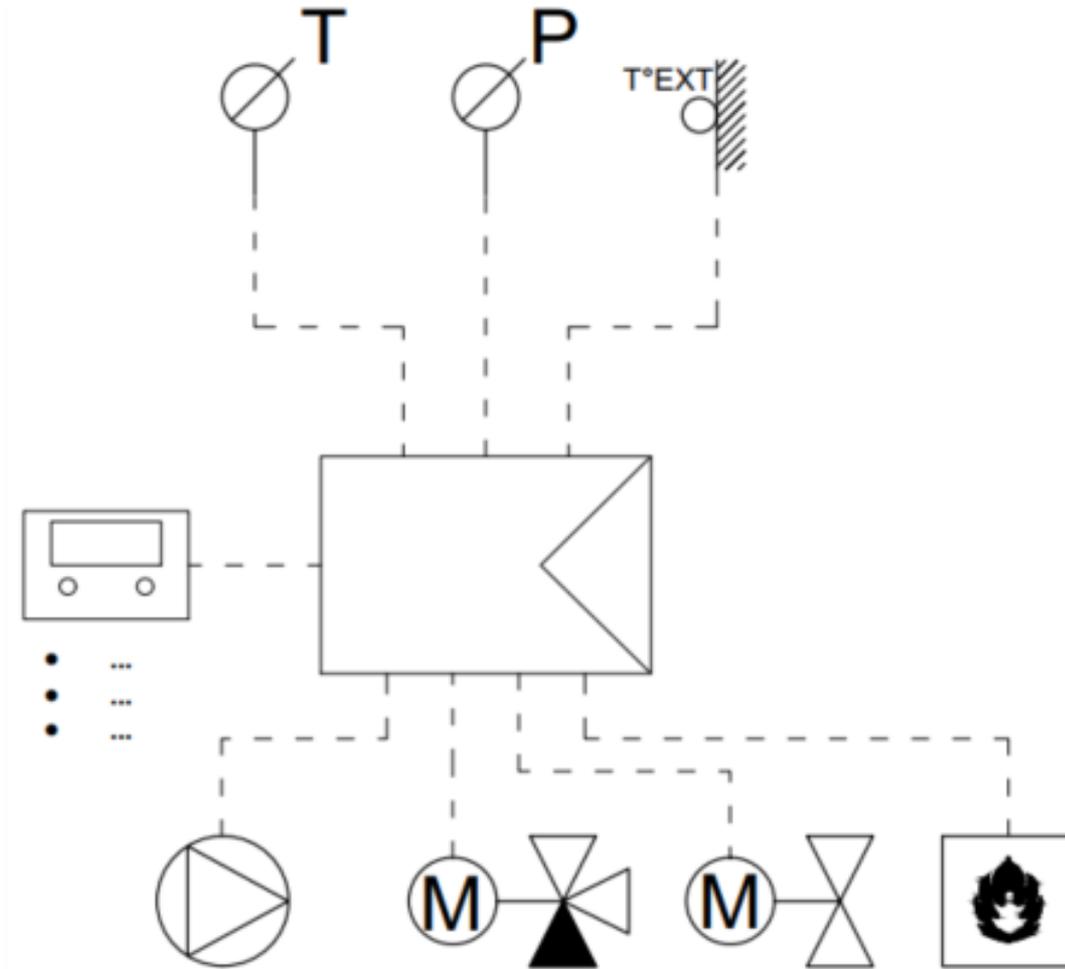
- ▶ **Composants d'une installation**
- ▶ **Niveaux de régulation**
- ▶ **Capteurs**
 - Température
 - Pression d'eau
- ▶ **Actionneurs**
- ▶ **Régulateur**
- ▶ **Protocoles de régulation**

EN PRATIQUE

LA RÉGULATION EN RÉNOVATION



APERÇU D'UNE INSTALLATION DE RÉGULATION



8 COMPOSANTS D'UNE INSTALLATION

Une régulation est composée au minimum des éléments suivants :

- ▶ De capteurs
- ▶ D'actionneurs

Les capteurs et actionneurs sont parfois

- ▶ combinés ou séparés,
- ▶ **autonomes ou connectés à une intelligence centralisée,**
- ▶ mécaniques ou électriques.

REGULATEURS

REGULATEURS
/CAPTEURS

CAPTEURS



ACTIONNEURS



Source : Siemens



NIVEAUX DE RÉGULATION

Il existe plusieurs niveaux de régulations qui sont choisis selon :

- ▶ La complexité de l'installation et la finesse de régulation souhaitée
- ▶ Les possibilités de communication entre équipements
- ▶ La centralisation (ou non) de l'intelligence
- ▶ Le type d'interfaçage avec l'utilisateur
- ▶ Les possibilités d'accès et de gestion à distance
- ▶ Les possibilités d'intégration au bâtiment (installation neuve/rénovation)



Source : Danfoss



Source : Honeywell



Source : Schneider



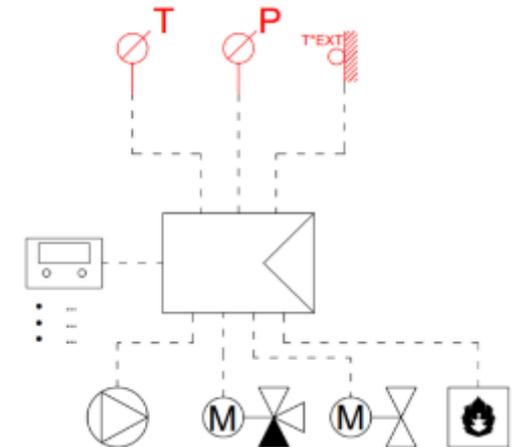
Usage

- ▶ Mesurer des grandeurs physiques (température, pression, débit, ...)

Les capteurs sont caractérisés par :

- ▶ La grandeur mesurée,
- ▶ L'unité,
- ▶ L'échelle
- ▶ La précision
- ▶ La constante de temps
- ▶ Le type de signal de sortie

⇒ **En chauffage et ECS, seules la température, le débit et la pression sont mesurées, et régulées.**



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



CAPTEURS : TEMPÉRATURE EXEMPLES

Température

Bulbe



Source : Danfoss

Bilame



Source : Euro-Index

Doigt de gant



Source : Siemens

Applique



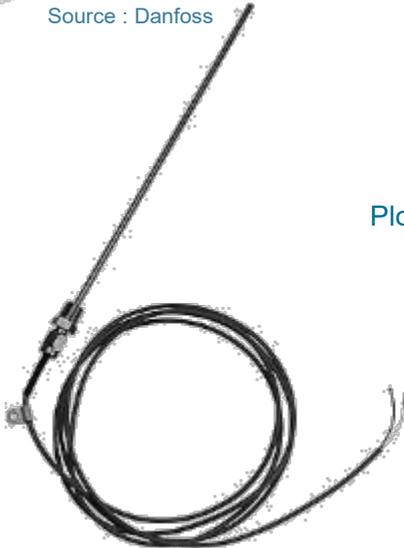
Source : Siemens

Applique sur tuyaux



Source : IMIT, Siemens

Plongeur



Source : Siemens



Source : Siemens, IMIT

Gaine (moyenne)



Source : Siemens

Chemisée



Source : Siemens



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



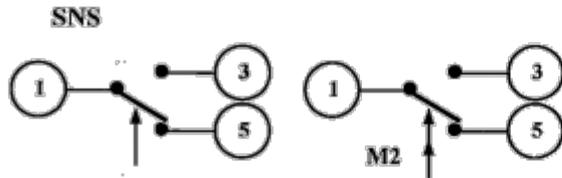
CAPTEURS : PRESSION EAU EXEMPLES

Pression d'eau

Pressostat manque d'eau



Source : Siemens

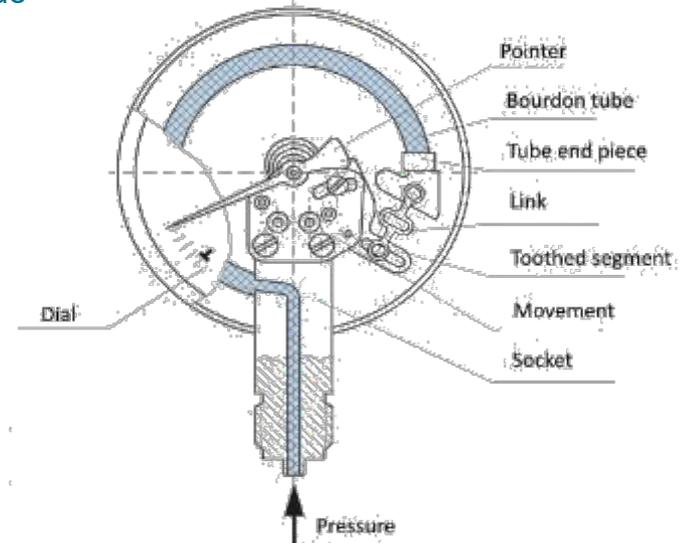


Le contact 1 et 3 se ferme quand la pression augmente.
 Le contact 1 et 5 se ferme quand la pression diminue.



Manomètre à tube manométrique

Source : Euro-Index



Usage

- ▶ Agir sur l'installation : modifier le débit ou la température, lancer / arrêter la circulation de l'eau, ...

Caractéristiques

- ▶ Le type de grandeur influencée : température, débit, pression
- ▶ Le mode d'action
- ▶ Le type de commande : électrique, mécanique
- ▶ Le signal d'entrée/sortie



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



Usage

- ▶ Le régulateur reçoit les informations relatives à l'état de l'installation via les capteurs, les compare aux paramètres et données qu'il contient et commande les actionneurs en fonction. C'est le cerveau de l'installation.

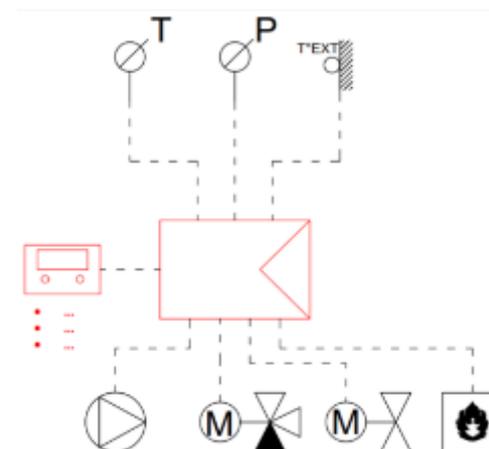
Caractéristiques

Les régulateurs peuvent être :

- ▶ Décentralisés et agir uniquement sur un élément de l'installation,
- ▶ Centralisé et agir sur différents éléments et les coordonner avec une « vue globale ».



Source : Siemens

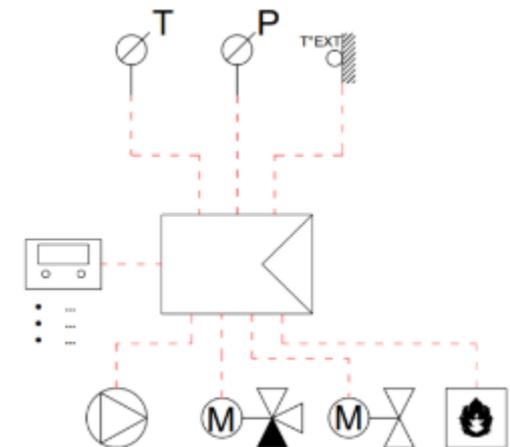


Usage

- ▶ Permet la communication entre éléments d'une installation

Caractéristiques

- ▶ Protocole ouvert/fermé,
- ▶ Portée, vitesse,
- ▶ Nombre d'éléments communiquant,
- ▶ Sens de communication : unidirectionnel, bi-directionnel alterné, full duplex
- ▶ Langage
- ▶ Support :
 - câble série,
 - ethernet (RJ45,...),
 - sans fil (4g, wifi,...)



POURQUOI RÉGULER ?

COMMENT RÉGULER ?

EN PRATIQUE

- ▶ **SCHÉMA 1 : Thermostat, VT, VM**
 - Vanne thermostatique
 - Thermostat
- ▶ **SCHÉMA 2 : Sonde extérieure, VT**
 - Régulation climatique
- ▶ **SCHÉMA 3 : SCHÉMA 1 + SCHÉMA 2**
- ▶ **SCHÉMA 4 : SCHÉMA 3 + ECS + Combinaison émetteurs**
 - Vannes deux et trois voies
 - Circulateurs
- ▶ **SCHÉMA 5 : Installation collective**
- ▶ **SCHÉMA 6 : SCHÉMA 5 + Combinaison producteurs**
 - Combinaison de PRODUCTEURS

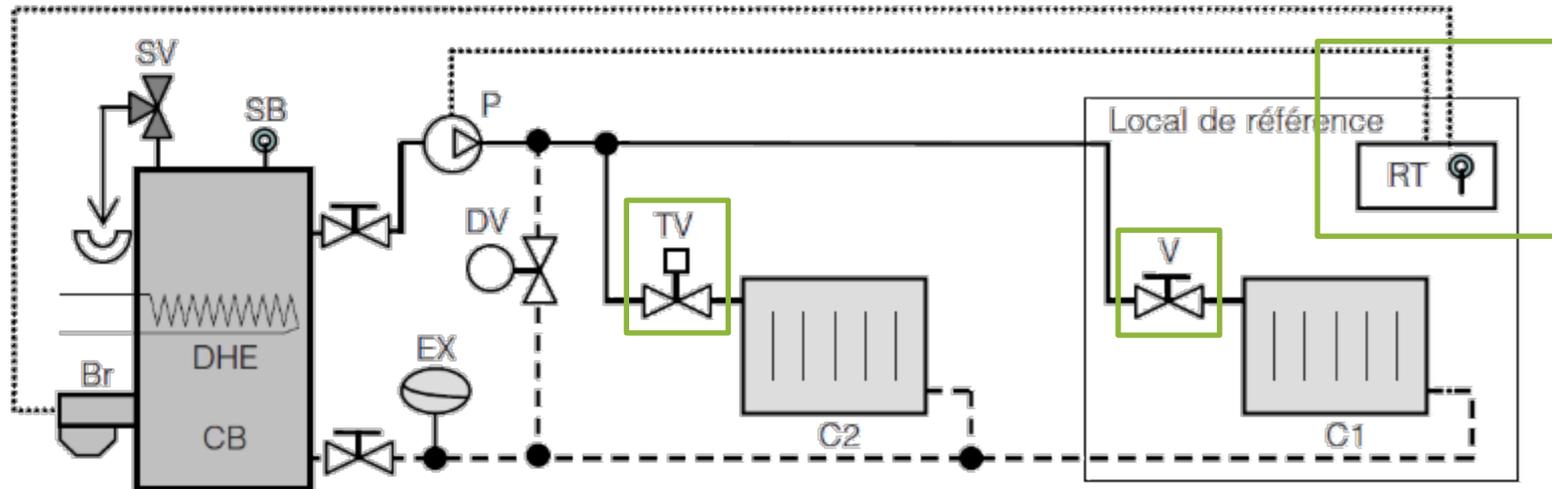
LA RÉGULATION EN RÉNOVATION



SCHÉMA 1 : THERMOSTAT, VT, VM

Schéma 1

- ▶ Thermostat d'ambiance
- ▶ Vannes thermostatiques
- ▶ Vanne manuelle

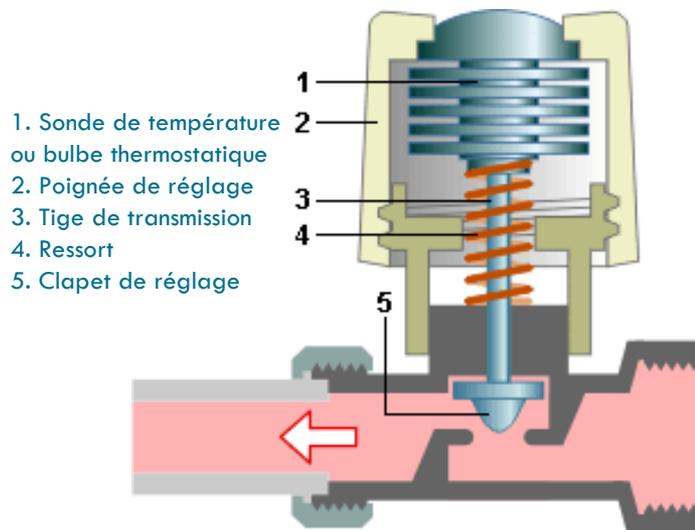


- Régulation extrêmement simple,
- Lorsque la demande en chaud est satisfaite dans le local témoin, il n'est pas possible de chauffer dans les autres locaux
- La surchauffe est évitée par l'emploi de vannes thermostatiques
- Potentiel d'économie d'énergie réduit



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.



1. Sonde de température ou bulbe thermostatique
2. Poignée de réglage
3. Tige de transmission
4. Ressort
5. Clapet de réglage

- **Tête :**
 - Mesure la température de la pièce
 - La variation de volume d'un gaz/liquide exerce une force variable contrebalancée par le ressort de rappel
 - La rotation de la poignée permet de modifier la force de rappel et de faire varier la consigne de température
- **Corps :**
 - Régule le débit en fonction de la position du clapet
 - A kv constant ou réglable

⇒ **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.**

Source Energie Plus



- 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.



Usage

- Gestion de la demande de chaleur

Caractéristique

- Simple

- Chronoportionnel

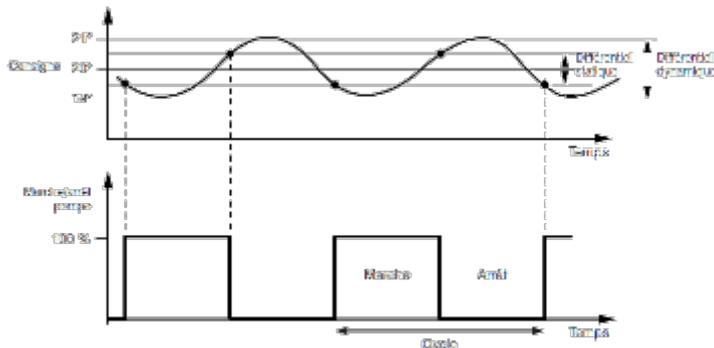
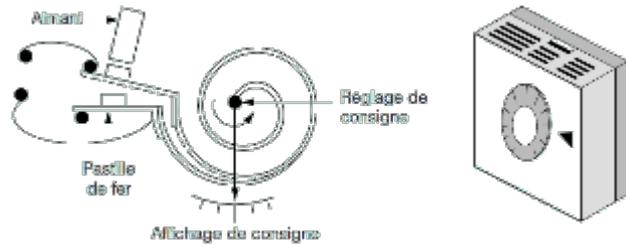


Fig. 42 Fonction de température générée par un système thermostat d'ambiance mécanique.

⇒ **Température instable**



Source : Honeywell

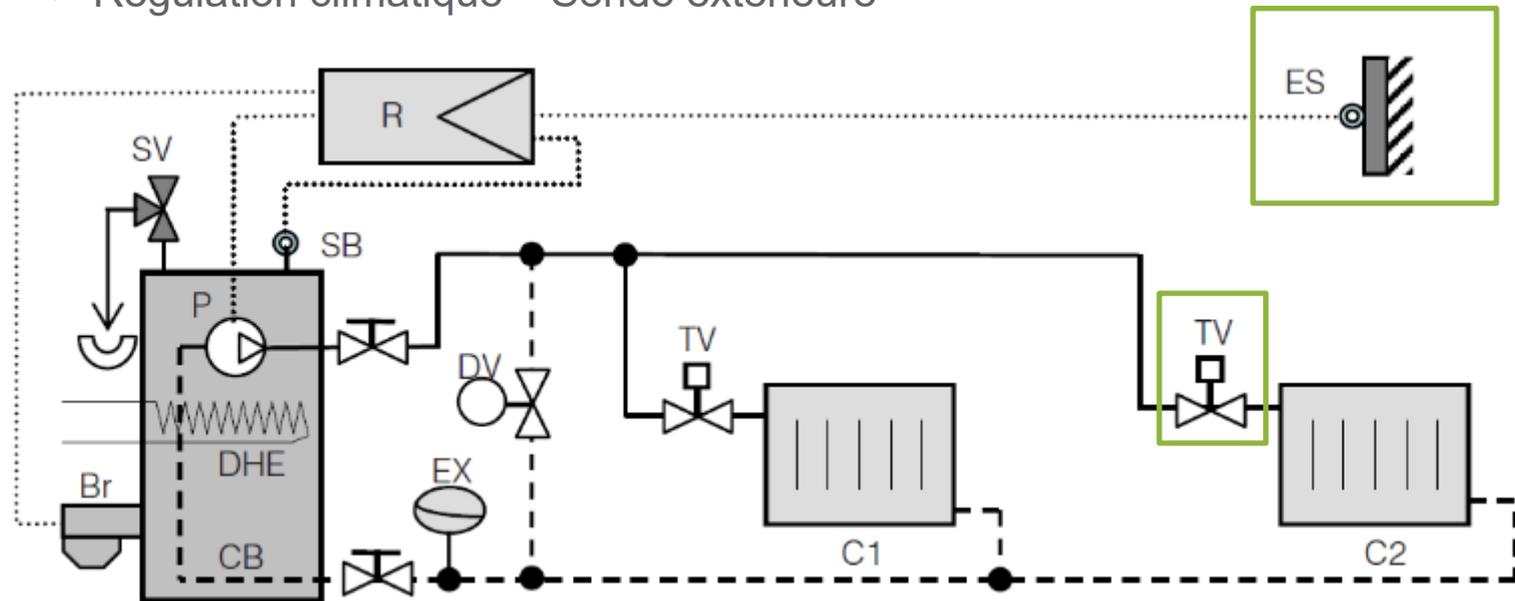
- Est équipé d'un régulateur PID qui permet de gérer plus finement le système et de stabiliser la température atteinte
- Permet de faire varier la consigne de température : confort, réduit, hors gel
- Selon un horaire : quotidien, hebdomadaire, annuel (congé)



SCHÉMA 2 : SONDE EXTÉRIEURE, VT

Schéma 2

- ▶ Vannes thermostatiques
- ▶ Régulation climatique – Sonde extérieure



- 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



RÉGULATION CLIMATIQUE

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

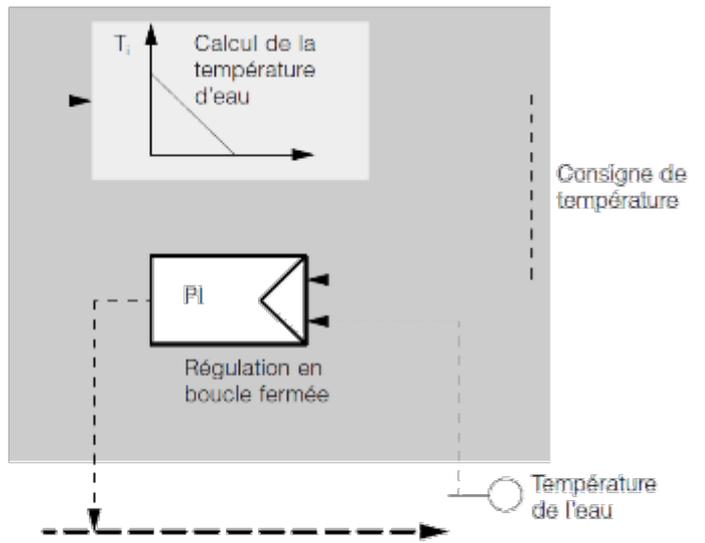
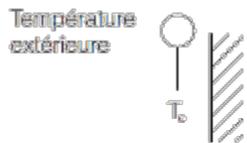


Fig. 45 Schéma de principe de la régulation climatique.

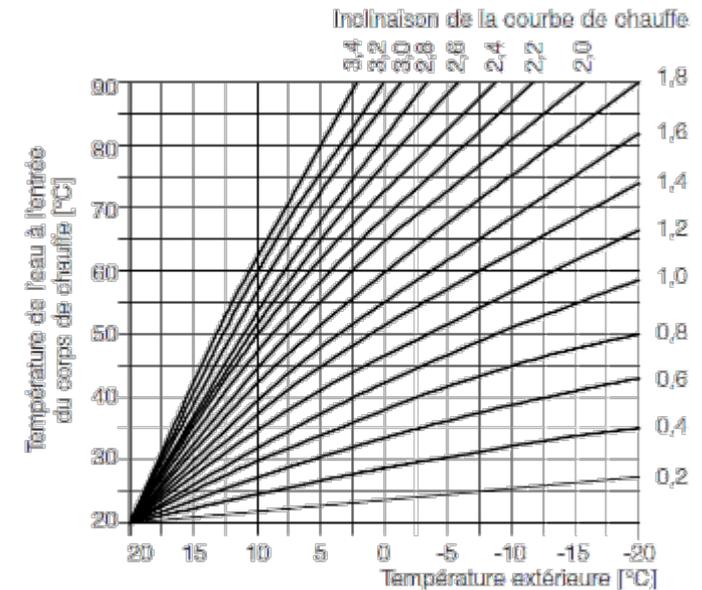


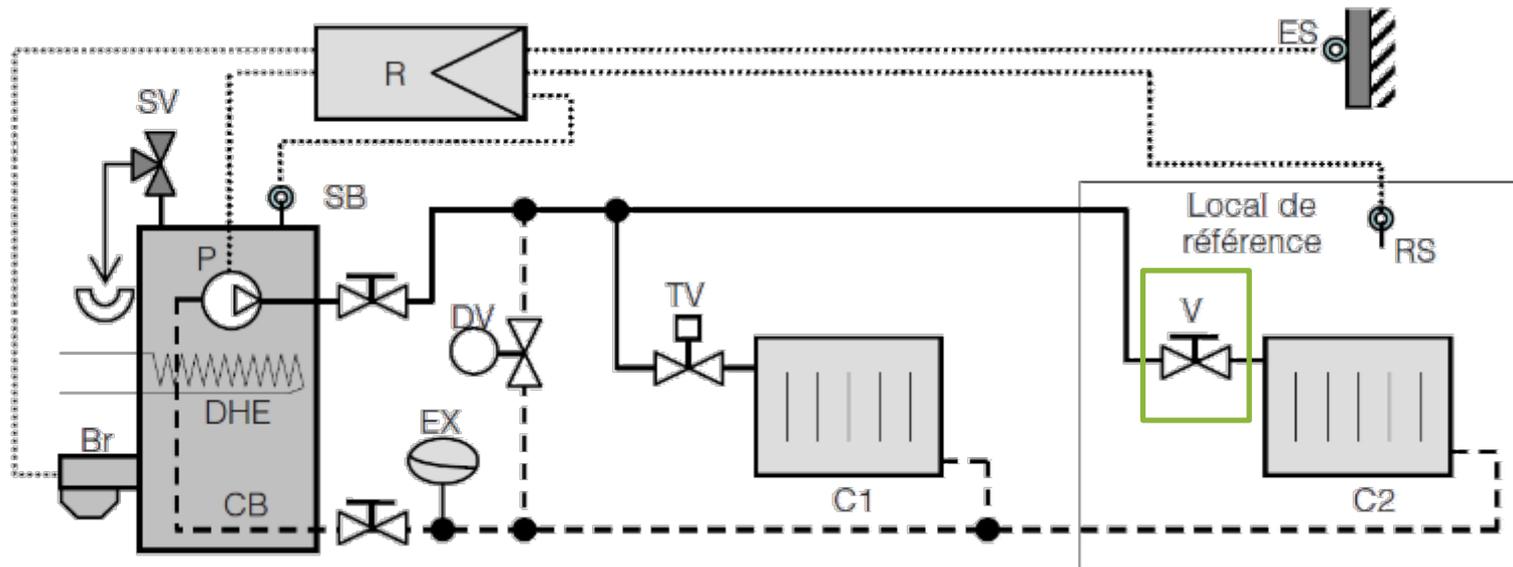
Fig. 44 Courbes de chauffe du régulateur d'une chaudière déterminée.



SCHÉMA 3 : THERMOSTAT, SONDE EXTÉRIEURE, VT

Schéma 3

- ▶ Thermostat d'ambiance
- ▶ Vannes thermostatiques
- ▶ Régulation climatique – Sonde extérieure



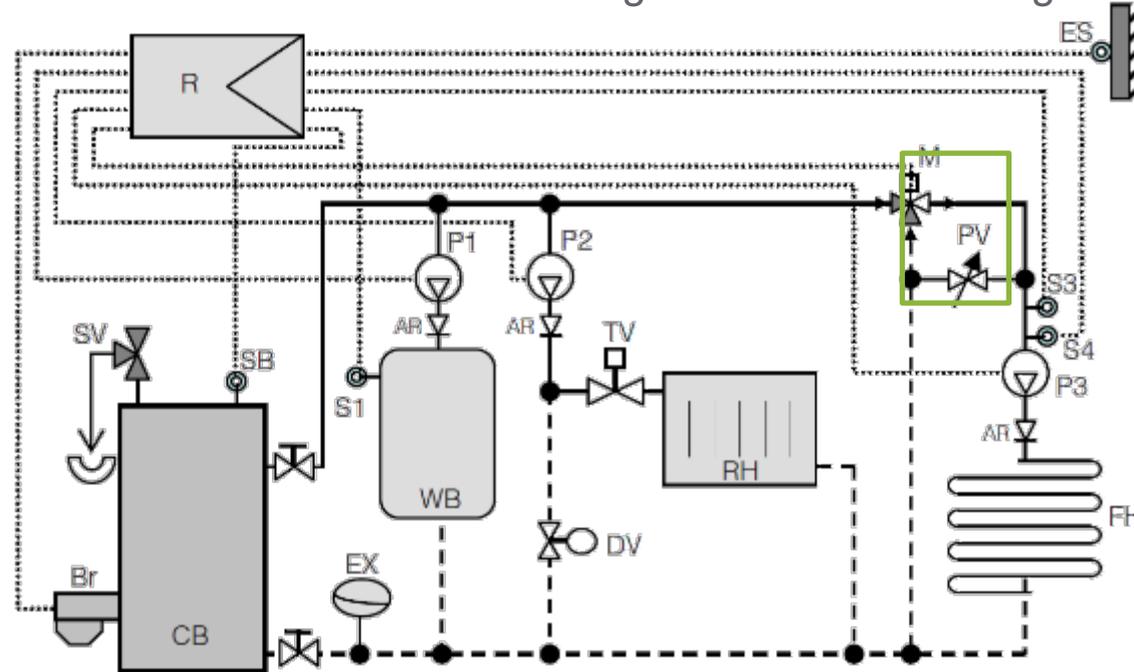
- Idem schéma 2
- Emission régulée par la sonde intérieure dans le local témoin (possibilité d'optimisation ?)



SCHÉMA 4 : SCHÉMA 3 + ECS + COMBINAISON EMETTEURS

Schéma 4

- ▶ Schéma 3
- ▶ + Production d'eau chaude sanitaire
- ▶ + Combinaison radiateurs **et** chauffage sol > vanne mélangeuse



- [...] 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,
 - électrohydrauliques,
 - Électromagnétique
- ▶ Corps de vanne

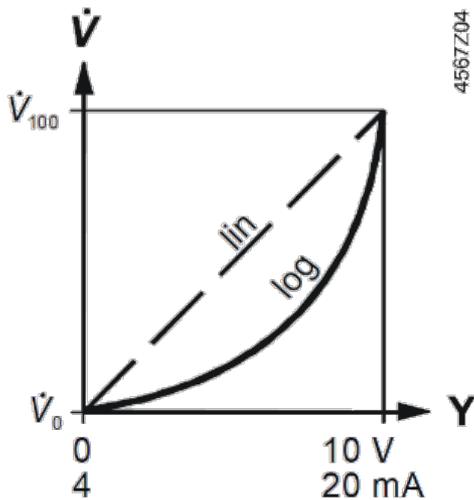
Source : Siemens



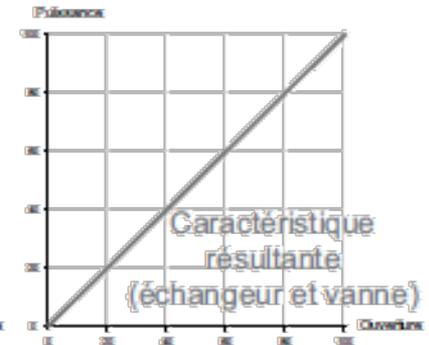
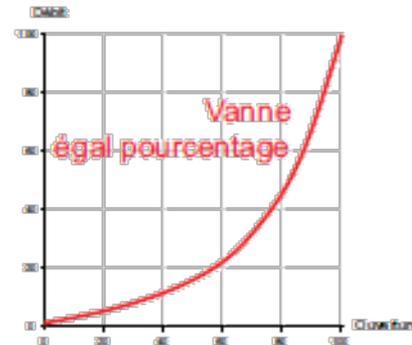
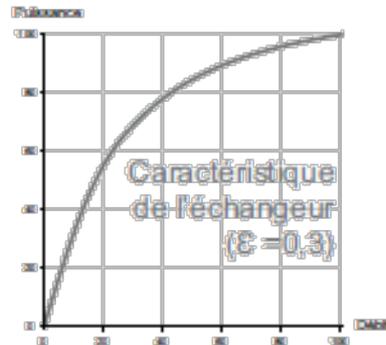
Régulation continue

lin = linéaire

log = à égal pourcentage



4567Z04

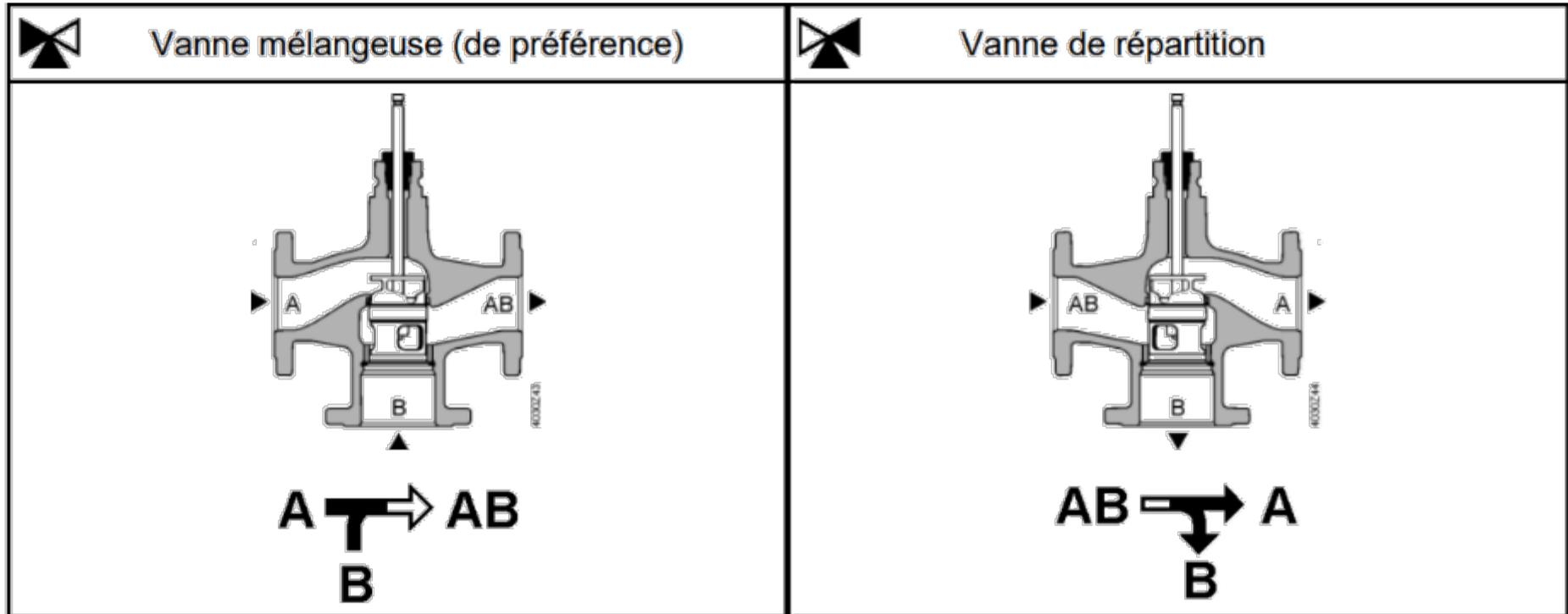


Courbes caractéristiques pour un échangeur, une vanne égale pourcentage et la combinaison des deux (Guide RAGE)

Source : Siemens



V3V : mélange ou répartition



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



IQ-Heat GmbH
MultiSpace-Wilo

Source : Wilo

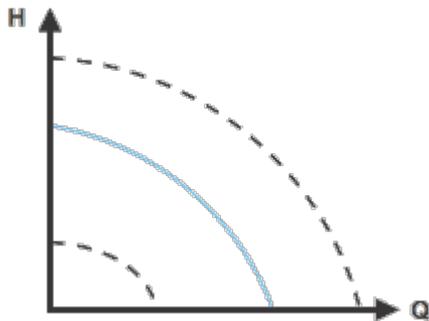


CIRCULATEURS

- ▶ 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 Maxo



Source : Grundfos
Magna 3

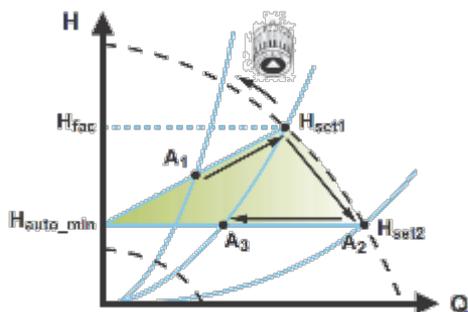


Source : Wilo Stratos Pico



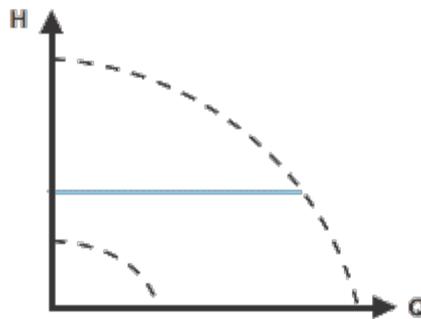
CIRCULATEURS

► « Auto Adapt »



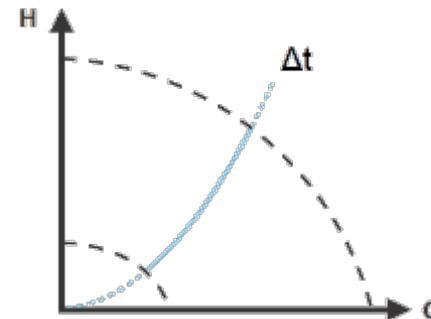
Source : Grundfos

► Pression constante



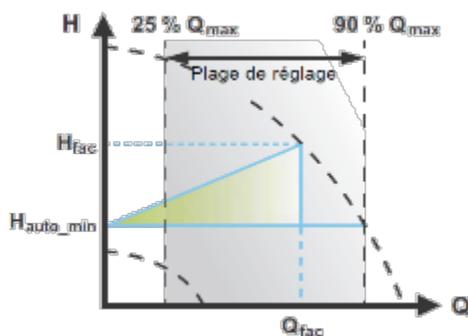
Source : Grundfos

► Température différentielle



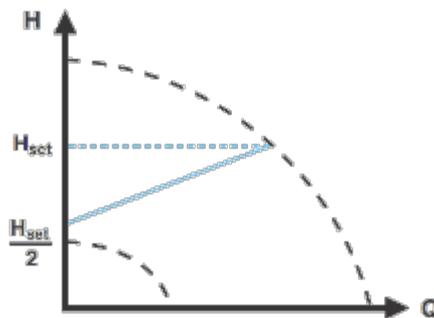
Source : Grundfos

► « Flow Adapt »



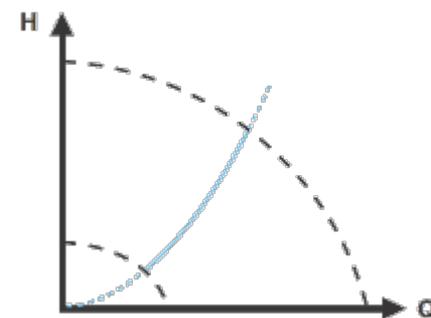
Source : Grundfos

► Pression proportionnelle



Source : Grundfos

► Température constante



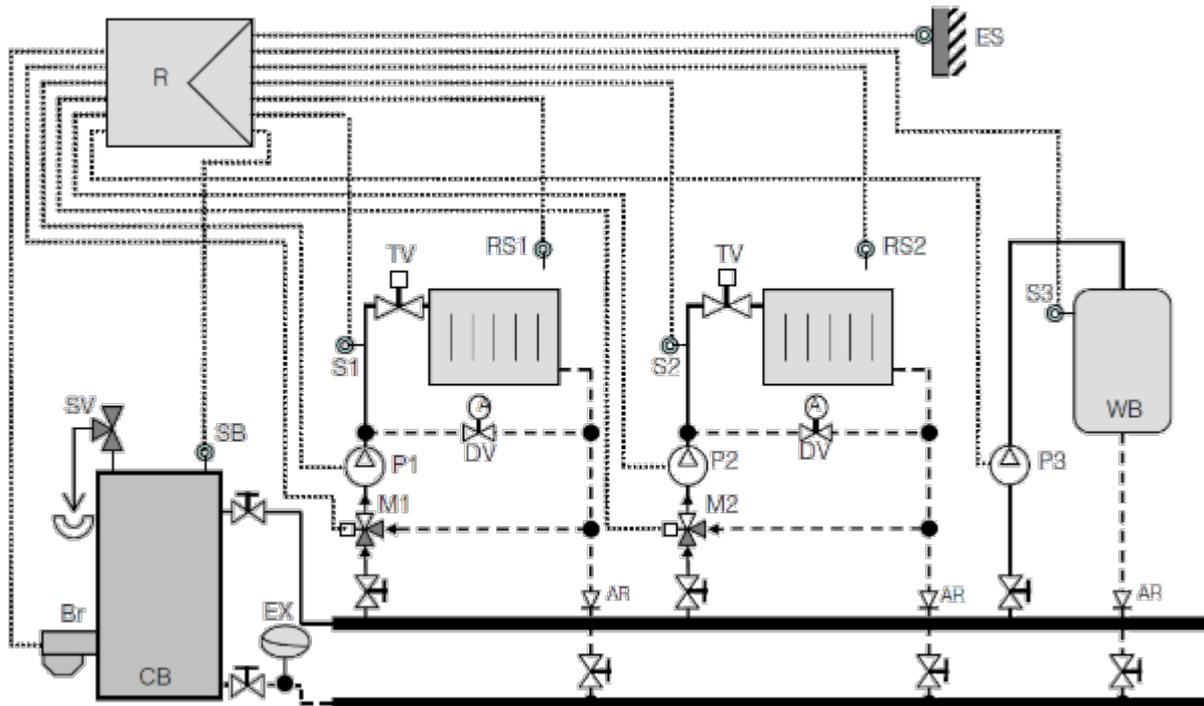
Source : Grundfos



SCHÉMA 5 : INSTALLATION COLLECTIVE

Schéma 5

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



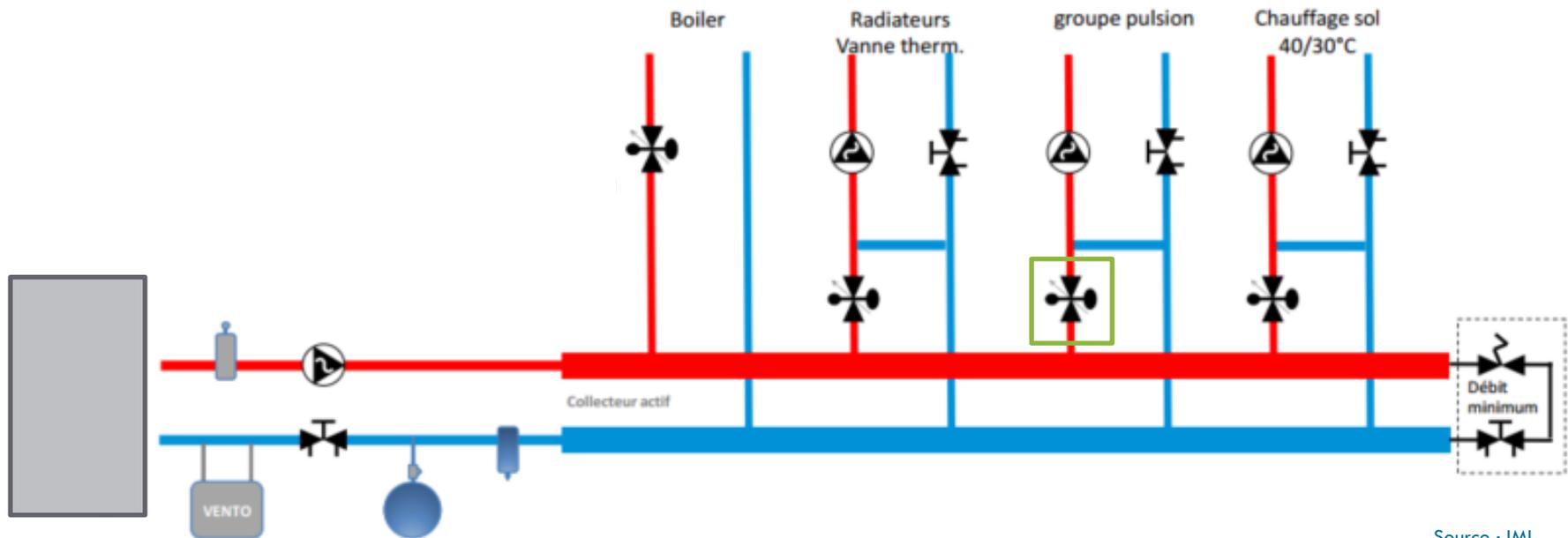
- Permet de tenir compte de différentes configurations d'utilisation (orientation, horaire,...). Chaque circuit est indépendant.
- Nécessite un local de référence par zone



SCHÉMA 5B : EQUILIBRAGE DYNAMIQUE

Schéma 5B

- Vannes d'équilibrage dynamique



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

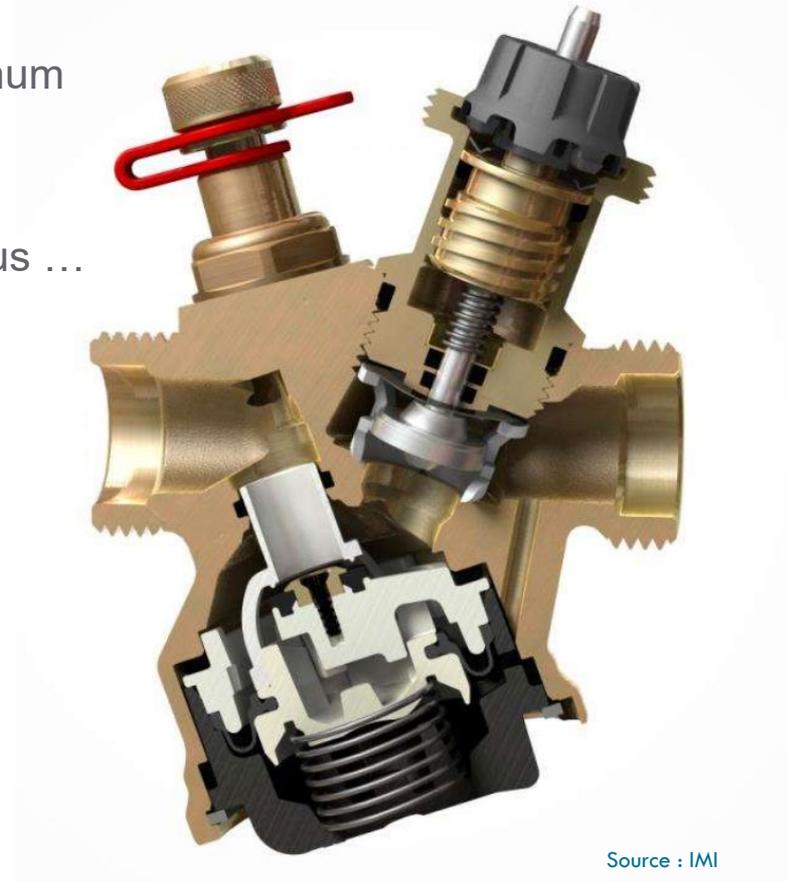


Usage

- ▶ 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

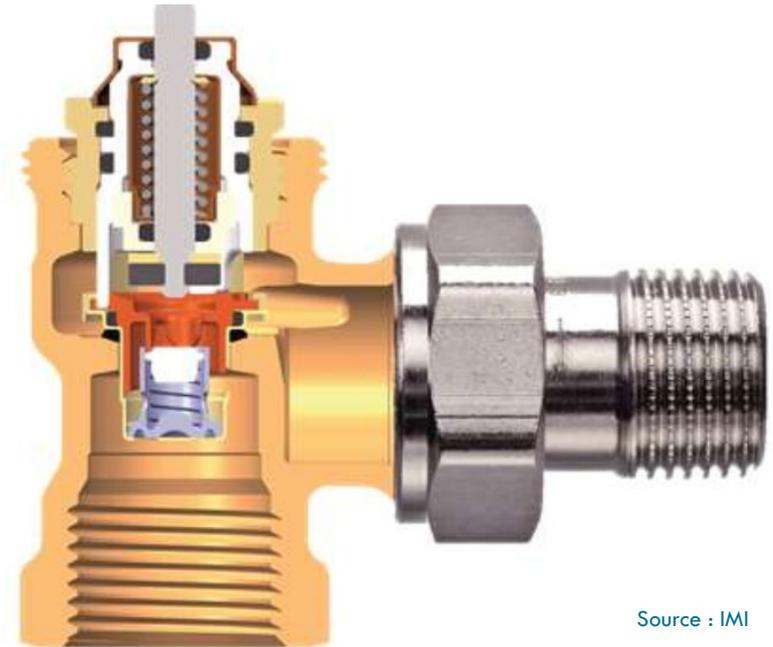


Source : IMI



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



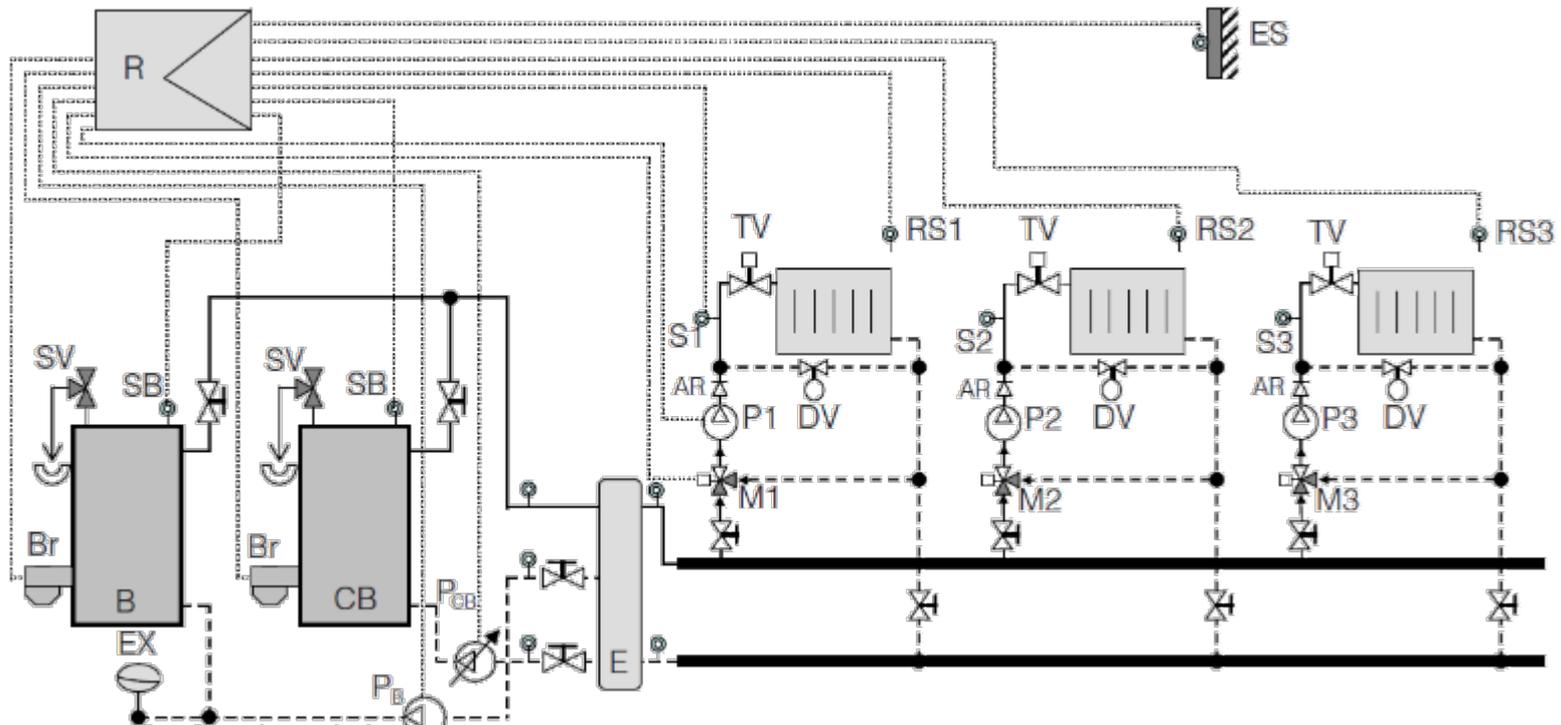
Source : IMI



SCHÉMA 6 : SCHÉMA 5 + COMBINAISON PRODUCTEURS

Schéma 6

- ▶ Schéma 5
- ▶ + Combinaison de producteurs

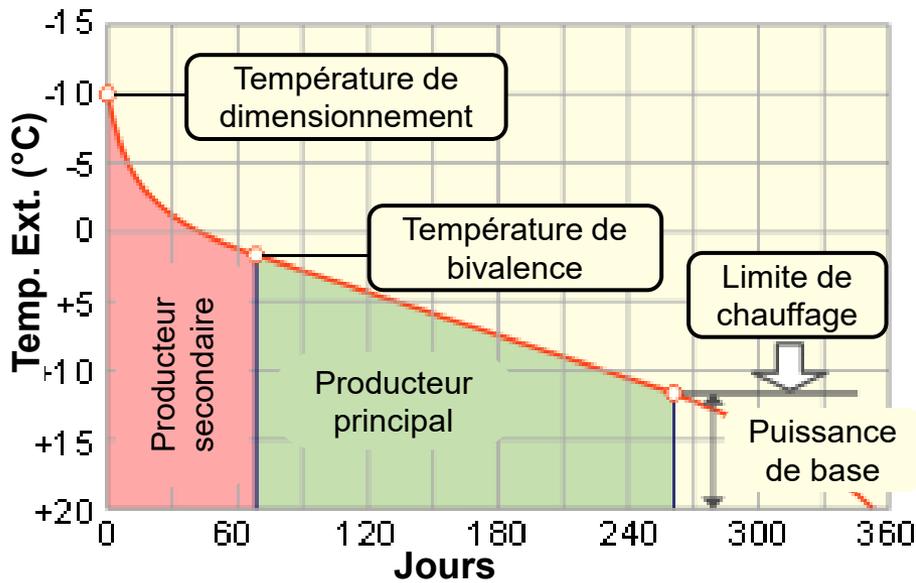


- [...] voir schéma 5
- Usage d'une cascade d'un même producteur ou de différents types de producteurs (chaudière/PAC, chaudière/cogénération)

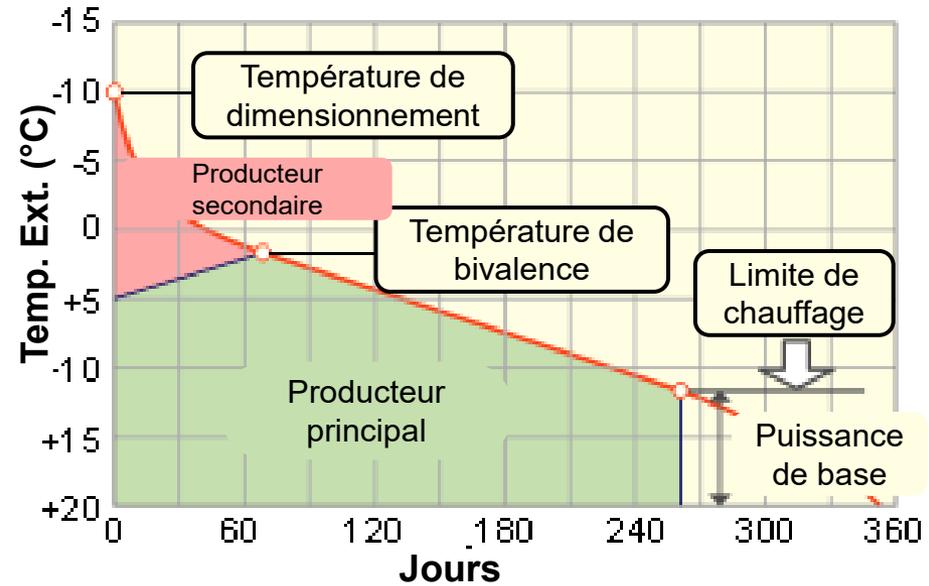


Modes de fonctionnement

Alternatif



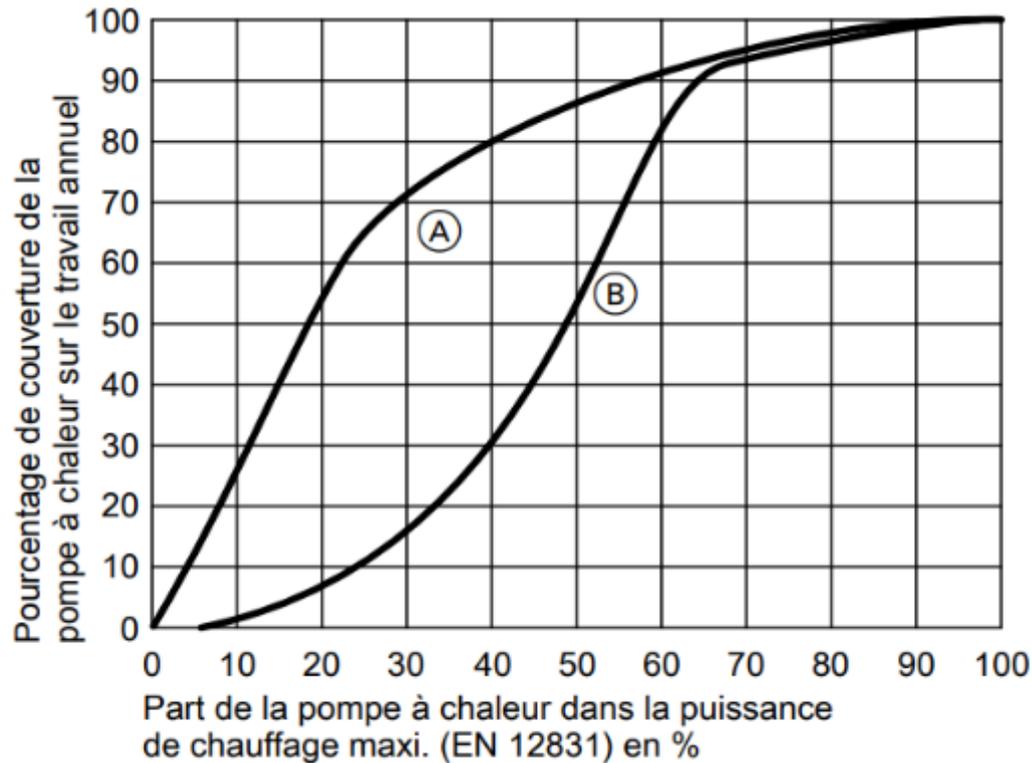
Parallèle



Source : EnergiePlus



Mode de fonctionnement – Part de production



A : Fonctionnement parallèle

B : Fonctionnement alternatif

Source : Viessmann



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*

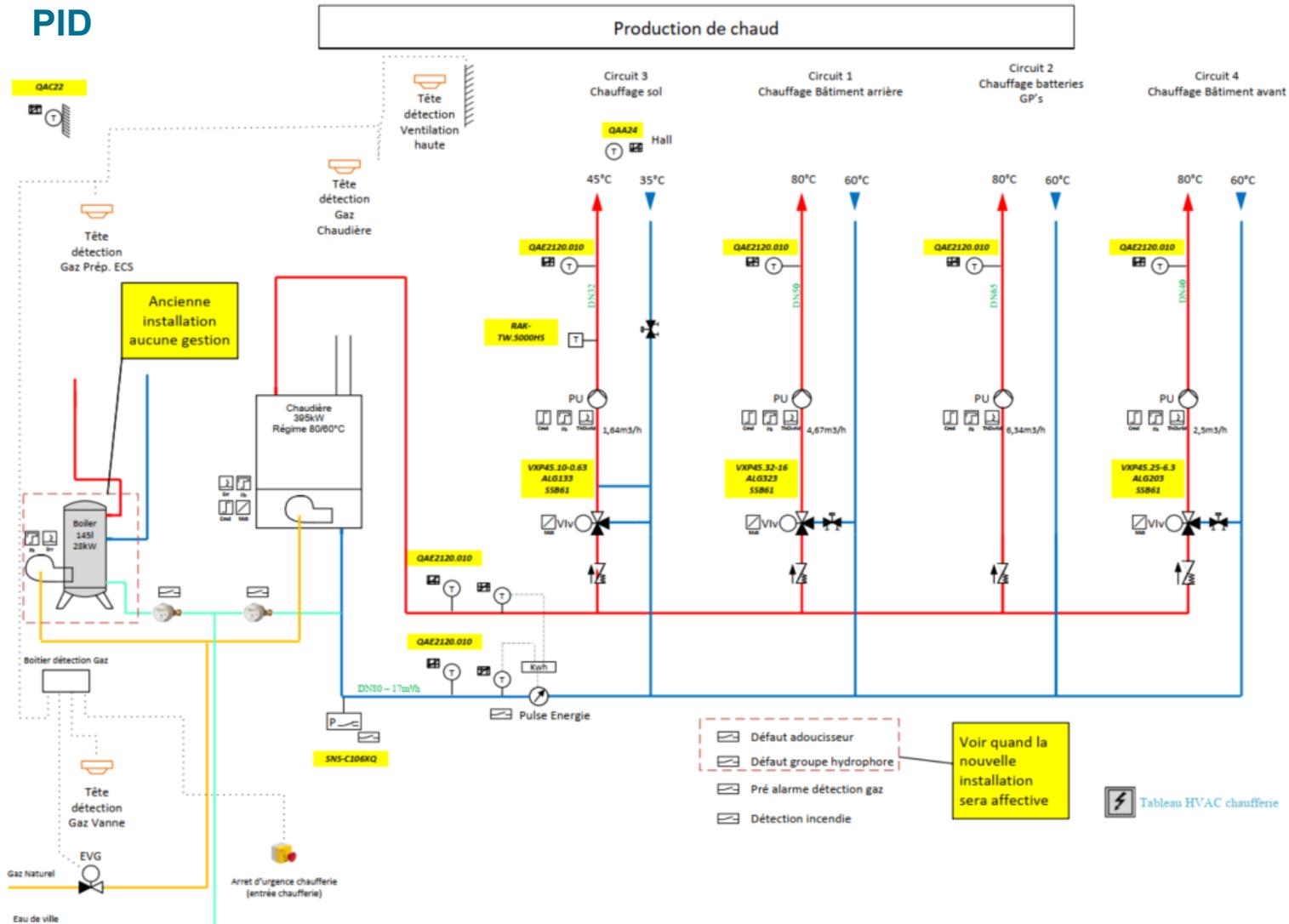


Liste des points

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



PID



POURQUOI RÉGULER ?

COMMENT RÉGULER ?

EN PRATIQUE

LA RÉGULATION EN RÉNOVATION

- ▶ **Points d'attention**
- ▶ **Amélioration et optimisation**
- ▶ **Au retour dans mon installation ...**



Principales raisons d'une régulation peu performante

- ▶ Paramétrage non adapté
 - Paramétrage d'"usine" des équipements non adapté en fonction des réalités du bâtiment
 - Paramétrage initial (défini au démarrage des installations) qui nécessite une mise à jour après une période d'utilisation représentative
 - Paramétrage "excessif" (horaire, température) afin d'éviter les plaintes des occupants
 - Déréglage au fil du temps par manque de suivi (panne de courant, piles usées, horaires qui ne suivent pas les variations de l'usage,...)
 - Méconnaissance du fonctionnement de la régulation (par l'installateur ou le gestionnaire)
 - Interventions intempestives et non coordonnées de différentes personnes
- ▶ Matériel défaillant (régulateur, connectique, capteurs, actionneurs)
- ▶ Conception erronée, inadaptée ou trop complexe.



Si pas de changement de système de production, s'assurer de disposer au minimum des éléments de régulation suivants :

- Vannes thermostatiques fonctionnelles sur les radiateurs (compte tenu de la présence éventuelle d'un thermostat d'ambiance)
- Possibilité de gérer des horaires de chauffage pour les différentes zones (fonctionnement confort/réduit/hors gel, typiquement via un thermostat d'ambiance)
- ▶ Pour aller plus loin :
 - Mettre en place une régulation climatique
 - Prévoir un zonage du bâtiment si usages différents

Si changement de système de production

- Idem
- + La régulation en place est-elle compatible avec le nouveau type de producteur et avec la régulation interne de celui-ci ?



46 AU RETOUR DANS MON INSTALLATION, JE ...

▶ ...

▶ ...





- ▶ 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
- ▶ La régulation nécessite généralement un faible investissement avec un potentiel d'économie important.
- ▶ Le niveau d'investissement dépend de la complexité du système est du type de suivi désiré. Il existe des systèmes pour tous les budgets.
- ▶ Du bon matériel ne suffit pas, un paramétrage adéquat et un bon suivi sont essentiels. Parfois, il vaut mieux une régulation simple, bien gérée qu'une complexe qui ne l'est pas, même si le potentiel d'économie sur le papier semble moins important.





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](#)



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

La régulation dans le bâtiment

Printemps 2022



Pierre GUSTIN

Ingénieur projet
écorce sa

☎ + 32 4 226 91 60

✉ info@ecorce.be



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

