

FORMATION BÂTIMENT DURABLE

RÉGULATION DES BÂTIMENTS

AUTOMNE 2024

Pourquoi et comment réguler ?



Julie RENAUX
écorce
LOGEMENTS CONSULTANT



- ▶ Comprendre l'importance de la régulation
- ▶ Se familiariser avec le vocabulaire et les composants d'une installation de régulation



DÉFINITION

POURQUOI RÉGULER ?

- Garantir le confort
- Réduire les consommations

COMMENT RÉGULER ?

- Règlementation
- Composants d'un système de régulation



Réguler

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

Pourquoi ?

Afin d'assurer :

- ▶ le **confort des occupants**
- ▶ 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**



DÉFINITION

POURQUOI RÉGULER ?

- ▶ **Garantir le confort**
 - Thermique
 - Respiratoire
 - Visuel
- ▶ Réduire les consommations

COMMENT RÉGULER ?

- ▶ Réglementation
- ▶ Composants d'un système de régulation



6 GARANTIR LE CONFORT THERMIQUE

Définition du Guide bâtiment durable

- État d'équilibre thermique entre le corps humain et les conditions d'ambiance

Comment objectiver la notion de confort thermique ?

- 6 paramètres selon P.O. Fanger



Source/bron :
<https://leguidedelaventur e.blogspot.com>

Paramètres
de conception
/régulation

Critères

Température des parois

Température de l'air

Vitesse de l'air

Humidité

Paramètres
d'usage

Métabolisme

Habillement



Source / Bron : Bruxelles Environment



7 GARANTIR LE CONFORT THERMIQUE

Enjeux majeurs selon le Guide bâtiment durable

- ▶ Enjeu sociologique
 - bien-être des occupants
- ▶ Enjeu environnemental
 - réactions consommatrices en énergie en cas d'inconfort
- ▶ Enjeu économique
 - turnover locatif, productivité et absentéisme des travailleurs...
- ▶ Enjeu didactique
 - contre-publicité des bâtiments performants sans confort



8 GARANTIR LE CONFORT THERMIQUE

Paramètres de « conception » / de « régulation »



La température des parois

Source / Bron : F. Grégoire

La température de l'air

Source / Bron : F. Grégoire



9 GARANTIR LE CONFORT THERMIQUE

Paramètres de conception / régulation

- Température de l'air et des parois

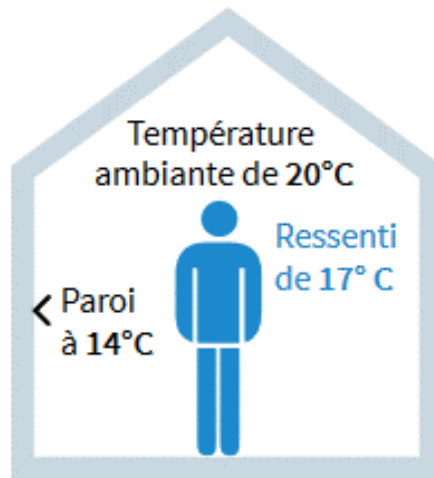
Quel impact sur la température de confort ressentie ?

(= température opérative ou température résultante sèche)

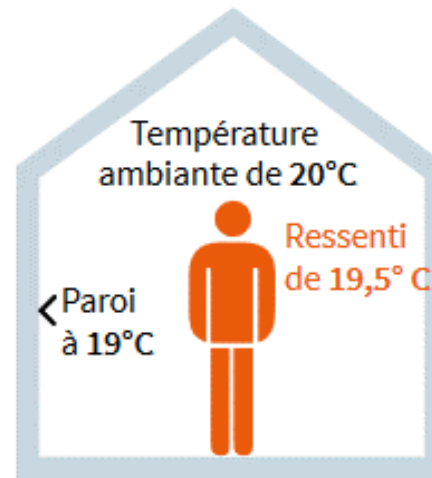
$$T_{opérative} = \frac{T_{air} + T_{parois}}{2}$$

pour autant que la vitesse de l'air ne dépasse pas 0,2 m/s.

SITUATION INCONFORTABLE



SITUATION DE CONFORT

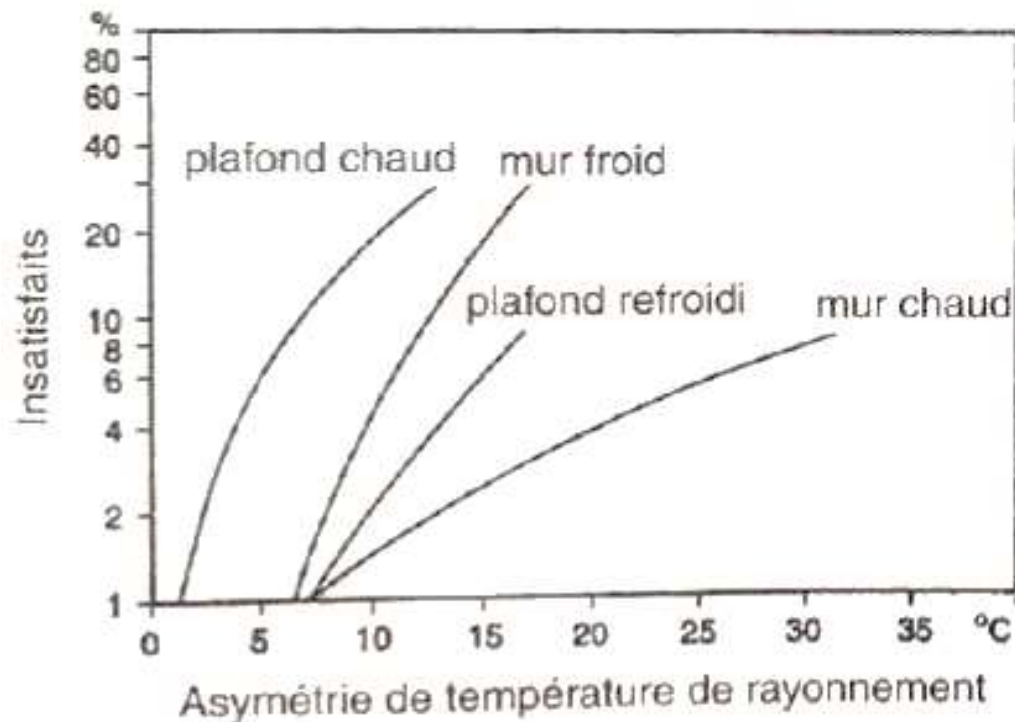


Source / Bron : <http://renov-energetique.sud-aisne.fr/>



Paramètres de conception / régulation

- Température des parois : Chauffage/refroidissement de surface



Pourcentage d'insatisfait pour cause d'asymétrie de température de rayonnement

Source / Bron : Recknagel 5^e Ed.



Paramètres de conception / régulation

► Vitesse de l'air

À l'intérieur, impact négligeable si $< 0,2\text{m/s}$

Vitesses résiduelles	Réactions	Situation
0 à 0,08 m/s	Plaintes quant à la stagnation de l'air	Aucune
0,13 m/s	Situation idéale	Installation de grand confort
0,13 à 0,25 m/s	Situation agréable, mais à la limite du confort pour les personnes assises en permanence	Installation de confort
0,33 m/s	Inconfortable, les papiers légers bougent sur les bureaux	Grandes surfaces et magasins
0,38 m/s	Limite supérieure pour les personnes se déplaçant lentement	Grandes surfaces et magasins
0,38 à 0,5 m/s	Sensation de déplacement d'air important	Installations industrielles et usines où l'ouvrier est en mouvement

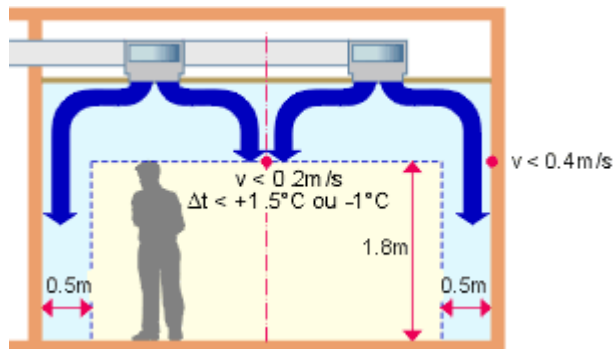
Source / Bron : énergie plus



Paramètres de conception / régulation

- Vitesse de l'air

À l'intérieur, impact négligeable si $< 0,2\text{m/s}$



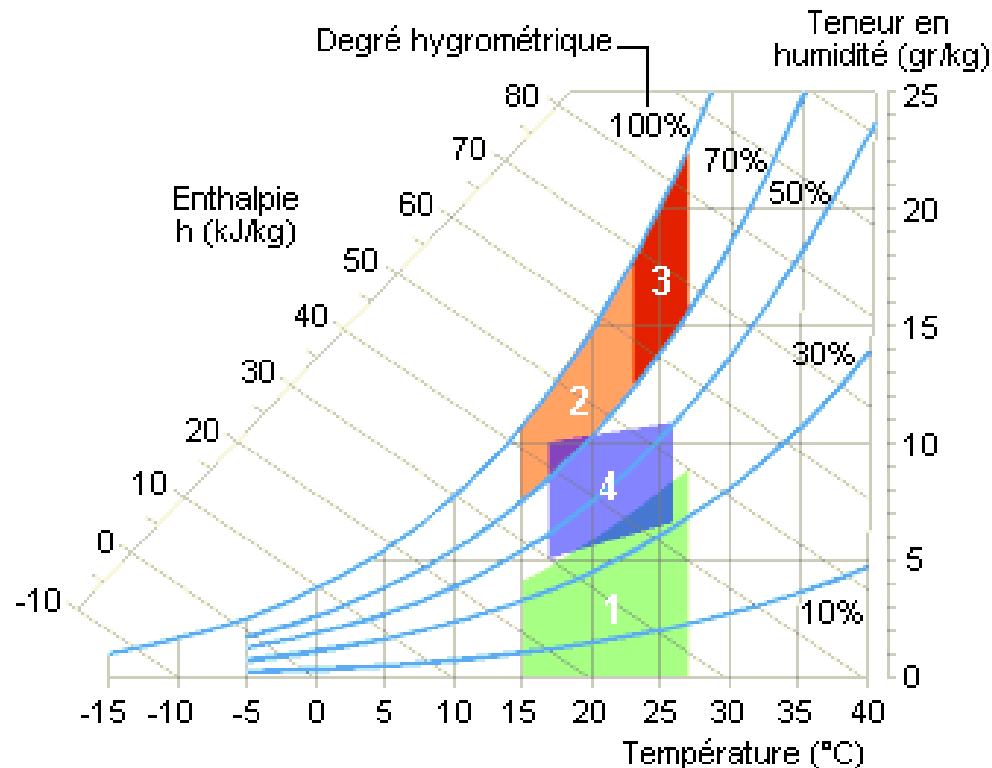
Sources / Bronnen : Energie plus, Trox , SIG air



GARANTIR LE CONFORT THERMIQUE

Paramètres de conception / régulation

- Le couple température de l'air / humidité



Source : R. Fauconier

Zone 1: problèmes de sécheresse.

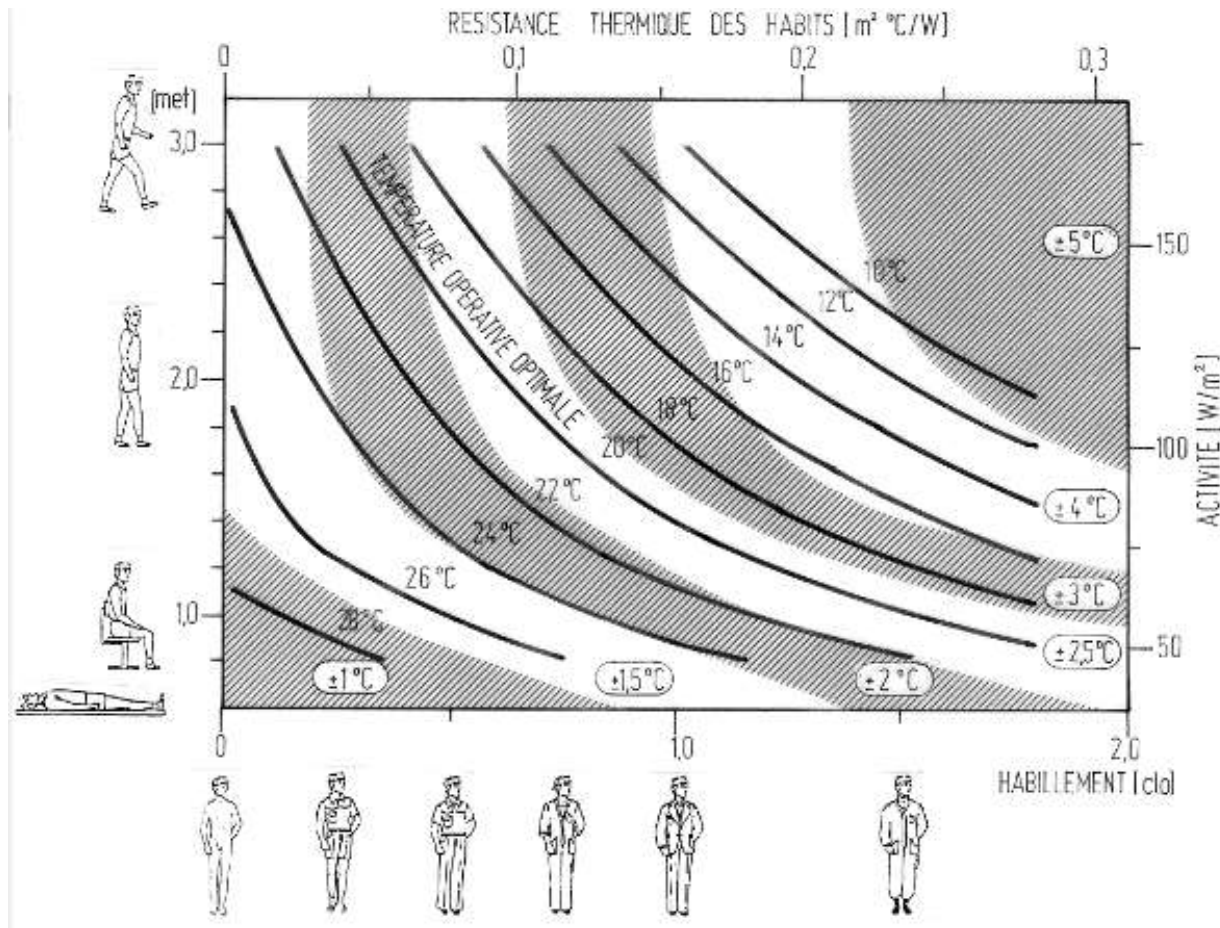
Zones 2 et 3 : développements de bactéries et de micro-champignons.

Zone 3 : développements d'acariens.

Zone 4 : polygone de confort hygrothermique



Paramètres d'usage



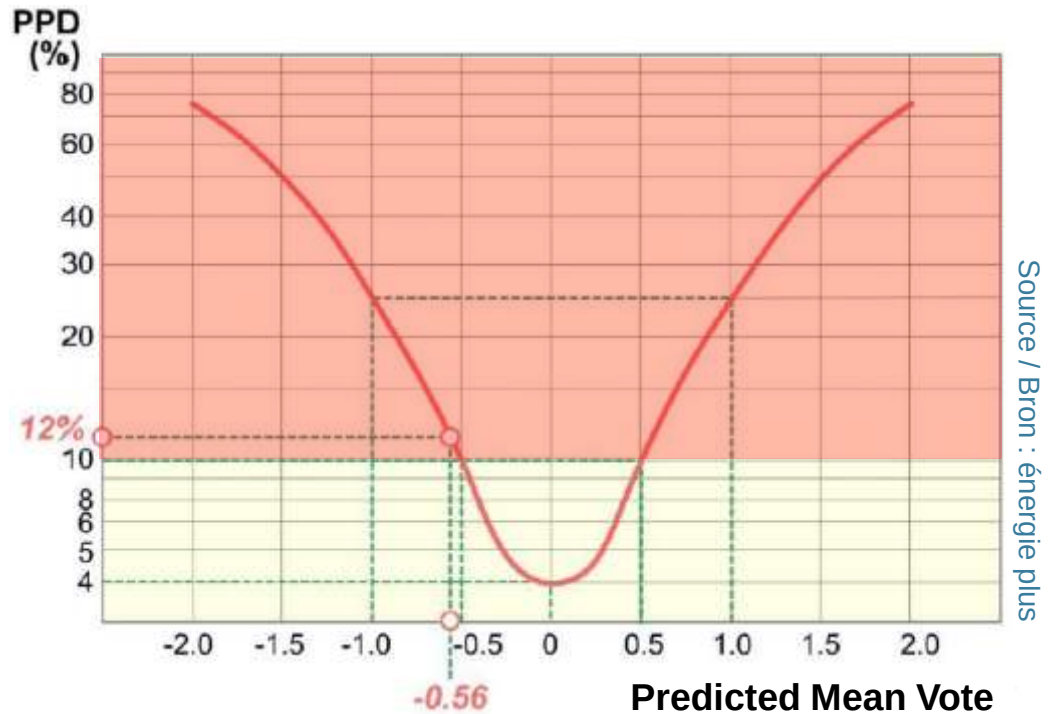
Température opérative idéale en fonction de l'habillement et du métabolisme

Source / Bron : epfl



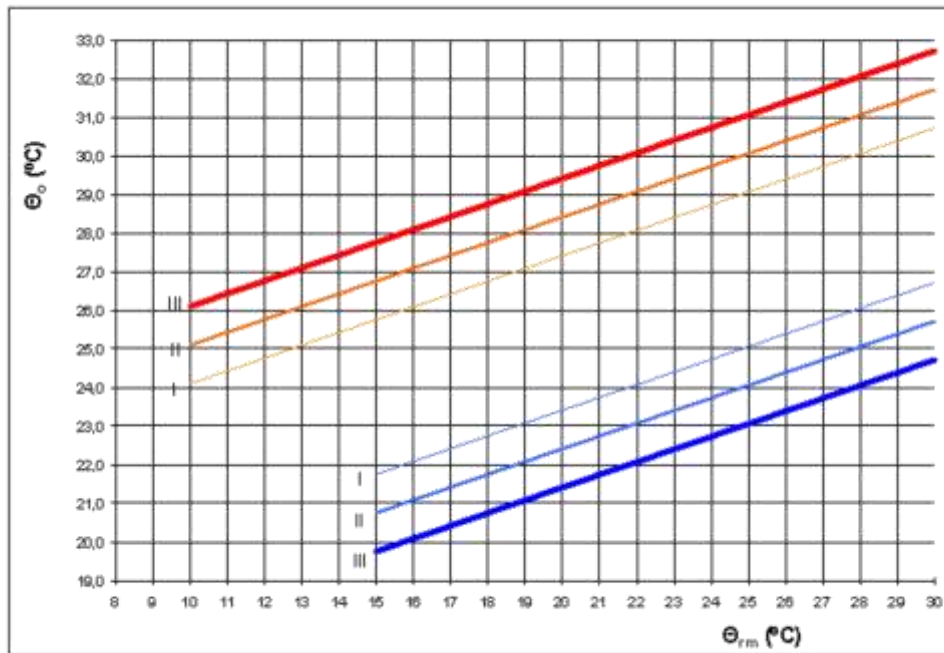
Paramètres d'usage

- Le modèle de Fanger quantifie le confort thermique en estimant le % de personnes insatisfaites (PPD pour Predicted Percentage of Dissatisfied)
- Il est impossible d'avoir 100% d'occupants satisfaits



Notion de confort adaptatif

- ▶ Température de confort adaptative définie en fonction de la température extérieure moyenne glissante journalière
 - Tient compte de l'adaptation du corps humain et du comportement en fonction des conditions climatiques
 - Varie de 25 à 28°C selon les conditions climatiques
 - Applicable pour les bâtiments non climatisés, dans lesquels les occupants peuvent intervenir sur le confort (ouverture des fenêtres)



Θ_m = Température extérieure en moyenne glissante journalière °C.
 Θ_o = Température opérative °C.

Catégorie	Etat thermique global du corps	
	PPD %	Vote Moyen Prévisible
I	< 6	$-0,2 < PMV < +0,2$
II	< 10	$-0,5 < PMV < +0,5$
III	< 15	$-0,7 < PMV < +0,7$
IV	> 15	$PMV < -0,7$; ou $+0,7 < PMV$

Source : NBN EN 15251



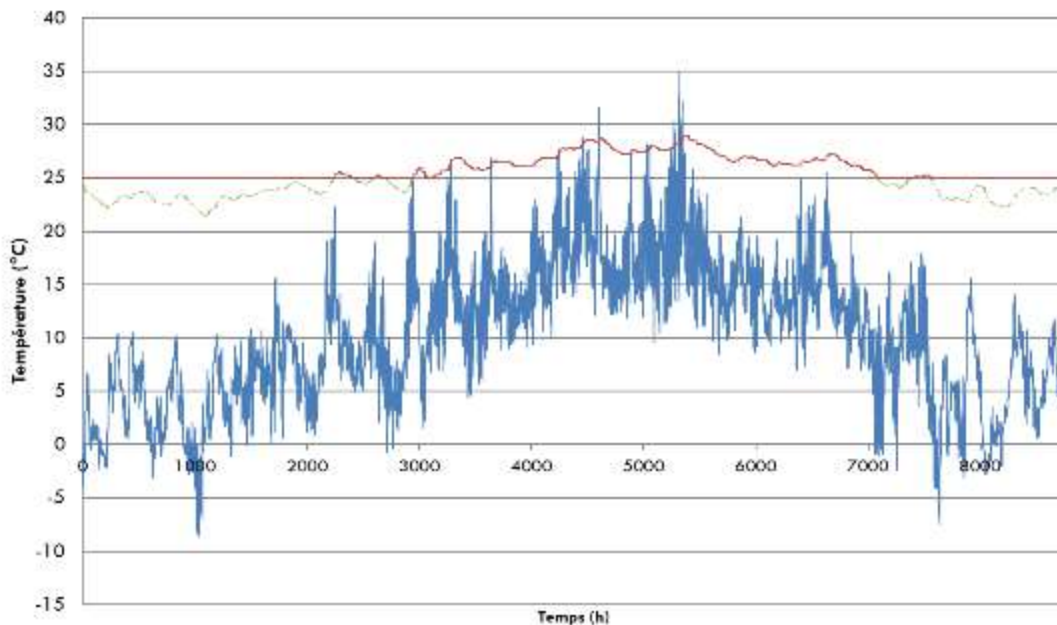
Notion de confort adaptatif

- Température extérieure moyenne glissante journalière

$$\Theta_{rm} = (1 - \alpha) \cdot \{ \Theta_{ed-1} + \alpha \cdot \Theta_{ed-2} + \alpha^2 \Theta_{ed-3} \dots \}$$

$$\Theta_{rm} = (\Theta_{ed-1} + 0,8 \Theta_{ed-2} + 0,6 \Theta_{ed-3} + 0,5 \Theta_{ed-4} + 0,4 \Theta_{ed-5} + 0,3 \Theta_{ed-6} + 0,2 \Theta_{ed-7}) / 3,8$$

Température moyenne glissante et limite supérieure de température de confort (BXL)



— Température sèche extérieure — Température de confort glissante — Température de confort (limite supérieure)

- Θ_{rm} est la température moyenne glissante du jour ;
- Θ_{rm-1} est la température moyenne glissante de la veille ;
- Θ_{ed-1} est la température moyenne journalière extérieure de la veille ;
- Θ_{ed-2} est la température moyenne journalière extérieure de l'avant-veille etc. ;
- α est une constante comprise entre 0 et 1. Il est recommandé d'utiliser 0,8.



18 GARANTIR LE CONFORT THERMIQUE ESTIVAL

Refroidissement actif ou passif ?

- Quelle est la probabilité du risque de surchauffe
- en pourcentage de temps
 - par rapport à une température à fixer

EXEMPLE 1 : « La température ne peut être supérieure à 25°C pendant plus de 5% du temps »

Critère de certification passive, selon les critères de la Plateforme Maison Passive



Confort et sobriété

- ▶ Le confort doit être atteint là où il est nécessaire
- ▶ Il n'est pas nécessaire partout et/ou en tout temps
- ▶ Il peut (doit?) être adapté à l'espace (couloir >< salle blanche)



⇒ Vers d'autres pistes d'économies que celle qui passe par l'amélioration de la performance de l'enveloppe



Assurer une ventilation hygiénique

- Objectif : garantir la qualité de l'air intérieur
 - Pour les occupants
 - Pour le bâtiment
- Principe : amener de l'air frais dans les locaux secs et l'évacuer dans les locaux humides
- Résultat : débits d'air (m^3/h)



Assurer une ventilation hygiénique

► Pourquoi ? Pour éliminer diverses pollutions dues

- A l'occupation humaine

Odeurs (corporelles, cuisines, toilettes, ordures, animaux, ...)

Fumée de cigarette

Humidité (60 – 500 g/h pour une personne)

CO₂

...

- Au bâtiment et à ses équipements

Emission de COV: Tapis, vinyles, ...

Peintures, colles, solvants (formaldéhyde, ...)

Imprimantes, télécopieurs, fax, ...

CO (appareils à combustion non étanche)

Condensation et humidité excessive

- En provenance de l'environnement

Radon

Pollens

Particules fines

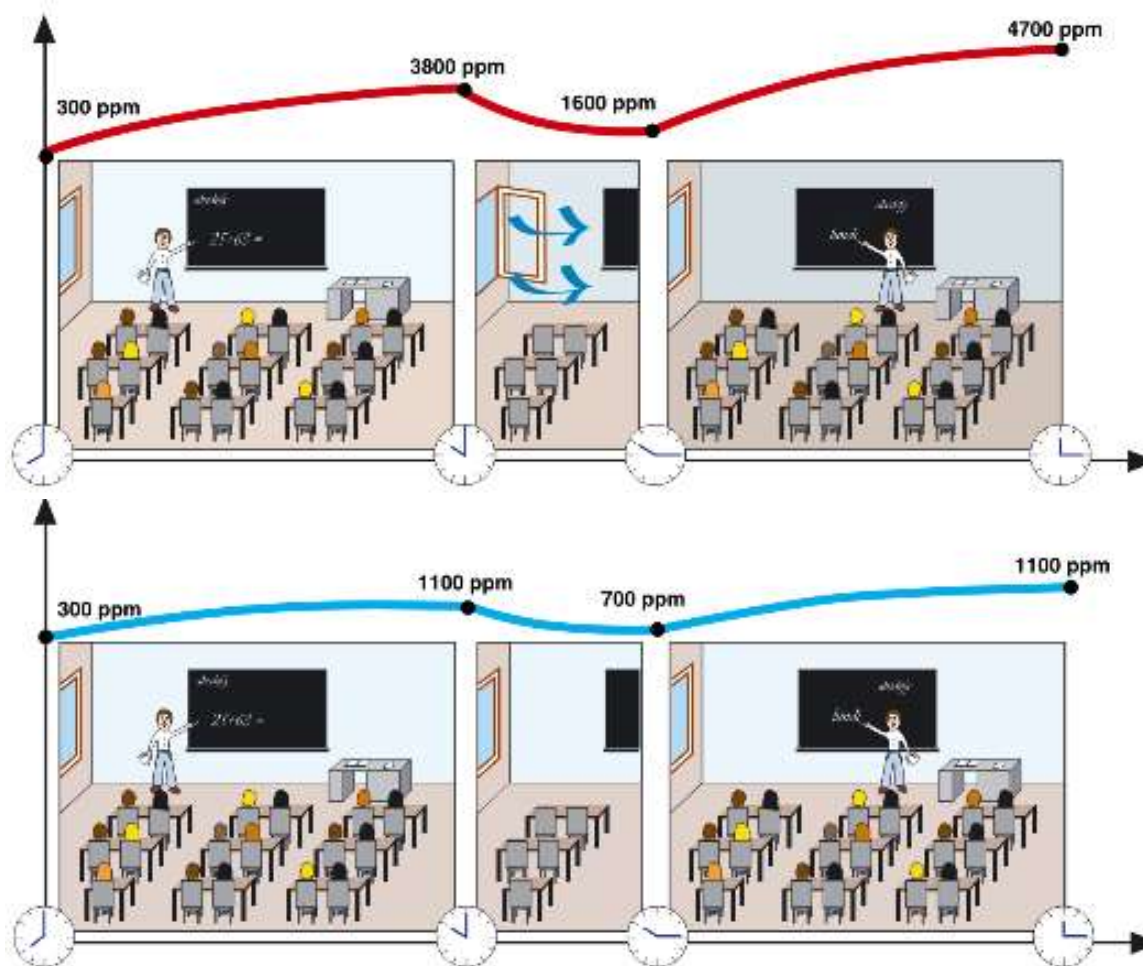
Gaz polluants

...



Exemple du CO₂ – évolution de la concentration

Classe de 25 élèves, 2h cours >> 1/4h intercours >> 2h cours



Cas « sans ventilation »
Infiltration : 0,2vol/h
(intercours 4vol/h)

⇒ Aérer quelques minutes
n'est pas suffisant !

Cas « avec ventilation »
18m³/h/pers soit 2,6vol/h en permanence
(sans grande aération à l'intercours)



Exemple du remplacement des châssis

Conséquences de l'absence de ventilation hygiénique lors du remplacement de châssis...



Source / Bron : ICEDD



La qualité de l'éclairage artificiel dépend ...

- De l'éclairement, l'uniformité, et l'absence d'éblouissement
- Du rendu des couleurs
- De la luminance des luminaires
- ...

⇒ **Recommandations de la NBN EN 12464 Lumière et éclairage des lieux de travail** (Partie 1 = intérieur / Partie 2 = extérieur)

La qualité de l'éclairage naturel dépend

- Du niveau d'éclairement
- De la présence et la qualité des vues vers l'extérieur
- De l'exposition solaire
- De la présence de protection contre l'éblouissement

⇒ **Recommandations de la NBN EN 17037 Lumière naturelle dans les bâtiments**



DÉFINITION

POURQUOI RÉGULER ?

- Garantir le confort
- **Réduire les consommations**

COMMENT RÉGULER ?

- Règlementation
- Composants d'un système de régulation



CONSOMMATION [kWh] = PUISSANCE [kW] x DURÉE [h]

- ▶ Puissance nécessaire dépend ...
 - Des exigences de confort
 - De la performance de l'enveloppe
 - Des apports internes et externes
 - Des conditions climatiques
- ▶ Puissance installée dépend ...
 - Du rendement de l'installation
 - De ce qui est disponible sur le marché

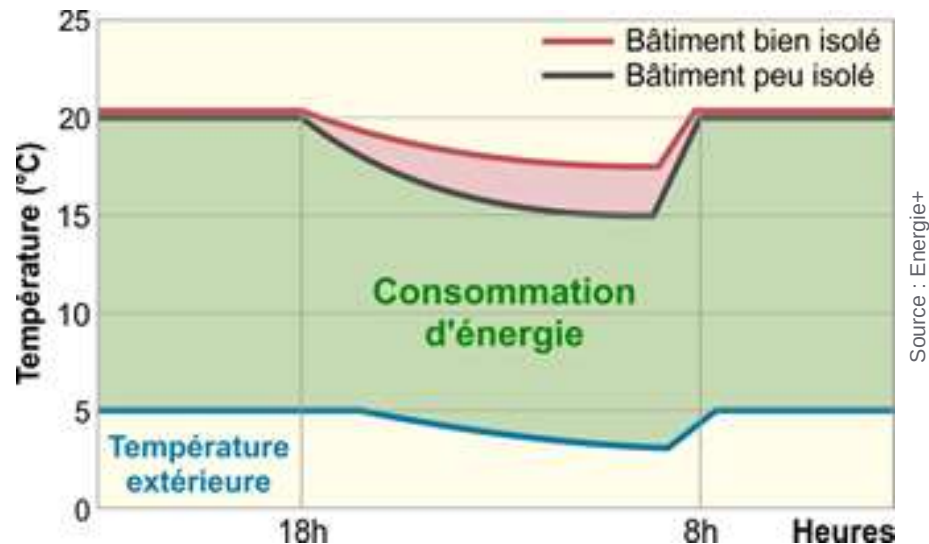
⇒ **L'installation est dimensionnée pour assurer le confort dans des cas extrêmes...**

⇒ **Il n'est pas nécessaire de fournir à tout moment la totalité de la puissance disponible !**



On peut réduire les consommations liées au chauffage en répondant strictement aux besoins et en ...

- ▶ Adaptant la puissance d'émission des émetteurs,
- ▶ Arrêtant la production et l'émission de chaleur quand elle n'est plus nécessaire
- ▶ Zonant les espaces qui ont des besoins différents (apports, consigne, occupation ...)



⇒ **Voir présentation de Pierre Gustin**
Régulation d'une installation de chauffage



RÉDUIRE LES CONSOMMATIONS – SYSTÈMES PASSIFS

On peut réduire les consommations liées au chauffage et au refroidissement en profitant des apports gratuits, ou en les limitant...

- ▶ En profitant d'un apport d'air frais extérieur (comme air hygiénique ou comme rafraîchissement)

⇒ **Voir présentation de Fabrice Derny**
Régulation du refroidissement passif (free-cooling)

- ▶ En profitant des apports solaires par les vitrages, ou en s'en protégeant

⇒ **Voir présentation de Fabrice DERNY - Olivier Marcin**
Régulation des protections solaires mobiles



RÉDUIRE LES CONSOMMATIONS – VENTILATION

CONSOMMATION [kWh] = PUISSANCE [kW] x DURÉE [h]

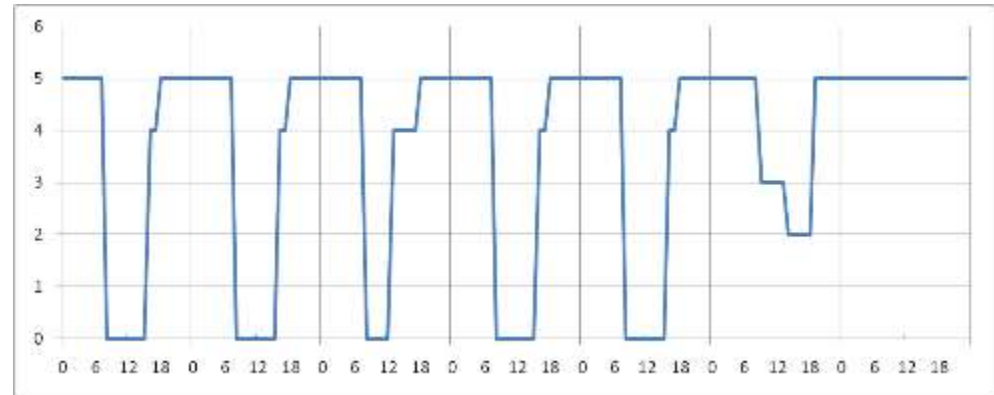
- ▶ Puissance nécessaire dépend de ...
 - De la fonction du système de ventilation
 - Hygiénique : du type d'occupation, du nombre de personnes présentes, ..
 - Chauffage / rafraîchissement : de la demande de chaud / froid (apports internes / externes)
- ⇒ **Il n'est pas nécessaire de fournir à tout moment la totalité du débit possible !**
- ▶ Les consommations se situent à deux niveaux
 - Pertes / gains par ventilation > impact sur les besoins
 - Auxiliaires
- ⇒ **Pour diminuer la consommation globale, il est important d'agir sur les deux sources**
- ⇒ **Voir présentation de Pierre Gustin**
Régulation d'une installation de ventilation





Réguler les débits en fonction des besoins

- Estimer la consommation annuelle pour les configurations suivantes
 - Débit de dimensionnement : 350 m³/h
 - Maison de 5 personnes, occupation présumée



- Consommation du groupe

Débit [%]	Wh/m ³	W
30	0.17	17
40	0.19	27
50	0.24	44
60	0.31	70
70	0.40	105
80	0.48	145
90	0.60	196
100	0.69	243





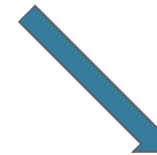
Réguler les débits en fonction des besoins

- Estimer la consommation annuelle pour les configurations suivantes

Durée [heures]	Débit [%]	Consommation [kWh/an]
Scénario 1		
24	100 %	
Scénario 2		
24	50 %	
Scénario 3		
16	50 %	
8	30 %	



33 RÉDUIRE LES CONSOMMATIONS – ECLAIRAGE

CONSOMMATION [kWh] =PUISSANCE INSTALLEE
[kW]
fonction deDUREE D'UTILISATION
[h]
fonction deSources
lumineuses

Appareils

Auxiliaires

Besoin en
éclairage

Régulation

Activité
Utilisateur

TL, Led, iodeure...

Réflecteurs,
suspendus,
direct/indirect

Ballast-transfo

Eclairage naturel

Horloge, détecteurs,
sondes...

Sensibilisation



34 RÉDUIRE LES CONSOMMATIONS – ECLAIRAGE

On peut réduire les consommations liées à l'éclairage en ...

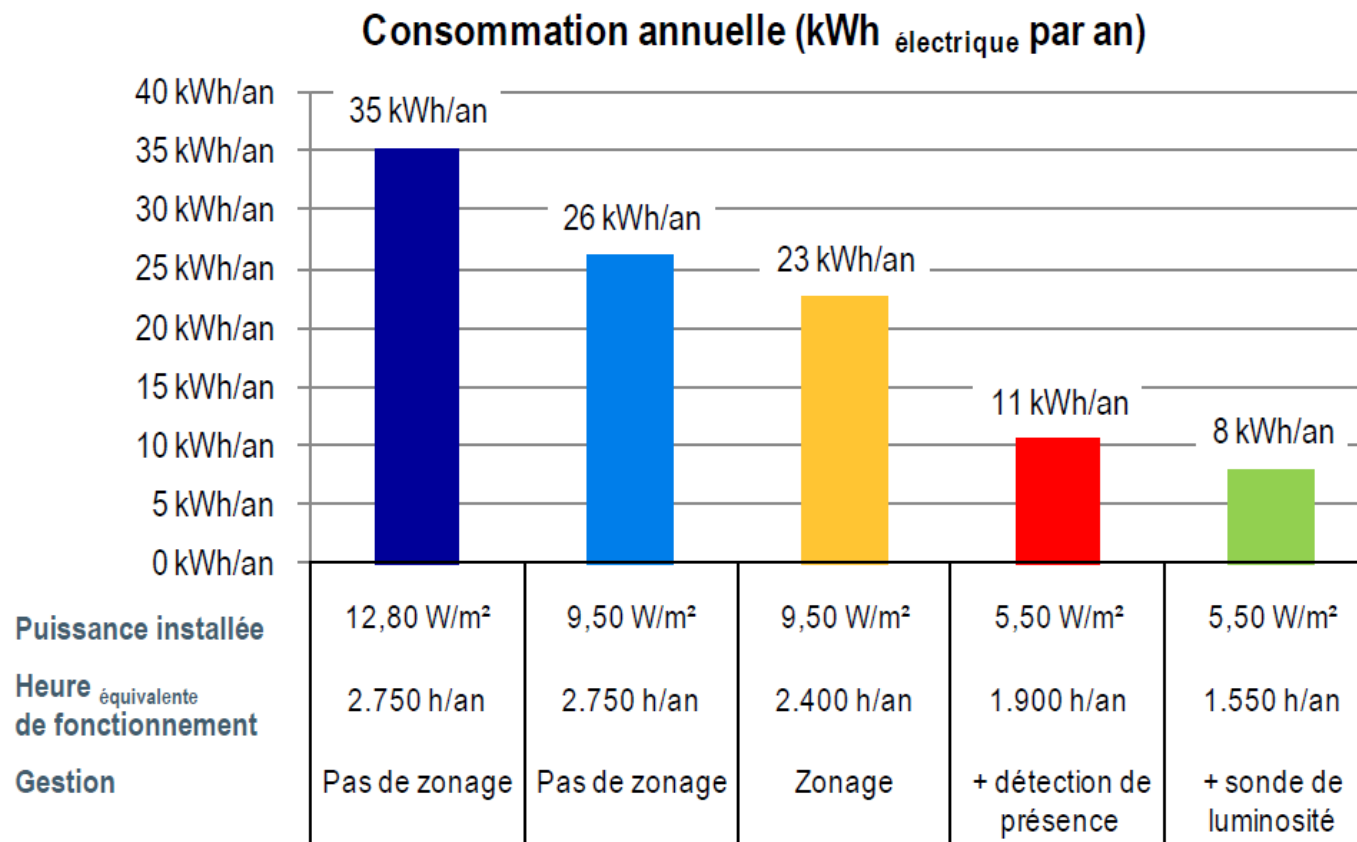
- ▶ Limitant les besoins en éclairage artificiel
- ▶ Choissant des systèmes efficaces
- ▶ **Régulant en fonction des besoins**
- ▶ Utilisant de manière responsable

⇒ **Voir présentation de Olivier Marcin**
Régulation de l'éclairage artificiel



35 RÉDUIRE LES CONSOMMATIONS – ECLAIRAGE

Pourquoi?



DÉFINITION

POURQUOI RÉGULER ?

- Garantir le confort
- Réduire les consommations

COMMENT RÉGULER ?

- **Règlementation**
- Composants d'un système de régulation



Exigences pour une installation de chauffage

- ▶ **Modulation de la puissance du brûleur** pour toute chaudière nouvellement placée modulante ou à plusieurs allures.
- ▶ **Régulation locale des émetteurs** (vannes thermostatiques)
- ▶ **Régulation climatique**
- ▶ Programmation des **changements de régime**

Exigences pour une installation de ventilation

- ▶ **Variation automatique du débit** d'air neuf selon occupation du local

⇒ **Pour en savoir + :**

https://environnement.brussels/sites/default/files/gids_12092018_exigences_modifs_fr.pdf

<https://environnement.brussels/thematiques/batiment-et-energie/obligations/la-performance-energetique-des-batiments-peb/chauffage-et-climatisation-peb/legislation>

<https://environnement.brussels/thematiques/batiment-et-energie/obligations/la-performance-energetique-des-batiments-peb/chauffage-et-climatisation-peb/documents-utiles>



DÉFINITION

POURQUOI RÉGULER ?

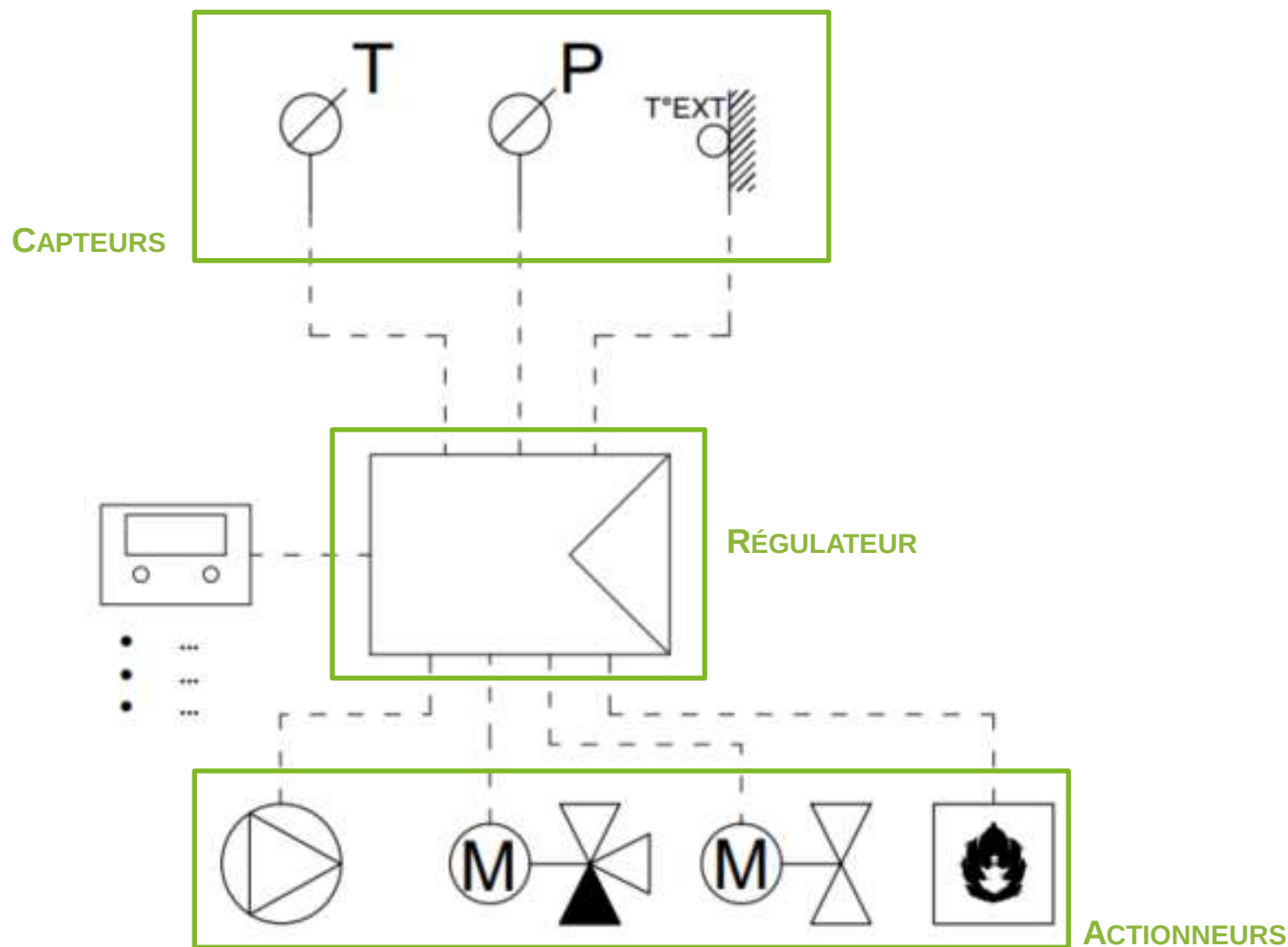
- Garantir le confort
- Réduire les consommation

COMMENT RÉGULER ?

- Réglementation
- **Composants d'un système de régulation**



COMPOSANTS D'UNE INSTALLATION



Source : écorce



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



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)



**Vanne
thermostatique**

Source : Danfoss



**Thermostat
d'ambiance**

Source : Honeywell



GTC

Source : Schneider

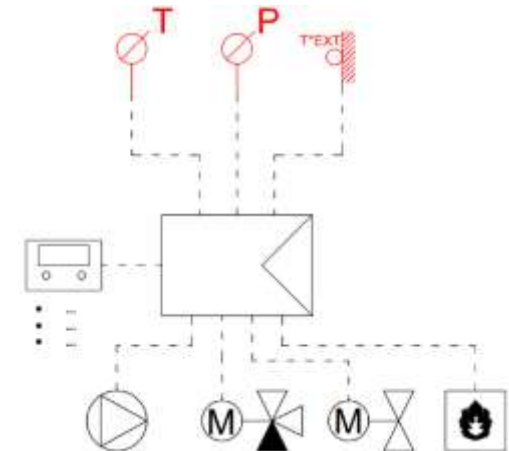


Usage

- 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



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

Source : Wilo, Danfoss



Circulateur

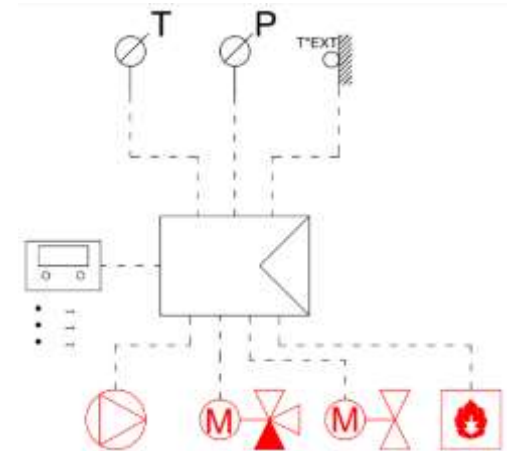


**Vanne
thermostatique**

VAV



Source : Trox



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 commandent les actionneurs en fonction.
C'est le 'cerveau' de l'installation.

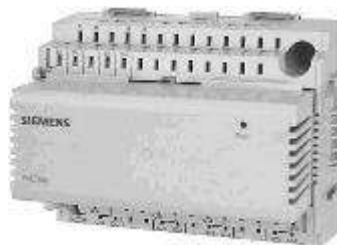
Caractéristiques

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 ».

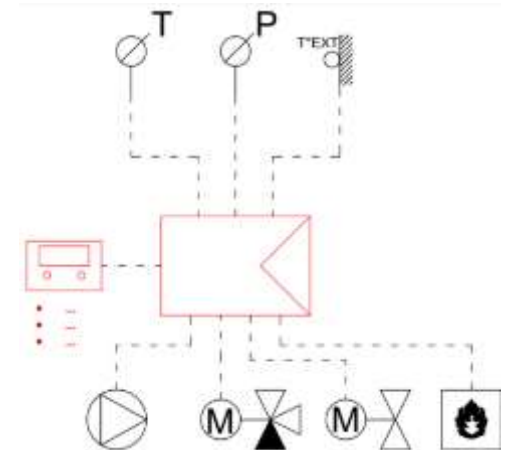


**Thermostat
d'ambiance**



Régulateur

Source : Siemens

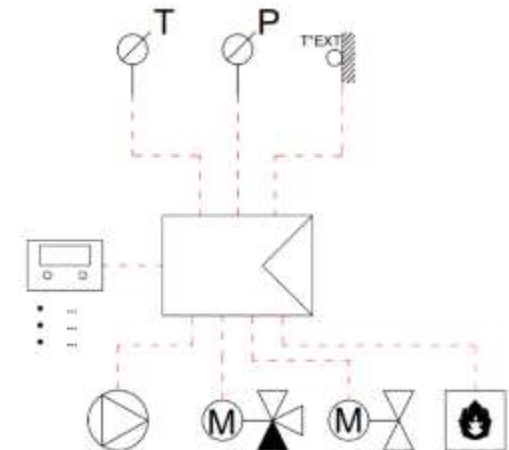


Usage

- ▶ 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,...)





- ▶ La conception durable nécessite une approche intégrée des aspects énergétiques et de confort
- ▶ Les paramètres du confort peuvent être objectivés (par exemple en ce qui concerne le confort thermique)
- ▶ Dans un bâtiment confortable, 90% à 95% d'usagers se disent satisfaits
- ▶ Les capteurs permettent de transmettre des informations à un régulateur qui lui-même transmettra des ordres aux actionneurs
- ▶ Le niveau d'investissement dépend de la complexité du système et 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.





Guide bâtiment durable

www.guidebatimentdurable.brussels

- Techniques du bâtiment

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

Dossier I [Concevoir un système de ventilation énergétiquement efficace](#)

Dossier I [Free-cooling](#)

Dossier I [Optimiser l'éclairage artificiel](#)

Dossier I [Assurer le confort respiratoire](#)

Dossier I [Régler la protection solaire et la technique de refroidissement](#)

Dossier I [Optimiser la régulation](#)





Sites internet

- ▶ Plateforme HIT de chez Siemens : [matériel et schéma de régulation type](#)
- ▶ Energie plus : [Régulation du chauffage à eau chaude](#)
- ▶ Energie plus : [Techniques de régulation](#)
- ▶ Energie plus : [Organiser le rafraîchissement par free-cooling](#)
- ▶ Energie plus : [Gestion en fonction de l'apport en éclairage naturel](#)
- ▶ Energie plus : [Comparer les critères de choix \[protection solaire\]](#)
- ▶ Energie plus : [Améliorer la régulation \[chauffage central\]](#)

Formations

- ▶ Consultez tous les supports [gratuitement](#) !
- ▶ [Éclairage : Conception et régulation](#)
- ▶ [Gestion de l'énergie : Responsable énergie](#)



Julie RENAUX

Ingénieur projet
écorce sa

☎ + 32 4 226 91 60

✉ info@ecorce.be



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

