

# FORMATION BÂTIMENT DURABLE

## RÉGULATION DES BÂTIMENTS

PRINTEMPS 2022

**Pourquoi et comment réguler ?**



- ▶ 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 ?

- ▶ Réglementation
- ▶ 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



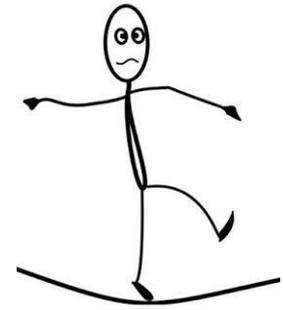
## 6 GARANTIR LE CONFORT THERMIQUE

### 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://leguidedelaventure.blogspot.com>

	Critères
Paramètres de conception /régulation	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

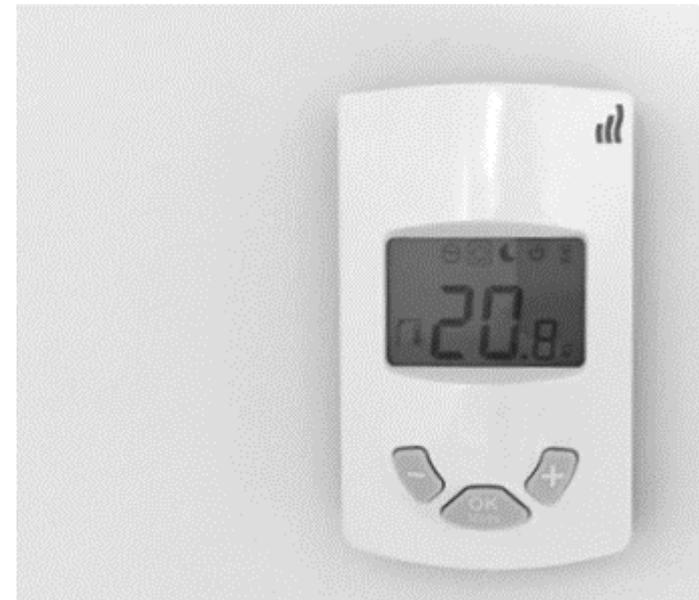


**8** GARANTIR LE CONFORT THERMIQUE**Paramètres de « conception » / de « régulation »****La température des parois**

Source / Bron : F. Grégoire

**La température de l'air**

Source / Bron : F. Grégoire



## 9 GARANTIR LE CONFORT THERMIQUE

**Paramètres de conception / régulation**

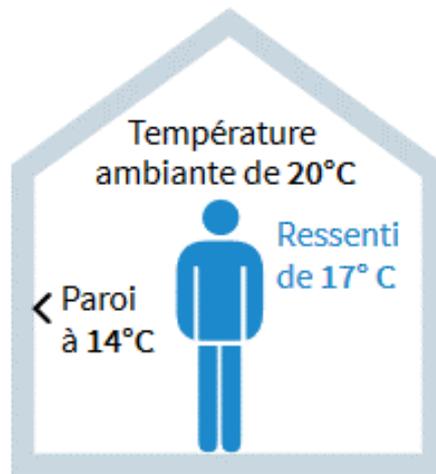
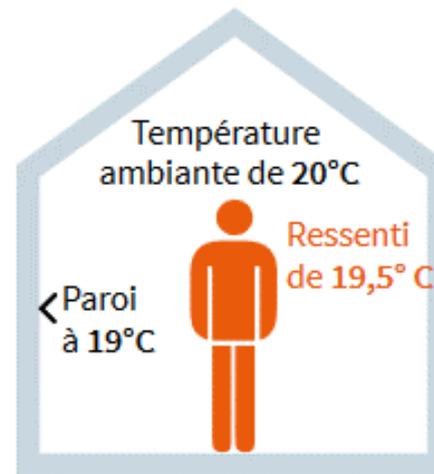
- Température de l'air et des parois

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.

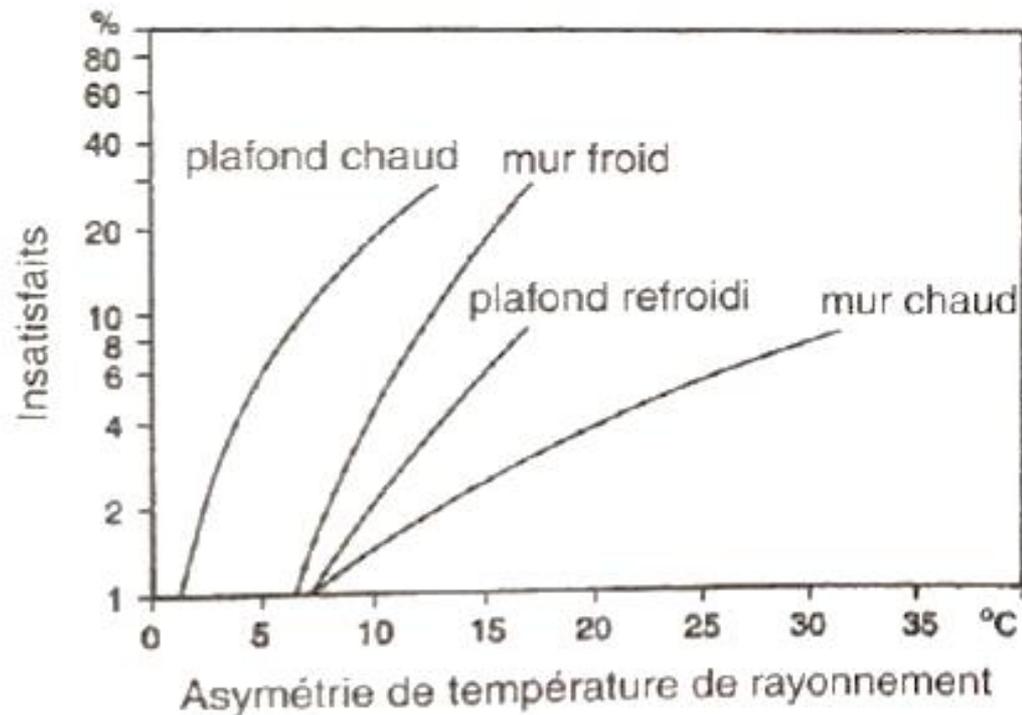
**SITUATION INCONFORTABLE****SITUATION DE CONFORT**

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<sup>e</sup> Ed.



## GARANTIR LE CONFORT THERMIQUE

## 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

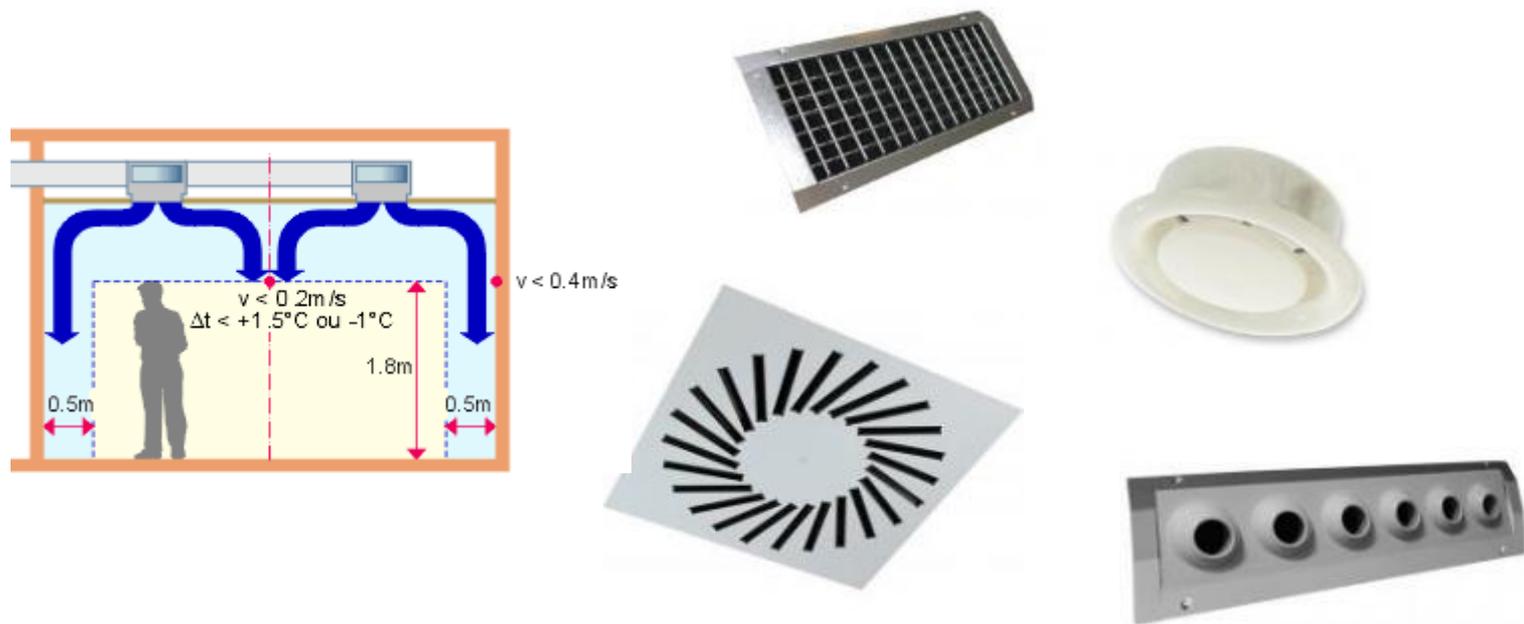
Source / Bron : énergie plus



## GARANTIR LE CONFORT THERMIQUE

## Paramètres de conception / régulation

- ▶ Vitesse de l'air  
À l'intérieur, impact négligeable si  $< 0,2\text{m/s}$



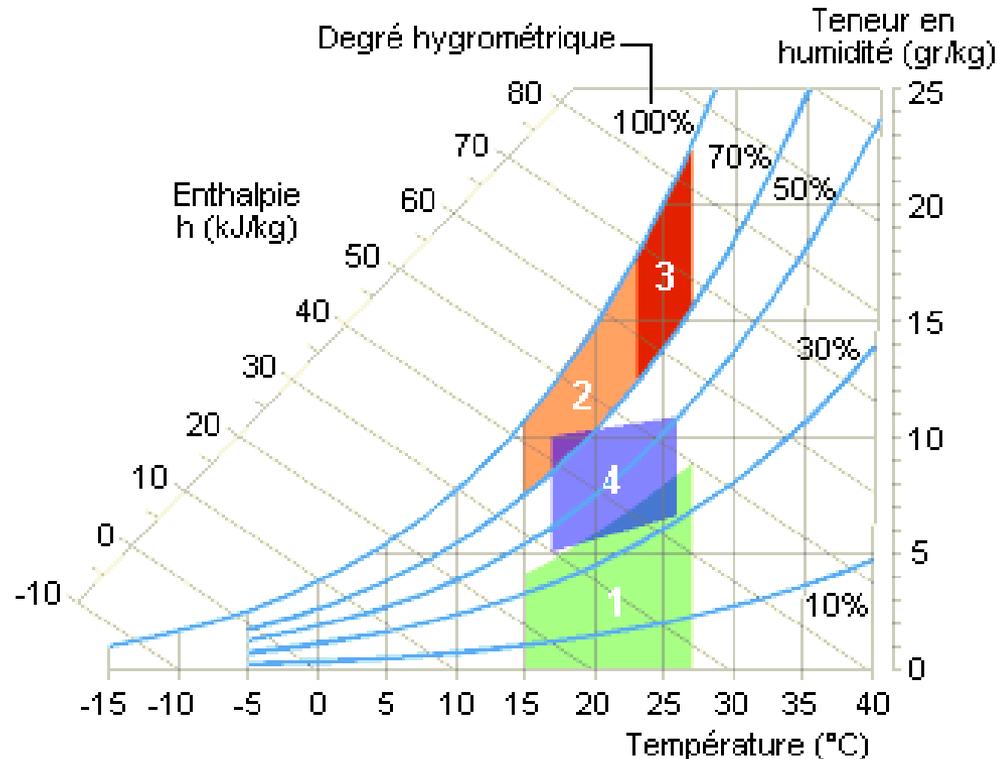
Sources / Bronnen : Energie plus, Trox , SIG air



## GARANTIR LE CONFORT THERMIQUE

## Paramètres de conception / régulation

- Le couple température de l'air / humidité



Source : R. Fauconnier

**Zone 1 :** problèmes de sécheresse.

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

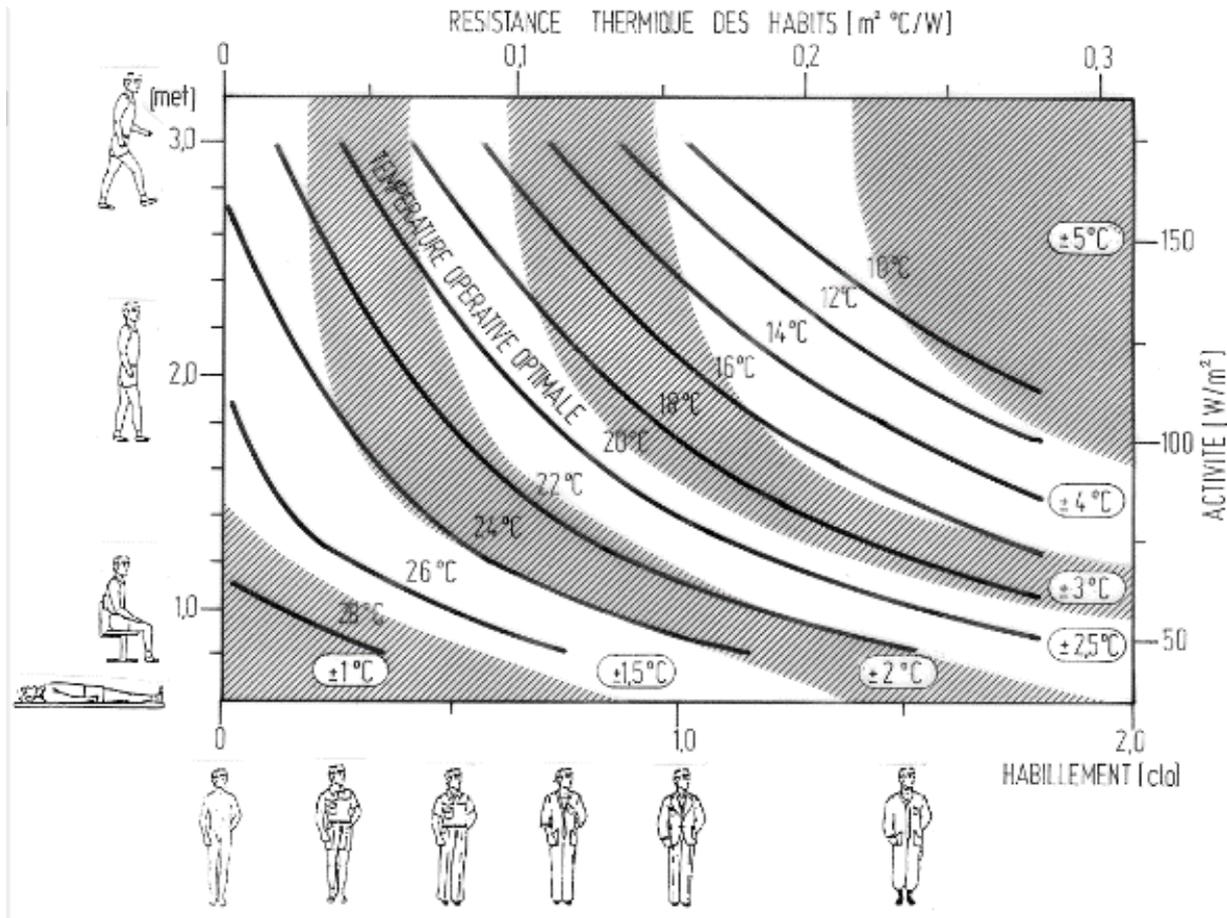
**Zone 3 :** développements d'acariens.

**Zone 4 :** polygone de confort hygrothermique



## GARANTIR LE CONFORT THERMIQUE

## Paramètres d'usage



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

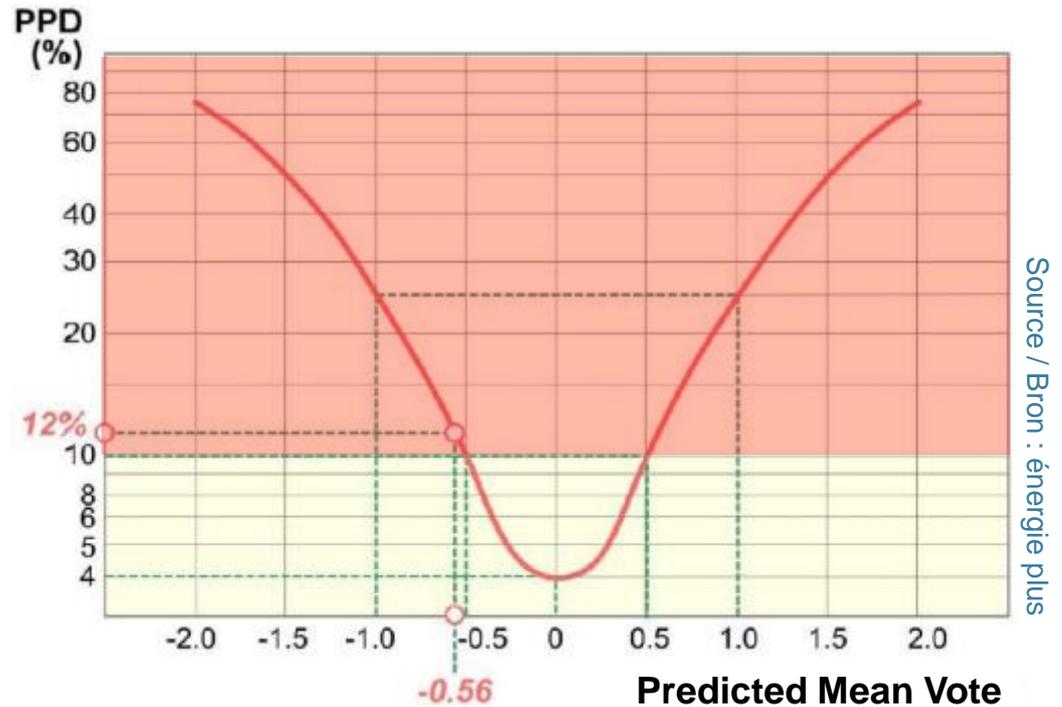
Source / Bron : epfl



## GARANTIR LE CONFORT THERMIQUE

## Paramètres d'usage

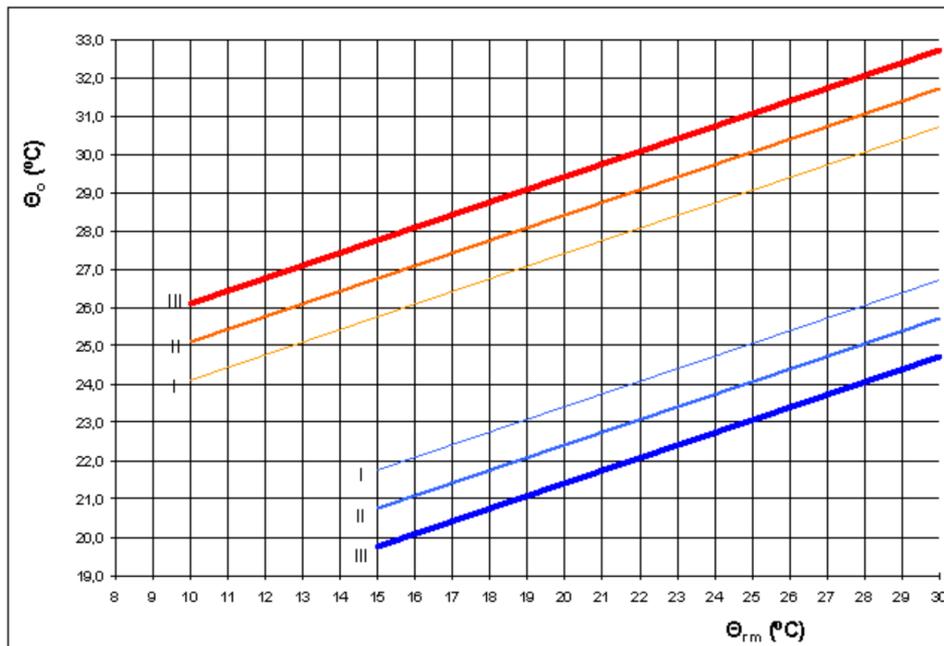
- ▶ Le modèle de Fanger quantifie le confort thermique en estimant le % de personnes insatisfaites (PPD pour Predicted Percentage of Dissatisfied)
- ▶ Il est impossible d'avoir 100% d'occupants satisfaits



## GARANTIR LE CONFORT THERMIQUE

## 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)



$\Theta_m$  = Température extérieure en moyenne glissante journalière °C.  
 $\Theta_o$  = Température opérative °C.

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

Source : NBN EN 15251



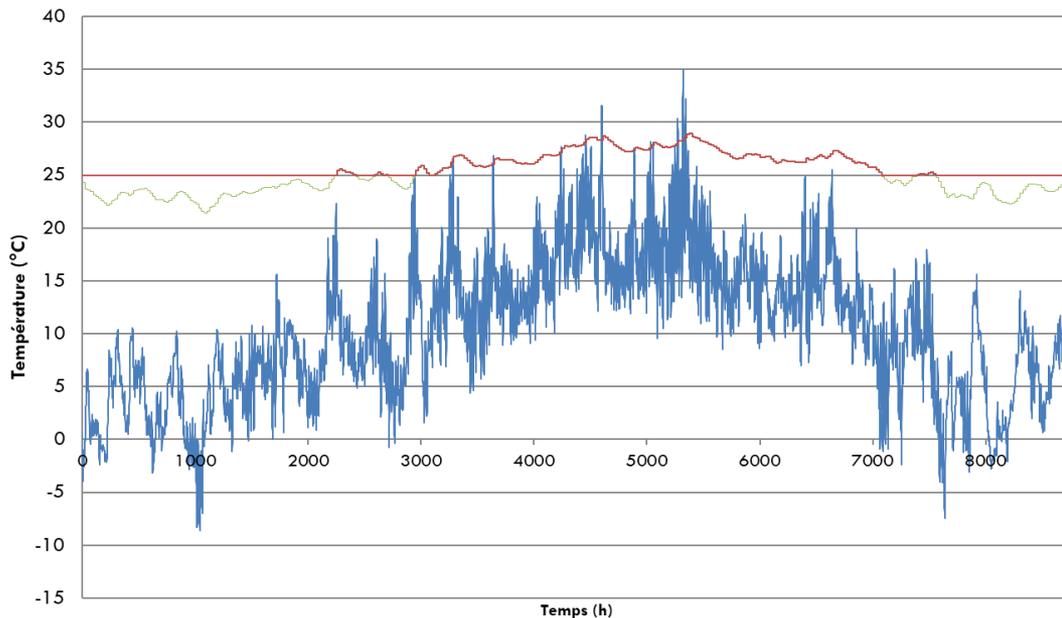
## Notion de confort adaptatif

- Température extérieure moyenne glissante journalière

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

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

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



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

$\Theta_{rm}$  est la température moyenne glissante du jour ;

$\Theta_{rm-1}$  est la température moyenne glissante de la veille ;

$\Theta_{ed-1}$  est la température moyenne journalière extérieure de la veille ;

$\Theta_{ed-2}$  est la température moyenne journalière extérieure de l'avant-veille etc.. ;

$\alpha$  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

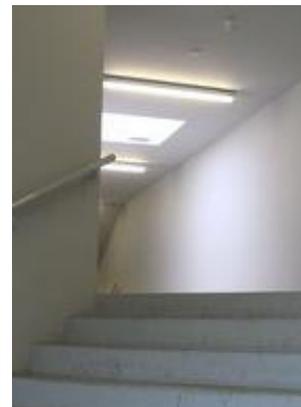
EXEMPLE 1 : « La température ne peut être supérieure à 25°C pendant plus de 5% du temps »

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)

CO<sub>2</sub>

...

- 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

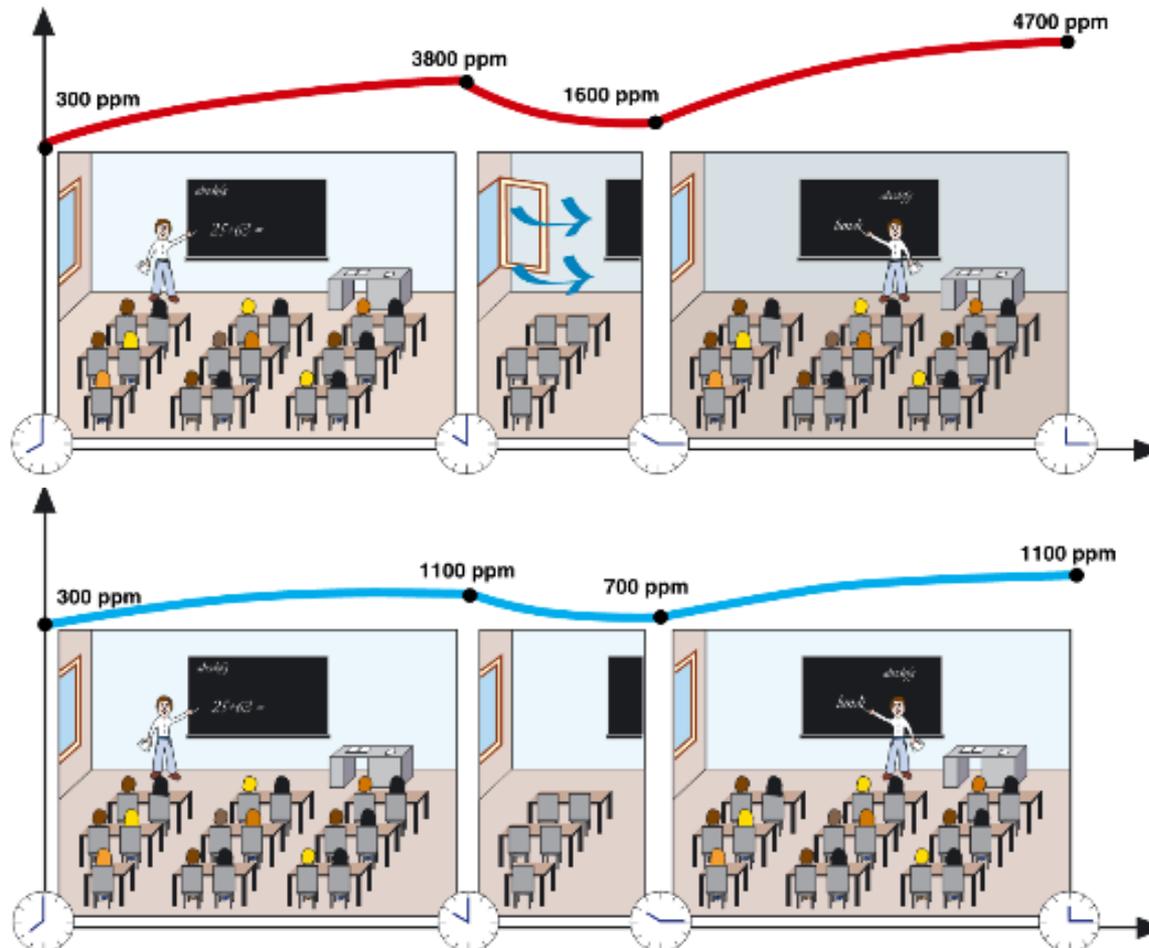
...



## GARANTIR LE CONFORT RESPIRATOIRE

Exemple du CO<sub>2</sub> – évolution de la concentration

Classe de 25 élèves, 2h cours &gt;&gt; 1/4h intercours &gt;&gt; 2h cours



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

⇒ **Aérer quelques minutes n'est pas suffisant !**

Cas « avec ventilation »  
18m<sup>3</sup>/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 ?

- ▶ Réglementation
- ▶ 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...**

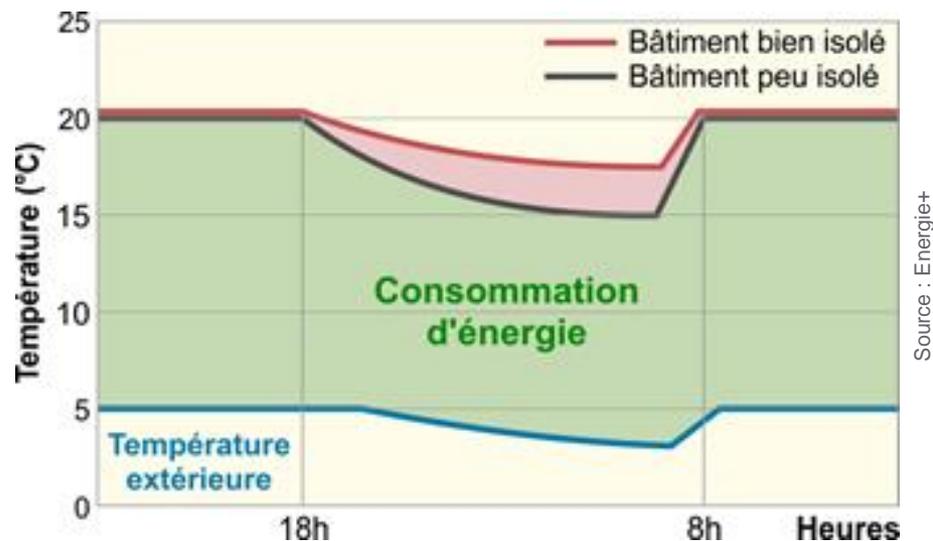
⇒ **Il n'est pas nécessaire de fournir à tout moment la totalité de la puissance disponible !**



## RÉDUIRE LES CONSOMMATIONS – CHAUFFAGE

**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 - Arnaud BRICTEUX**  
*Régulation des protections solaires mobiles*



## RÉDUIRE LES CONSOMMATIONS – VENTILATION

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

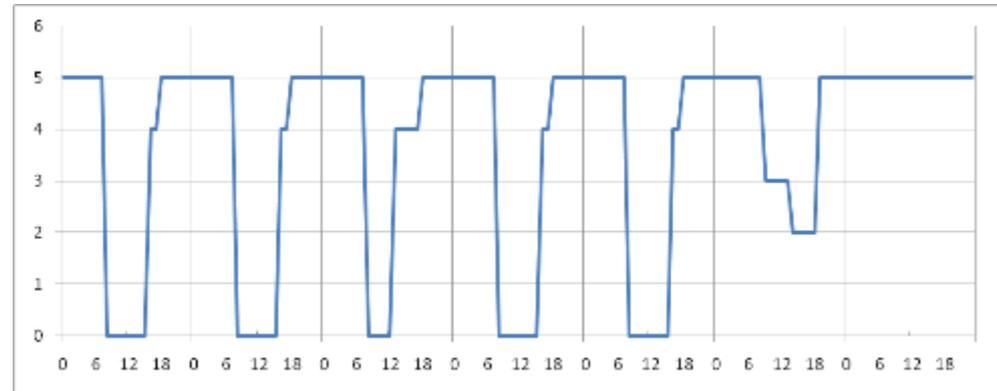
- ▶ Puissance nécessaire dépend de ...
  - De la fonction du système de ventilation
    - Hygiénique : du type d'occupation, du nombre de personnes présentes, ..
    - Chauffage / rafraîchissement : de la demande de chaud / froid (apports internes / externes)
- ⇒ **Il n'est pas nécessaire de fournir 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 m<sup>3</sup>/h
  - Maison de 5 personnes, occupation présumée



- Consommation du groupe

Débit [%]	Wh/m <sup>3</sup>	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]
<b>Scénario 1</b>		
24	100 %	
<b>Scénario 2</b>		
24	50 %	
<b>Scénario 3</b>		
16	50 %	
8	30 %	



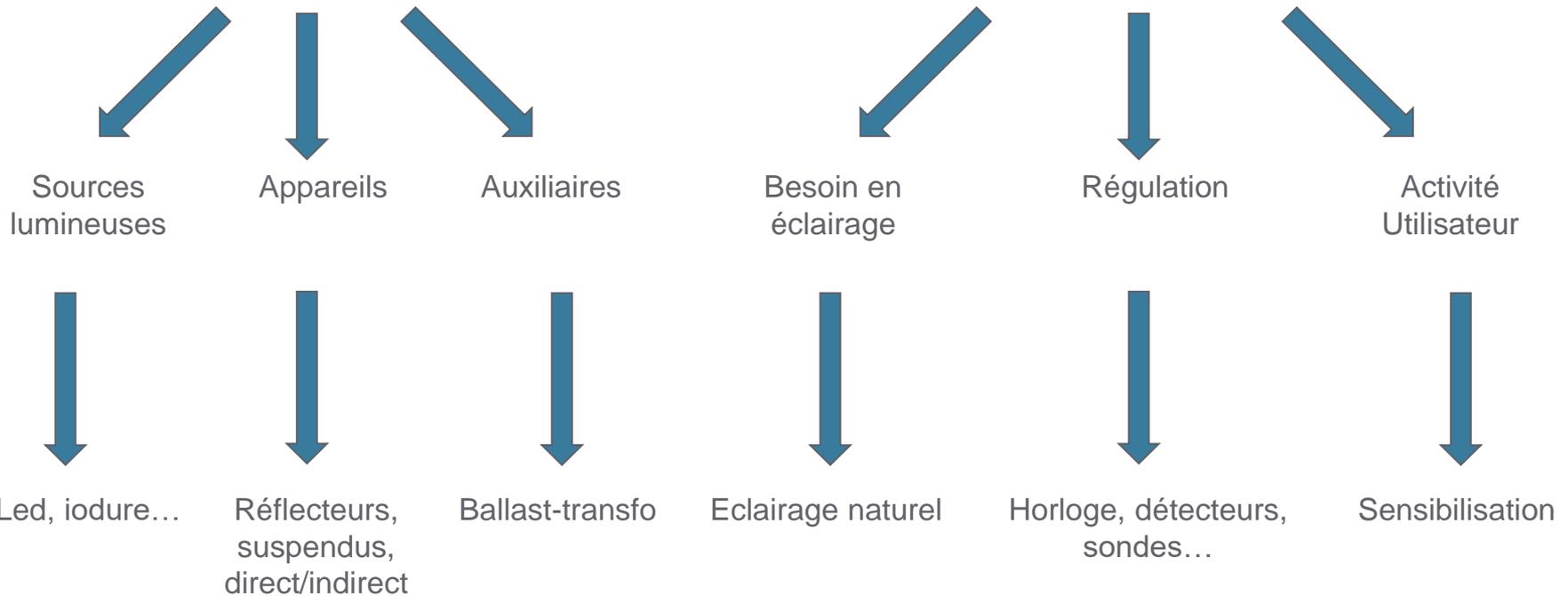
# 33 RÉDUIRE LES CONSOMMATIONS – ECLAIRAGE

**CONSOMMATION [kWh] =**

PUISSANCE INSTALLEE  
[kW]  
fonction de



DUREE D'UTILISATION  
[h]  
fonction de



**34** RÉDUIRE LES CONSOMMATIONS – ECLAIRAGE**On peut réduire les consommations liées à l'éclairage en ...**

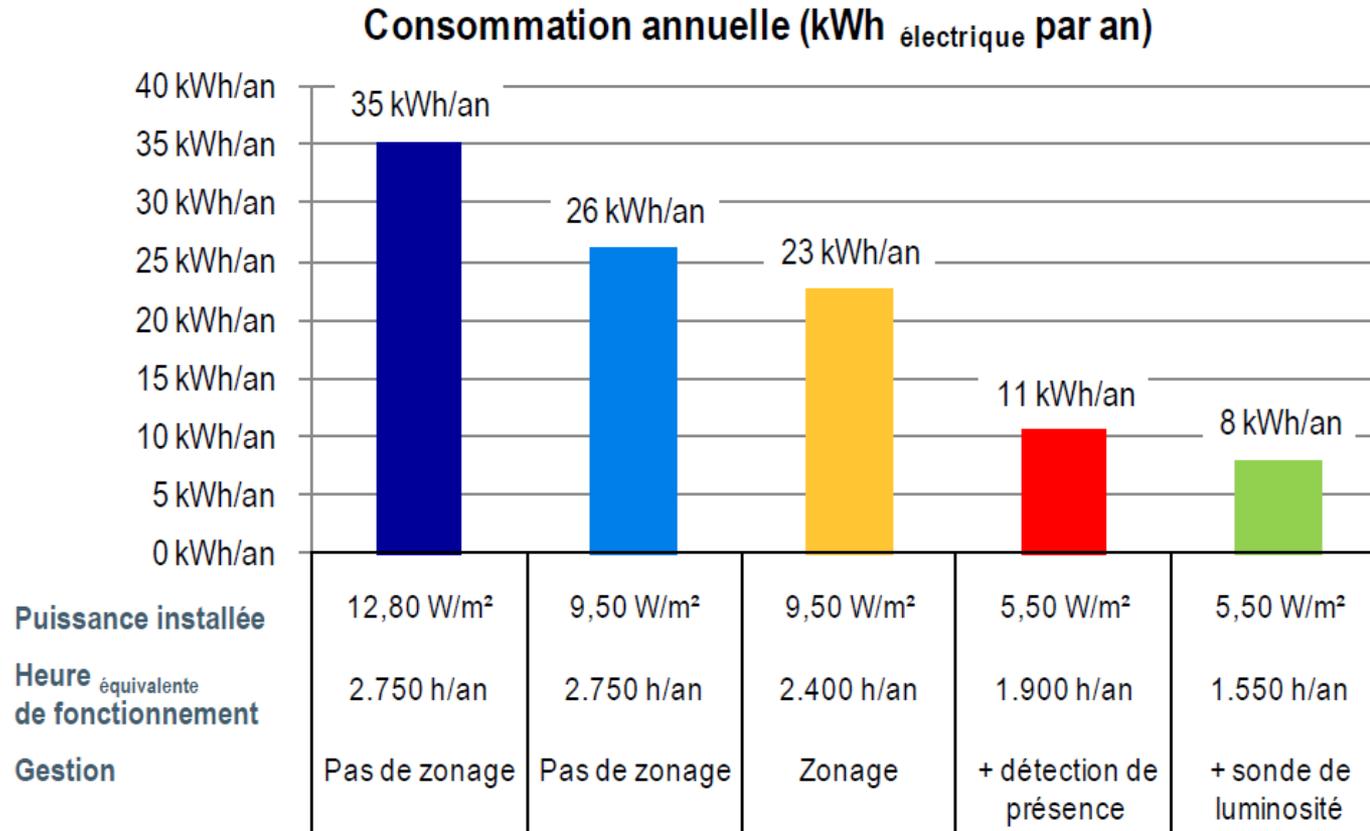
- ▶ Limitant les besoins en éclairage artificiel
- ▶ Choissant des systèmes efficaces
- ▶ **Régulant en fonction des besoins**
- ▶ Utilisant de manière responsable

⇒ **Voir présentation de Arnaud Bricteux**  
*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/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 ?

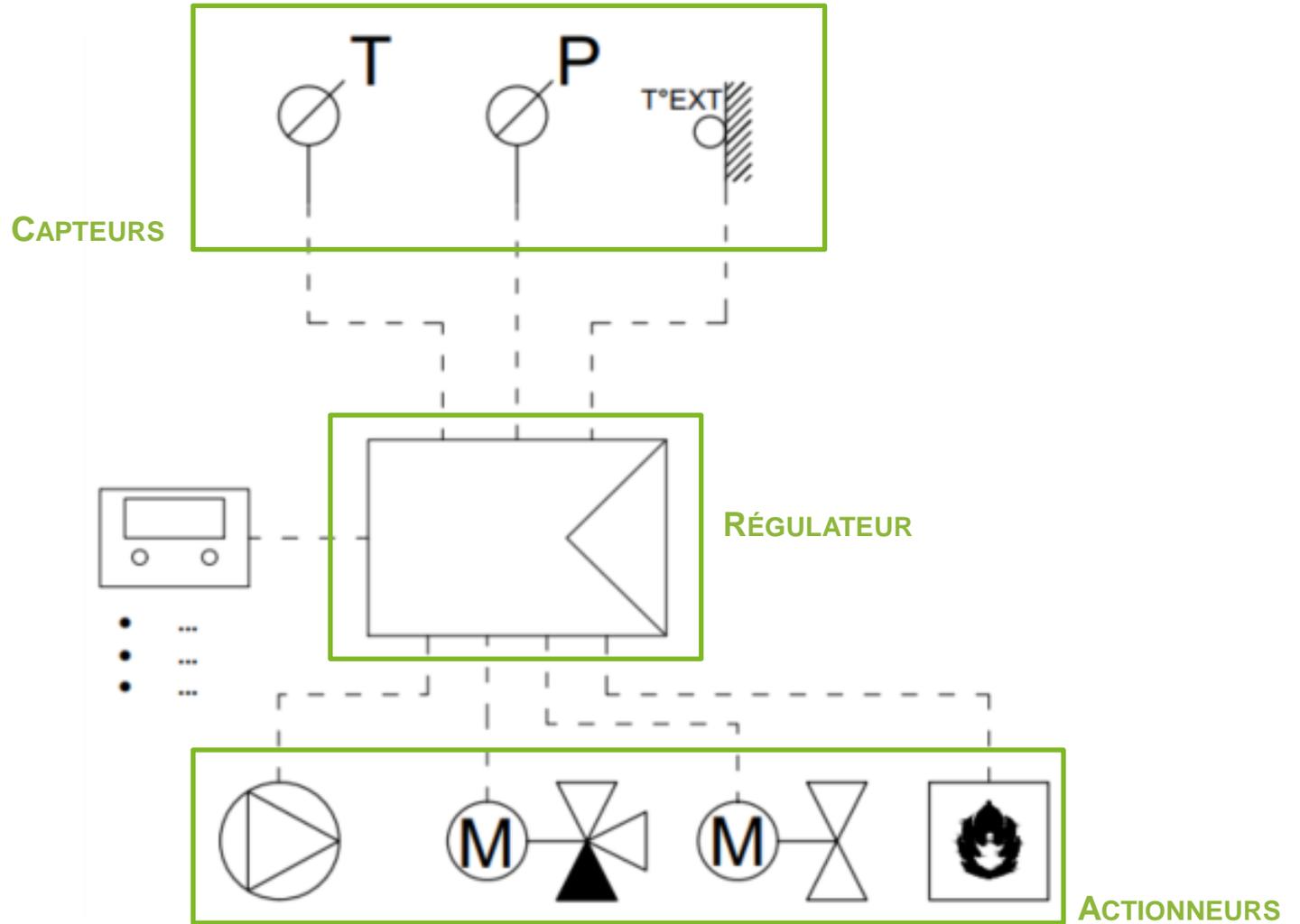
- ▶ Garantir le confort
- ▶ Réduire les consommations

### 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

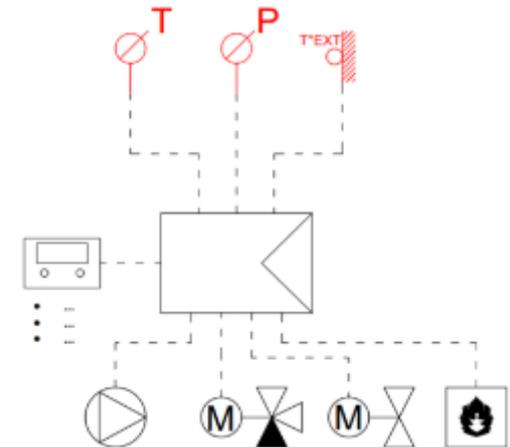


## Usage

- ▶ 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**

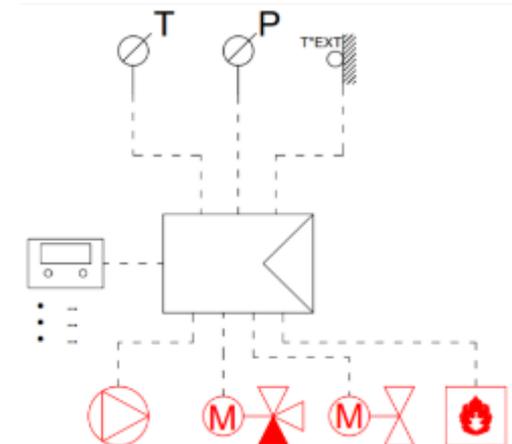


**Vanne  
thermostatique**

**VAV**



Source : Trox



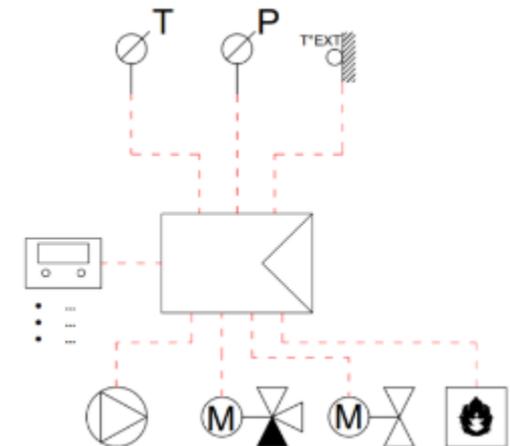


## Usage

- ▶ 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 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.





## Guide bâtiment durable

[www.guidebatimentdurable.brussels](http://www.guidebatimentdurable.brussels)

► Techniques du bâtiment

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

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

Dossier | [Free-cooling](#)

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

Dossier | [Assurer le confort respiratoire](#)

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

Dossier | [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 Bâtiment durable : [Éclairage : conception et régulation](#)
- ▶ Formations Bâtiment durable : [Gestion de l'énergie \(responsable énergie\)](#)
- ▶ Séminaire [18/03/2022 : Maintenance : solutions pour assurer une bonne gestion du bâtiment](#)
- ▶ Séminaire [1/10/2021 : Economies d'énergie : comptage et mesurage](#)



**Pierre GUSTIN**

Ingénieur projet  
écorce sa

 + 32 4 226 91 60

 [info@ecorce.be](mailto:info@ecorce.be)



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

