# FORMATION BÂTIMENT DURABLE

RÉGULATION DES BÂTIMENTS

PRINTEMPS 2022

Régulation du refroidissement passif (free-cooling)







- Comprendre les paramètres impactant le fonctionnement du free cooling
- Comprendre et (se) poser les bonnes questions lors de discussions autour de sa régulation



TYPES DE FREE-COOLING

PRINCIPES DE RÉGULATION

ETUDE DE CAS : PROJET CAMÉLÉON

ETUDE DE CAS : SIÈGE D'HOLCIM À NIVELLES (BÂTIMENT PASSIF)



# L'objectif du free cooling

4

- Assurer le confort d'été sans le recours à un refroidissement mécanique
- Décharger la chaleur emmagasinée dans la masse du bâtiment par une ventilation intensive le plus souvent nocturne
- Générer un balayage avec de l'air extérieur de l'ordre de 2 vol/h ou plus
- Assurer une ventilation intensive sans générer de consommation énergétique (ventilation naturelle) ou avec une consommation minime (avec l'assistance de ventilateurs)



#### **TYPES DE FREE-COOLING**

PRINCIPES DE RÉGULATION

ETUDE DE CAS: PROJET CAMÉLÉON

ETUDE DE CAS : SIÈGE D'HOLCIM À NIVELLES (BÂTIMENT PASSIF)

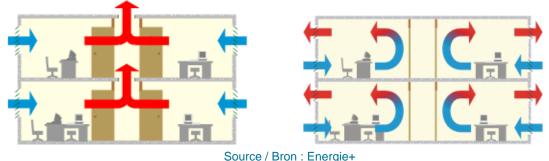


#### TYPES DE FREE-COOLING

TYPES

# Types de « free cooling » et de gestion

- Free-cooling naturel (par effet cheminée ou sous effet du vent) ou hybride (assisté par une extraction mécanique):
  - Gestion manuelle ou automatisée des ouvertures d'amenées et/ou de sortie d'air



- Free-cooling mécanique (via le système de ventilation mécanique) :
  - Régulation automatisée de la Centrale de Traitement d'Air (CTA) et de la distribution d'air

ENJEUX DU REFROIDISSEMENT PASSIF (FREE-COOLING)
TYPES DE FREE-COOLING

# PRINCIPES DE RÉGULATION

ETUDE DE CAS: PROJET CAMÉLÉON

ETUDE DE CAS : SIÈGE D'HOLCIM À NIVELLES (BÂTIMENT PASSIF)



# Free-cooling hybride ou naturel

Gestion manuelle

Gestion des ouvertures par les utilisateurs du bâtiment

« Low tech » - « implication / sensibilisation des occupants »

 Petits bâtiments ou habitations avec ventilation nocturne unilatérale ou transversale

 Grands bâtiments avec sortie d'air automatisée et ouvertures de transfert (volet ou porte) actionnées manuellement Gestion manuelle

Gestion automatique

Gestion manuelle



#### **Exemple : bâtiment commercial Caméléon à Woluwe-Saint-Lambert**

- ► Fenêtres ouvrantes en façade derrière claustra > ouverture manuelle
- Fenêtres dans les cloisons des bureaux (côté couloir) > ouverture manuelle





Ouvertures en façade et de transfert entre les bureaux et le couloir

Source / Bron: MATRIciel - Caméléon



#### Exemple : bâtiment commercial Caméléon à Woluwe-Saint-Lambert



Source / Bron : MATRIciel -Caméléon

 Signalisation du mode de ventilation actif par 3 voyants dans

le couloir → gestion par la GTC :

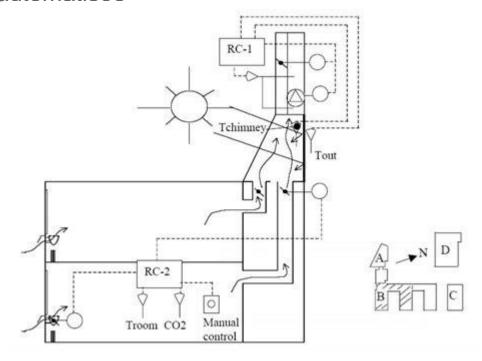
- T ext. < à 14 °C (réglable) ou > 25 °C (réglable) : ventilation mécanique avec récupération de chaleur
   → pas d'ouverture recommandée des fenêtres
- 14 °C < T ext. < 25 °C pendant plusieurs jours : chauffage et ventilation mécanique à l'arrêt
   → ventilation des bureaux à l'aide des ouvertures de fenêtre
- En été, si T° int. augmente et conditions atmosphériques favorables : ventilateurs d'extraction de la toiture en marche pendant la nuit (free-cooling)
  - → invitation à l'ouverture manuelle des fenêtres et des ouvertures de transfert avant départ en soirée



# Free-cooling hybride ou naturel

Gestion motorisée et automatisée

Inputs



Exemple d'une régulation avec free-cooling hybride avec effet cheminée

Source / Bron : Projet HYBVENT - Control strategies - Annex 35



#### Free-cooling hybride ou naturel

- Gestion motorisée et automatisée
  - Inputs



Motorisation des fenêtres Source / Bron: MATRIciel

**Températures**: température intérieure, température extérieure, température des éléments de construction, vitesse de variation

Débit dans cheminée (mise en marche éventuelle de ventilateurs)

**Conditions climatiques (vent, pluie)** 

Risque intrusion

Interaction avec un autre système



# Free-cooling hybride ou naturel

- Gestion motorisée et automatisée
  - Modulation

Ouverture / fermeture des amenées/extractions d'air :

- Ouvert / fermé
- Réglable par position
- Complètement modulante

Plus la régulation est modulante et plus elle est fine... mais complexe!

- → Si free-cooling diurne et nocturne → modulation par 3 positions (100 % ouvert, intermédiaire et 100 % fermé)
- → Si free-cooling uniquement nocturne → régulation on/off



# Free-cooling hybride ou naturel

- Gestion motorisée et automatisée
  - Gaspillage d'énergie

Si free-cooling associé à une autre forme de refroidissement actif, les systèmes ne peuvent pas fonctionner simultanément

Si surrefroidissement par free-cooling, le chauffage peut se remettre en route!



# Free-cooling hybride ou naturel

- Gestion motorisée et automatisée
  - Implication des utilisateurs
     Toujours impliquer les utilisateurs dans un processus d'appropriation de leur bâtiment

Si amenées d'air automatisées → laisser la possibilité à l'utilisateur de déroger la commande

- → Effet positif de l'ouverture volontaire des fenêtres sur la sensation de confort des utilisateurs ...
- → ... mais contrôle automatisé de l'ouverture des fenêtres à prévoir afin d'éviter la destruction d'énergie



**ENJEUX** 

# PRINCIPES DE RÉGULATION

- Gestion motorisée et automatisée
  - Régulation par GTC
     Usage d'une régulation par GTC afin de visualiser l'ensemble des paramètres :

Conditions climatiques intérieures et extérieures (température, humidité, vitesse et direction du vent, pluie)

Position des ouvertures/fermetures (dans le cas de freecooling naturel et hybride)

Mise en route des ventilateurs, registres, débits d'air, ...



# Conditions de fonctionnement du free-cooling - exemples

# Règles générales

- Saison de chauffe : pas de free-cooling
- Free-cooling naturel et hybride :
   Vitesse du vent < 12 m/s et absence de pluie
   (en fonction du type d'ouvertures installées)</li>
- Free-cooling hybride :
   Mise en route du ventilateur en fonction :
  - de la vitesse de décroissance de la T° intérieure (exemple : diminution de 6°C en 8h -> enclenchement si Tamb(heure 2) Tamb(heure 1) < 0,75°C, peut être recalculé en continu ...)</li>
  - du delta de température cheminée/extérieur
  - d'un horaire
  - •



# Conditions de fonctionnement du free-cooling (paramétrables !) - exemples

#### Pendant la journée :

de 6 h à 22 h

**ENJEUX** 

- Sans climatisation active :
  - T° ext. ≤ T° int. diminuée d'au moins 2 °C
  - T° int. ≥ 22 °C
  - T° ext. ≥ 14 °C et chauffage à l'arrêt
- Avec climatisation active, conditions supplémentaires :
  - T° int. < point de consigne de la climatisation</li>
  - arrêt du free-cooling lorsque la T° int. > point de consigne climatisation diminuée de 1 °C (afin d'éviter le risque de destruction d'énergie en prévoyant une zone 'morte')



**ENJEUX** 

# PRINCIPES DE RÉGULATION

# Conditions de fonctionnement du free-cooling (paramétrables !) - exemples

#### Pendant la nuit :

- T° ext. ≤ T° int. diminuée d'au moins 2 °C
- Pic de T° ext. sur la journée écoulée > 15 °C
- de 22 h à 6 h
- Pic de T° int. sur la journée écoulée > 24 °C
- T° int. ≥ 18 °C
- T° ext. ≥14 °C



# Conditions de fonctionnement du free-cooling

Eviter trop de conditions : gestion complexe et difficilement paramétrable en pratique !!!!



TYPES DE FREE-COOLING

PRINCIPES DE RÉGULATION

**ETUDE DE CAS: PROJET CAMÉLÉON** 

ETUDE DE CAS : SIÈGE D'HOLCIM À NIVELLES (BÂTIMENT PASSIF)



#### **Bâtiment commercial à Woluwe-Saint-Lambert**

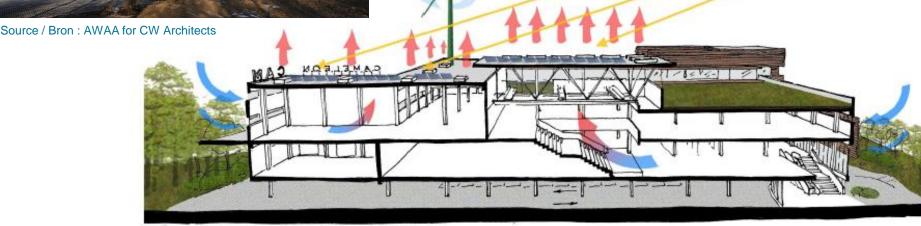
Présentation générale :



Surface du bâtiment : 13.300 m² Bâtiment exemplaire BE 2007

Architecte: AWAA for CW Architects

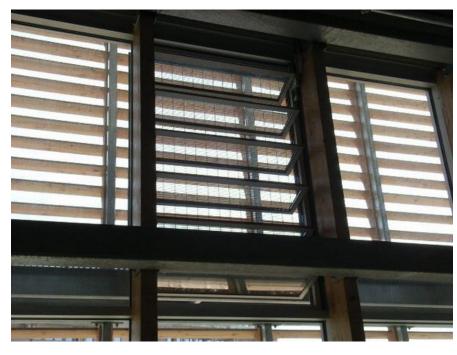
Livraison: 2009







23









Source / Bron : AWAA for CW Architects



#### Bâtiment commercial à Woluwe-Saint-Lambert

Choix d'une ventilation hygiénique et d'un free cooling naturel de l'espace de vente (8.000 m²) :

Perte d'énergie primaire (Ep) car :

- Pas de contrôle précis du débit d'air frais
- Pas de récupération de chaleur dans l'air extrait

#### Mais:

- Perte Ep réduite par commande motorisée des ouvertures
- Economie de consommation des ventilateurs
- Réduction du coût d'investissement



ENJEUX

# ETUDE DE CAS: PROJET CAMÉLÉON

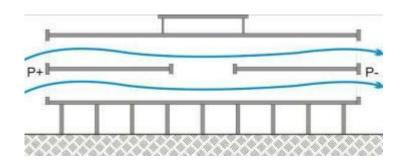
Ventilation transversale (ou traversante)

Ouverture du toit fermée

Seules les ouvertures en façade sont utilisées

Peut être utilisée de jour comme de nuit





Mouvement d'air induit par une différence de pression entre les 2 façades Source / Bron : MATRIciel



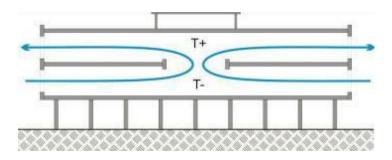
ENJEUX

# ETUDE DE CAS: PROJET CAMÉLÉON

- Ventilation basée sur l'effet cheminée
  - Tirage naturel important créé entre les fenêtres motorisées réparties tout autour du bâtiment et la toiture de l'atrium



 Si ouvertures en toitures fermées volets en hauteur pour l'évacuation de l'air (droite) → ventilation par effet cheminée Source / Bron : MATRIciel si différence de température suffisante entre intérieur et extérieur



Mouvement d'air induit par la différence de température entre l'air intérieur et l'air extérieur Source / Bron: MATRIciel



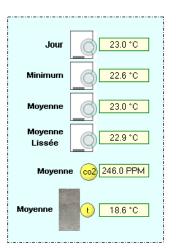
- Pilotage des ouvertures motorisées
  - Gestion de ventilation automatisée sur base de 3 niveaux d'ouverture :
    - Faible : deux extracteurs de toiture situés dans l'atrium assurent une ventilation minimale
    - Modéré : la moitié des ouvertures de façade est activée + quatre ouvertures sur dix en toiture

Intensif: toutes les ouvertures de façade et de toiture sont actives

- Pilotage des ouvertures motorisées
  - Paramètres de régulation



Gestion Commande Ouverture Fenêtres



	Commandes Ouvertures Fenêtres				
	Sud Ouest 1	Nord Est 1	Sud Ouest 2	Nord Est 2	
Ouverture Faible	Cd	Cd	Cd	Cd	
Ouverture Modérée	Cd	Cd	Cd	Cd	
Ouverture Intensive	Cd	Cd	Cd	Cd	
	Etat de l'interrupteur Local à l'Accueil +1				
	Position Automatique Et				
	Position Faible Et				
	Position Modérée Et				
		Position Inte	ensive Et		

Horaire Purge de Nuit	Arrêt
Horaire Déstratification	Arrêt
Cons.Ambiance Vent.Int.	23.0 ℃
Cons.Ambiance Vent.Mod.	22.0 ℃
Cons.Air Ext.Min.Vent.Int.	12.0 ℃
Cons.Air Ext.Min.Vent.Mod.	12.0 ℃
Cons.Temp.Ambiante	21.0 ℃
Cons.Temp.Amb.Jour	23.0 ℃
Cons.Temp.Béton	18.0 ℃
Consigne CO2 Basse	800.0 PPM
Consigne CO2 Haute	900.0 PPM
Cons.Air Ext.Purge de Nuit	10.0 ℃
Cons.Temp.Amb.Minimum	14.0 ℃
Cons.Temp.Béton Moyenne	18.0 ℃

Extrait GTC Source : Cameleon

### Caméléon











29

- Pilotage des ouvertures motorisées
  - Paramètres de régulation Algorithme de régulation <u>diurne</u> des 3 niveaux d'ouverture :
    - En période de chauffe (T° ext. < 12 °C) → régulation en fonction du CO<sub>2</sub>: Si  $CO_2 > 800$  ppm  $\rightarrow$  ouverture des extracteurs de toiture puis passage progressif en mode "moyen" ou "intensif"
    - Hors période de chauffe (T° ext. > 12 °C) → régulation en fonction du CO<sub>2</sub> et des températures
    - → Bâtiment très ouvert pendant les heures d'ouverture et dans lequel les mouvements de l'air donnent au visiteur l'impression d'évoluer dans un espace "naturel", le tout consommation liée au chauffage ou sans refroidissement



- Pilotage des ouvertures motorisées
  - Paramètres de régulation
     Algorithme de régulation <u>nocturne</u> des 3 niveaux d'ouverture :
    - Hors période de chauffe (T° ext. > 12 °C)
      - → régulation en fonction de
      - la température ambiante moyenne de la journée,
      - > de la température mesurée dans la masse du bâtiment,
      - > de la température extérieure
      - et de la température ambiante instantanée (seuil min. 14 °C sinon refroidissement excessif)

Toutes les ouvertures peuvent être contrôlées manuellement



### Commissioning

Principes énergétiques de base mais gestion high tech hors des sentiers battus par les concepteurs de GTC → erreurs de "réinterprétation"

GTC conçue par des professionnels pour des professionnels et non pour des utilisateurs "lambda" (terminologie et formation inadaptée)

Information du personnel quant au mode de fonctionnement du bâtiment : compréhension étendue du principe de régulation, établissement de la hiérarchie de commande (ex : impact d'une dérogation manuelle)

Seulement après : ajustement des paramètres

Exple:

Modification des différents seuils d'activation en fonction de la mi-saison, avec le seuil de désactivation de l'installation de chauffage

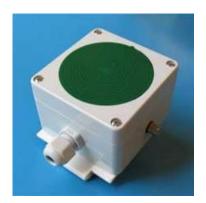
Élaboration d'une méthodologie pour les modifications manuelles! (pour éviter tout gaspillage d'énergie dû à une ouverture inopportune)



- Prise en compte des nuisances extérieures
  - Pluie

Ouvertures de toiture horizontales : vision vers le ciel mais pas de protection contre la pluie

- → Installation équipée de capteurs de pluie
- → Fermeture de l'ensemble des ouvertures en ± 7 sec.



Capteur de pluie Source / Bron : Caméléon



- Prise en compte des nuisances extérieures
  - Intrusion

Ouvertures de toiture : pas protégées contre l'intrusion d'oiseaux → intégration d'un filet de protection dans les ouvertures

Fenêtres des espaces de vente : protégées par un grillage à

l'extérieur



Protection des fenêtres contre l'intrusion Source / Bron : Caméléon

Placement de détecteurs d'intrusion → source de problème à cause des débits de ventilation élevés (4 vol/h)



- Interaction avec les aménagements et les autres systèmes
  - Cloisons intérieures

Placement des cloisons intérieures a posteriori

→ peut affecter l'efficacité du free-cooling dans certaines zones :



- Modulation de la ventilation pas assurée par un degré d'ouverture différent pour chaque fenêtre mais par la variation de l'ouverture de plusieurs fenêtres
  - → surchauffe des zones ne se trouvant pas devant les fenêtres pilotées

Solution : adaptation des commandes électriques des fenêtres lors de l'aménagement des plateaux

Zone où se trouvent les caisses n'est plus située dans le courant d'air qui s'échappe par l'atrium à cause des cloisons placées après la phase de conception du système

Solution : ajout de ventilateurs à pales pour contraindre l'air à traverser la zone



- Interaction avec les aménagements et les autres systèmes
  - Incendie

ENJEUX

Influence mutuelle des systèmes de ventilation intensive et de prévention incendie :

- Libre circulation de l'air frais >< compartimentage anti-incendie
- Exutoires de fumée et ouvertures de free cooling communes ?

Dispositions particulières en cas d'alarme incendie :

- Evacuation des fumées par tourelles au lieu d'ouvertures naturelles
- **Ecrans** mobiles **ignifuges** dans les espaces de vente
- Fermeture des ouvertures de ventilation de la zone des stocks pour ne pas perturber les sprinklers
- Désactivation des extracteurs des bureaux

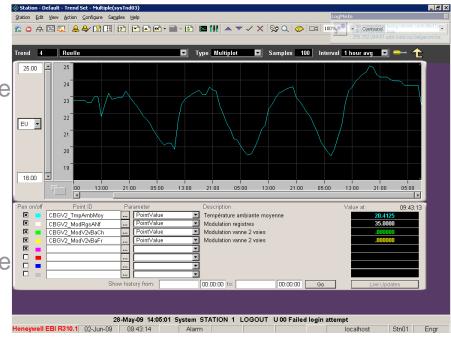


Objectif atteint ?

ENJEUX

Suivi de la température intérie

 Le groupe de froid équipant le Extrait du rapport de suivi 2012 :



Année	Relevé de la consommation (source : Caméléon)
Prévision théorique projet	0 kWh/an
2011	488 kWh/an



Enjeux du refroidissement passif (free-cooling)

Types de free-cooling

ENJEUX

Principes de régulation

Etude de cas : projet Caméléon

Etude de cas : siège d'Holcim à Nivelles (bâtiment passif)



# Principes de régulation

Présentation générale :

Surface du bâtiment : 4.100 m<sup>2</sup>

**Passif** 

**BREEAM Very Good** 

Architecte: A2M

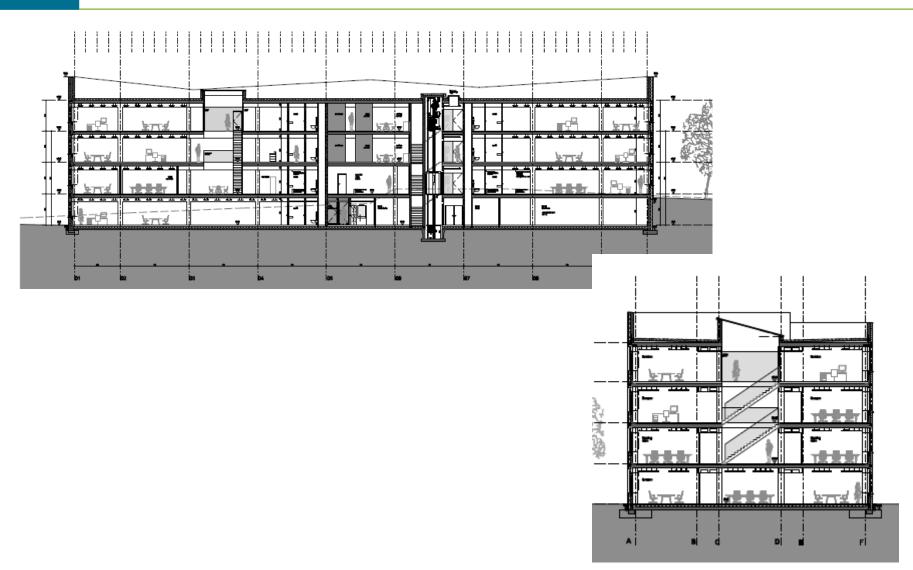
Livraison: 2013







Source / Bron: A2M





### Principes de régulation

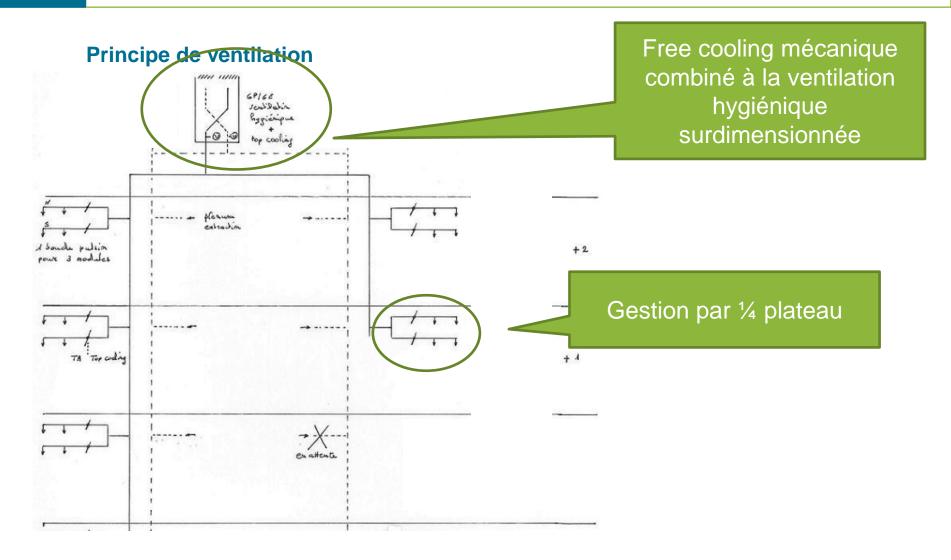
Free-cooling mécanique :

Régulation automatisée de la centrale de traitement d'air (CTA)

Mise en fonctionnement lorsque les conditions climatiques et horaire (dans le cas d'une ventilation nocturne) sont rencontrées

CTA doit être en mesure d'augmenter les débits d'air (freecooling en journée et/ou la nuit)









41

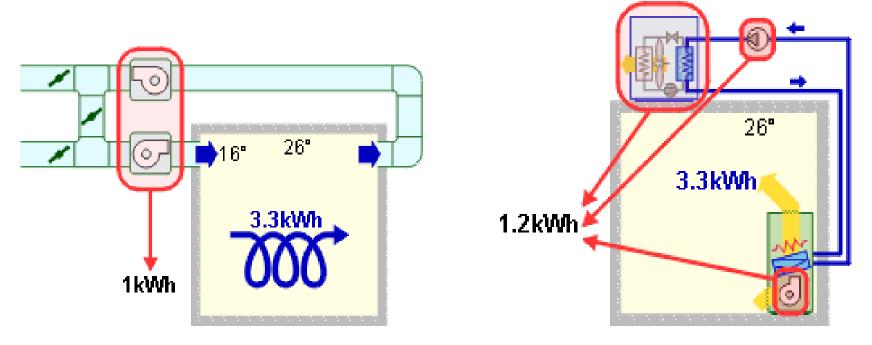
## Principe de régulation de la ventilation

TYPES

Objectif:

ENJEUX

 Confort d'été avec conso ventilateurs < conso d'un refroidissement mécanique équivalent



Principe général de la ventilation Source / Bron : Energie+



ENJEUX

### ETUDE DE CAS : SIÈGE D'HOLCIM À NIVELLES

### Principe de régulation de la ventilation

Saison de chauffe, diurne (Si T° ext. < T° ext.\_non\_ chauffage)</p>

Uniquement ventilation hygiénique.

Objectif : débit d'air min, vitesse et pression minimales des ventilateurs

- Débit CTA = débit min
- Ouverture clapets de zone (1 clapet / ¼ de plateau)
- Clapets de zones automatiquement réglés afin qu'au moins 1 registre soit totalement ouvert (optimalisation de la pression du réseau)



### Principe de régulation de la ventilation

Été, diurne (Si T° ext. > T° ext. non chauffage)

#### Si surchauffe (T° de reprise CTA > T° int\_consigne\_été) : refroidissement par la centrale de ventilation

#### Cascade d'actions :

ENJEUX

- Réduction vitesse de la roue de récupération pour réduire la température de pulsion : valorisation de l'air frais extérieur
- Puis enclenchement de la batterie froide avec T° puls. = T° puls. min confort et T° int\_locale > T° int\_consigne\_été.
- Puis ouverture des clapets de zone et augmentation de la vitesse de la CTA :

Ouverture des clapets fonction de T° int locale

Vitesse des ventilateurs et leur hauteur manométrique réglée en fonction de la position des clapets de zone. (Le système de régulation connaît la position de chaque registre et optimise le gain de pression de la centrale de traitement d'air de manière à ce qu'au moins 1 registre soit totalement ouvert.)



### Principe de régulation de la ventilation

Été, nocturne (Si Text > T° ext.\_non\_ chauffage)

### Si surchauffe : free cooling mécanique

Horaire

ENJEUX

Si T° ext > T° ext\_consigne,
 et T° ext < T° int\_locale,</li>
 et T° int\_locale > T° int\_consigne\_été,

alors, CTA ON, roue de récupération et batterie OFF, et clapet de zone en position maximale entraînant l'augmentation de la vitesse des ventilateurs de la CTA



### CE QU'IL FAUT RETENIR DE L'EXPOSÉ



- Le free cooling par ventilation intensive est un principe « low tech » appliqué depuis une « éternité » dans les bâtiments pour refroidir l'ambiance.
- La recherche de l'efficacité maximale peut conduire à la mise en œuvre d'une régulation « high tech » regroupant de nombreux paramètres
- Cette régulation est aussi nécessaire pour ne pas engendrer de surconsommation (destruction d'énergie, consommation de ventilateurs)
- Cette régulation demande une mise au point et un suivi (parfois complexe) par les utilisateurs du bâtiment
- Cette régulation ne peut occulter la présence des occupants (dérogation, sensibilisation, motivation)





#### Guide bâtiment durable

#### www.guidebatimentdurable.brussels

 Technique du bâtiment Dossier I <u>Free-cooling</u>



#### **Sites internet**

- ► Energie plus : <u>Organiser le rafraîchissement par free-cooling</u>
- ► Programme Hybvent : <u>annex 35 Control Startegies for hybrid</u>



#### **Fabrice DERNY**

Ingénieur projet MATRIciel sa









# MERCI POUR VOTRE ATTENTION

