


CENTRALE DE TRAITEMENT D'AIR ADAPTÉE À L'IEC POUR LE TERTIAIRE

Optimisations: la clé pour doubler l'effet thermique
29 avril 2021


Johan Verplaetsen
Directeur Menerga nv



1

CTA adaptée: critères principales

- Réutiliser (activer) les mêmes équipements déjà présents dans la CTA pour l'IEC en été
- Minimiser:
 - Les équipements additionnels nécessaire pour l'IEC
 - Les pertes de charges additionnelles suite à l'IEC
 - La consommation des équipements auxiliaires nécessaires
 - La consommation de l'eau
- Maximiser
 - La vitesse de l'évaporation
 - L'effet thermique de l'IEC
 - La pérennité, cycle de vie
 - L'applicabilité
- Prendre le flux d'air le plus favorable pour le trajet adiabatique: ~~OBA~~ → ETA
- Assurer que le transport de masse et de chaleur se fait dans la même direction



27-4-2021 2

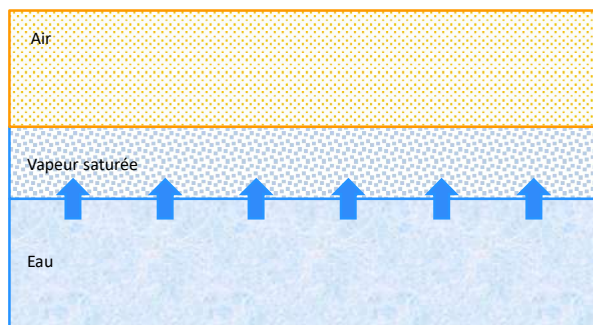
2

Evaporation d'eau dans l'air humide



3

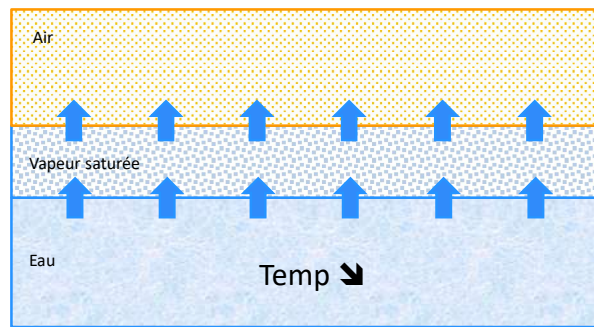
Evaporation d'eau dans l'air humide



Couche de vapeur saturée

4

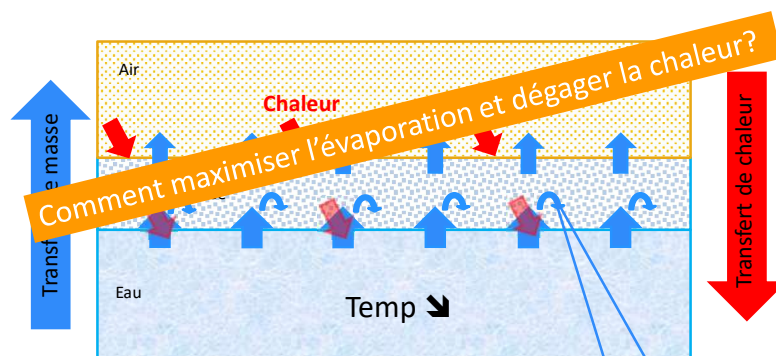
Evaporation d'eau dans l'air humide



La vapeur doit être absorbée par l'air humide
La température de l'eau chute suite à l'évaporation

5

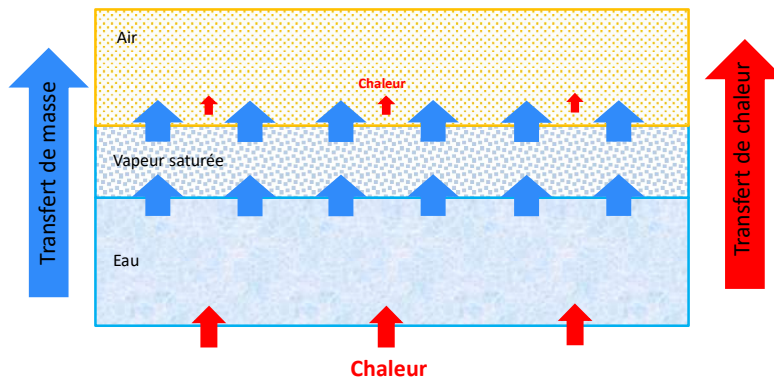
Evaporation d'eau dans l'air humide



L'eau étant plus froide que l'air, c'est l'air qui chauffe l'eau
→ Transfert de masse ⇔ transfert de Chaleur
Transfert de chaleur = contact physique entre les molécules
→ Des molécules venant de s'évaporer vont re-condenser
→ Réduction de l'évaporation nette

6

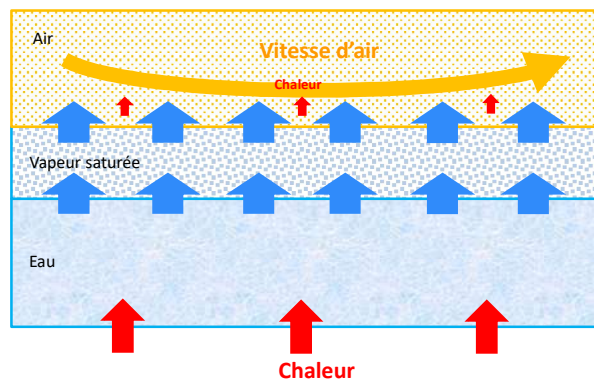
Evaporation d'eau dans l'air humide



En chauffant l'eau, la quantité d'eau évaporée est fortement augmentée.
Le transport de masse et de chaleur se fait dans la même direction
Le frein le plus important c'est l'absorption de la vapeur par l'air humide

7

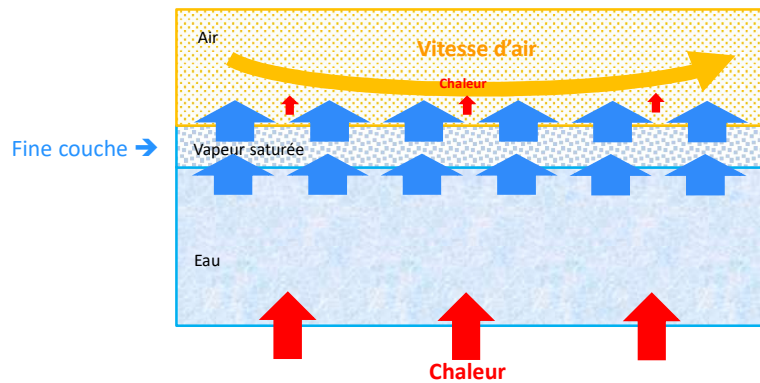
Evaporation d'eau dans l'air humide



Une légère vitesse d'air assure le transport de la vapeur

8

Evaporation d'eau dans l'air humide



Atic
for HVAC professionals
27.04.2021

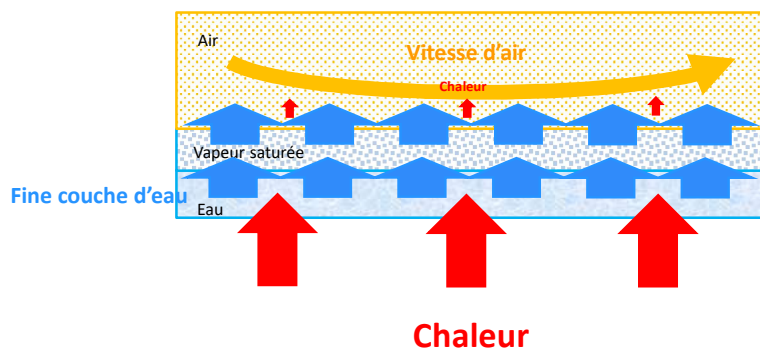
En raison de la vitesse d'air, la couche de vapeur saturée devient plus fine et les molécules venant de s'évaporer peuvent être absorbées plus vite par l'air.

Par contre, l'épaisse couche d'eau ralentit le transfert de chaleur

9

9

Evaporation d'eau dans l'air humide



Atic
for HVAC professionals
28.04.2021

Une évaporation maximale est obtenue par

- Le chauffage d'eau par l'arrière
- Une fine couche d'eau
- Une fine couche de vapeur saturée
- Une légère vitesse d'air

10

10

Evaporation d'eau dans l'air humide

Prouvé par la nature :
L'objectif est de dégager la chaleur du corps



Observations:

- Fine couche d'eau
- Chaleur de l'arrière de la couche d'eau
- Vitesse d'air

11

Evaporation d'eau dans l'air humide

Humidificateurs adiabatiques

1. Par pulvérisation dans l'air
2. Humidificateurs de contact



Foto: Condair, Dristeam, Microniser.com

12

Evaporation d'eau dans l'air humide



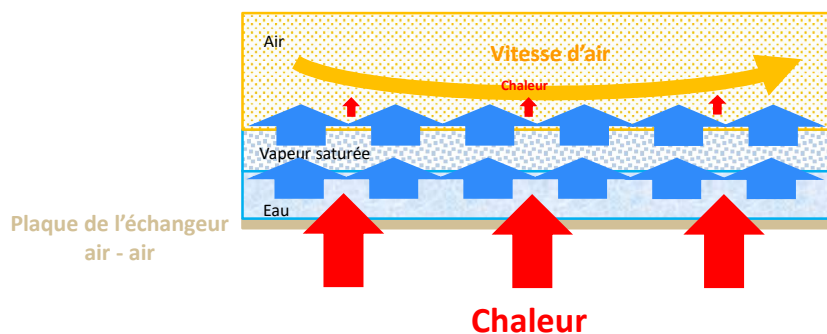
Critères	Humidificateur à pulvérisation	Humidificateur de contact
Fine couche d'eau	oui	oui
Vitesse d'air	non*	oui
Chauffage par l'arrière	non	non
Vitesse d'évaporation	Faible	Moyenne
Distance dans flux d'air	1000 mm typiquement	250 mm typiquement

* Les aérosols sont portés par le flux d'air
→ Pas de différence de vitesse air-eau

→ Il nous manque donc le chauffage par l'arrière afin d'accélérer la vitesse d'évaporation et de maximiser l'effet adiabatique

13

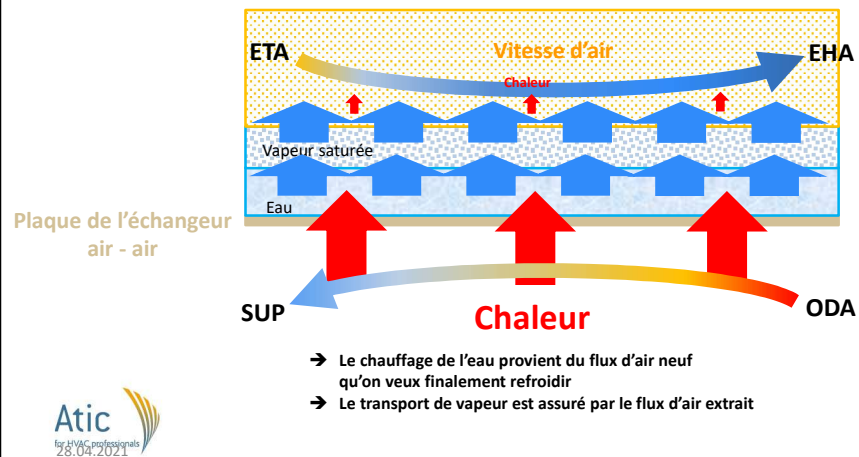
Evaporation d'eau dans l'air humide



→ La solution est l'intégration de l'évaporation d'eau DANS un récupérateur à plaques

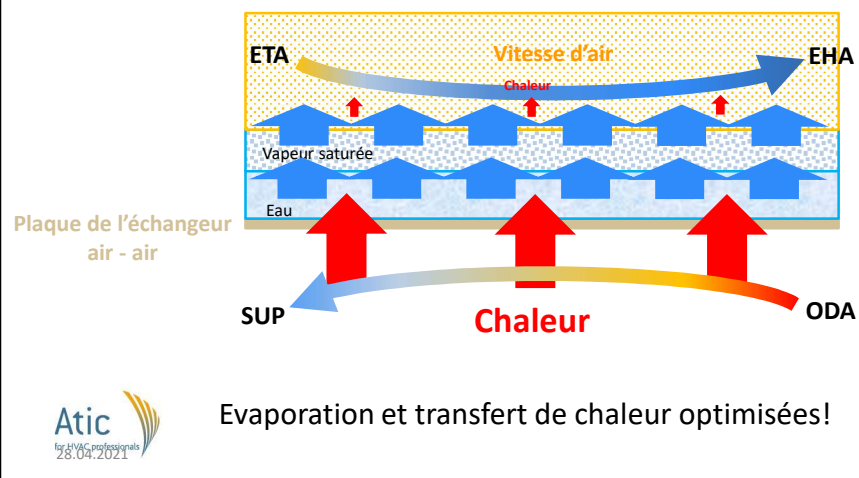
14

Evaporation d'eau dans l'air humide



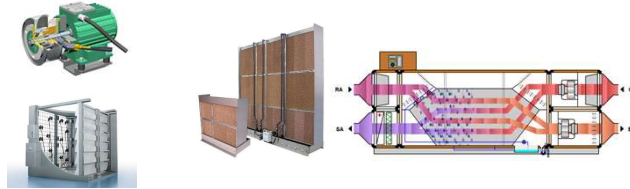
15

Evaporation d'eau dans l'air humide



16

Evaporation d'eau dans l'air humide

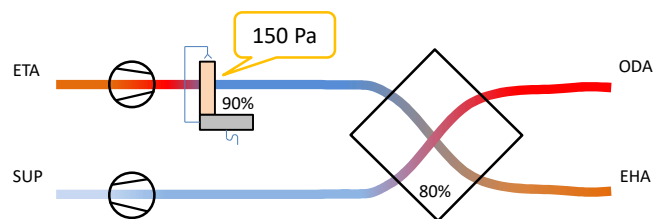


Critères	Humidification à pulvérisation	Humidificateur de contact	Refroidissement adiabatique dans RdC
Fine couche d'eau	Oui	Oui	Oui
Vitesse d'air	Non	Oui	Oui
Chauffage par l'arrière	Non	Non	Oui
Vitesse d'évaporation	Faible	Moyenne	Forte
Distance dans flux d'air	1000 mm typiquement	250 mm typiquement	100 à 150 mm typiquement

17

IEC intégré: performances d'un IEC classique

Système de base théorique : 10.000 m³/h

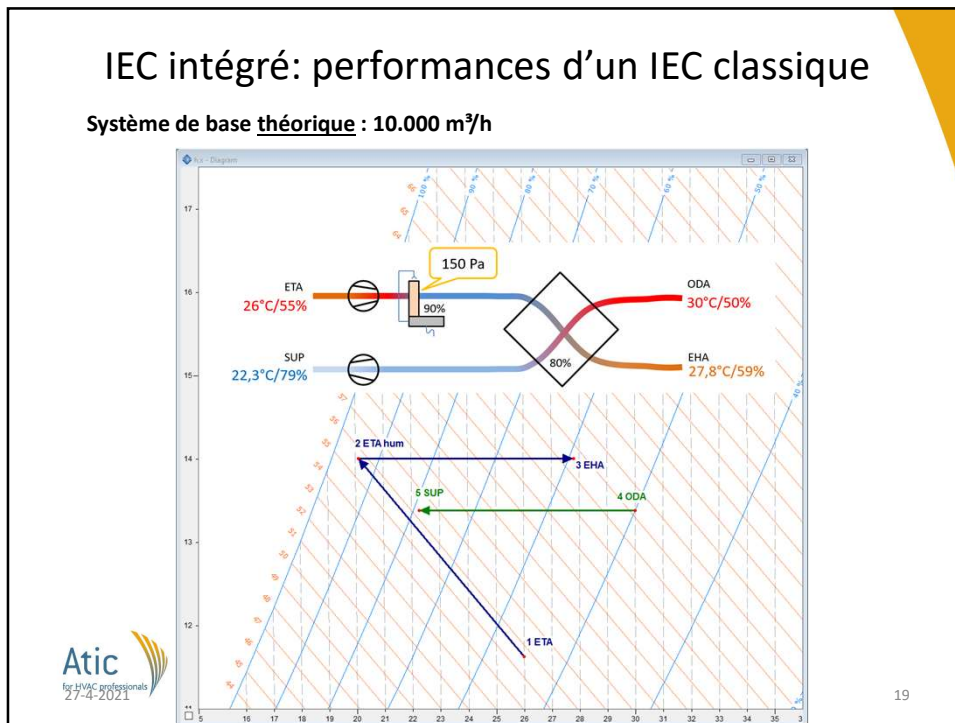


Un humidificateur en air repris, souvent humidificateur de contact à $\eta = 90\%$
 → Perte de charge supplémentaire toute l'année.

18

IEC intégré: performances d'un IEC classique

Système de base théorique : 10.000 m³/h



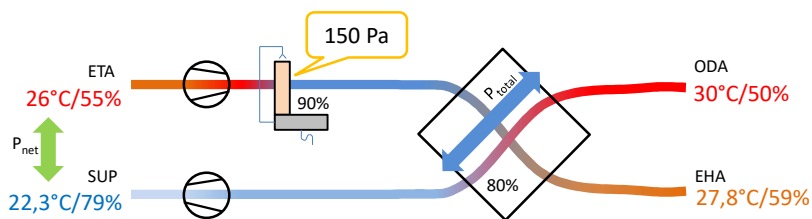
Atic
for HVAC professionals
27-4-2021

19

19

IEC intégré: performances d'un IEC classique

Système de base théorique : 10.000 m³/h



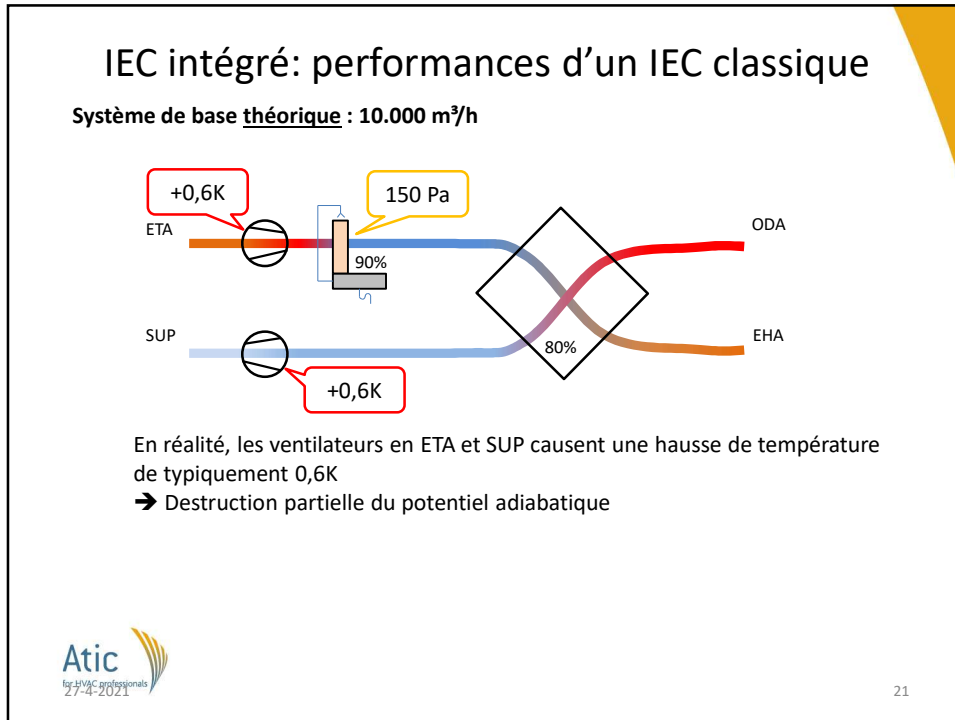
SYSTEM	SUP		AUX	TOTAL		NET	
	T/HR _{SUP} [°C/%HR]	P _{AUX} [kW]	P _{TOTAL} [kW]	% change	COP total	P _{NET} [kW]	COP net
Basic _{THEORIQUE}	22,3/79	0,64	26,4		41,3	12,7	19,8

for HVAC professionals
28-4-2021

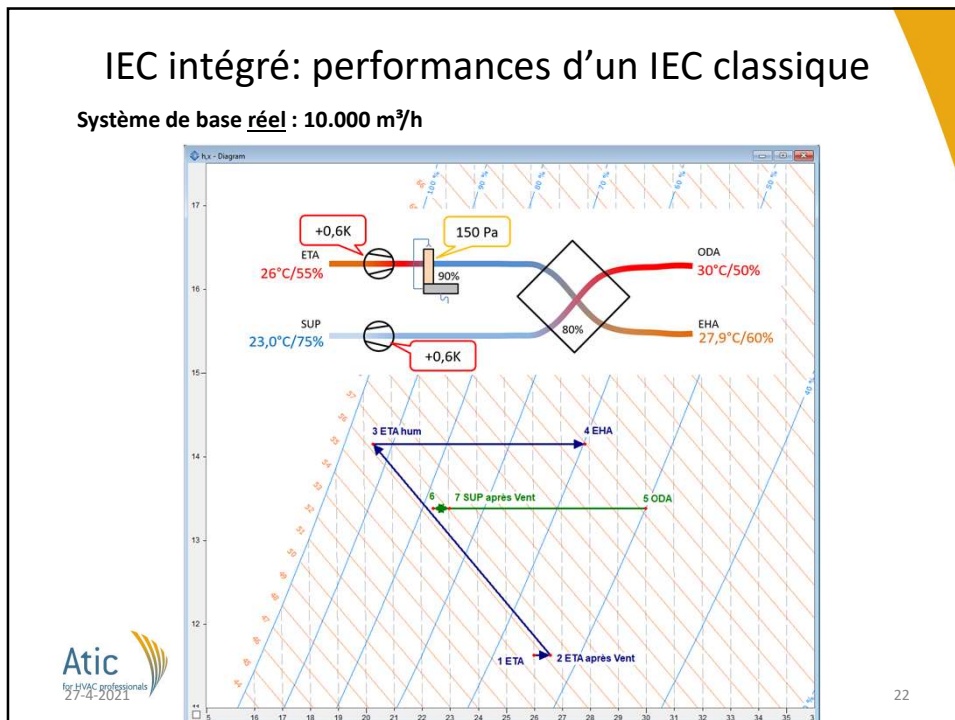
P_{AUX} = ventilateur + pompes

20

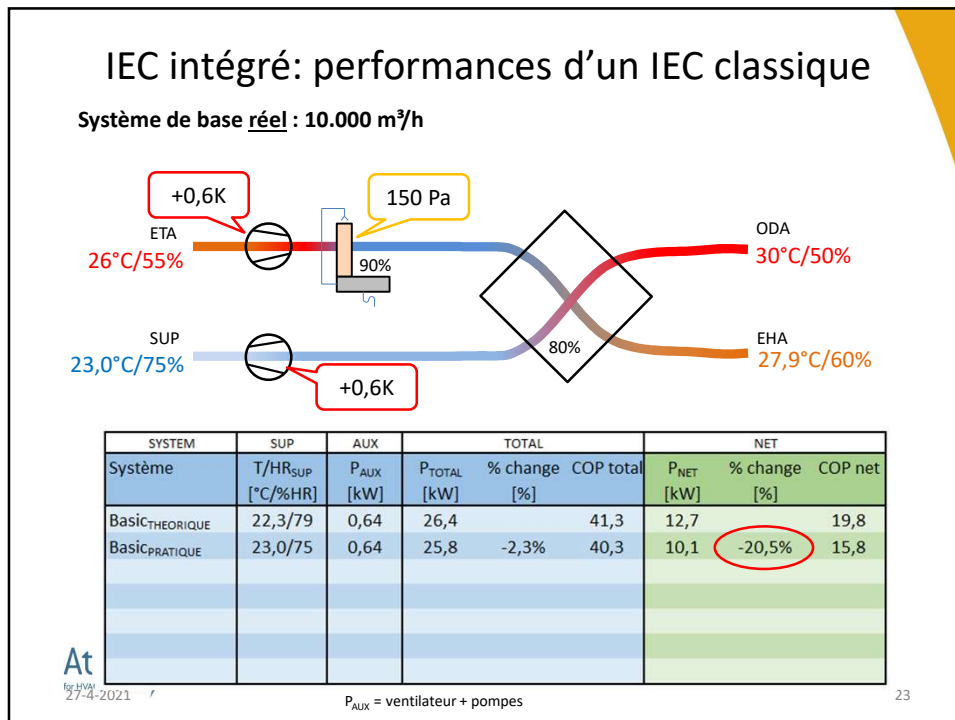
20



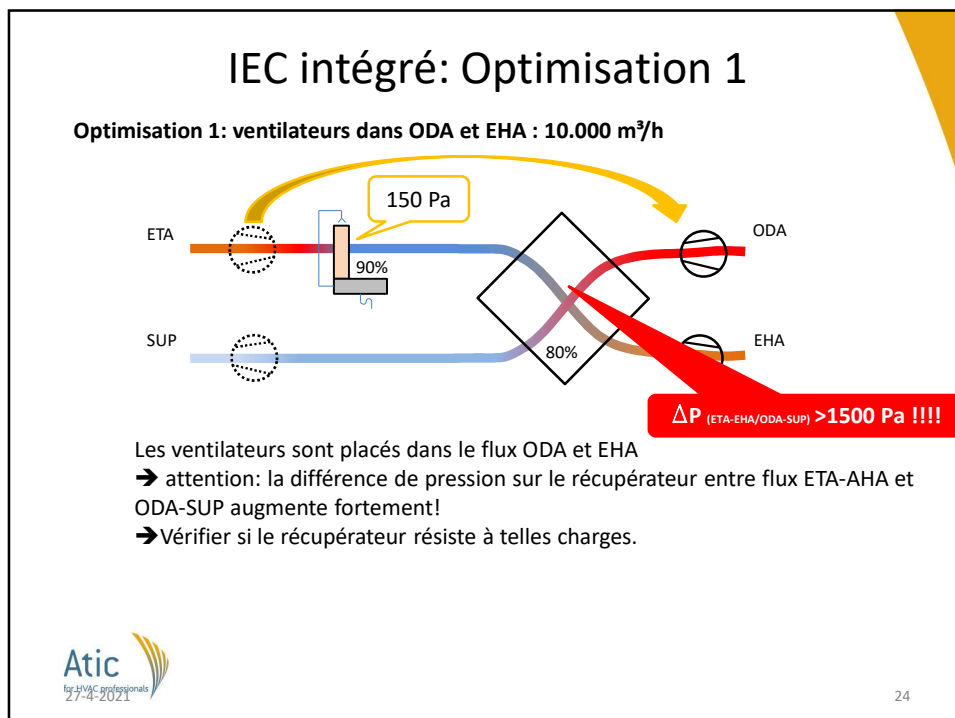
21



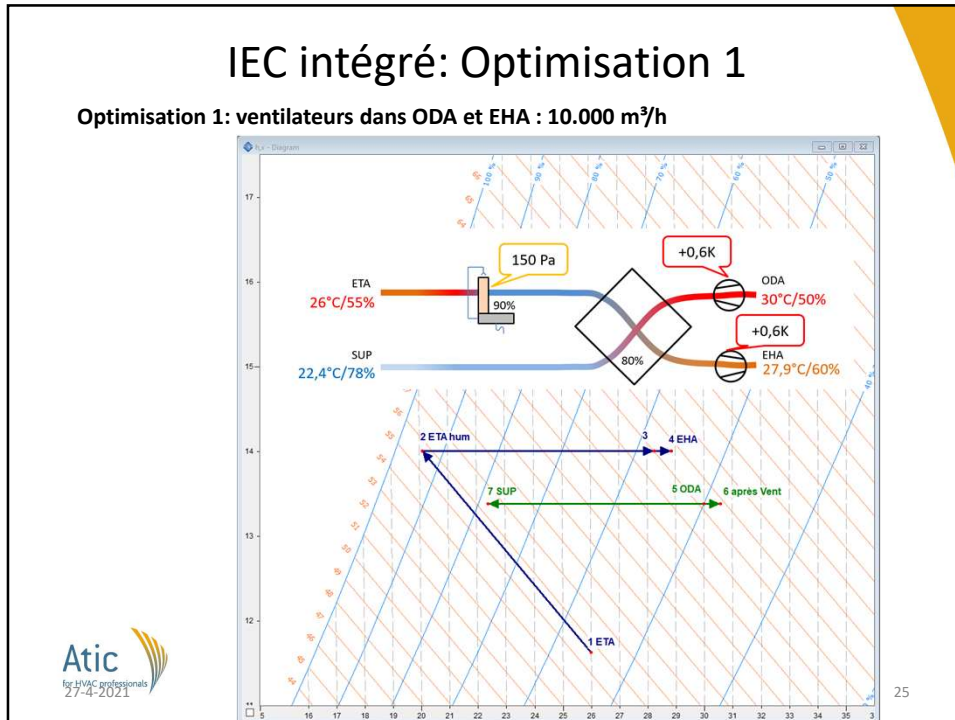
22



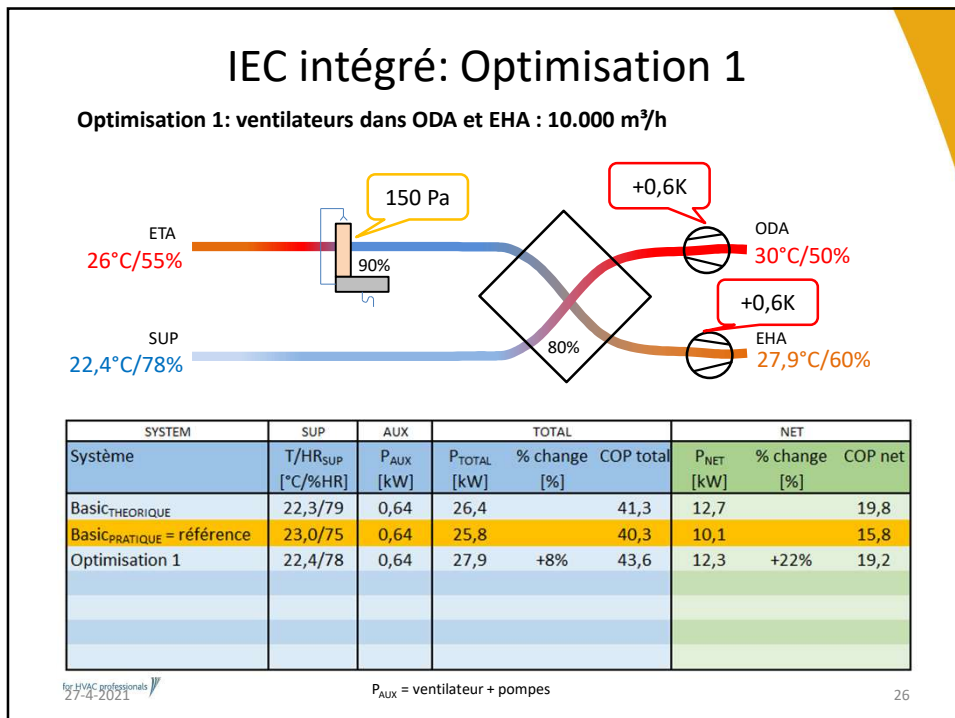
23



24



25



26

IEC intégré: Optimisation 2

Optimisation 2: Humidification DANS le RdC, double récupérateur à flux croisé

L'humidification est fait **DANS** le RdC
 RdC est un double flux croisé
 → Suite aux plaques humides du RdC, η monte à 90%
 → le RdC doit résister à l'eau (soit tenant le calcaire, soit l'eau osmosée)
 → Durable: échangeur à plaques en polypropylène, 100% inerte, recyclable
 → Légère hausse de la perte de charge sur RdC,
 mais uniquement lors du fonctionnement adiabatique.

Atic
for HVAC professionals
28-4-2021

27

27

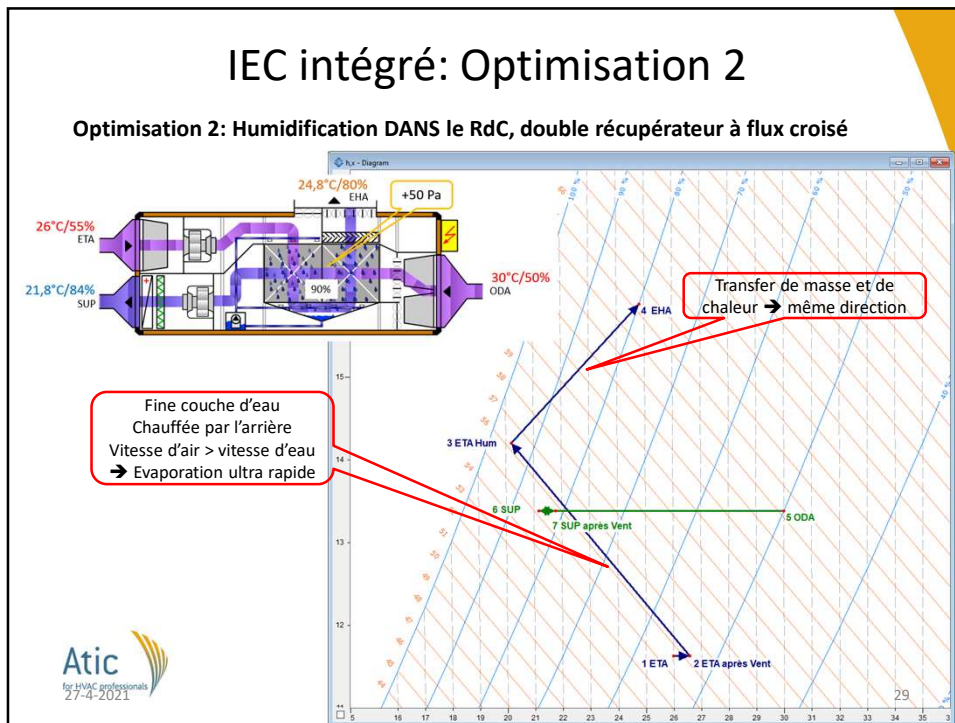
IEC intégré: Optimisation 2

Optimisation 2: Humidification DANS le RdC, double récupérateur à flux croisé

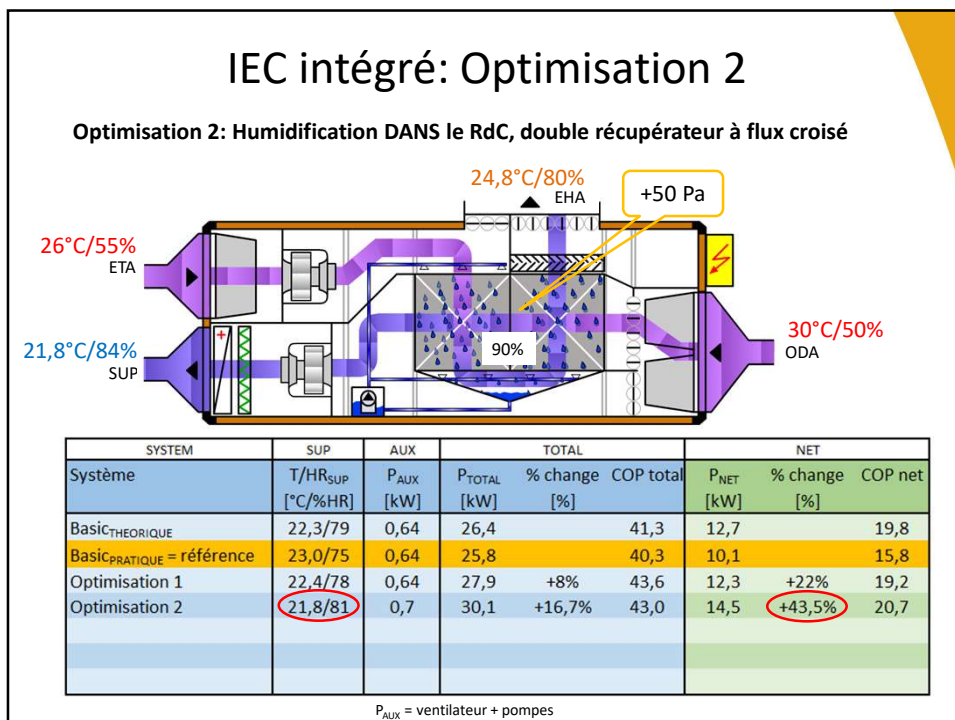
Atic
for HVAC professionals
27-4-2021

28

28



29




30

IEC intégré: Optimisation 3

Optimisation 3:
Humidification DANS le RdC, récupérateur à contre courant, ventilateurs en ODA/EHA

L'humidification est fait DANS le RdC
RdC est un contre-courant (débit jusqu'à 25.000 m³/h)
Ventilateurs en ODA/ EHA


- Suite aux plaques humides du RdC, η monte au delà de 90%
- le RdC doit résister à l'eau (soit tenant le calcaire, soit l'eau osmosée)
- Durable: échangeur à plaques en polypropylène, 100% inerte, recyclable
- Légère hausse de la perte de charge sur RdC, mais uniquement lors du fonctionnement adiabatique.

 for HVAC professionals 28-4-2021 31

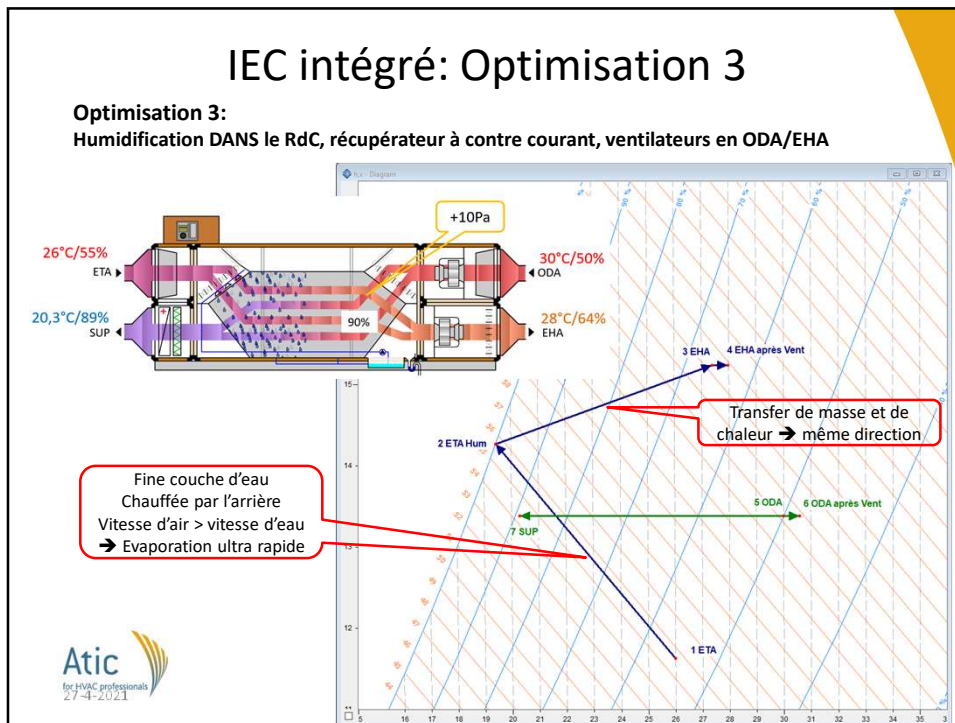
31

IEC intégré: Optimisation 3

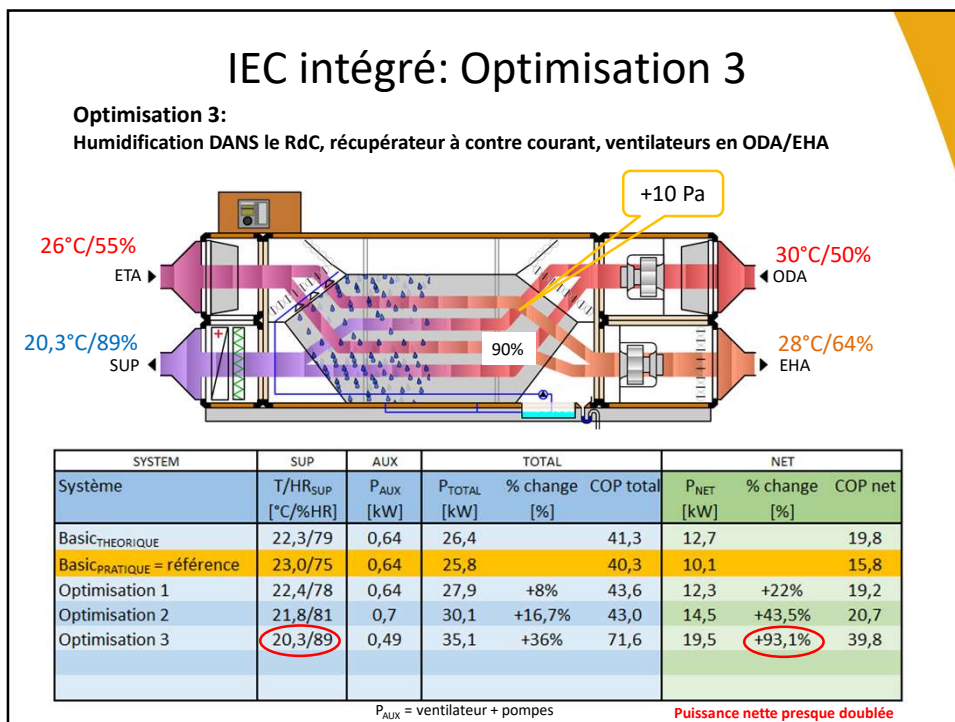
Optimisation 3:
Humidification DANS le RdC, récupérateur à contre courant, ventilateurs en ODA/EHA

 for HVAC professionals 27-4-2021

32



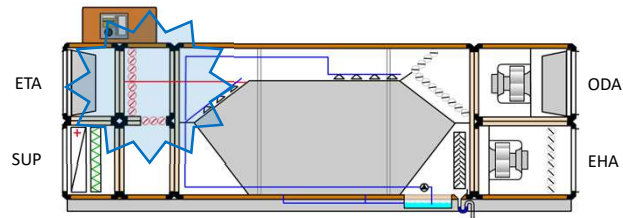
33



34

IEC intégré: Optimisation 4

Optimisation 4:
= optimisation 3 + refroidissement adiabatique « point de rosée »

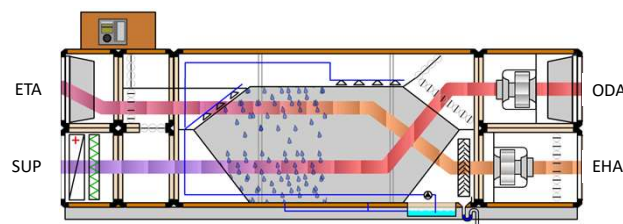


Pose de 3 registres + création d'une 3^{eme} voie pour l'air repris

35

IEC intégré: Optimisation 4

Optimisation 4:
= optimisation 3 + refroidissement adiabatique « point de rosée »



Pose de 3 registres + création d'une 3^{eme} voie pour l'air repris
→ Le fonctionnement « adiabatique simple » est toujours possible

36

IEC intégré: Optimisation 4

Optimisation 4:

= optimisation 3 + refroidissement adiabatique « point de rosée »



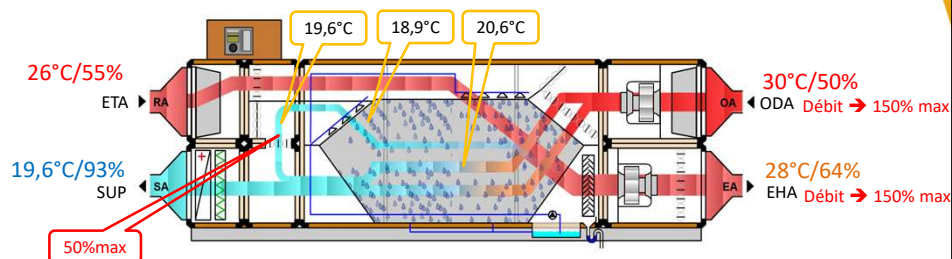
Dès que le mode « point de rosée » devient actif, la 3^{ème} voie de l'ETA est ouverte ainsi que le clapet de recyclage
 → Le refroidissement « adiabatique simple » est désigné à la partie droite du récupérateur
 → Une partie de l'air ODA pré-refroidi est recyclé et humidifié pour atteindre la température bulbe humide de l'ODA pré-refroidi dans la partie gauche du récupérateur

37

IEC intégré: Optimisation 4

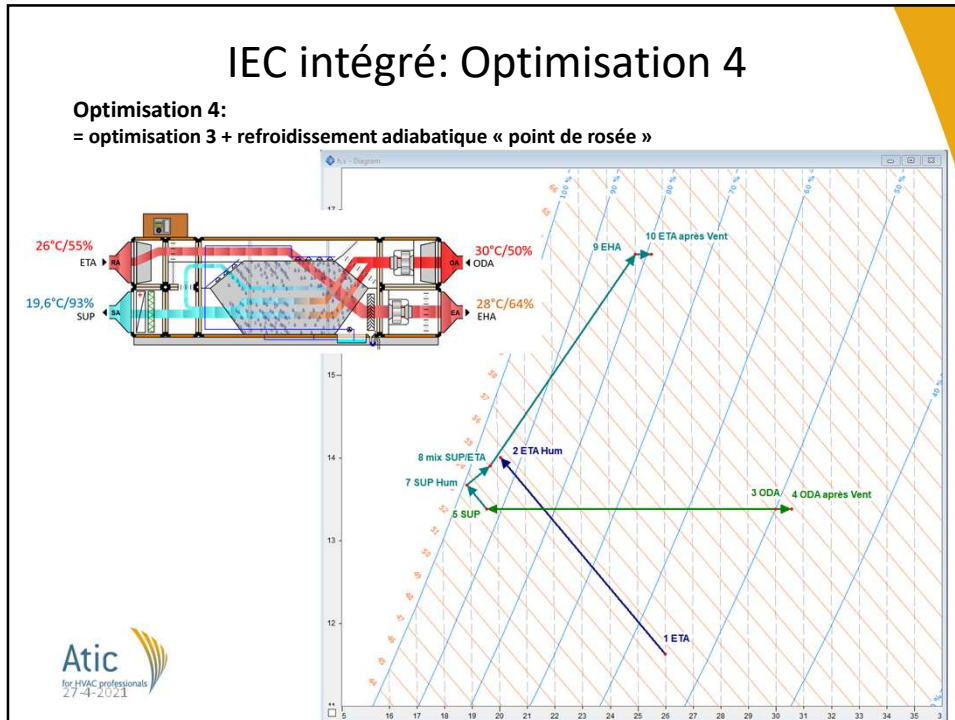
Optimisation 4:

= optimisation 3 + refroidissement adiabatique « point de rosée »

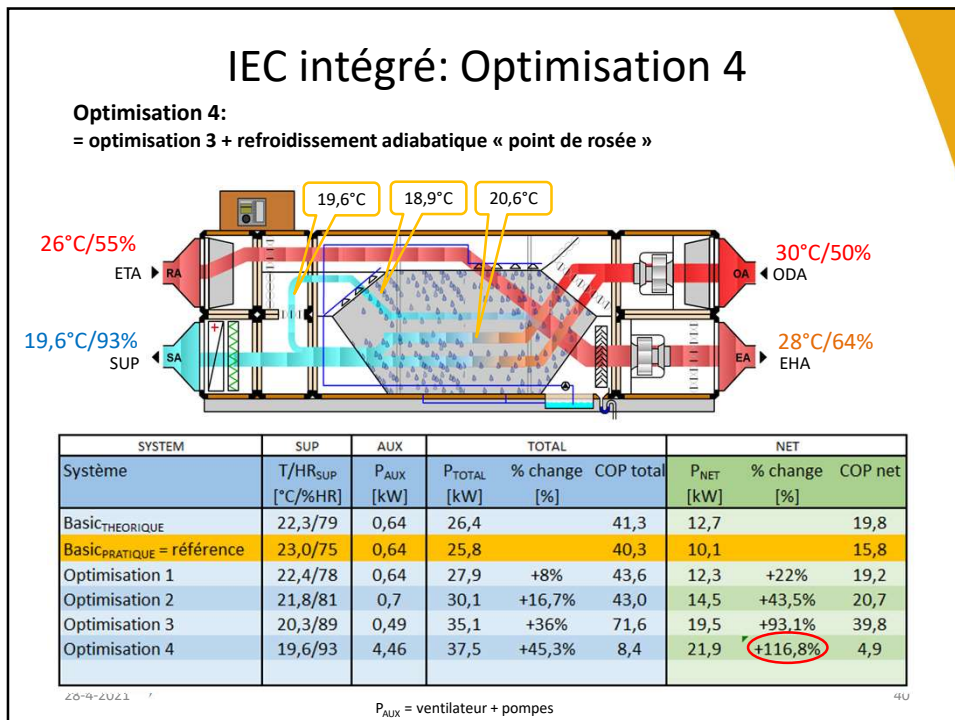


Débit ODA et EHA augmente de 100 à 150% max et en fonction des besoins
 Flux ETA: refr. adiab. mais uniquement dans la partie droite du RdC
 Le surplus du débit ODA (max 50%) est recyclé dans la voie ETA / EHA, et subit l'humidification adiabatique dans la partie gauche du RdC
 Dans le RdC, ce flux se mélange avec le débit ETA (100%) faisant 150% en EHA
 → Effet de boule de neige
 → En théorie, on obtient la température point de rosée de l'air ODA
 → Consommation supplémentaire par les ventilateurs importante, mais uniquement lors de journées très chaudes (canicules)

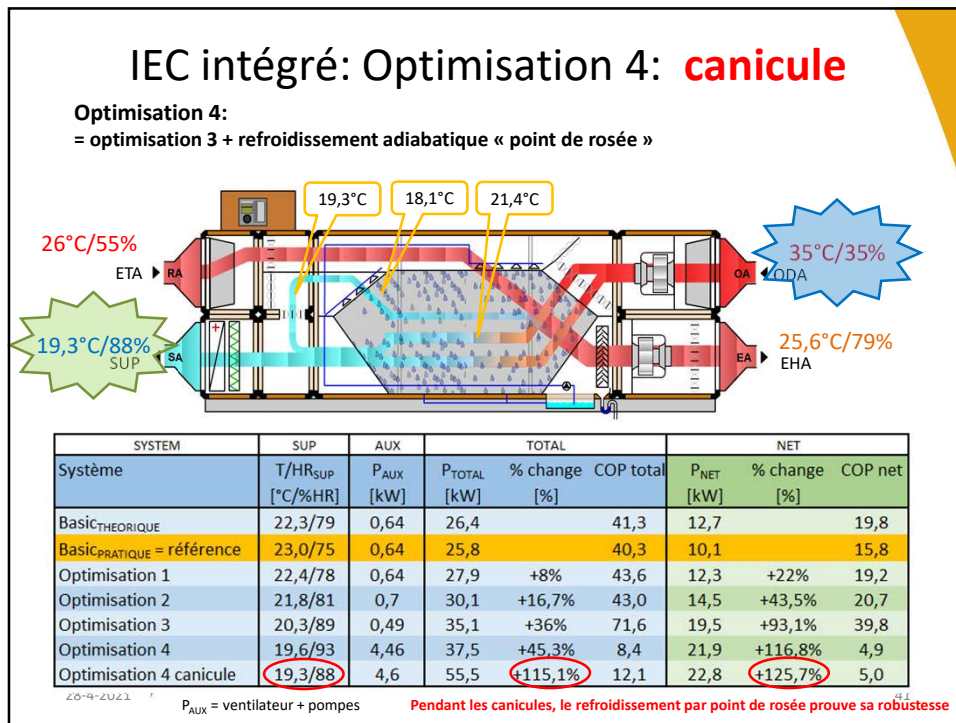
38



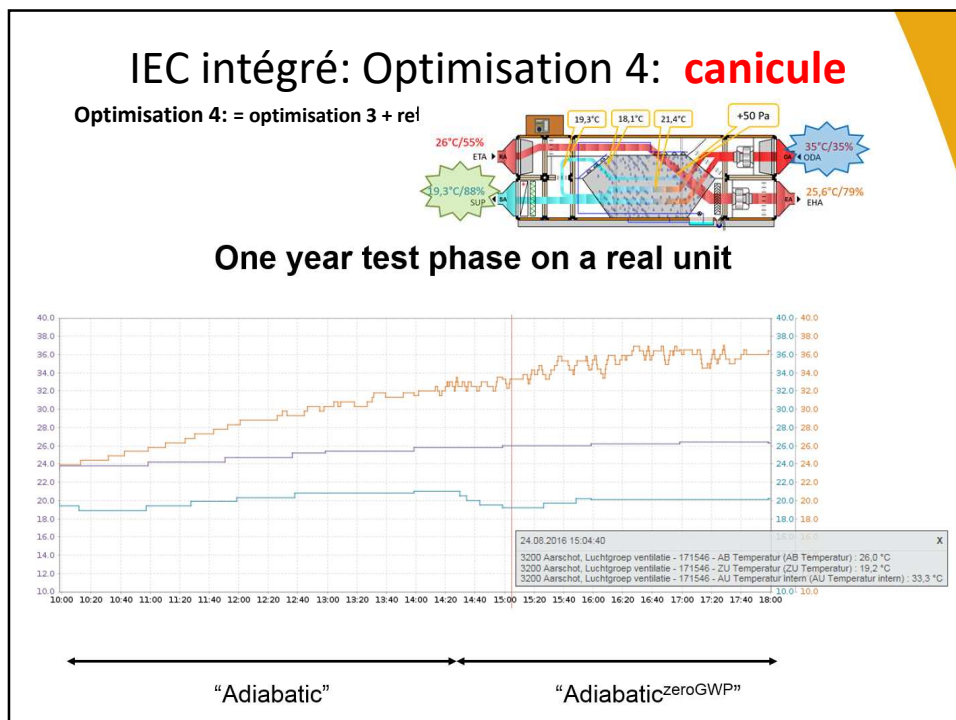
39



40



41




42

IEC intégré: Optimisation 5 **échec**


Optimisation 5: pré-refroidissement ETA à l'aide du fluide adiabatique

Batterie pré-refroidissement alimentée par le circuit adiabatique



ETA ▶ ODA ◀
SUP ◀ EHA ▶

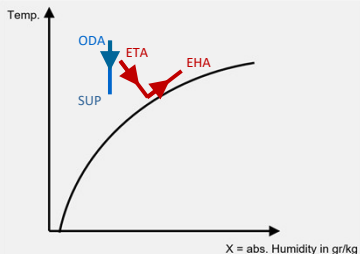
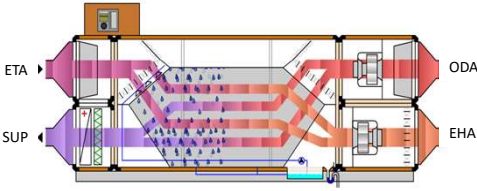
Seulement un léger effet sur la température SUP
 → Perte de charge considérable sur la batterie à 16 rangées
 → La batterie n'est activée que pendant 200h/an
 → La perte de charge persiste toute l'année
 → Cette optimisation ne répond pas à nos critères initiaux

 43


43

IEC intégré: consommation d'eau ?

Exemple: Immeuble de bureaux de 245 personnes, 9800 m³/h d'air neuf pendant 9h au cours d'une journée chaude d'été typique

• 280 kWh_{cool} par jour, → **717 L d'eau** utilisée par jour
 • → **Seulement 2,9 Litres** par jour et par personne
 • → Eau de ville, eau de pluie, eau de surface

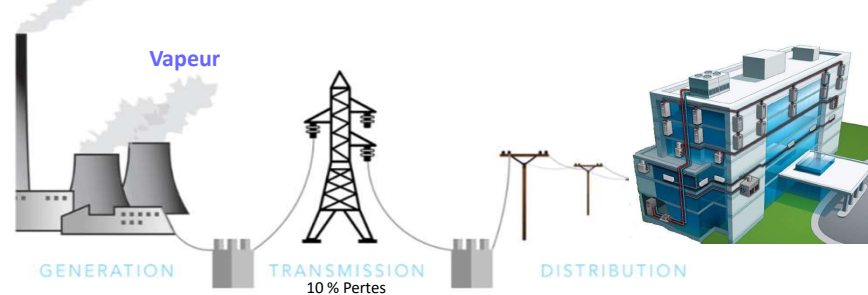
 44

44

IEC intégré: consommation d'eau

Exemple: Immeuble de bureaux de 245 personnes, 9800 m³/h d'air neuf pendant 9h lors d'une journée chaude d'été typique
 → Refroidissement par en group eau glacée en toiture

CO₂ + vapeur + NO_x



- Pour produire 280 kWhcool par jour, **816 L d'eau** sont évaporées dans la centrale.
- → En plus, **CO₂** et **NO_x** sont produit.



45

IEC intégré: déshumidification ?

Certains régions à haute humidité nécessitent la déshumidification de l'ODA
Aucun système adiabatique, direct ou indirect, n'est capable de déshumidifier l'air

Pour effectuer la déshumidification, il faut faire appel à d'autres technologies

- Par condensation → Basse températures
 - Groupe eau glacée ou DX (extérieure) air-eau
 - Groupe froid à adsorption
 - Des technologies plus innovantes
- Par séchage chimique
 - Adsorption (roues, système DEC)
 - Absorption



Certains technologies peuvent être parfaitement combinées avec l'IEC, et souvent la combinaison est plus efficace que les systèmes individuels



46

46

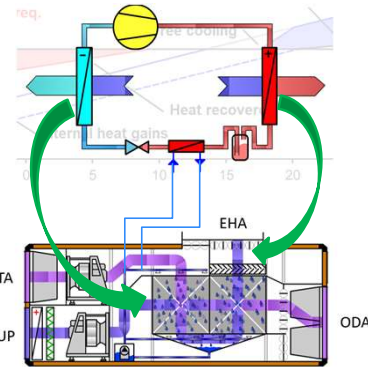
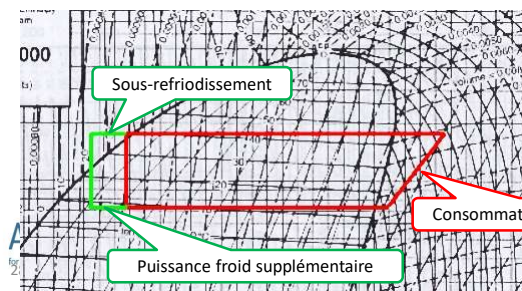
IEC intégré: Combinaisons intéressantes

Déshumidification par condensation

1: Refroidissement adiabatique + groupe froid DX intégré

Opportunités:

1. Placer l'évaporateur directement après le RdC
→ puissance à installer réduite,
et une meilleure capacité spécifique de déshu [kg/kWh]
2. Refroidir le condenseur par air EHA à 24°C
au lieu de ODA à 30°C → COP
3. Ajouter sous-refroidisseur dans le circuit froid → COP
4. Puissance DX réduite + COP augmenté
→ quantité réfrigérants réduite



47

47

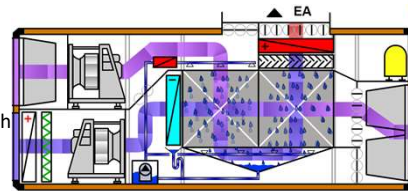
IEC intégré: Combinaisons intéressantes

Déshumidification par condensation

1: Refroidissement adiabatique + groupe froid DX intégré

Opportunités:

1. Placer l'évaporateur directement après le RdC
→ puissance à installer réduite,
mais meilleure capacité spécifique de déshu [kg/kWh]
2. Refroidir le condenseur par air EHA à 24°C
au lieu de ODA à 30°C → COP
3. Ajouter sous-refroidisseur dans le circuit froid → COP
4. Puissance DX réduite + COP augmenté
→ quantité réfrigérants réduite
5. Capturer le condensat de la batterie froide et réutiliser
immédiatement dans l'IEC



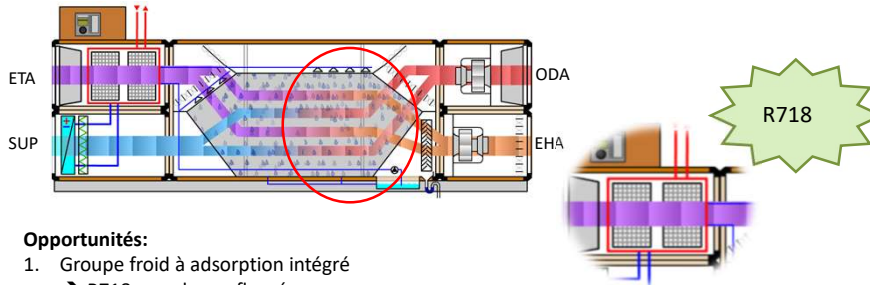
48

48

IEC intégré: Combinaisons intéressantes

Déshumidification par condensation

2: Refroidissement adiabatique + groupe froid à adsorption



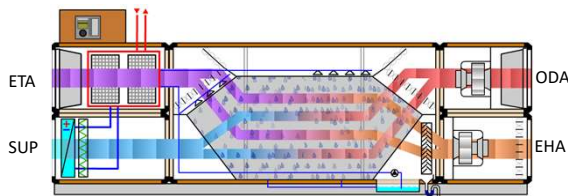
Opportunités:

1. Groupe froid à adsorption intégré
 - R718, pas de gaz fluorés
 - refroidissement sur base de chaleur gratuite (Cogén, Solaire, Urbain ...)
2. Partie droite du RdC devient la tour de refroidissement pour l'adsorption
 - basse température dans le circuit de refoulement de chaleur
 - haut COP thermique
 - haute puissance en adsorption

IEC intégré: Combinaisons intéressantes

Déshumidification par condensation

2: Refroidissement adiabatique + groupe froid à adsorption



Plus encore que pour un refroidissement DX classique, la température à laquelle la chaleur est évacuée vers l'extérieure joue un rôle important dans cette technologie.

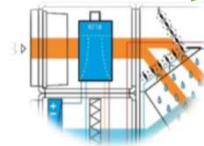
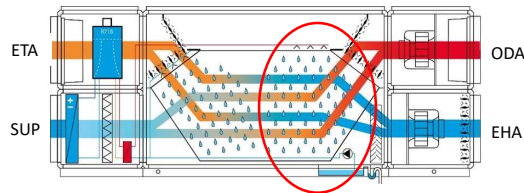
Dans cette configuration, l'eau de refroidissement adiabatique est plus froide que dans une tour de refroidissement qui fonctionne à des températures extérieures beaucoup plus élevées, car l'IEC se fait dans l'air d'extraction plus froid.

Ainsi, en combinant les deux systèmes, on obtient une puissance et un rendement plus élevés.

IEC intégré: Combinaisons intéressantes

Déshumidification par condensation

3: Refroidissement adiabatique + groupe froid à turbo compresseur et R718



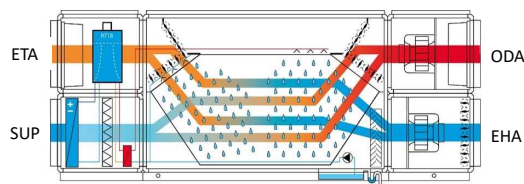
Opportunités:

1. Groupe froid à turbo compresseur et R718
→ R718
2. Partie droite du RdC devient tour de refroidissement pour de groupe froid
→ basse température dans le circuit de refoulement de chaleur
→ très haut COP / EER

IEC intégré: Combinaisons intéressantes

Déshumidification par condensation

3: Refroidissement adiabatique + groupe froid à turbo compresseur et R718



Plus encore que pour un refroidissement DX classique, la température à laquelle la chaleur est évacuée vers l'extérieur joue un rôle important dans cette technologie innovante.

Dans cette configuration, l'eau de refroidissement adiabatique est plus froide que dans une tour de refroidissement qui fonctionne à des températures extérieures beaucoup plus élevées, car l'IEC se fait dans l'air d'extraction plus froid.

Ainsi, en combinant les deux systèmes, on obtient une puissance et un rendement plus élevés.

IEC intégré: Combinaisons intéressantes

Déshumidification par séchage chimique
4: Refroidissement adiabatique + déshumidification à absorption

Atic
for HVAC professionals
27-4-2021

53

53

IEC intégré: Combinaisons intéressantes

Déshumidification par séchage chimique
4: Refroidissement adiabatique + déshumidification à absorption

Atic
for HVAC professionals
28-4-2021

54

Opportunités:

1. Déshumidification par absorption (LiCl), entraînée par chaleur solaire
 → Chaleur latente dégagée par l'IEC servant comme tour de refroidissement
2. Haute capacité de déshumidification grâce à la basse température du circuit adiabatique
3. Par le refroidissement de la solution dessicante, le processus de déshumidification est même sous-isotherme et non adiabatique comme avec une roue à adsorption.

54

CENTRALE DE TRAITEMENT D'AIR ADAPTÉE À L'IEC POUR LE TERTIAIRE

Conclusions:

1. Par optimisations, on arrive à **doubler** la puissance nette disponible
2. Même lors des **canicules** l'IEC peut **maintenir le confort** dans le bâtiment
3. Pour déshumidifier, l'IEC se laisse **combiner** avec
 - Des systèmes plutôt classiques (DX à gaz fluorés)
 - Des systèmes innovants (Adsorption, Absorption, DX à R718 ...)
4. La combinaison de l'IEC avec des systèmes de déshumidification rends ces derniers encore plus efficaces et donc intéressants

55

CENTRALE DE TRAITEMENT D'AIR ADAPTÉE À L'IEC POUR LE TERTIAIRE

QUESTIONS ?

MERCI POUR VOTRE ATTENTION !



Illustration: Demorgen.be

56