

SYSTÈMES ADAPTÉS AUX BÂTIMENTS SANS REFRIGÉRANTS

**Optimisations et synergies:
les clés pour maintenir le confort**

30 septembre 2021

Johan Verplaetsen

Directeur Menerga nv



Systèmes adaptés aux bâtiments sans réfrigérants

- Pandémie Covid
- CO₂ comme base pour une ventilation suffisante
- Particules PM1
- Arrêtés ministériels
- ➔ nécessité d'augmenter le taux de ventilation
➔ PEB de 28 m³/h ➔ 54 m³/h
- Résultat:
 - meilleurs conditions au niveau CO₂ et moins de risque de contamination
 - plus de pertes de chaleur en hiver ➔ RdC à haut rendement
 - plus d'apports en été ➔ surcharge pour les systèmes de clim.
- Alors comment faire pour garantir le confort SANS utiliser des réfrigérants?

Evaporation d'eau dans l'air humide

Prouvé par la nature :

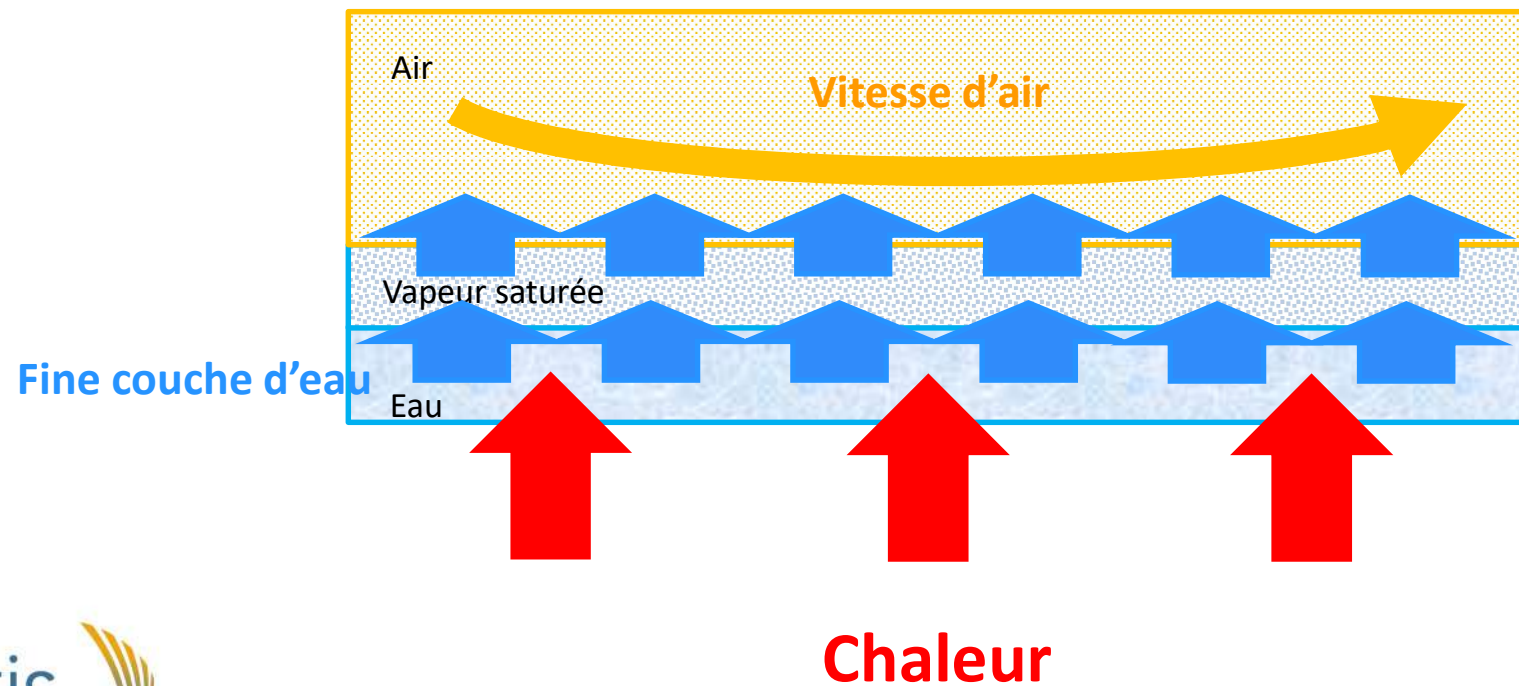
L'objectif est de dégager la chaleur du corps



Observations:

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

Evaporation d'eau dans l'air humide



Evaporation d'eau dans l'air humide

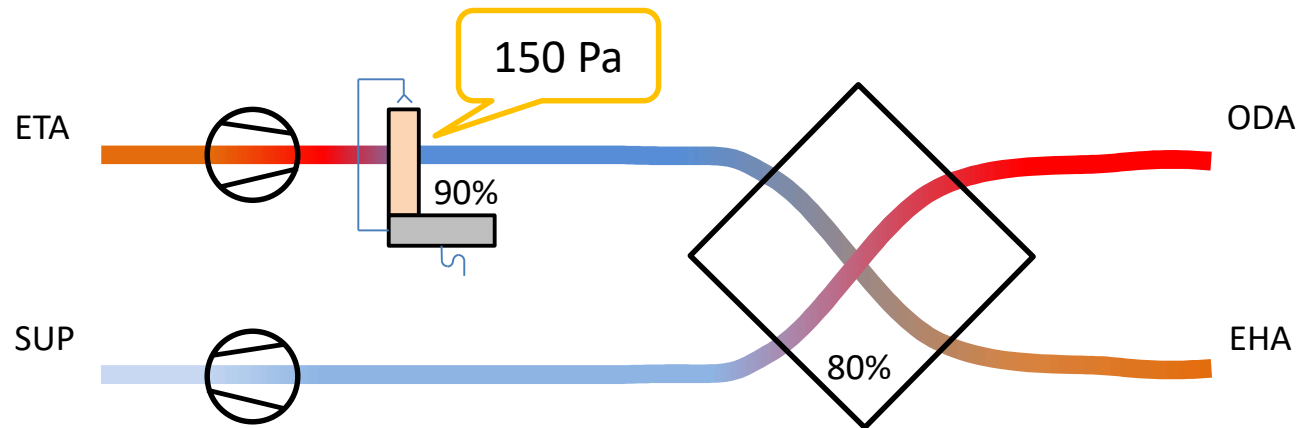
Une solution très durable:

Le refroidissement adiabatique indirect dans la CTA
pour réduire un maximum la température ODA
sans utilisation de réfrigérants

➔ IEC : Indirect **E**vaporative **C**ooling

Performances d'un IEC classique

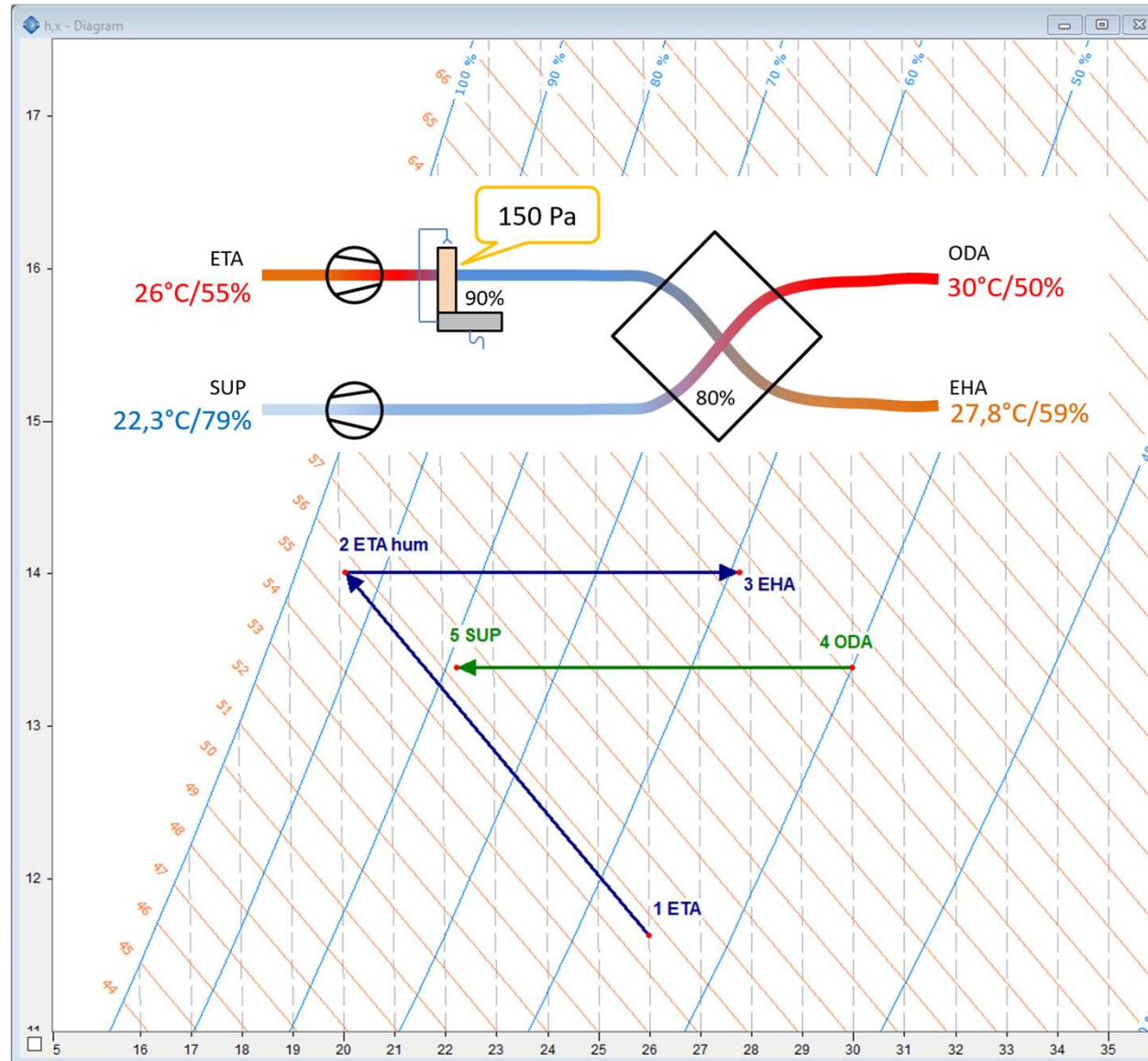
Système de base théorique : 10.000 m³/h



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

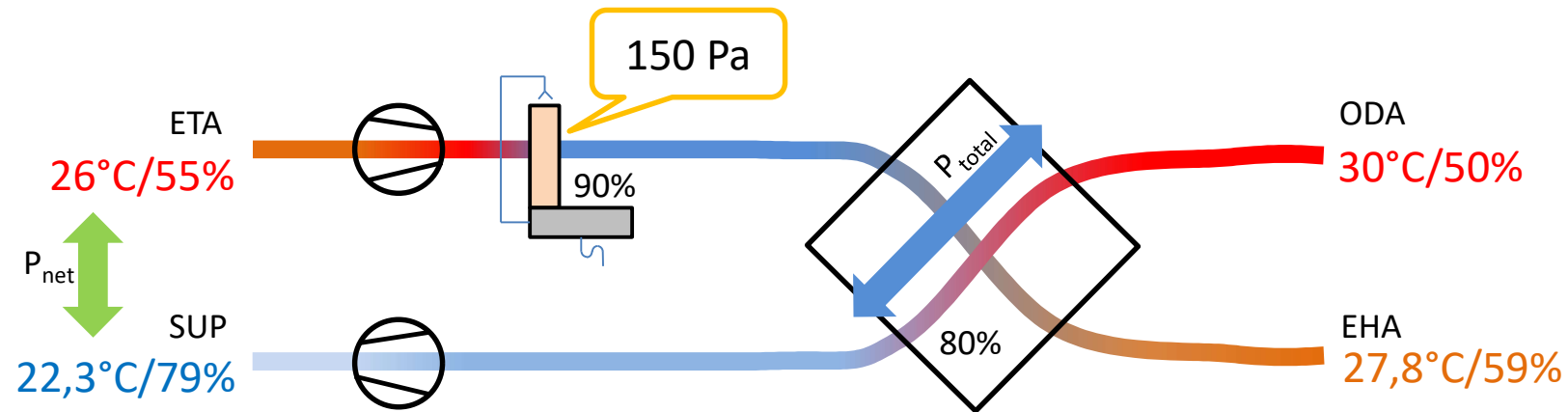
Performances d'un IEC classique

Système de base théorique : 10.000 m³/h



Performances d'un IEC classique

Système de base théorique : 10.000 m³/h

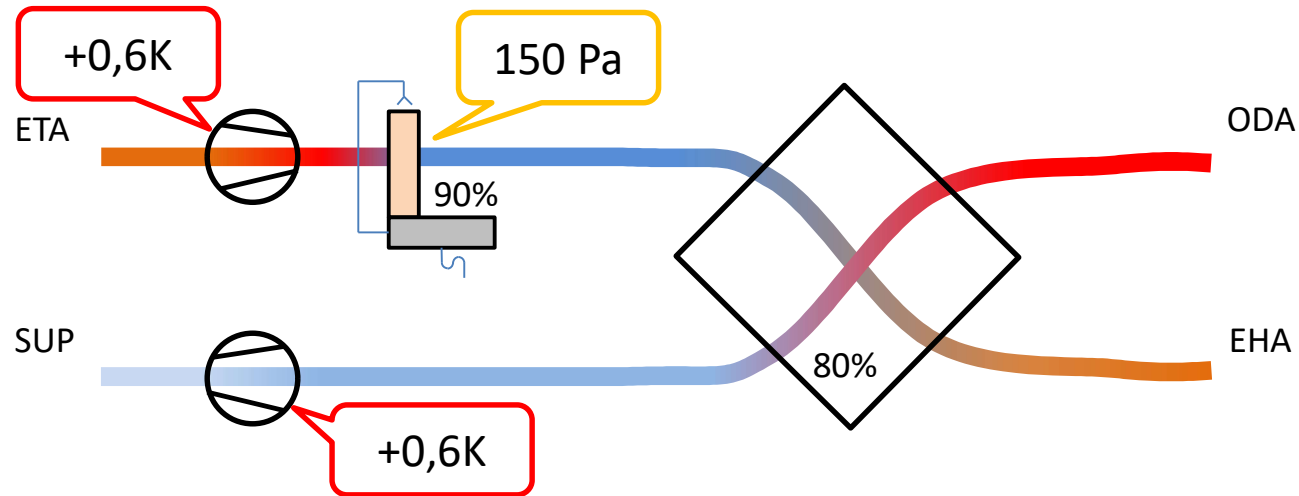


SYSTEM	SUP	AUX	TOTAL			NET		
Système	T/HR _{SUP} [°C/%HR]	P _{AUX} [kW]	P _{TOTAL} [kW]	% change [%]	COP total	P _{NET} [kW]	% change [%]	COP net
Basic _{THEORIQUE}	22,3/79	0,64	26,4		41,3 *	12,7		19,8*

* la perte de charge de l'humidificateur se manifeste toute l'année (2200h), tandis qu'il n'est productif pendant 300h/an max.
De cette façon, le COP annuel est inférieure à 5

Performances d'un IEC classique

Système de base réel : 10.000 m³/h

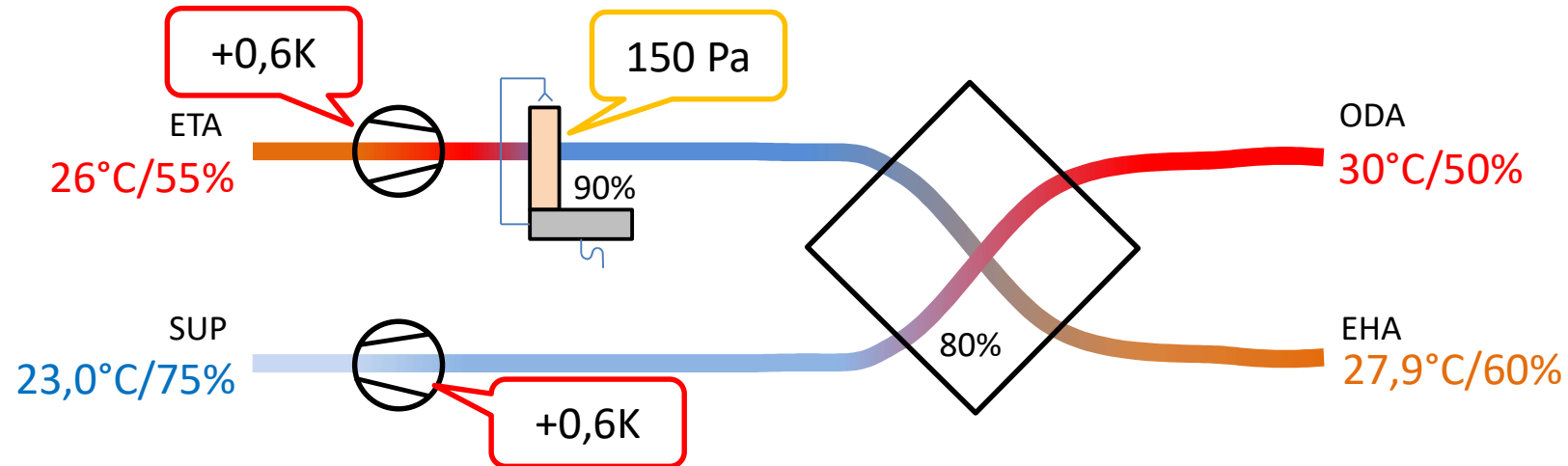


En réalité, les ventilateurs en ETA et SUP causent une hausse de température de typiquement 0,6K

➔ Destruction partielle du potentiel adiabatique

Performances d'un IEC classique

Système de base réel : 10.000 m³/h



SYSTEM	SUP	AUX	TOTAL			NET		
Système	T/HR _{SUP} [°C/%HR]	P _{AUX} [kW]	P _{TOTAL} [kW]	% change [%]	COP total	P _{NET} [kW]	% change [%]	COP net
Basic _{THEORIQUE}	22,3/79	0,64	26,4		41,3 *	12,7		19,8*
Basic _{PRATIQUE}	23,0/75	0,64	25,8	-2,3%	40,3*	10,1	-20,5%	15,8*

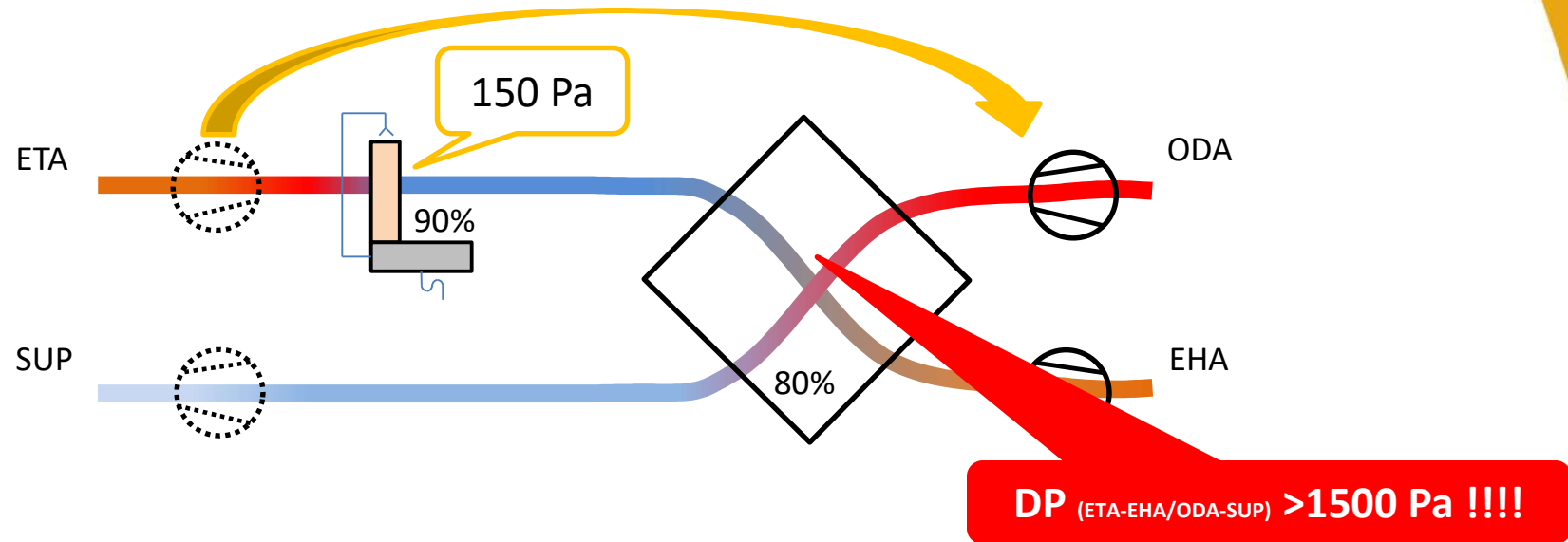
* la perte de charge de l'humidificateur se manifeste toute l'année (2200h), tandis qu'il n'est productif pendant 300h/an max.

De cette façon, le COP annuel est inférieure à 5

P_{AUX} = ventilateur + pompes

IEC intégré: Optimisation 1

Optimisation 1: ventilateurs dans ODA et EHA : 10.000 m³/h



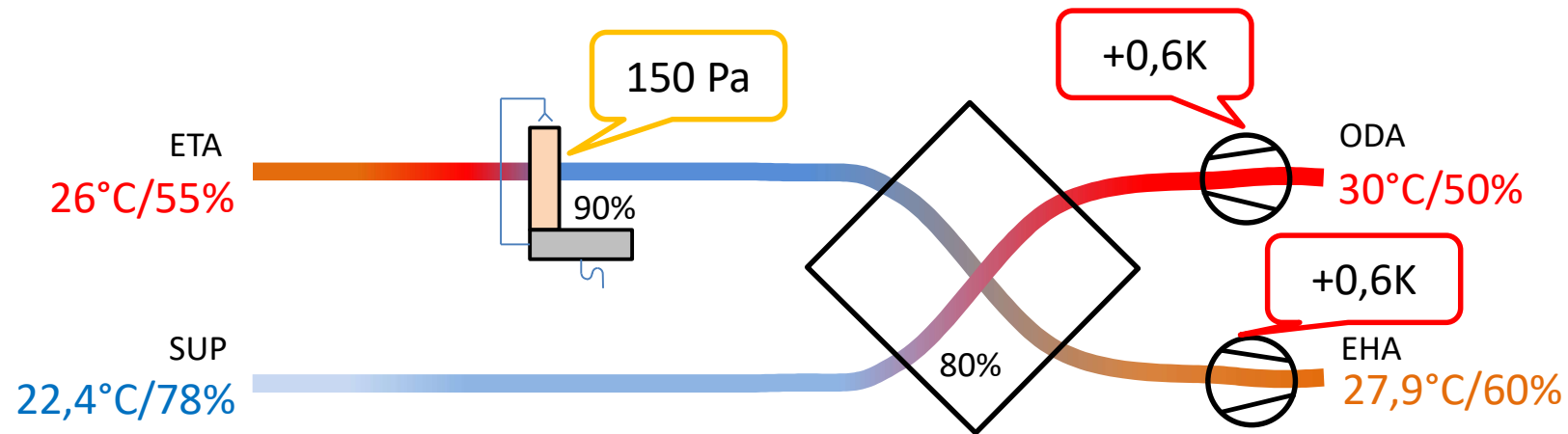
Les ventilateurs sont placés dans le flux ODA et EHA

→ attention: la différence de pression sur le récupérateur entre flux ETA-AHA et ODA-SUP augmente fortement!

→ Vérifier si le récupérateur résiste à telles charges.

IEC intégré: Optimisation 1

Optimisation 1: ventilateurs dans ODA et EHA : 10.000 m³/h



SYSTEM	SUP	AUX	TOTAL			NET		
Système	T/HR _{SUP} [°C/%HR]	P _{AUX} [kW]	P _{TOTAL} [kW]	% change [%]	COP total	P _{NET} [kW]	% change [%]	COP net
Basic _{THEORIQUE}	22,3/79	0,64	26,4		41,3 *	12,7		19,8*
Basic _{PRATIQUE} = référence	23,0/75	0,64	25,8	-2,3%	40,3*	10,1	-20,5%	15,8*
Optimisation 1	22,4/78	0,64	27,9	108%	43,6*	12,3	122%	19,2*

Atic

for HVAC professionals
23-9-2021

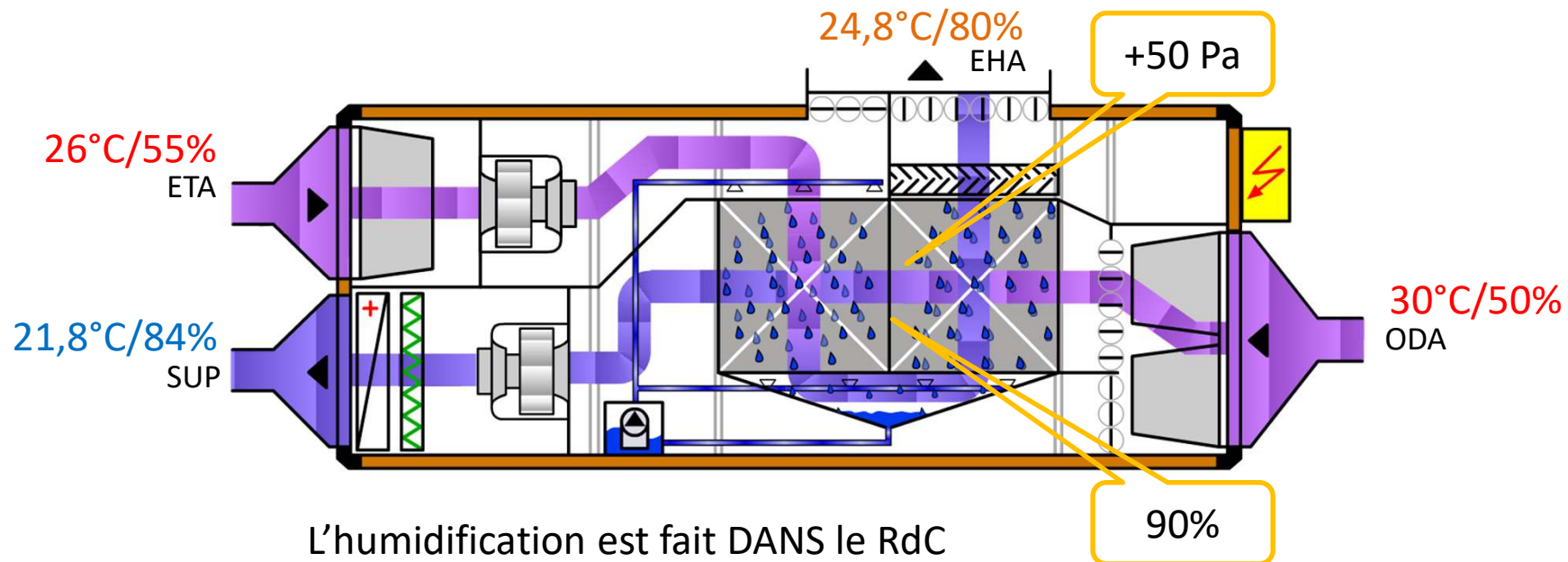
* la perte de charge de l'humidificateur se manifeste toute l'année (2200h), tandis qu'il n'est productif pendant 300h/an max.

De cette façon, le COP annuel est inférieure à 5

P_{AUX} = ventilateur + pompes

IEC intégré: Optimisation 2

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



L'humidification est fait DANS le RdC

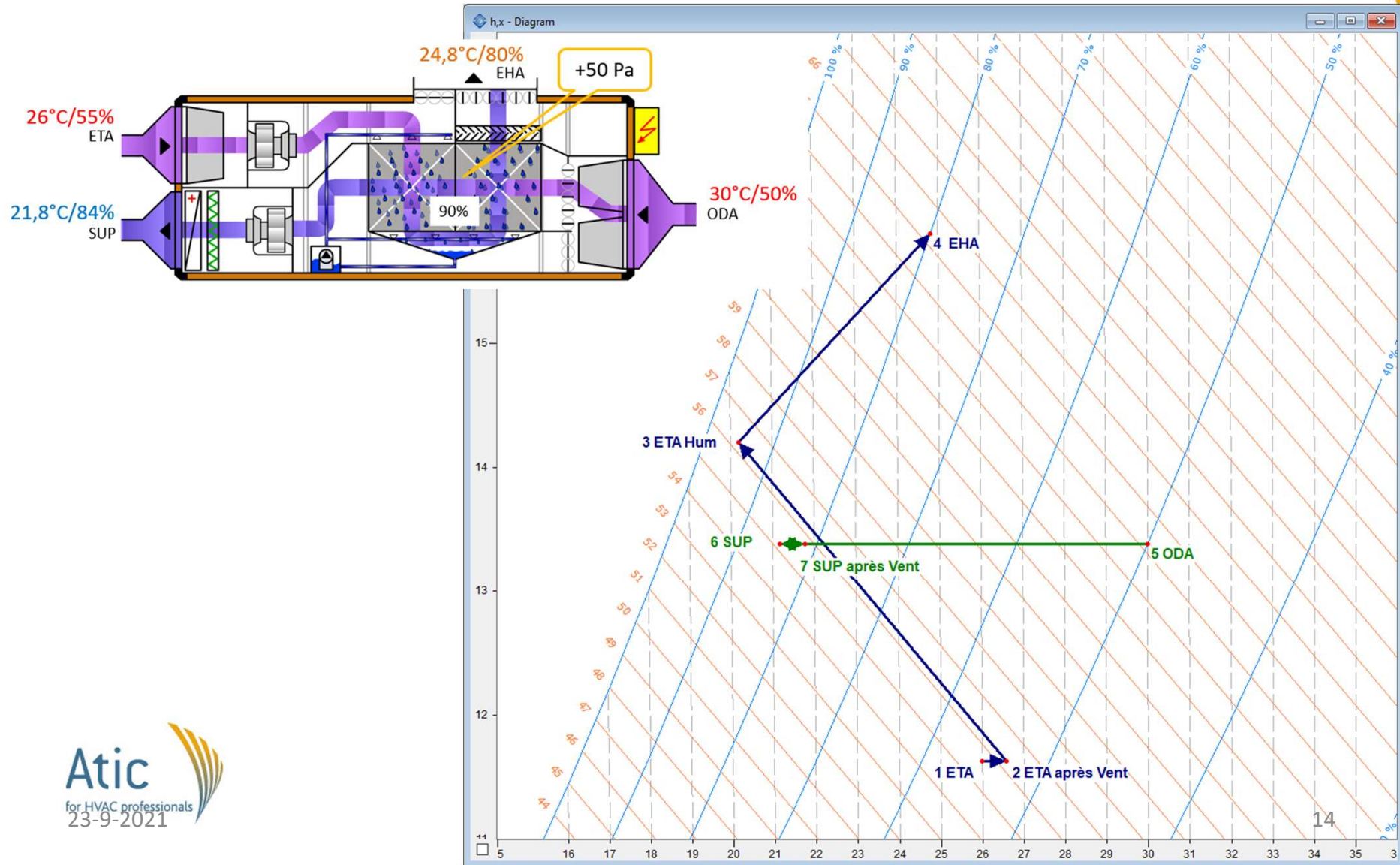
Selon le principe: fine couche d'eau, chaleur par l'arrière et vitesse d'air

RdC est un double flux croisé

- ➔ Suite aux plaques humides du RdC, h 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.

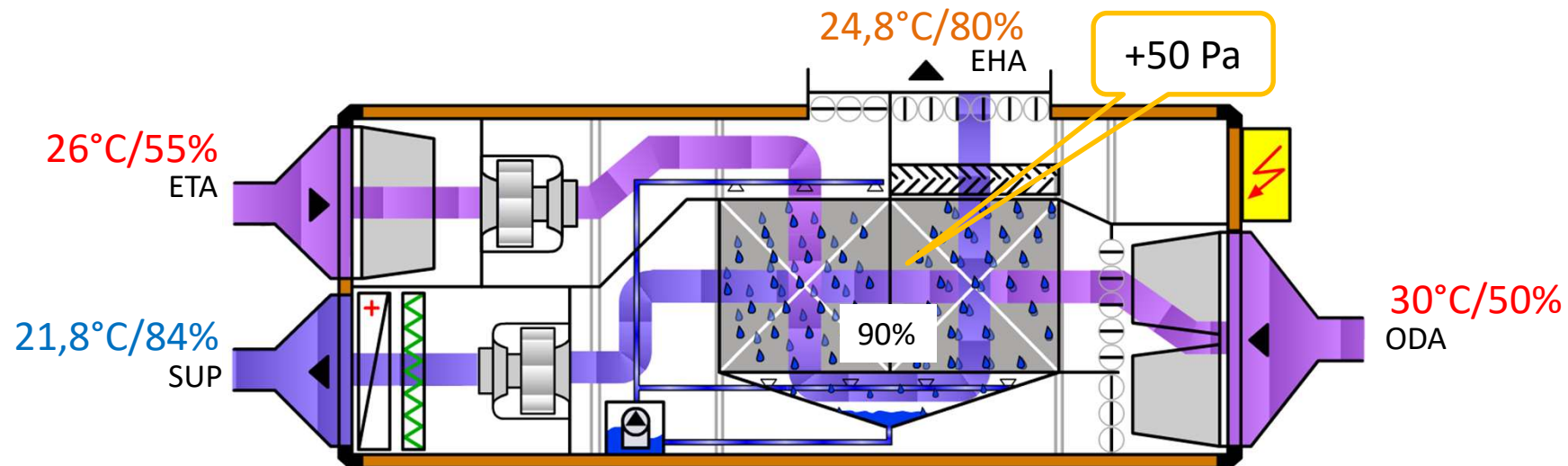
IEC intégré: Optimisation 2

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



IEC intégré: Optimisation 2

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



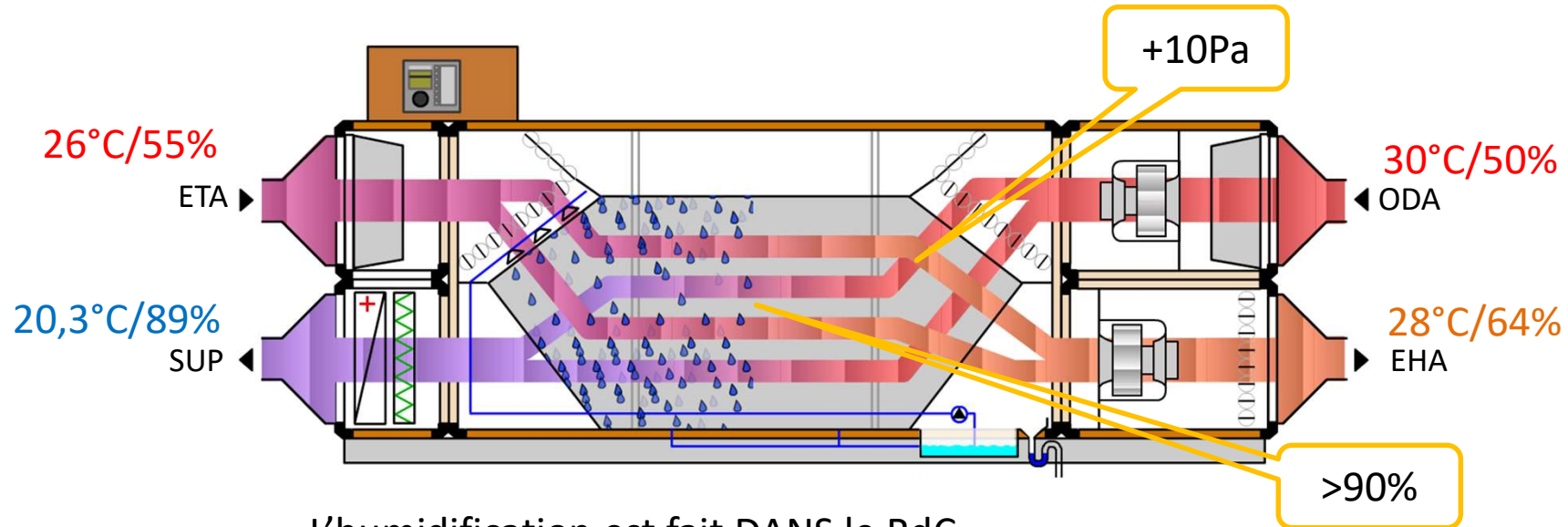
SYSTEM	SUP	AUX	TOTAL			NET		
Système	T/HR _{SUP} [°C/%HR]	P _{AUX} [kW]	P _{TOTAL} [kW]	% change [%]	COP total	P _{NET} [kW]	% change [%]	COP net
Basic _{THEORIQUE}	22,3/79	0,64	26,4		41,3 *	12,7		19,8*
Basic _{PRATIQUE} = référence	23,0/75	0,64	25,8	-2,3%	40,3*	10,1	-20,5%	15,8*
Optimisation 1	22,4/78	0,64	27,9	108%	43,6*	12,3	122%	19,2*
Optimisation 2	21,8/81	0,7	30,1	+16,7%	43,0	14,5	+43,5%	20,7

P_{AUX} = ventilateur + pompes

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)

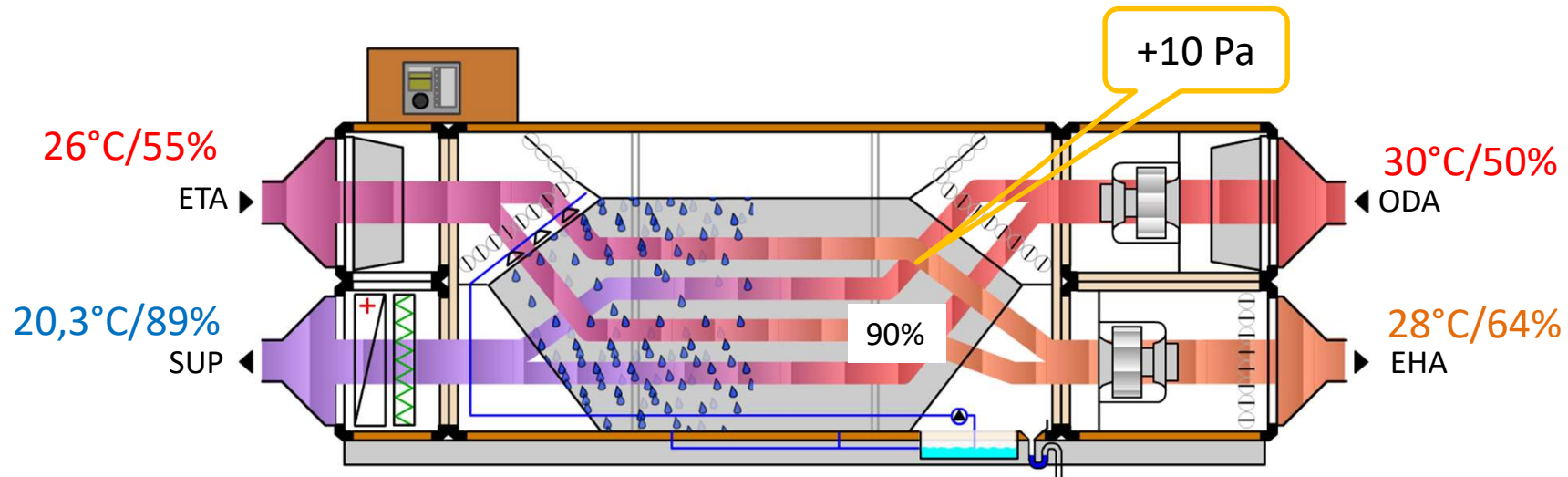
Ventilateurs en ODA/ EHA

- ➔ Suite aux plaques humides du RdC, h 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.

IEC intégré: Optimisation 3

Optimisation 3:

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



SYSTEM	SUP	AUX	TOTAL			NET		
Système	T/HR _{SUP} [°C/%HR]	P _{AUX} [kW]	P _{TOTAL} [kW]	% change [%]	COP total	P _{NET} [kW]	% change [%]	COP net
Basic _{THEORIQUE}	22,3/79	0,64	26,4		41,3 *	12,7		19,8*
Basic _{PRATIQUE} = référence	23,0/75	0,64	25,8	-2,3%	40,3*	10,1	-20,5%	15,8*
Optimisation 1	22,4/78	0,64	27,9	108%	43,6*	12,3	122%	19,2*
Optimisation 2	21,8/81	0,7	30,1	+16,7%	43,0	14,5	+43,5%	20,7
Optimisation 3	20,3/89	0,49	35,1	+36%	71,6	19,5	+93,1%	39,8

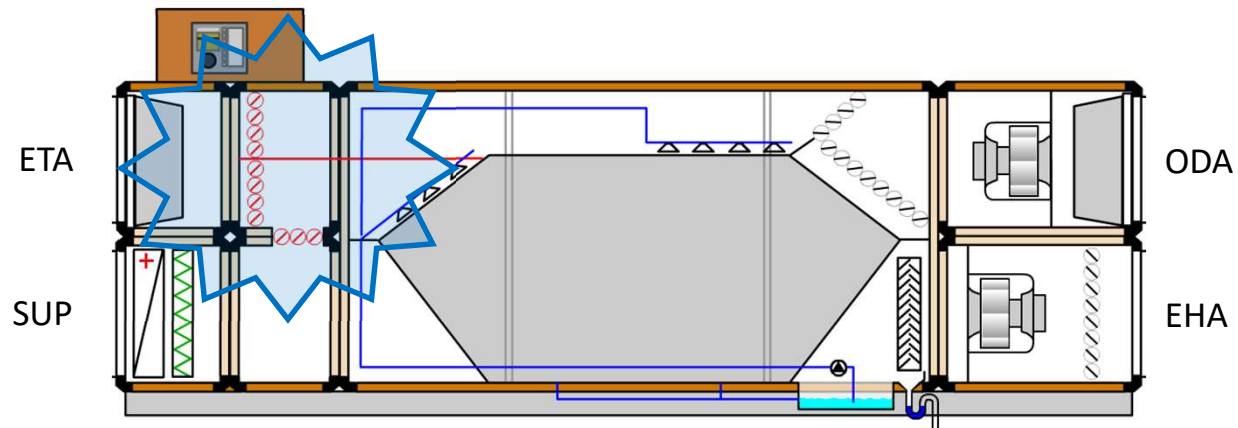
P_{AUX} = ventilateur + pompes

Puissance nette presque doublée

IEC intégré: Optimisation 4

Optimisation 4:

= optimisation 3 + refroidissement adiabatique « point de rosée »

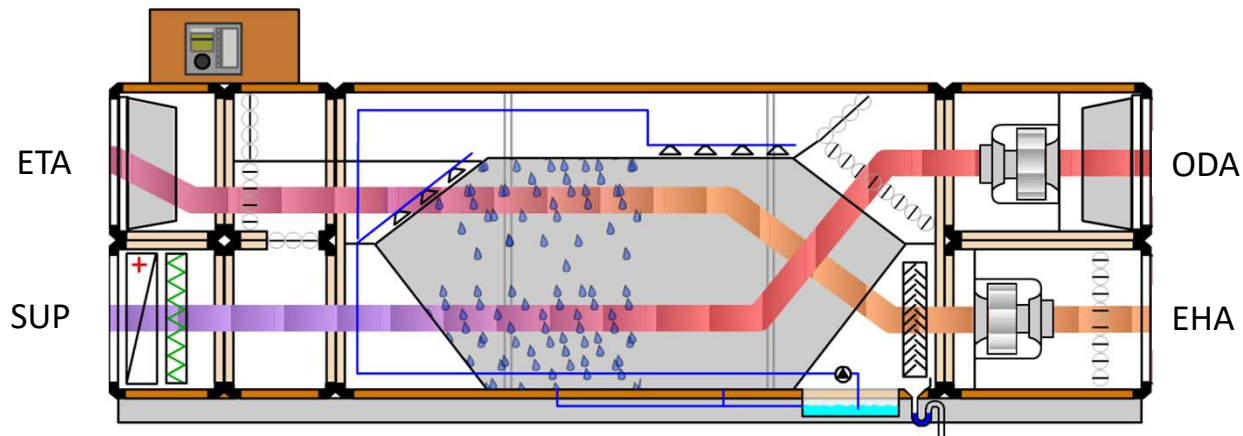


Pose de 3 registres + création d'une 3_{eme} voie pour l'air repris

IEC intégré: Optimisation 4

Optimisation 4:

= optimisation 3 + refroidissement adiabatique « point de rosée »



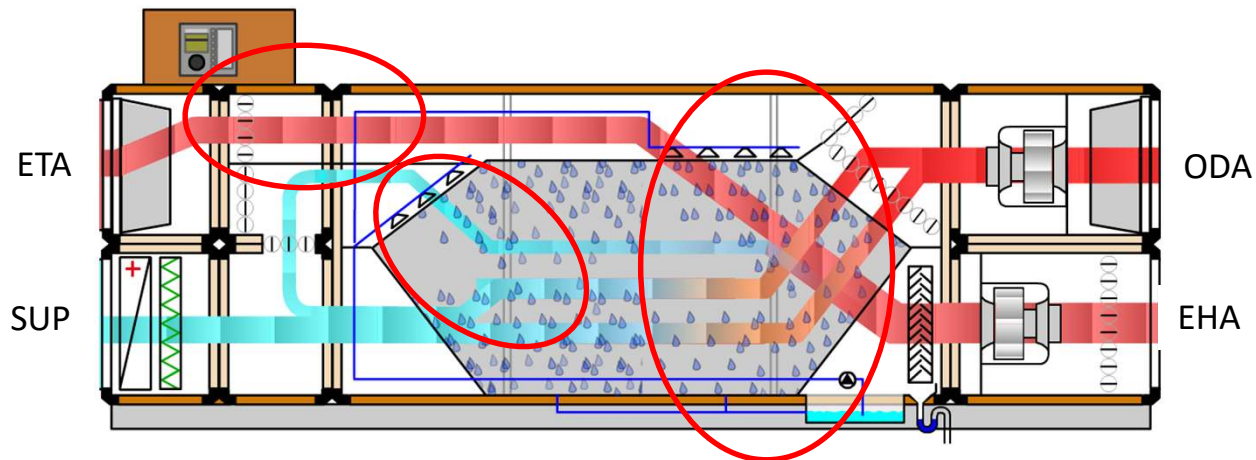
Pose de 3 registres + création d'une 3^{eme} voie pour l'air repris

➔ Le fonctionnement « adiabatique simple » est toujours possible

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

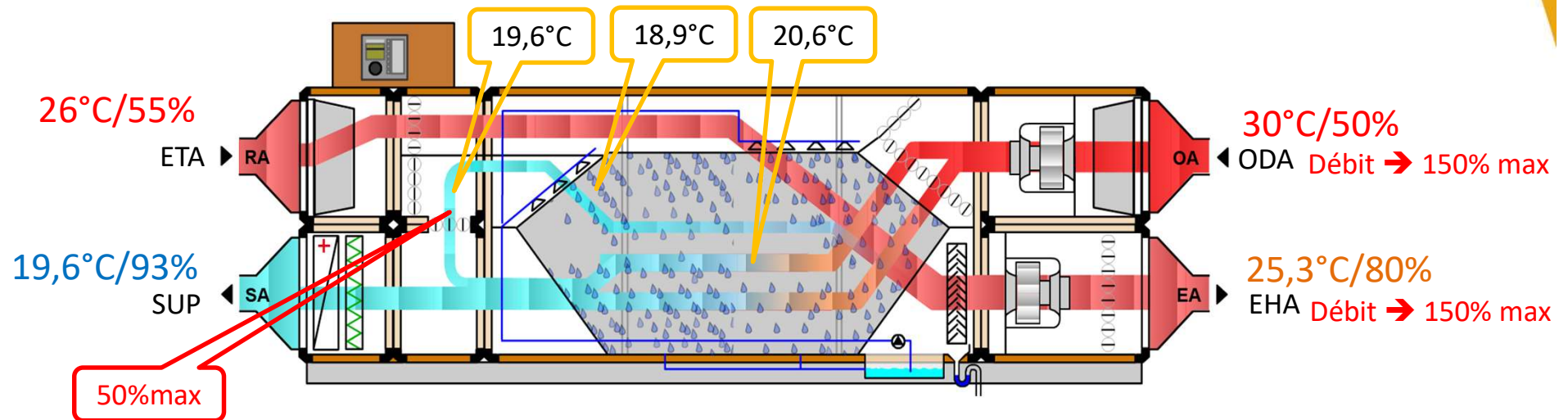
➔ Le refroidissement « adiabatique simple » est désigné à la partie droite du récupérateur

➔ Une partie de l'air ODA pré-refroidi est recyclé et humidifié pour atteindre la température bulbe humide de l'ODA pré-refroidit dans la partie gauche du récupérateur

IEC intégré: Optimisation 4

Optimisation 4:

= optimisation 3 + refroidissement adiabatique « point de rosée »

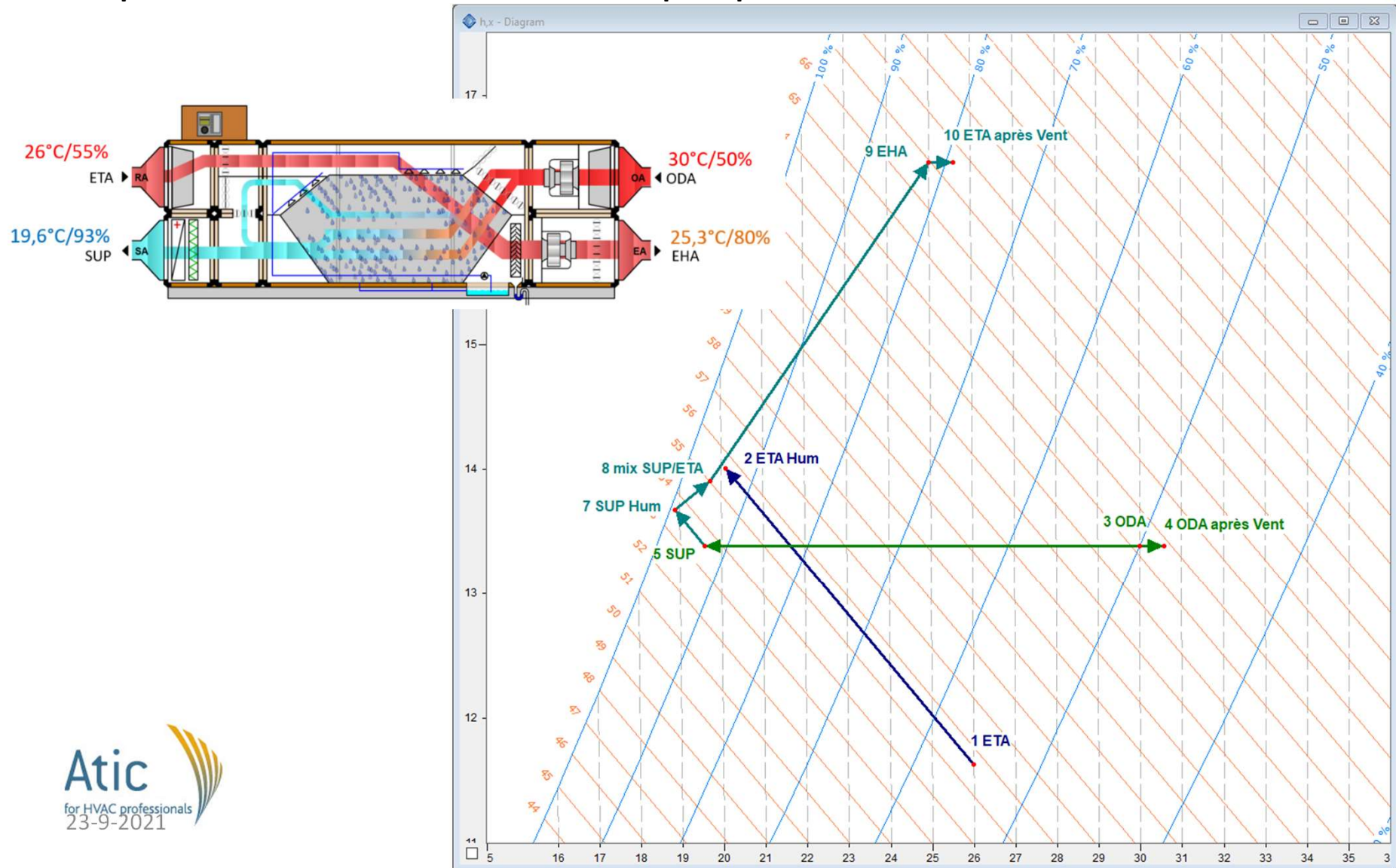


- Débit ODA et EHA augmente de 100 à 150% max et en fonction des besoins
- Flux ETA: refr. adiab. mais uniquement dans la partie droite du RdC
- Le surplus du débit ODA (max 50%) est recyclé dans la voie ETA / EHA, et subit l'humidification adiabatique dans la partie gauche du RdC
- Dans le RdC, ce flux 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)

IEC intégré: Optimisation 4

Optimisation 4:

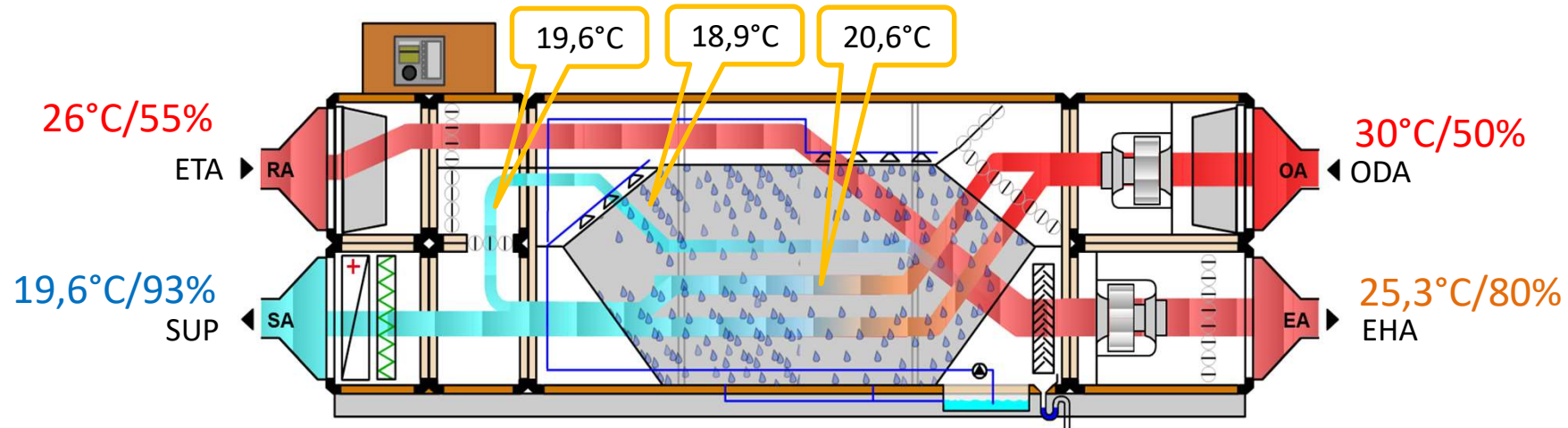
= optimisation 3 + refroidissement adiabatique « point de rosée »



IEC intégré: Optimisation 4

Optimisation 4:

= optimisation 3 + refroidissement adiabatique « point de rosée »



SYSTEM	SUP	AUX	TOTAL			NET		
Système	T/HR _{SUP} [°C/%HR]	P _{AUX} [kW]	P _{TOTAL} [kW]	% change [%]	COP total	P _{NET} [kW]	% change [%]	COP net
Basic _{THEORIQUE}	22,3/79	0,64	26,4		41,3 *	12,7		19,8*
Basic _{PRATIQUE} = référence	23,0/75	0,64	25,8	-2,3%	40,3*	10,1	-20,5%	15,8*
Optimisation 1	22,4/78	0,64	27,9	108%	43,6*	12,3	122%	19,2*
Optimisation 2	21,8/81	0,7	30,1	+16,7%	43,0	14,5	+43,5%	20,7
Optimisation 3	20,3/89	0,49	35,1	+36%	71,6	19,5	+93,1%	39,8
Optimisation 4	19,6/93	4,46	37,5	+45,3%	8,4	21,9	+116,8%	4,9

23-9-2021

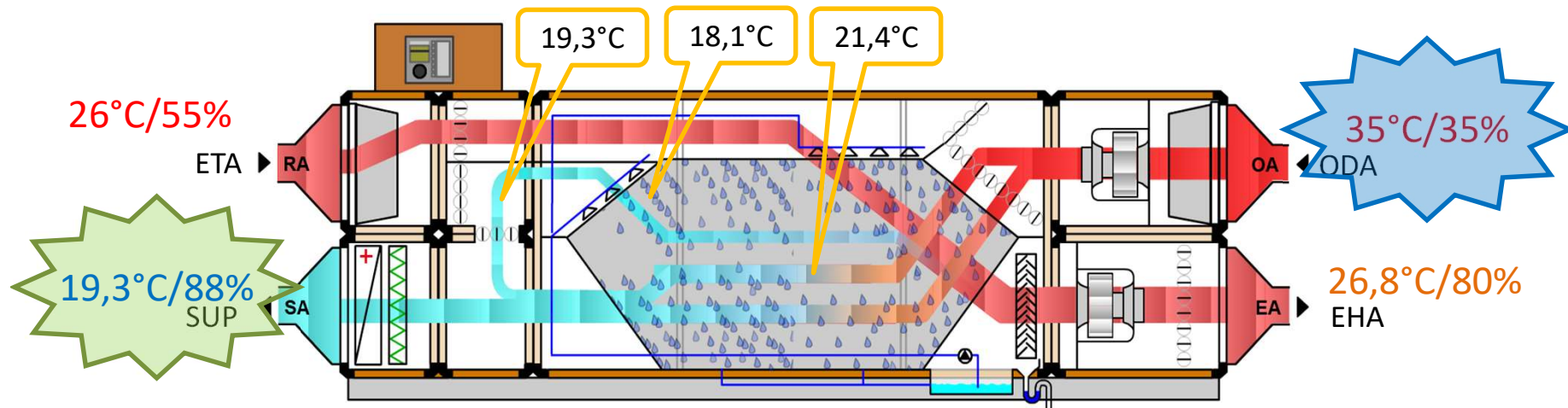
P_{AUX} = ventilateur + pompes

23

IEC intégré: Optimisation 4: **canicule**

Optimisation 4:

= optimisation 3 + refroidissement adiabatique « point de rosée »



SYSTEM	SUP	AUX	TOTAL			NET		
Système	T/HR _{SUP} [°C/%HR]	P _{AUX} [kW]	P _{TOTAL} [kW]	% change [%]	COP total	P _{NET} [kW]	% change [%]	COP net
Basic _{THEORIQUE}	22,3/79	0,64	26,4		41,3 *	12,7		19,8*
Basic _{PRATIQUE} = référence	23,0/75	0,64	25,8	-2,3%	40,3*	10,1	-20,5%	15,8*
Optimisation 1	22,4/78	0,64	27,9	108%	43,6*	12,3	122%	19,2*
Optimisation 2	21,8/81	0,7	30,1	+16,7%	43,0	14,5	+43,5%	20,7
Optimisation 3	20,3/89	0,49	35,1	+36%	71,6	19,5	+93,1%	39,8
Optimisation 4	19,6/93	4,46	37,5	+45,3%	8,4	21,9	+116,8%	4,9
Optimisation 4 canicule	19,3/88	4,6	55,5	+115,1%	12,1	22,8	+125,7%	5,0

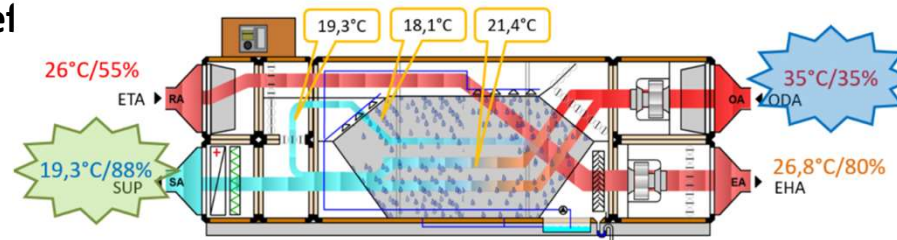
23-9-2021

P_{AUX} = ventilateur + pompes

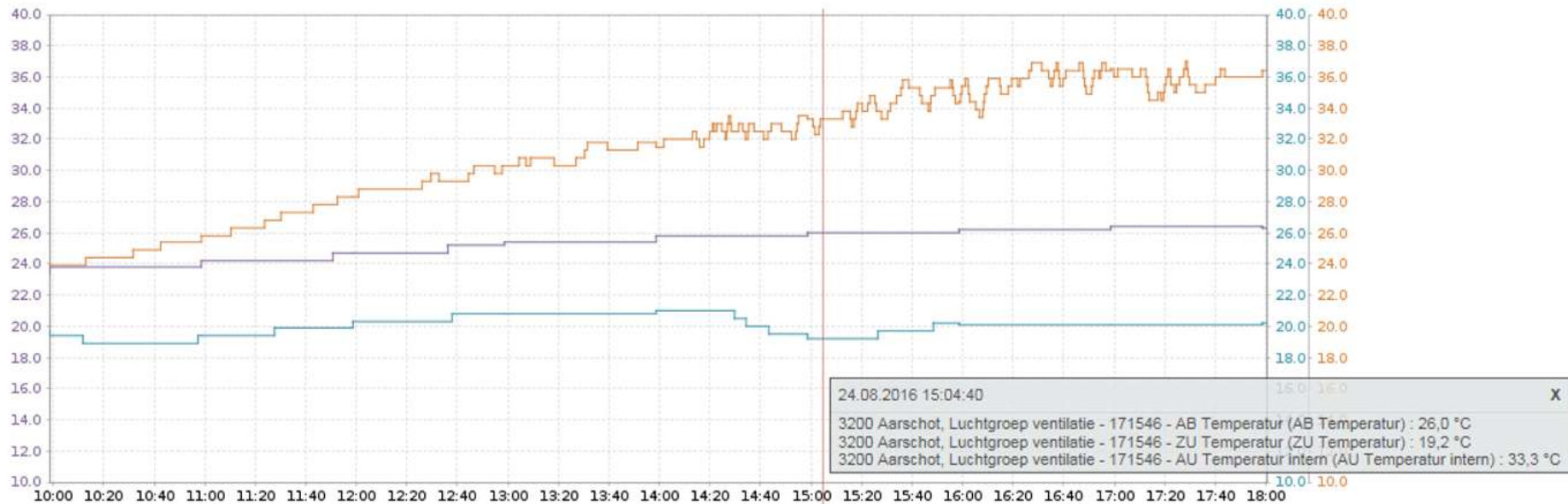
Pendant les canicules, le refroidissement par point de rosée prouve sa robustesse

IEC intégré: Optimisation 4: **canicule**

Optimisation 4: = optimisation 3 + rel



One year test phase on a real unit

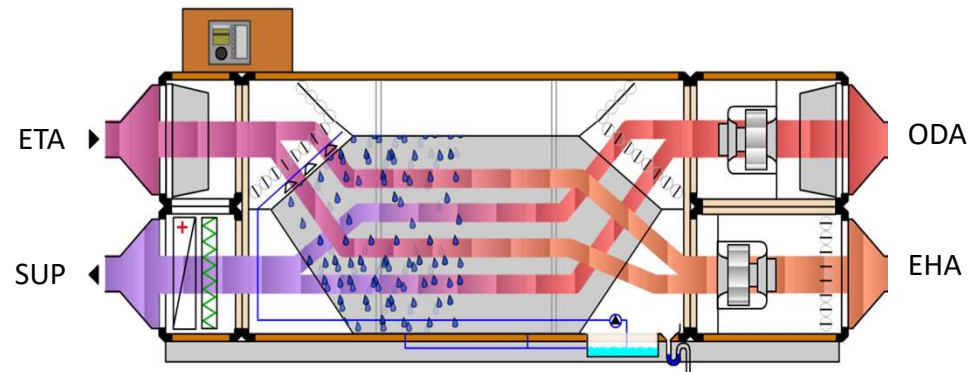
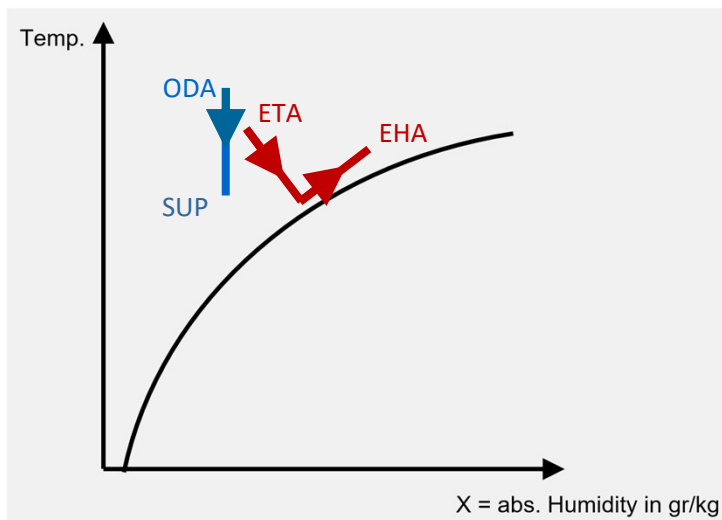


“Adiabatic”

“Adiabatic_{zeroGWP}”

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

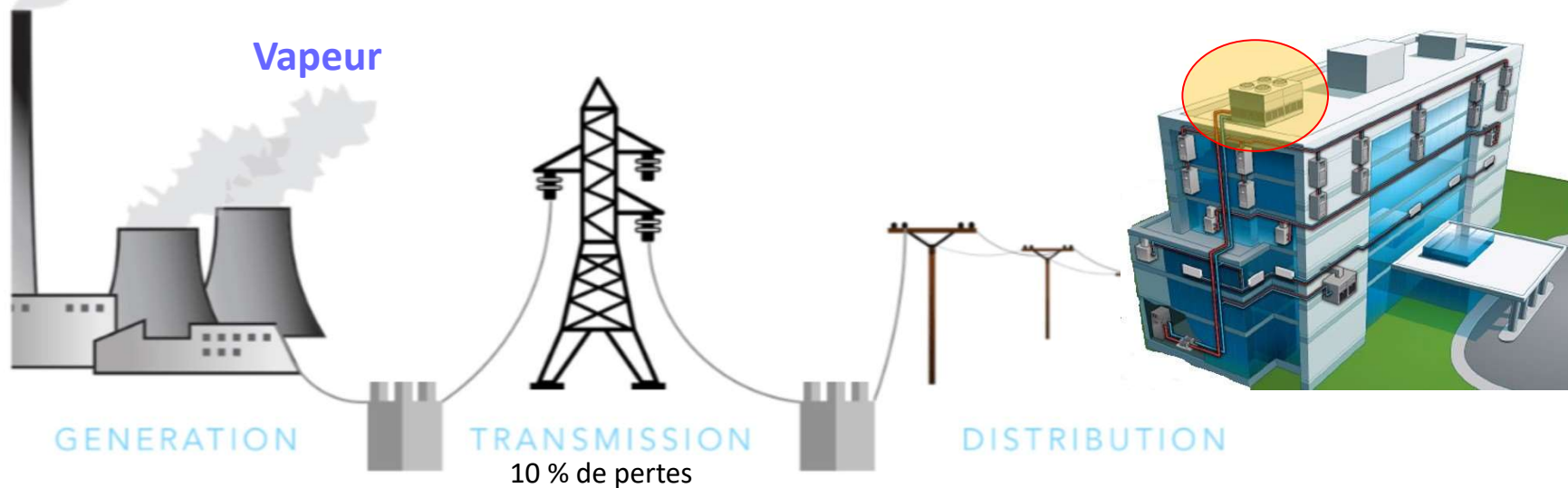


- 280 kWh_{cool} par jour, ➔ **717 L d'eau** utilisée par jour
- ➔ **Seulement 2,9 Litres** par jour et par personne
- ➔ Eau de ville, eau de pluie, eau de surface

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

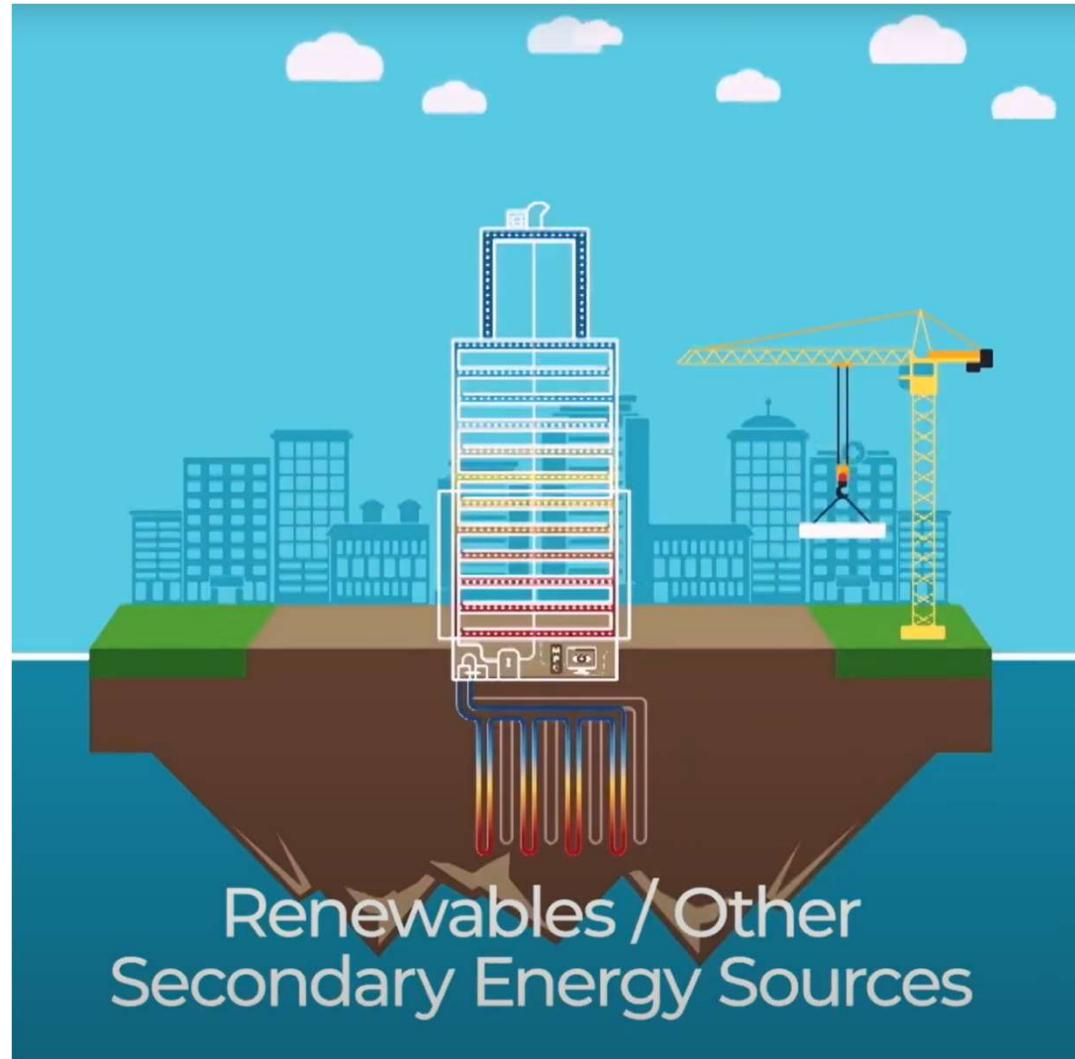
CO₂ + vapeur + NO_x



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

IEC intégré: Combinaisons intéressantes

Géothermie



IEC intégré: Combinaisons intéressantes

Géothermie + Refroidissement adiabatique



SOLARWIND

Solarwind is at the forefront of sustainable construction in Luxembourg, achieving triple environmental certification.

[Find out more](#)

IEC intégré: déshumidification ?

Le refroidissement par plafonds froid, souvent alimenté par géothermie, nécessite la déshumidification de l'air

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 → Basses températures
- Sans réfrigérants polluants ?
 - Groupe froid à adsorption (en R718)
 - Groupe froid à compresseur centrifuge en R718
- Par séchage chimique
 - Adsorption (roues, système DEC)
 - Absorption

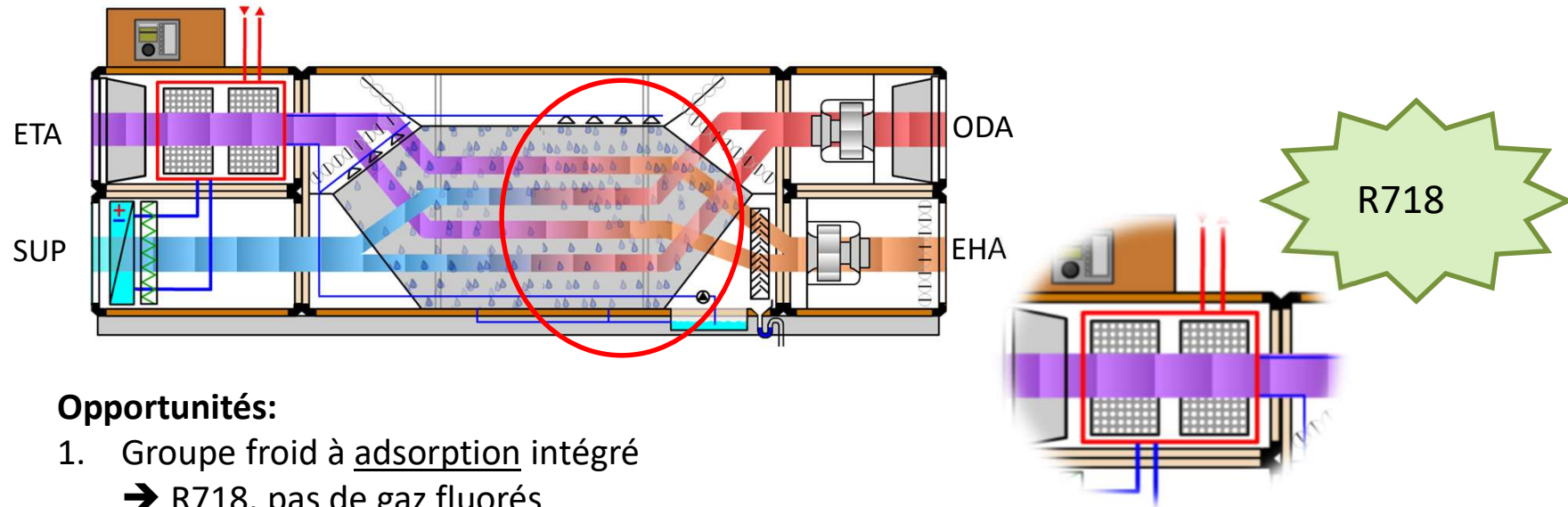


Certaines technologies peuvent être parfaitement combinées avec l'IEC intégré, et souvent la combinaison est plus efficace que les systèmes individuels

IEC intégré: Combinaisons intéressantes

Déshumidification par condensation

1: Refroidissement adiabatique + groupe froid a adsorption



Opportunités:

1. Groupe froid à adsorption intégré
 - ➔ R718, pas de gaz fluorés
 - ➔ refroidissement sur base de chaleur récupérée (Cogén, Solaire,...) ou 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 thermique en adsorption

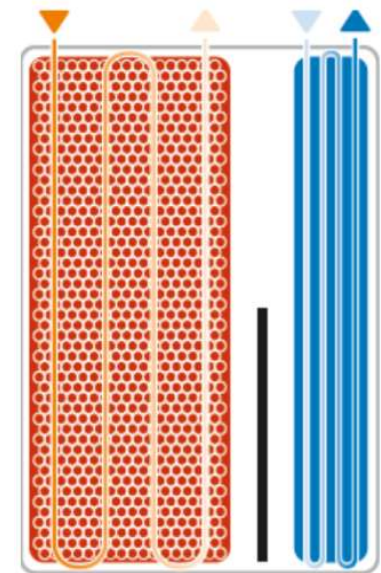
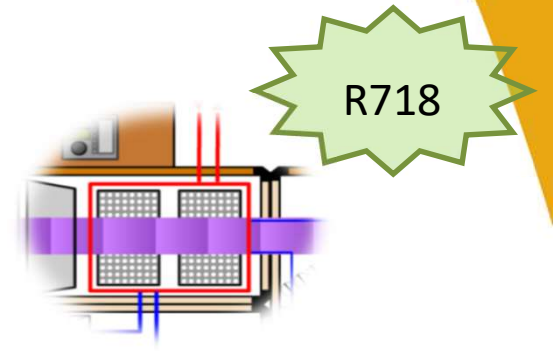
IEC intégré: Combinaisons intéressantes

Déshumidification par condensation

1: Refroidissement adiabatique + groupe froid à adsorption

Comment fonctionne le groupe froid à adsorption?

- Deux cubes étanches, sans composants mécaniques amovibles, sans joints ou raccords et donc sans risque de fuites. Le cube est tiré au vide.
- Chaque cube contient deux batteries classiques, leurs tubes de connections d'eau (à pression positif) sortent des cubes de façon étanche par rapport au vide du cube. Entre les batteries il y a un cloison jusqu'à moitié de l'hauteur.
- Une des 2 batteries est revêtue avec une couche de Silicagel ou de Zeolite.
- Le cube est pourvu d'une quantité d'eau. Dans le vide, l'eau s'évapore et la vapeur se déplace très rapidement



Illustrations: © Fahrenheit



IEC intégré: Combinaisons intéressantes

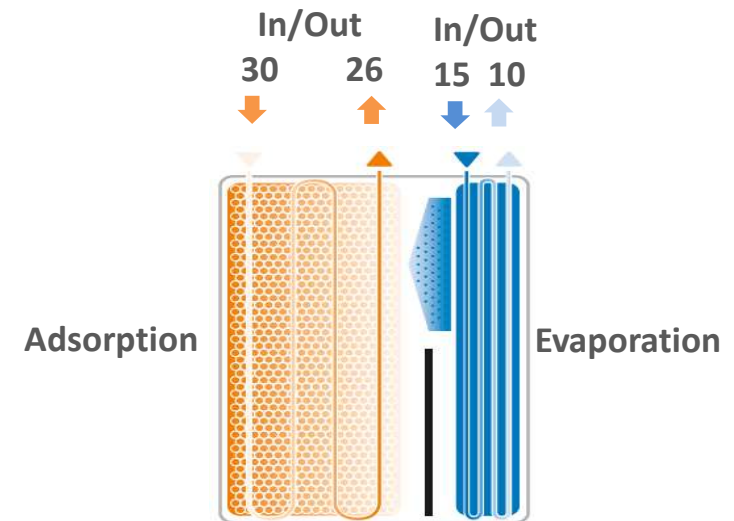
Déshumidification par condensation

1: Refroidissement adiabatique + groupe froid à adsorption

Comment fonctionne le groupe froid à adsorption?

Module 1 en mode production de froid.

- La batterie droite est parcouru par de l'eau à refroidir.
Suite au vide, même à 15°C l'eau disponible dans le cube et sur les ailettes s'évapore rapidement sur les ailettes de la batterie et refroidit le flux d'eau dans la batterie
- La batterie gauche est dotée d'une couche silicagel lequel adsorbe de la vapeur et maintient ainsi le vide.
- La chaleur de condensation doit être dégagée vers un dry ou une tour humide pour maintenir la température du silicagel dans les limites et ainsi maintenir le processus d'adsorption.



Module 1
produit du **froid** et la
chaleur est dégagée vers un dry

IEC intégré: Combinaisons intéressantes

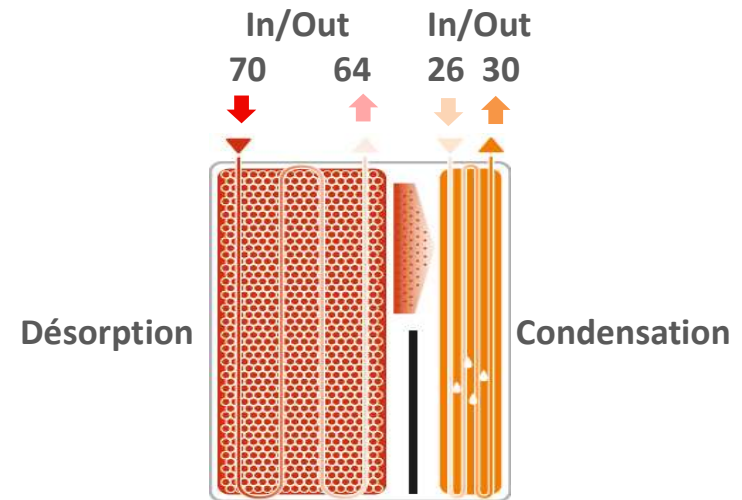
Déshumidification par condensation

1: Refroidissement adiabatique + groupe froid a adsorption

Comment fonctionne le groupe froid à adsorption?

Module 2 en mode régénération (Désorption).

- La batterie gauche est parcourue par de l'eau chaude, entraînant la désorption du silicagel. La vapeur stockée dans le silicagel est dégagée.
- La batterie droite est parcourue par l'eau du dry ou de la tour humide, permettant de faire condenser la vapeur et maintient ainsi le vide dans le cube. La chaleur de condensation est ensuite dégagée par le dry ou la tour.



Module 2

Silicagel **chauffé** pour dégager la vapeur
La vapeur condense sur la batterie droite et la **chaleur** de condensation est dégagée au dry

IEC intégré: Combinaisons intéressantes

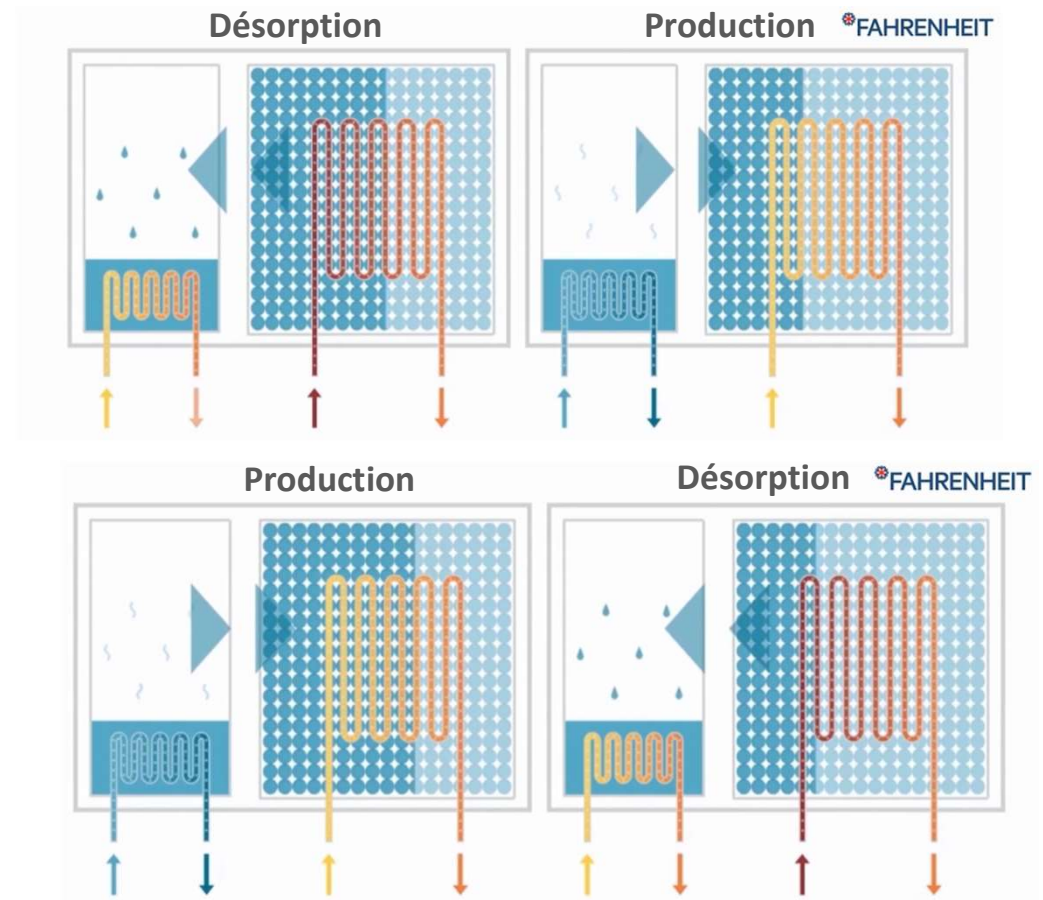
Déshumidification par condensation

1: Refroidissement adiabatique + groupe froid à adsorption

Comment fonctionne le groupe froid à adsorption?

Cycles.

- Cycle 1
Cube à gauche en désorption
Cube à droite en production
- Cycle 2
Cube à gauche en production
Cube à droite en désorption



Illustrations: © Fahrenheit

IEC intégré: Combinaisons intéressantes

Déshumidification par condensation

1: Refroidissement adiabatique + groupe froid a adsorption

L'efficacité et les plages de température

Thermal Drive

good:

Drive temperature

55°C – 95°C

ideal:

Drive temperature

65°C – 95°C

Cold water temperature

possible: 6°C – 20°C

good: 10°C – 20°C

ideal: 12°C – 20°C

Small to medium cooling capacity

possible:

Capacity ≤ 250 kW

good:

Capacit < 150 kW

better:

Capacit < 100 kW

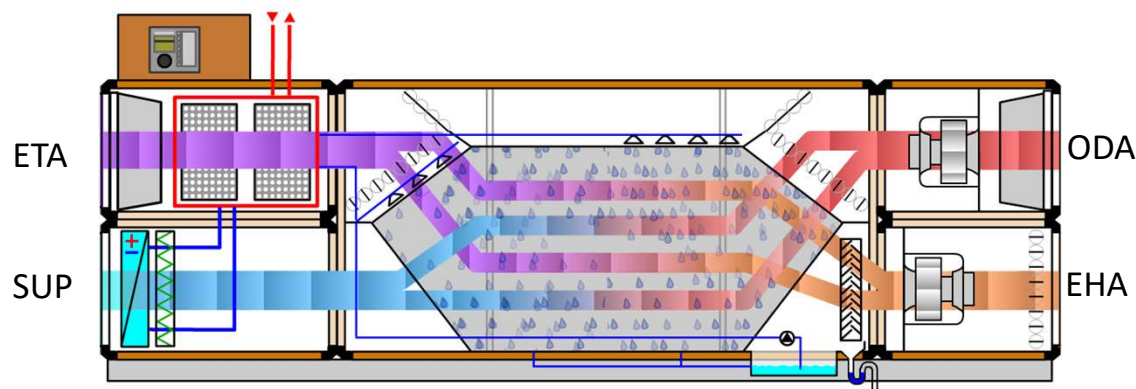
ideal:

Capacity < 60 kW

IEC intégré: Combinaisons intéressantes

Déshumidification par condensation

1: Refroidissement adiabatique + groupe froid a adsorption



L'eau froide est passée dans une batterie froide dans la pulsion pour déshumidifier l'ANF. Cette batterie est en change-over et sert également pour chauffer en hiver.

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

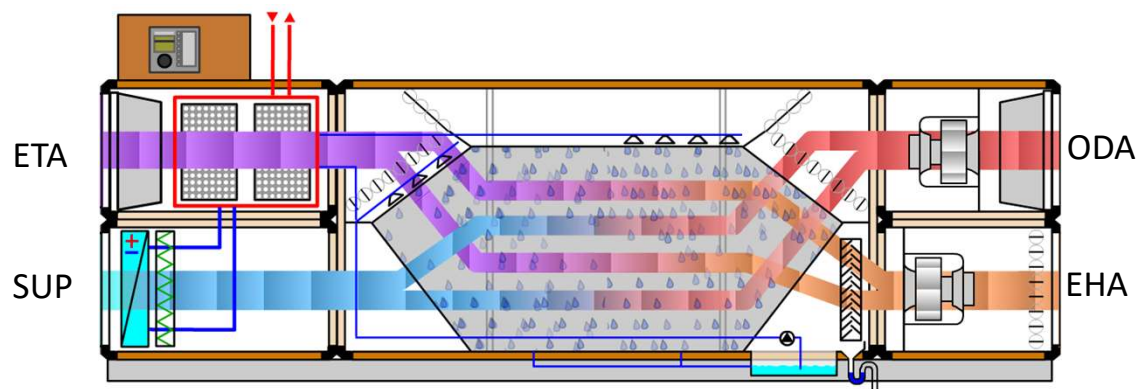
Dans cette configuration, l'eau de refroidissement adiabatique est plus froide que dans une tour de refroidissement qui fonctionne à des températures extérieures beaucoup plus élevées, car ici l'IEC se fait dans l'air d'extraction plus froid.

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

IEC intégré: Combinaisons intéressantes

Déshumidification par condensation

1: Refroidissement adiabatique + groupe froid a adsorption



SYSTEM	SUP	AUX	TOTAL			NET	
Système	T/HR _{SUP} [°C/%HR]	P _{AUX} [kW]	P _{TOTAL} [kW]	% change [%]	COP total	P _{NET} [kW]	% change [%]
Basic _{THEORIQUE}	22,3/79	0,64	26,4		41,3*	12,7	
Basic _{PRATIQUE} = référence	23,0/75	0,64	25,8		40,3*	10,1	
Optimisation 1	22,4/78	0,64	27,9	+8%	43,6*	12,3	+22%
Optimisation 2	21,8/81	0,7	30,1	+16,7%	43,0	14,5	+43,5%
Optimisation 3	20,3/89	0,49	35,1	+36%	71,6	19,5	+93,1%
Optimisation 4	19,6/93	4,46	37,5	+45,3%	8,4	21,9	+116,8%
Optimisation 4 canicule	19,3/88	4,6	55,5	+115,1%	12,1	22,8	+125,7%
IEC + Adsorption R718	16,0/100	1,2	64,3	+149,2%	53,5 **	35,7	+253%

** COP purement électrique, sans la consommation des pompes pour alimentation de la puissance thermique

COP thermique du système adsorption: 0,53

P_{AUX} = ventilateur + pompes

IEC intégré: Combinaisons intéressantes

Déshumidification par condensation

1: Refroidissement adiabatique + groupe froid a adsorption

ADSORPTIONSPROZESS
ADSORPTION PROCESS

Menerga Adconair AdiabaticDX^{carbonfree}

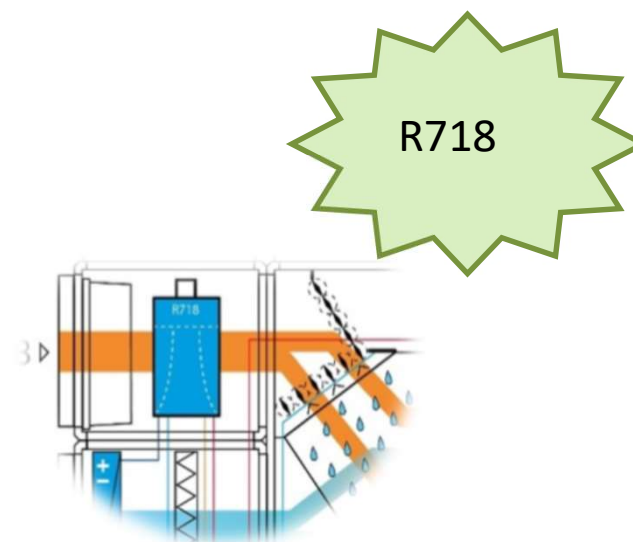
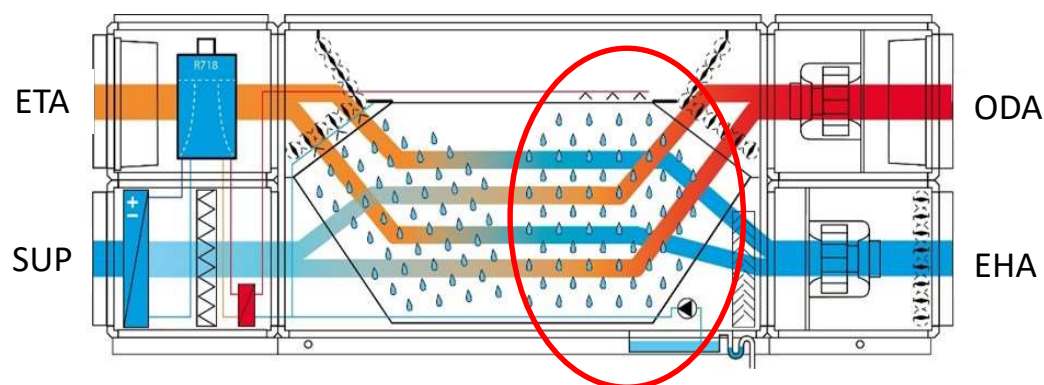


Températures de 14 °C en SUP possible

IEC intégré: Combinaisons intéressantes

Déshumidification par condensation

2: Refr. adiabatique + groupe froid à compresseur centrifuge en R718



Opportunités:

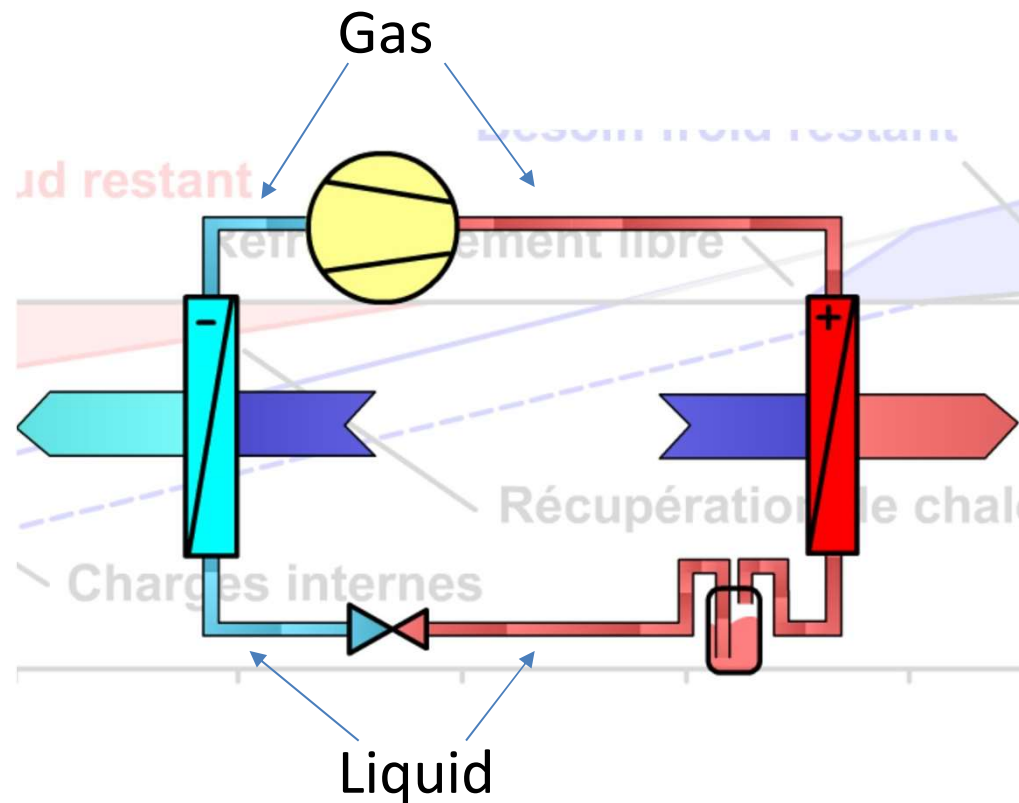
1. Groupe froid à compresseur centrifuge en R718
➔ R718
2. Partie droite du RdC devient la tour de refroidissement pour de groupe froid
➔ basse température dans le circuit de refoulement de chaleur
➔ très haut COP / EER

IEC intégré: Combinaisons intéressantes

Déshumidification par condensation

2: Refr. adiabatique + groupe froid à compresseur centrifuge en R718

Comment fonctionne le groupe froid en R718?

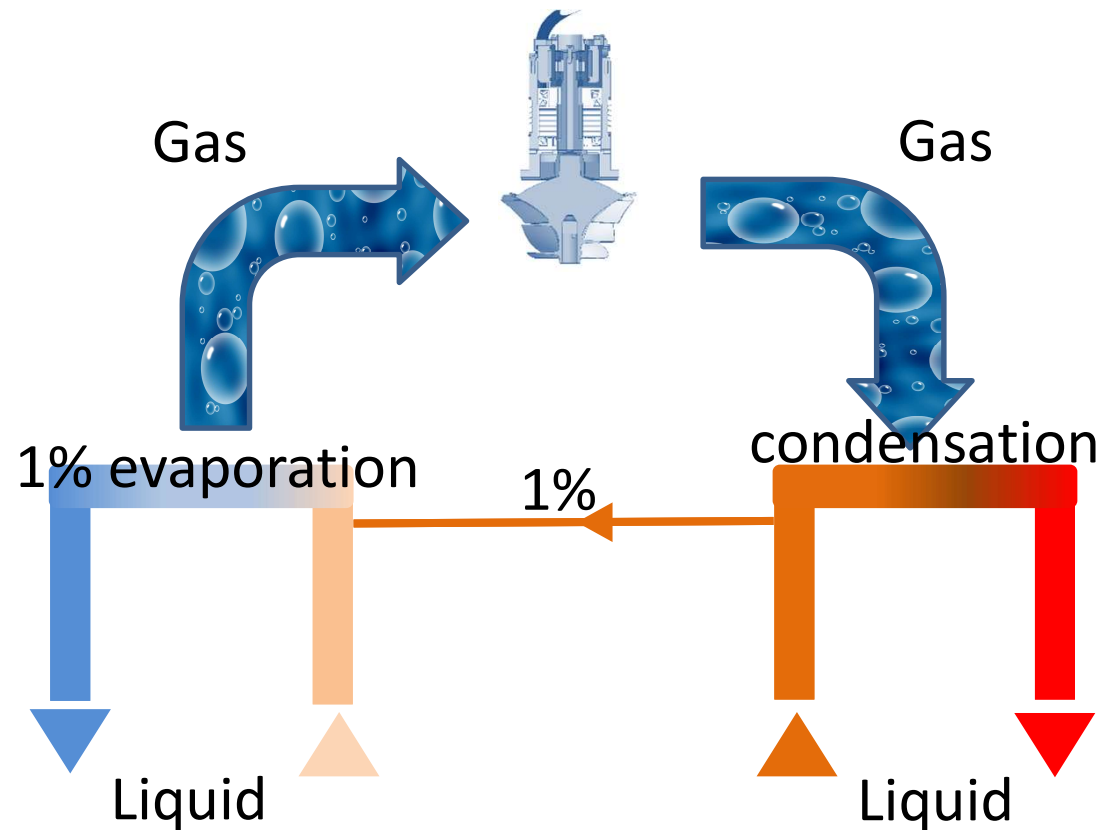


IEC intégré: Combinaisons intéressantes

Déshumidification par condensation

2: Refr. adiabatique + groupe froid à compresseur centrifuge en R718

Comment fonctionne le groupe froid en R718?

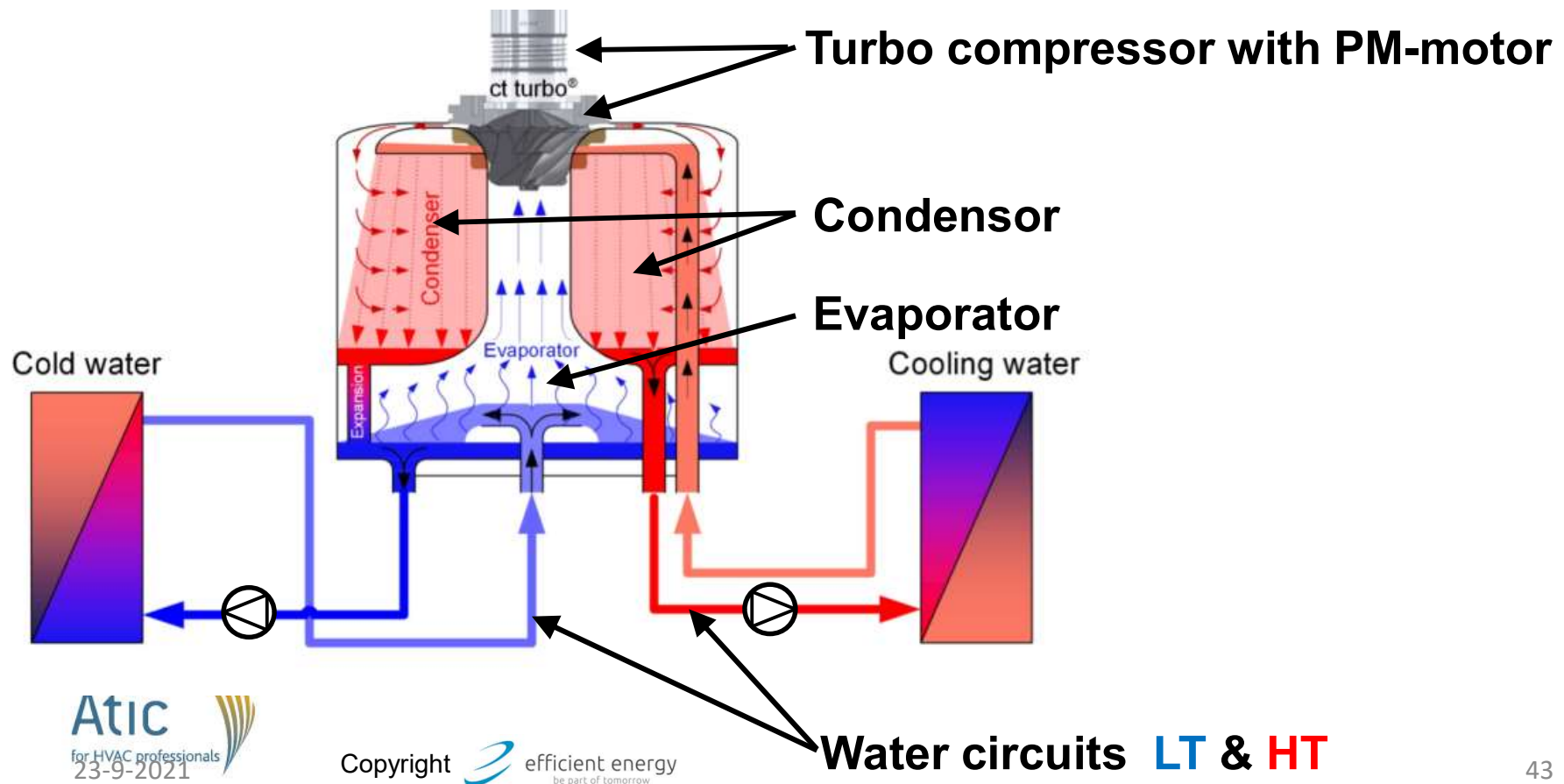


IEC intégré: Combinaisons intéressantes

Déshumidification par condensation

2: Refr. adiabatique + groupe froid à compresseur centrifuge en R718

Comment fonctionne le groupe froid en R718?



IEC intégré: Combinaisons intéressantes

Déshumidification par condensation

2: Refr. adiabatique + groupe froid à compresseur centrifuge en R718

Comment fonctionne le groupe froid en R718?

- Pourquoi seulement 1% d'évaporation?
 - ➔ 1% de 2500 kJ/kg fait 25kJ/kg
 - 25 kJ sur 1 kg d'eau fait dT de $\approx 6K$
- Pourquoi compresseur centrifuge?
 - Hausse de pression que 2000 Pa (0,02 bar)
 - Des volumes très importants
- L'eau froide est dirigée vers la batterie froide de la CTA
- Des températures de 14°C en SUP sont possibles

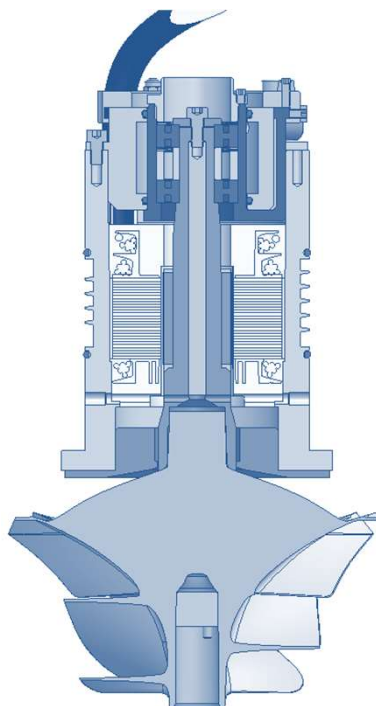


 efficient energy
be part of tomorrow

IEC intégré: Combinaisons intéressantes

Déshumidification par condensation

2: Refr. adiabatique + groupe froid à compresseur centrifuge en R718



Turbo compressor

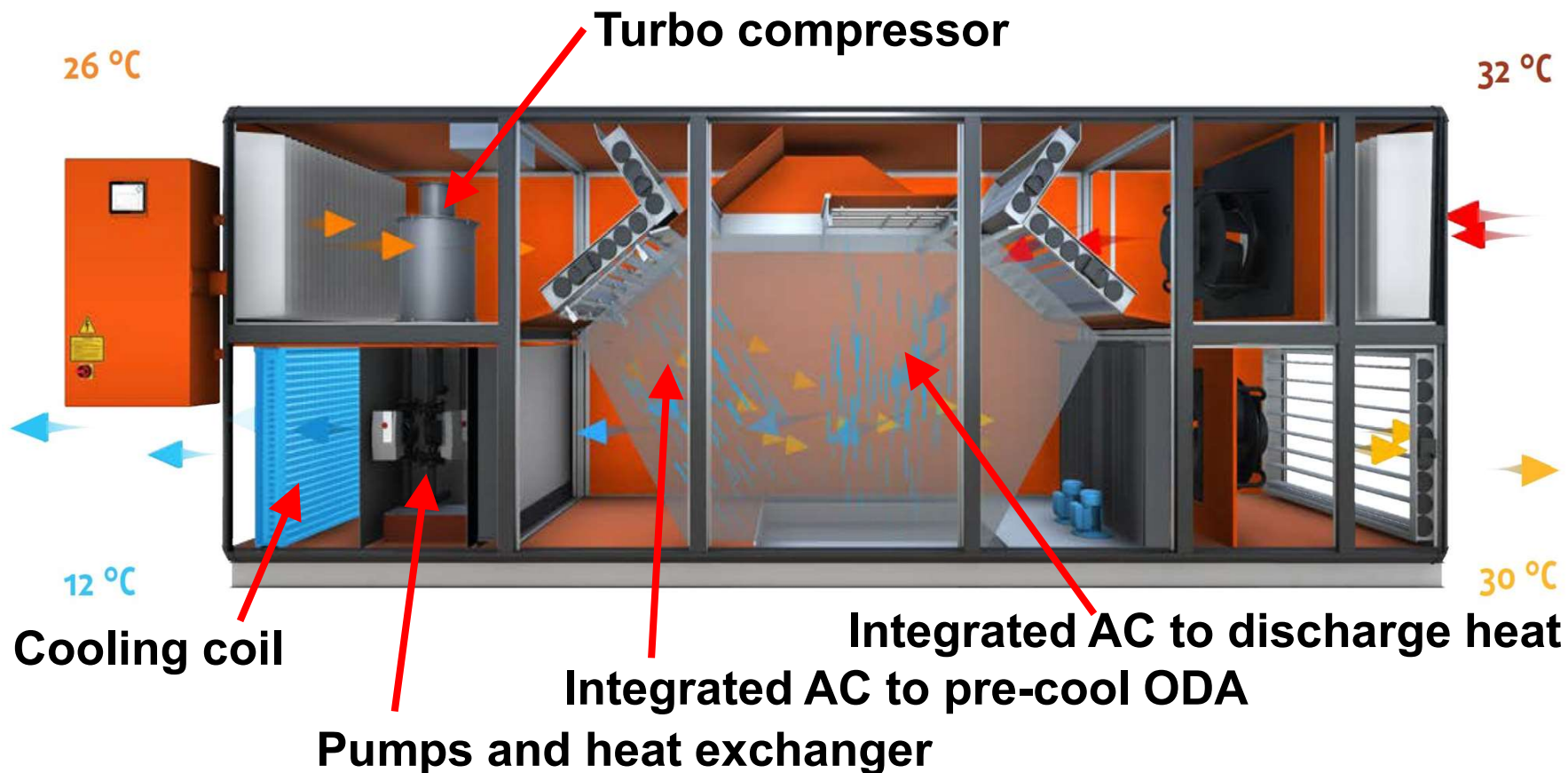
- **Highly efficient turbo compressor**
- **Maintenance-free ceramic bearings**
- **Stepless power control**
- **Vibration-free**
- **Very quiet**
- **Very low starting currents**

Copyright  efficient energy
be part of tomorrow

IEC intégré: Combinaisons intéressantes

Déshumidification par condensation

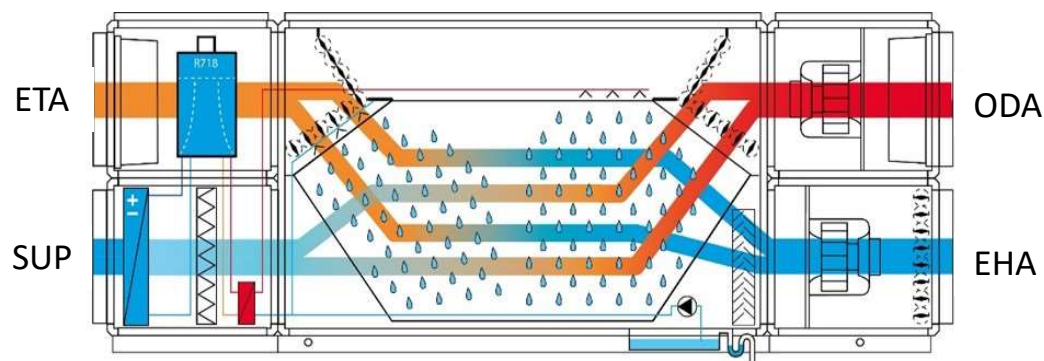
2: Refr. adiabatique + groupe froid à compresseur centrifuge en R718



IEC intégré: Combinaisons intéressantes

Déshumidification par condensation

2: 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.

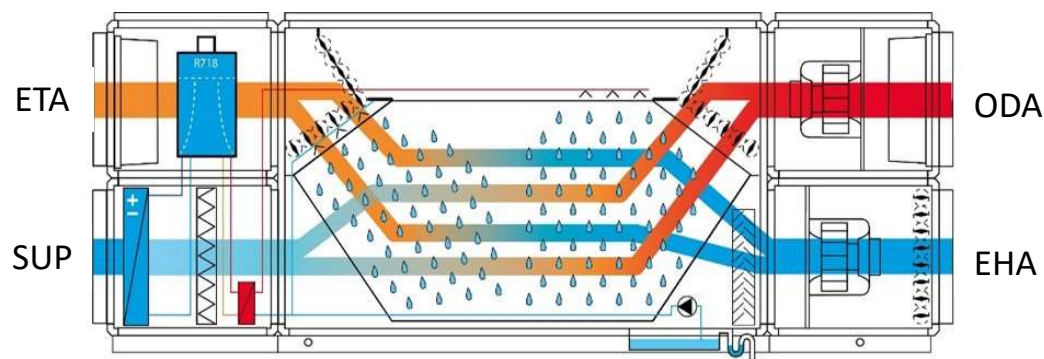
Dans cette configuration, l'eau de refroidissement adiabatique est plus froide que dans une tour de refroidissement qui fonctionne à des températures extérieures beaucoup plus élevées, car l'IEC se fait dans l'air d'extraction plus froid.

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

IEC intégré: Combinaisons intéressantes

Déshumidification par condensation

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



SYSTEM	SUP	AUX	TOTAL			NET	
Système	T/HR _{SUP} [°C/%HR]	P _{AUX} [kW]	P _{TOTAL} [kW]	% change [%]	COP total	P _{NET} [kW]	% change [%]
Basic _{THEORIQUE}	22,3/79	0,64	26,4		41,3	12,7	
Basic _{PRATIQUE} = référence	23,0/75	0,64	25,8		40,3	10,1	
Optimisation 1	22,4/78	0,64	27,9	+8%	43,6	12,3	+22%
Optimisation 2	21,8/81	0,7	30,1	+16,7%	43,0	14,5	+43,5%
Optimisation 3	20,3/89	0,49	35,1	+36%	71,6	19,5	+93,1%
Optimisation 4	19,6/93	4,46	37,5	+45,3%	8,4	21,9	+116,8%
Optimisation 4 canicule	19,3/88	4,6	55,5	+115,1%	12,1	22,8	+125,7%
IEC + Adsorption R718	16,0/100	1,2	64,3	+149,2%	53,5 **	35,7	+253%
IEC + groupe froid R718	16,0/100	6,5	64,3	+149,2%	9,9	35,7	+253%

COP du groupe froid R718 : 4,9

Conclusions

- Climatisation des bâtiments sans réfrigérants fluorés est possible
- Combinaison de différents technique complémentaires
 - Géothermie
 - Refroidissement adiabatique optimisé
 - Déshumidification sur base de R718 comme frigorigène et entraînement thermique ou électrique

SYSTÈMES ADAPTÉS AUX BÂTIMENTS SANS REFRIGÉRANTS

QUESTIONS ?

MERCI POUR VOTRE ATTENTION !