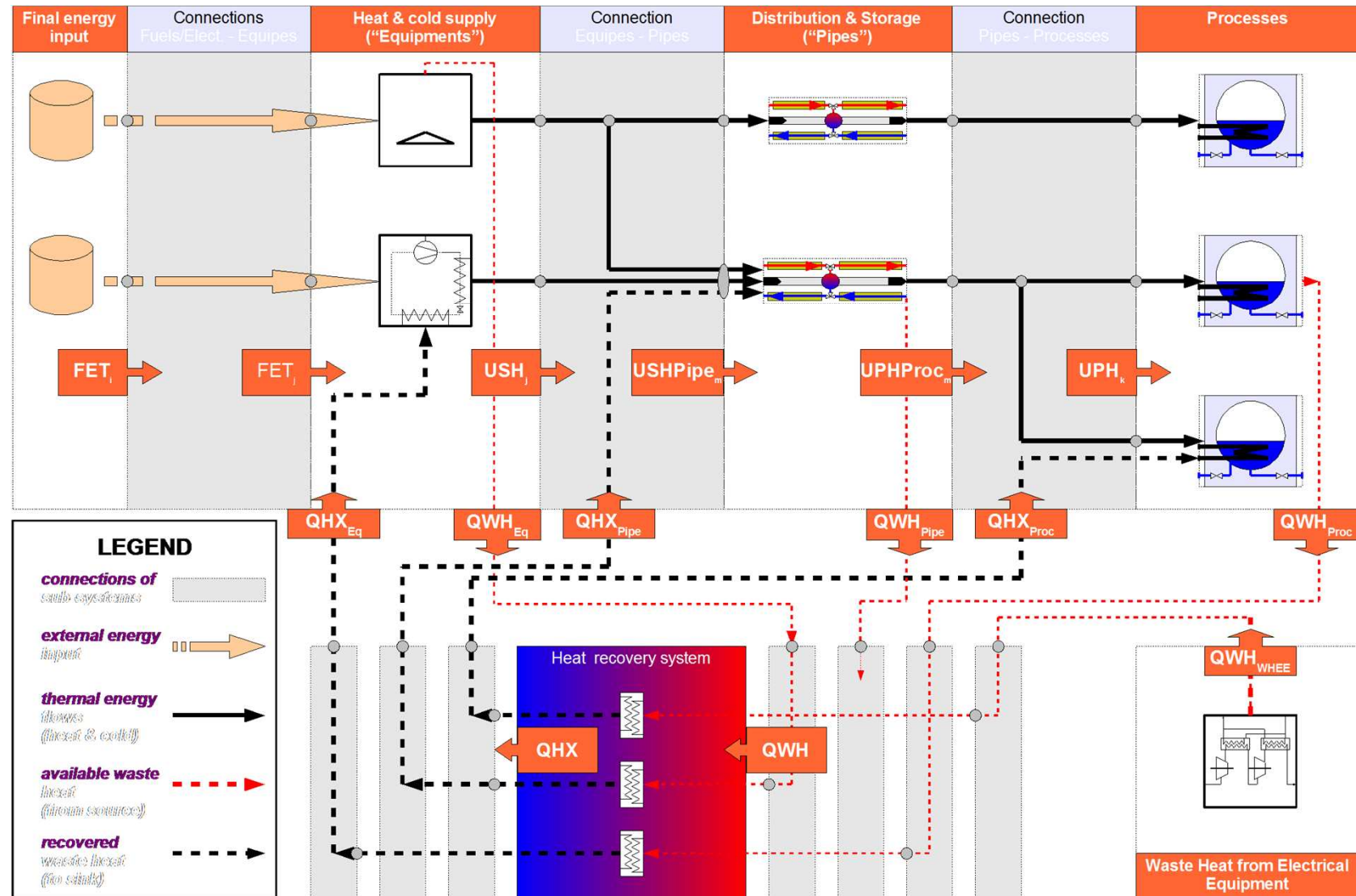


AT03

Module de refroidissement

Équipement de refroidissement

EINSTEIN thermal energy
industry audit



Paramètres de refroidissement : USH – USC, UPH – UPC, QWH – QWC

Types d'équipements de refroidissement

EINSTEIN distingue 7 types d'équipements de refroidissement :

1. Refroidisseur à compression : produit de l'eau réfrigérée (par évaporation indirecte), consomme de l'électricité
 - a) À refroidissement par eau : rejette la chaleur dans l'air ambiant via une tour de refroidissement par voie humide (condensation indirecte).
 - b) À refroidissement par air: rejette la chaleur dans l'air ambiant directement (condensation directe).
2. Refroidisseur thermique (refroidi par eau) : similaire au refroidisseur à compression, mais utilisant la chaleur comme source d'énergie (refroidisseurs à absorption ou à adsorption). a) Refroidi par air et b) Refroidi par eau.
3. Tour de refroidissement (sèche) : produit de l'eau de refroidissement dans une tour de refroidissement par circulation d'air
4. Tour de refroidissement (humide) : produit de l'eau de refroidissement dans une tour de refroidissement par circulation d'air et d'eau
5. Eau douce ou eau souterraine : l'eau de refroidissement est puisée dans le sol ou captée d'une rivière

Théorie du module de refroidissement

- La fourniture de froid utile (USC) de la production de refroidissement est calculée par EINSTEIN d'après la demande des processus
- La consommation d'électricité est calculée comme suit :

$$FET_j(t) = \frac{USC_j(t)}{EER_{sys}(t)}$$

- USC_j : la quantité de froid fournie par l'équipement de refroidissement
- FET_j : la quantité d'énergie motrice (électricité) consommée par l'équipement de refroidissement
- EER_{sys} : taux d'efficacité énergétique en considérant les niveaux de température et les pertes de rendement à charge partielle (le cas échéant)

Théorie du module de refroidissement

$$FETj(t) = \frac{USCj(t)}{EER_{sys}(t)}$$

- Les valeurs du taux EER_{sys} pour les tours de refroidissement sèches et humides ainsi que pour l'eau douce et l'eau souterraine sont considérées constantes (respectivement 22 222 ; 33 333 et 100).
- Les valeurs du taux EER_{sys} pour les refroidisseurs refroidis par air et par eau dépendent :
 - de la température d'évaporation
 - de la température de condensation et
 - du ratio de charge partielle

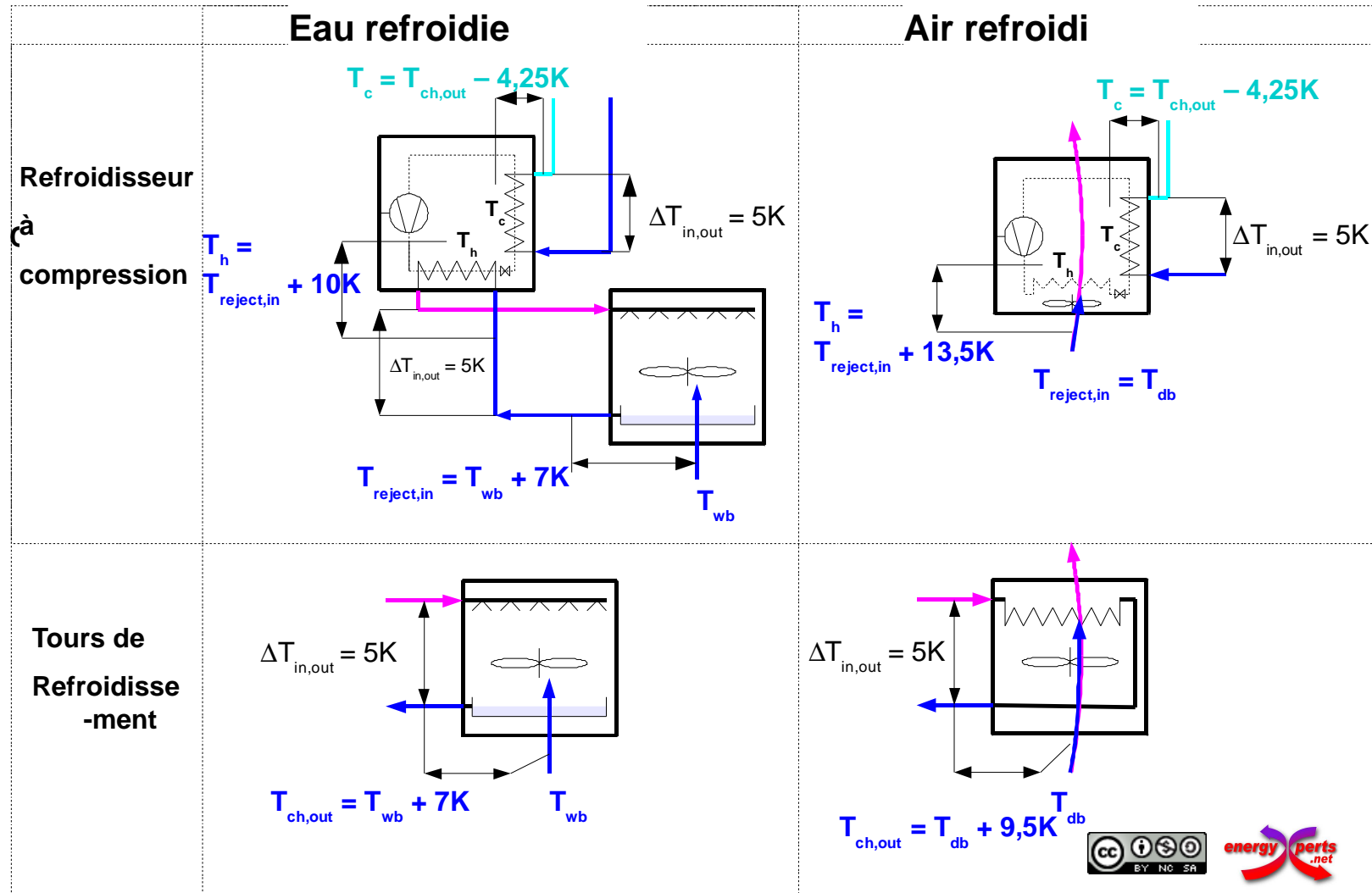
Théorie du module de refroidissement

- Température d'évaporation et de condensation :
 - Le taux EER est calculé au moyen d'un rendement du cycle de Carnot théorique avec paramètres fixés par l'utilisateur (température de la chaleur/du froid fournie et température du retour de refroidissement, respectivement), corrigés pour obtenir les températures d'évaporation et de condensation T_c et T_h

$$EER_{carnot}(T_c, T_h) = \frac{T_c [K]}{(T_h - T_c)}$$
 - Le rendement du cycle de Carnot théorique est corrigé par le paramètre $\eta_{ex,nom}$ (obtenu à partir le taux EER nominal saisi par l'utilisateur)

$$EER_{ch, real, fullLoad}(t) = \eta_{ex, nom} * EER_{carnot}(T_{c, real}(t), T_{h, real}(t))$$

Théorie du module de refroidissement



Théorie du module de refroidissement

- Charge partielle :
 - Le taux EER de pleine charge est corrigé afin de considérer le comportement sous charge partielle :

$$EER_{ch, real} = EER_{ch, real, fullLoad} * PLC$$

- Dans la version EINSTEIN 2.0, PLC est calculé comme suit :

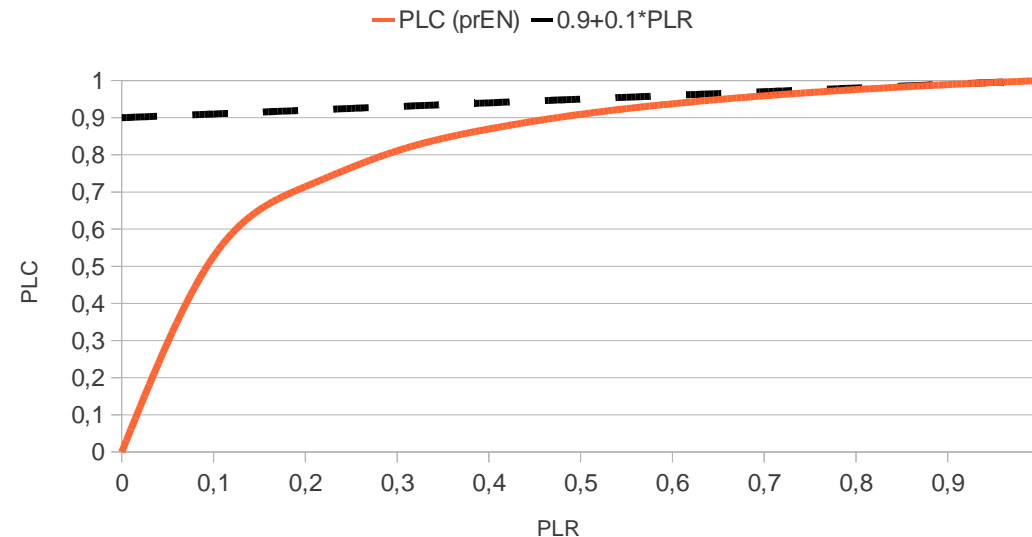
$$PLC = 0,9 + 0,1 * PLR_{moyen}$$

- PLR_{moyen} est le rapport entre le pouvoir réfrigérant réel et le pouvoir réfrigérant nominal (maximal) :

$$PLR = Q_{Charge} / Q_{Nom}$$

Théorie du module de refroidissement

- Dans EINSTEIN, la méthode de la charge partielle (courbe noire) est simplifiée, pour les besoins de la modélisation, par rapport au comportement réel des refroidisseurs partiellement chargés (courbe orange)



- Les vérificateurs doivent être conscients du fait que, dans le cas de fortes variations dans le refroidissement fourni par des refroidisseurs, la consommation d'électricité sera probablement sous-estimée.

Modélisation de l'équipement de refroidissement

**Pouvoir réfrigérant
de l'équipement**

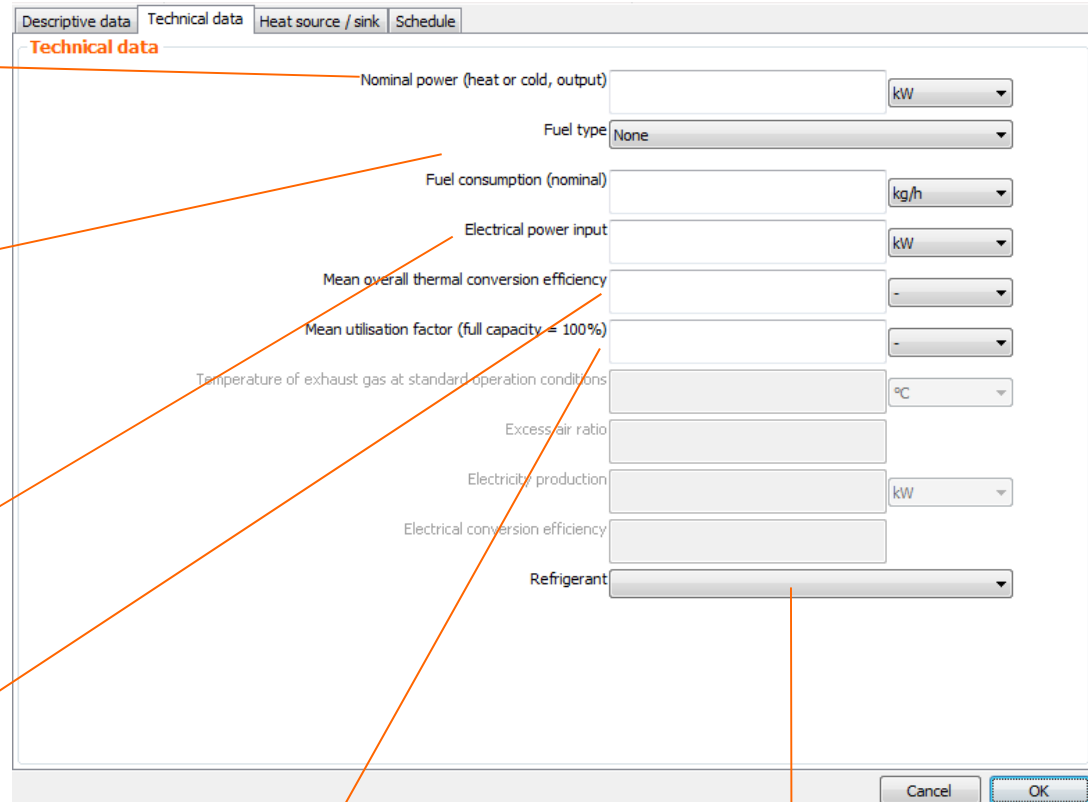
**Type de combustible
et consommation de
combustible = néant
pour l'équipement de
refroidissement**

**Puissance électrique
de l'équipement**

**Taux EER du
refroidisseur en
pleine charge et dans
les conditions de
fonctionnement
nominales**

$$\text{PLR} = \frac{Q_{\text{Charge}}}{Q_{\text{nom}}} \text{ (calculé par EINSTEIN)}$$

**Le type de
réfrigérant n'est
pas pris en compte
dans la version 2.0**



Descriptive data | Technical data | Heat source / sink | Schedule

Technical data

Nominal power (heat or cold, output) kW

Fuel type

Fuel consumption (nominal) kg/h

Electrical power input kW

Mean overall thermal conversion efficiency

Mean utilisation factor (full capacity = 100%)

Temperature of exhaust gas at standard operation conditions °C

Excess air ratio

Electricity production kW

Electrical conversion efficiency

Refrigerant

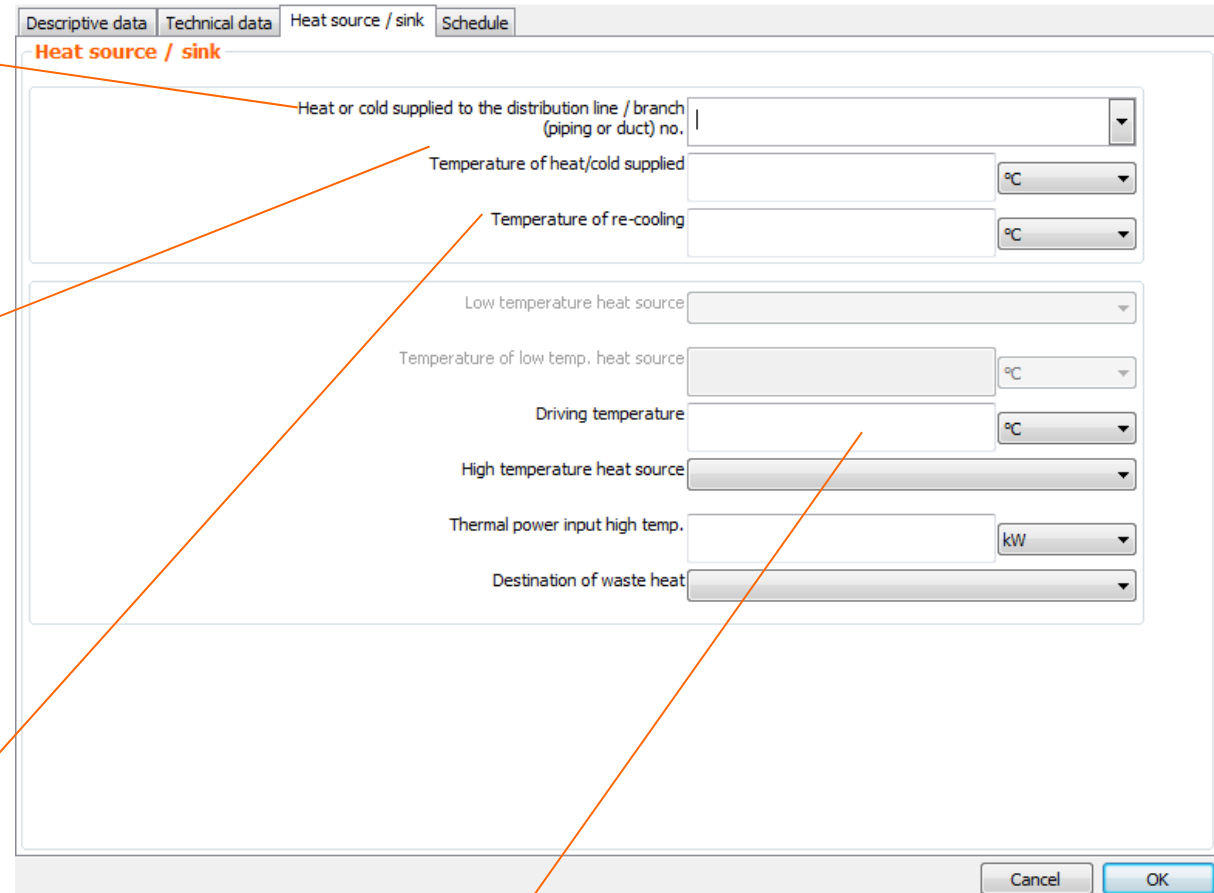
Cancel OK

Modélisation de l'équipement de refroidissement

Ligne de distribution du refroidissement

Température de l'eau réfrigérée sortant de l'équipement

Température de l'air (refroidisseurs refroidis par air) ou de l'eau (refroidisseurs refroidis par eau) de refroidissement



Champs sans objet pour les refroidisseurs mécaniques

Étalonnage de la simulation d'équipement de refroidissement

Les résultats des simulations et l'analyse de la situation actuelle peuvent présenter des différences, étant donné que

les conditions de fonctionnement nominales théoriques sont différentes des conditions de fonctionnement prises pour hypothèses dans les simulations :

- ⇒ Dans les simulations, la température de fourniture de refroidissement est déterminée par le minimum des températures requises dans les processus raccordés
- ⇒ Dans les simulations, la température d'évacuation de chaleur est déterminée par la température ambiante (au thermomètre humide ou sec selon le système) et par les chutes de température par défaut (dépendant du type de système)

Comment étalonner vos simulations :

- ajuster le taux EER nominal afin d'obtenir le taux EER réel correct
- ajuster les conditions de fonctionnement nominales (température de l'eau/air refroidi et température d'évacuation de la chaleur) -> pour correspondre aux conditions de fonctionnement réelles moyennes

Objectif : => faire coïncider la consommation finale d'énergie (électricité) dans la situation actuelle et dans la simulation