

EVAPCO



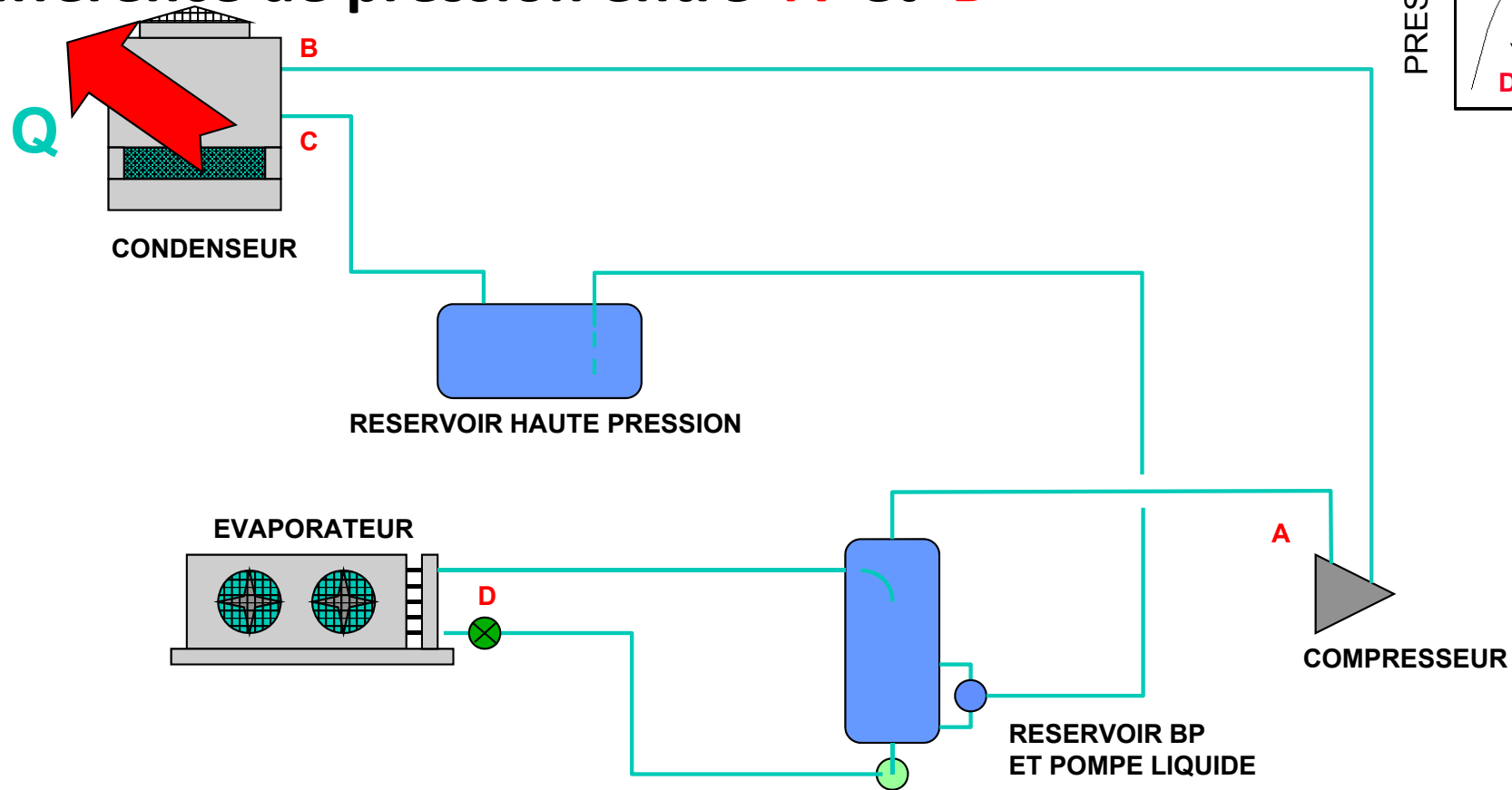
Systemes de condensation frigorigifique à haute efficacité

Spécialiste en produits et services de transfert de chaleur



Circuit frigorifique : travail du compresseur

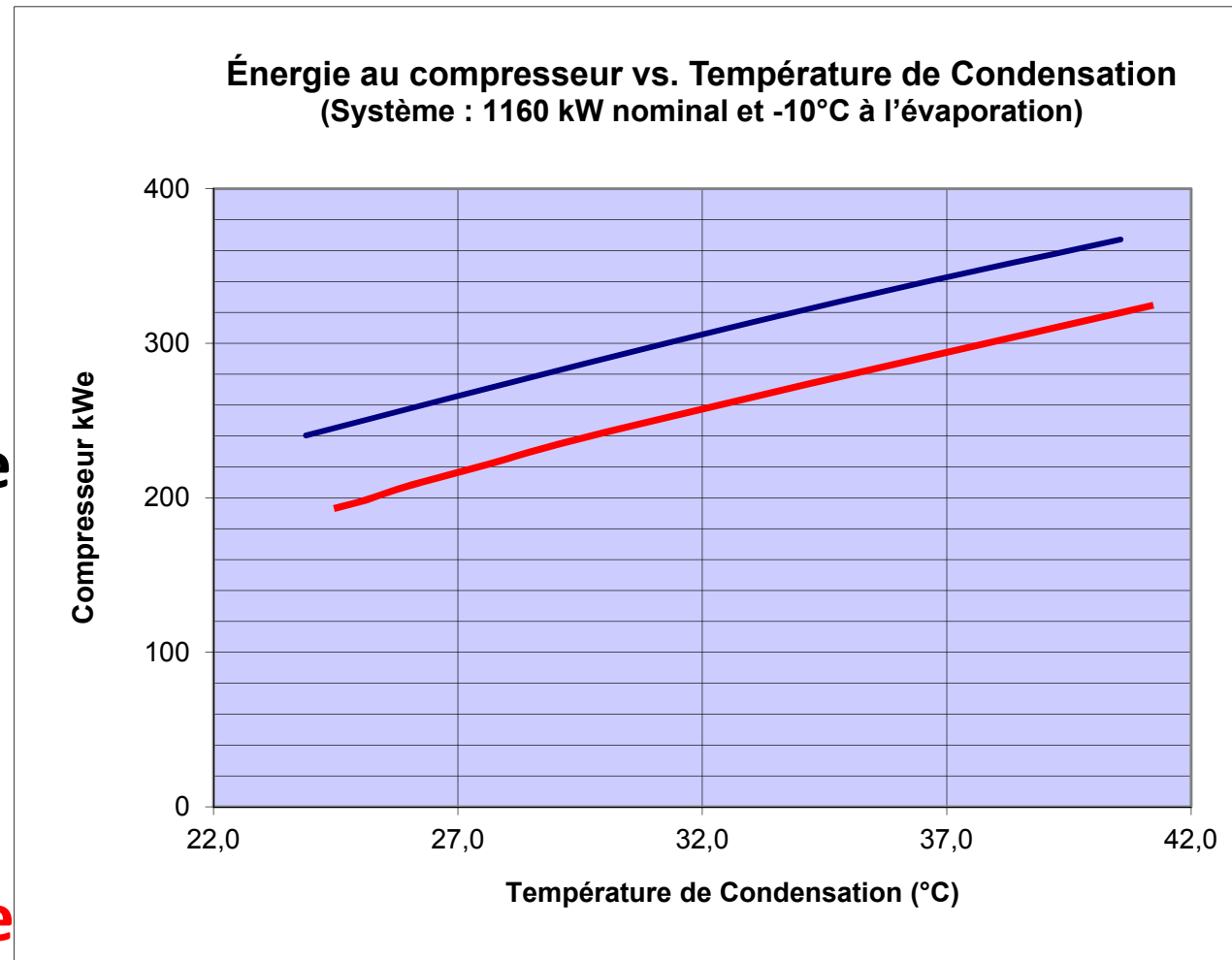
- Le travail du compresseur est proportionnel à la différence de pression entre 'A' et 'B'



Spécialiste en produits et services de transfert de chaleur

Exemple de travail du compresseur

- Pour 1160 kW de réfrigération avec un compresseur à vis à -10°C
- Réduction du kWe en moyenne de 2,5% à 3% par $^{\circ}\text{C}$ de Condensation gagné.
- En HVAC la courbe est similaire



Spécialiste en produits et services de transfert de chaleur

Différentes méthodes de condensation

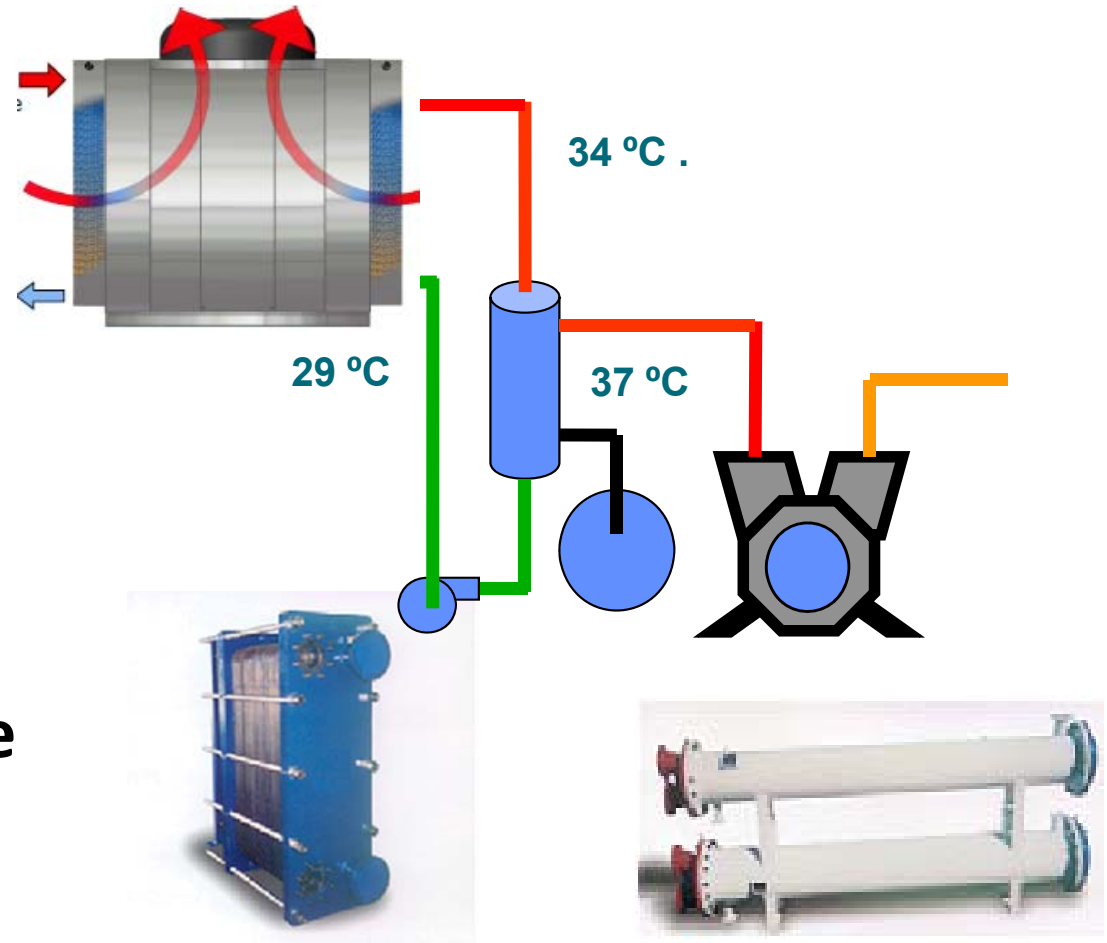
- **Condenseur à air sec**
 - Limité par la température ambiante (air 32° à 35°C) et les dérives caniculaires
 - Condensation entre 47° et 40°C au mieux.
 - Grande surface au sol
 - Non soumis à ICPE 2921
 - Contrainte confinement NH3 éventuelle.



Spécialiste en produits et services de transfert de chaleur

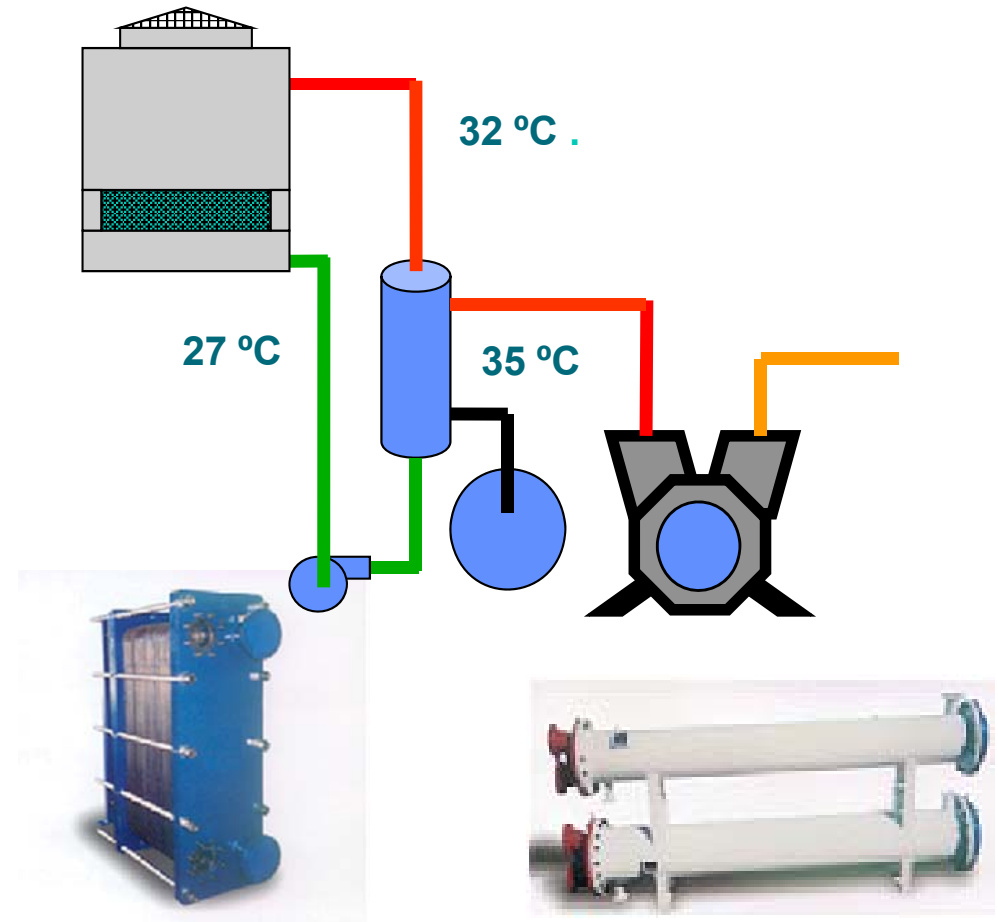
Différentes méthodes de condensation

- **Refroidisseur adiabatique + échangeur condenseur**
 - Températures de condensation plus basse, jusqu'à 37°C au compresseur
 - Gain de place au sol
 - Faible conso d'eau brute non traitée.
 - Non soumis à ICPE 2921



Différentes méthodes de condensation

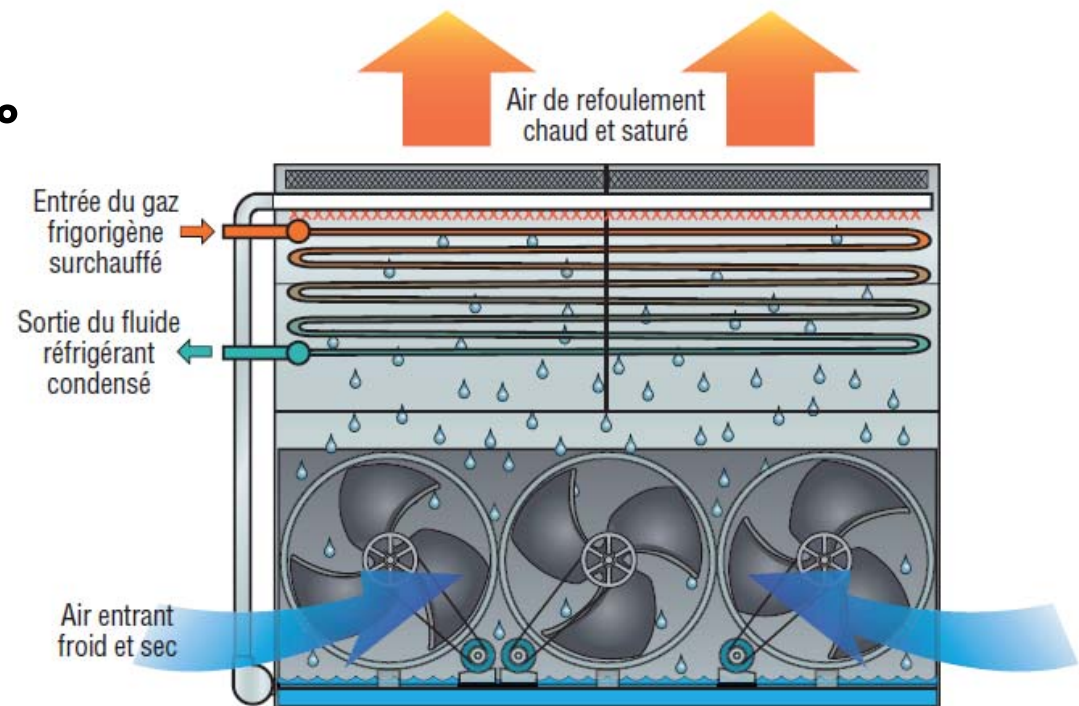
- Tour ouverte ou fermée + échangeur condenseur
 - Utilise l'air humide pour sa sélection : température de condensation jusqu'à 35° à 33°C au mieux
 - Gain de place
 - Consommation d'eau et Traitement d'eau.
 - Contraintes ICPE 2921



Différentes méthodes de condensation

■ Condenseur évaporatif

- Plus basse température de condensation possible $< 30^\circ$
- Plus fort gain de place
- Consommation d'eau et Traitement d'eau.
- Contraintes ICPE 2921
- Éventuellement contrainte confinement NH3



Principe de fonctionnement

Condenseurs évaporatifs (et TAR)

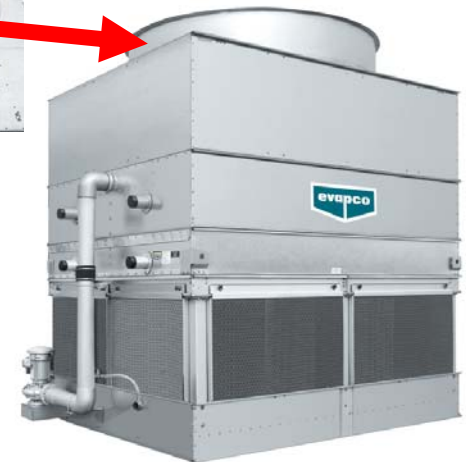
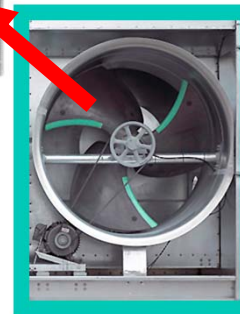
Condenseur centrifuge :

- 2 à 3 x plus d'énergie
- Accessibilité très limitée
- Conception des années 70'



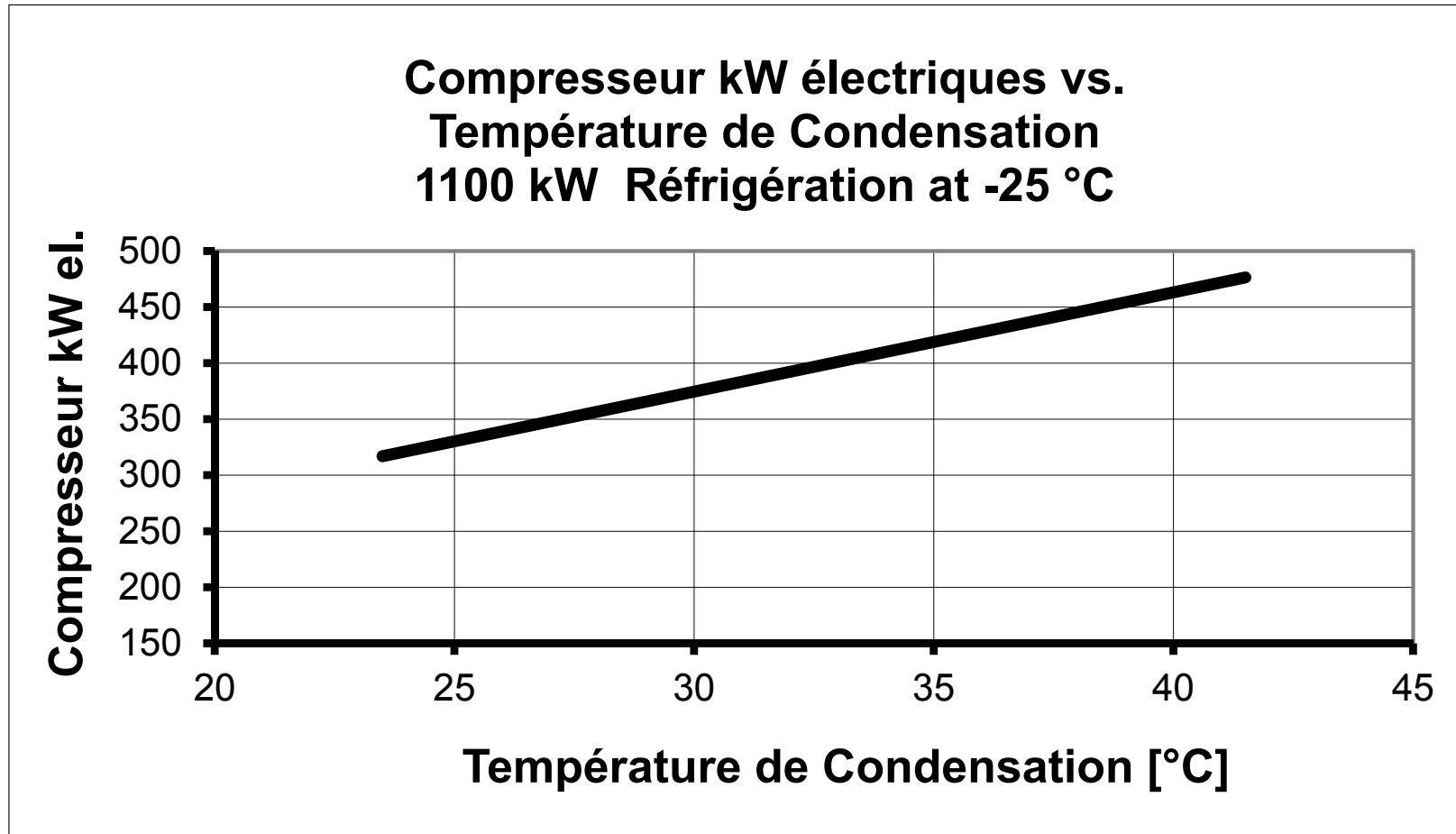
Condenseurs axiaux :

- 2 à 3 x moins d'énergie
- Niveaux sonores équivalents
- Accessibilité supérieure

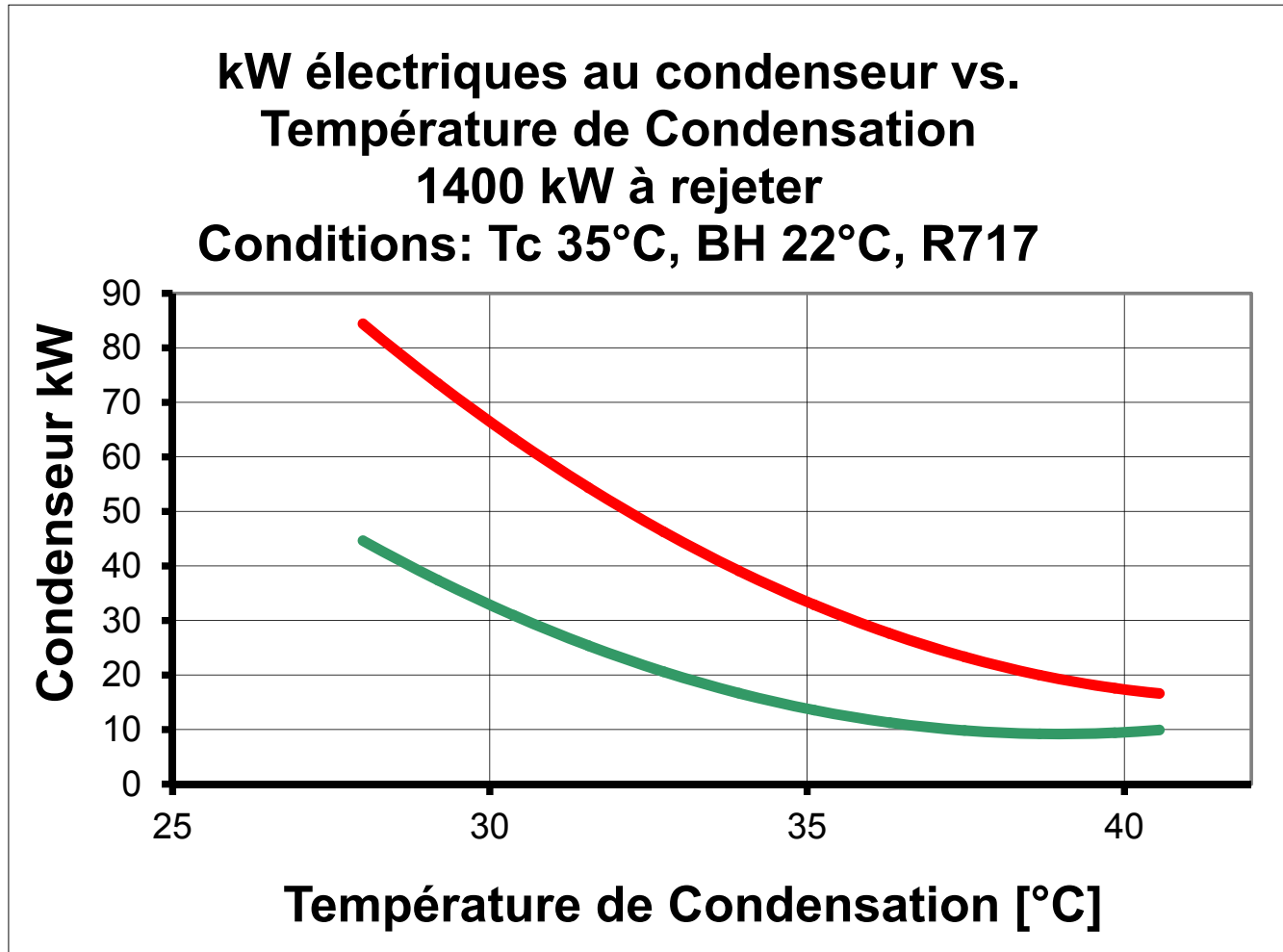


Spécialiste en produits et services de transfert de chaleur

Recherche d'un optimum



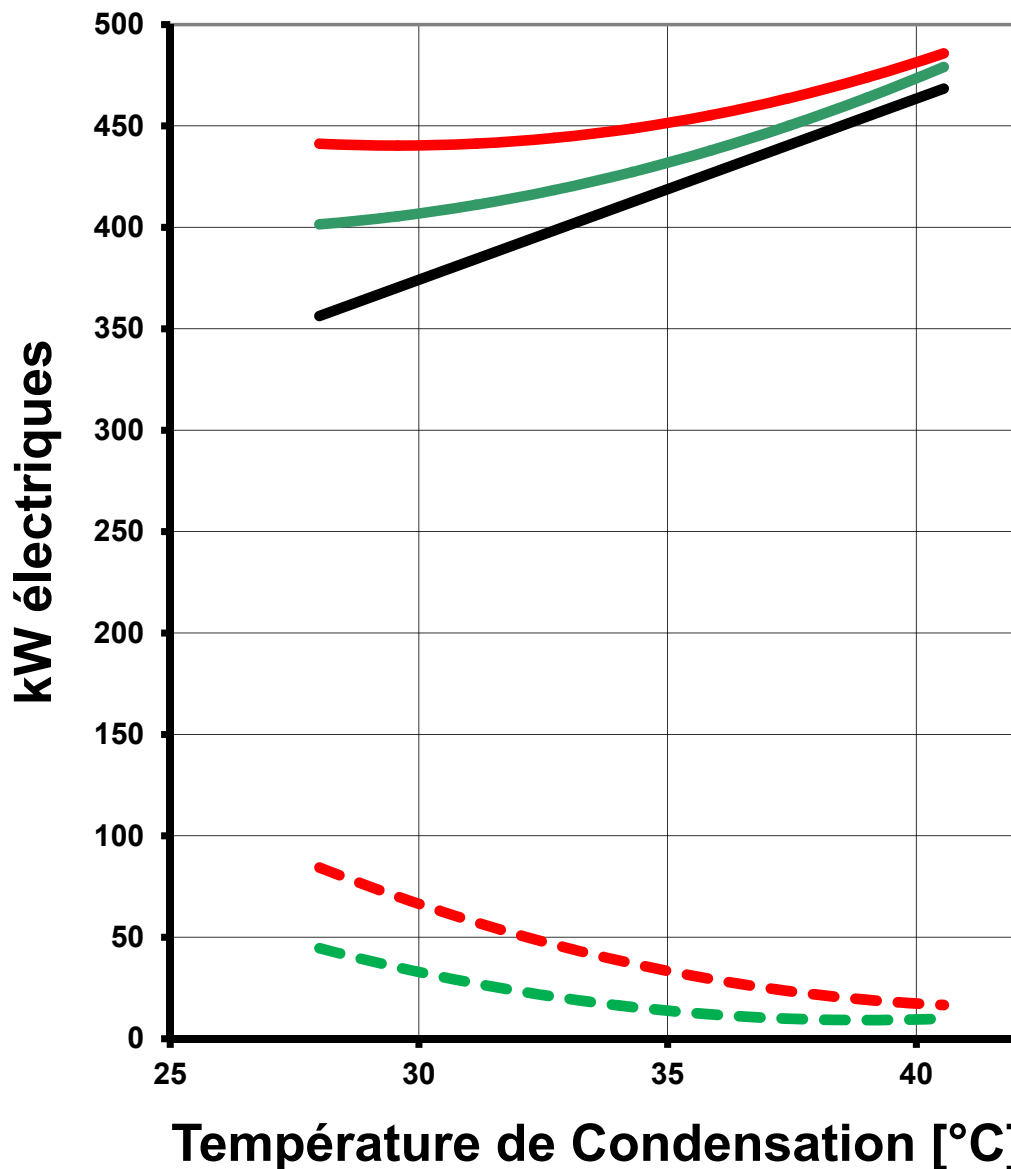
Recherche d'un optimum



Condenseur centrifuge

Condenseur Axial

Total kW électriques vs. Température de Condensation



En cumulant les courbes

GF + Cond. centrifuge

GF + Condenseur Axial

GF Compresseur seul

Cond. Centrifuge seul

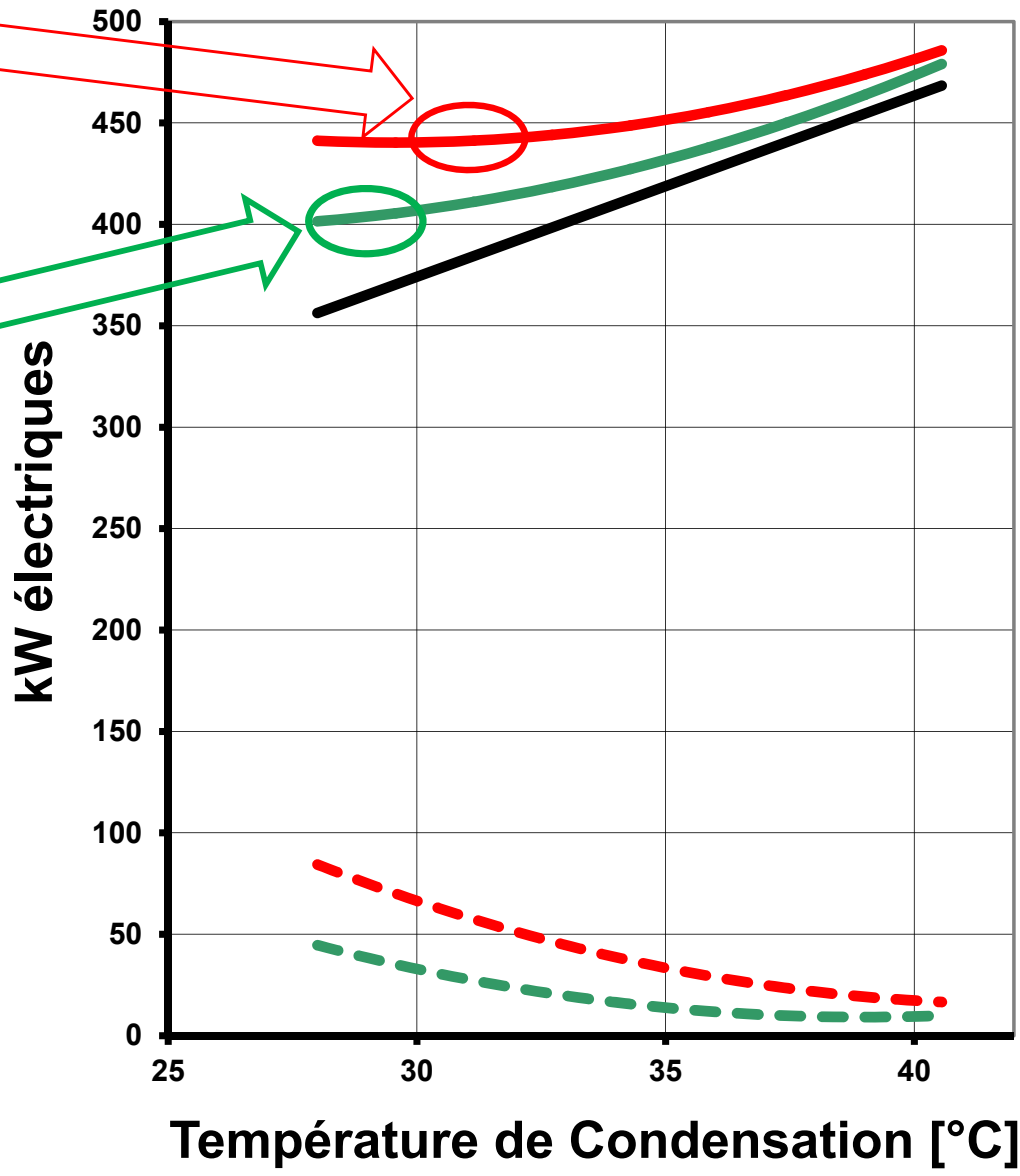
Condenseur Axial seul

Spécialiste en produits et services de transfert de chaleur

Zone optimale pour centrifuge

Zone optimale pour axial

Total kW électriques vs. Température de Condensation



GF + Cond. centrifuge

GF + Condenseur Axial

GF Compresseur seul

Cond. Centrifuge seul

Condenseur Axial seul

Recherche d'un optimum

- **Qu'en est-il des coûts de cette optimisation ?**
- **Les Fiches des CEE sur les systèmes de condensation frigorifique à haute efficacité vont nous aider**
- **La troisième période des CEE a commencé ce 1^{er} janvier 2015 et les fiches standardisées sont révisées. C'est le cas pour:**
 - **IND-UT-113.**

Systeme de condensation frigo efficace

Fiche IND-UT-113

Publiée 24 décembre 2014



Certificats d'économies d'énergie

Opération n° IND-UT-113

Systeme de condensation frigorifique à haute efficacité

1. Secteur d'application

Industrie.

2. Dénomination

Mise en place d'un système de condensation frigorifique sur une installation frigorifique permettant d'avoir une faible différence de température ΔT entre le fluide frigorigène à la pression de condensation et le medium de refroidissement (air ou eau) en entrée du condenseur.

Par système de condensation, on entend « condenseur plus tour », « condenseur seul » ou « tour seule » si celle-ci alimente un condenseur frigorifique à eau.

Spécialiste en produits et services de transfert de chaleur



Systeme de condensation frigo efficace

Fiche IND-UT-113: Conditions de delivrance

3. Conditions pour la delivrance de certificats

La mise en place est realisee par un professionnel.

Les systemes de condensation eligibles sont :

1/ systeme de condensation par rapport a l'atmosphere :

- a air sec avec un ΔT inferieur ou egal a 12°C :

- condenseur a air sec ;

- condenseur a eau plus aerorefrigerant a air sec (adiabatique ou non).

- a air humide avec un ΔT inferieur ou egal a 22°C :

- condenseur evaporatif ;

- condenseur a eau plus tour ouverte (hybride ou non) ;

- condenseur a eau plus tour fermee (hybride ou non).

2/ systeme de condensation a eau « seul » (sur nappe ou cours d'eau) avec un ΔT inferieur ou egal a 8°C .

La preuve de la realisation de l'operation mentionne la mise en place d'un systeme de condensation sur une installation frigorifique et la valeur de ΔT .

A defaut, la preuve de realisation de l'operation mentionne la mise en place d'un equipement avec ses marque et reference et elle est completee par un document issu du fabricant indiquant que l'equipement de marque et reference installe est un systeme de condensation sur une installation frigorifique. Ce document precise la valeur de ΔT .

4. Duree de vie conventionnelle

15 ans.

Spécialiste en produits et services de transfert de chaleur



Systeme de condensation frigo efficace

Fiche IND-UT-113: Tableau applicable à la condensation à eau

5. Montant de certificats en kWh cumac

Mise en place d'un **systeme de condensation à eau seul** (sur nappe ou cours d'eau) permettant une différence ΔT entre la température de condensation du fluide frigorigène et celle de l'eau en entrée du condenseur, inférieure ou égale à 8°C :

ΔT en °C	Montant en kWh cumac par kW	Mode de fonctionnement du site industriel	Coefficient multiplicateur	Puissance électrique nominale de l'installation frigorifique en kW
8	680	1x8h	1	P
7	1 000	2x8h	2,2	
6	1 400	3x8h avec arrêt le week-end	3	
		3x8h sans arrêt le week-end	4,2	

X

X

Systeme de condensation frigo efficace

Fiche IND-UT-113: Tableau applicable à la condensation à air sec

Mise en place d'un **condenseur à air sec** (adiabatique ou non) ou d'un condenseur à eau et d'un aéroréfrigérant à air sec (adiabatique ou non) permettant une différence ΔT entre la température de condensation du fluide frigorigène et celle de l'**air sec**, inférieure ou égale à 12°C :

ΔT en °C	Montant en kWh cumac par kW
12	790
11	1 100
10	1 400
9	1 700
8	2 000
7	2 400
6	2 800
5	3 100
4	3 600
3	4 000
2	4 400
1	4 900
0	5 400

X

Mode de fonctionnement du site industriel	Coefficient multiplicateur
1x8h	1
2x8h	2,2
3x8h avec arrêt le week-end	3
3x8h sans arrêt le week-end	4,2

X

Puissance électrique nominale de l'installation frigorigène en kW
P

Spécialiste en produits et services de transfert de chaleur

Systeme de condensation frigo efficace

Fiche IND-UT-113: Tableau applicable à la condensation à air humide

Mise en place d'un **condenseur évaporatif** (hybride ou non) ou d'un condenseur à eau et d'une tour aéroréfrigérante ouverte (hybride ou non) ou d'un condenseur à eau et d'une tour aéroréfrigérante fermée (hybride ou non) permettant une différence ΔT entre la température de condensation du fluide frigorigène et celle de l'air au bulbe humide, inférieure ou égale à 22°C :

ΔT en °C	Montant en kWh cumac par kW	Mode de fonctionnement du site industriel	Coefficient multiplicateur	Puissance électrique nominale de l'installation frigorigène en kW
22	790	1x8h	1	P
21	1 100	2x8h	2,2	
20	1 400	3x8h avec arrêt le week-end	3	
19	1 700	3x8h sans arrêt le week-end	4,2	
18	2 000			
17	2 400			
16	2 800			
15	3 100			
14	3 600			
13	4 000			
12	4 400			
11	4 900			
10	5 400			

En cas d'utilisation d'un fluide frigorigène à « glissement », la température de condensation du fluide à retenir est celle au point de rosée.

Pour une valeur de ΔT du système de condensation ne figurant pas dans les tableaux ci-dessus, il convient de retenir la valeur de ΔT immédiatement supérieure.

La puissance électrique nominale à retenir est celle figurant sur la plaque signalétique de l'installation frigorigène ou, à défaut, celle indiquée sur un document issu du fabricant.

Systeme de condensation frigo efficace

Fiche IND-UT-113: Methode de Calcul

ΔT en °C	Montant en kWh cumac par kW
22	790
21	1 100
20	1 400
19	1 700
18	2 000
17	2 400
16	2 800
15	3 100
14	3 600
13	4 000
12	4 400
11	4 900
10	5 400

Mode de fonctionnement du site industriel	Coefficient multiplicateur
1x8h	1
2x8h	2,2
3x8h avec arrêt le week-end	3
3x8h sans arrêt le week-end	4,2

Puissance électrique nominale de l'installation frigorifique en kW
P

Exemple: GF 1000 kW froid -15° / +32°

Le tableau ne tient plus compte de l'évaporation. Le facteur a été intégré en moyenne dans le 'Montant en kWh cumac par kW'.

Fonctionnement 24/24 - Compresseur 400 kW

Condenseur évaporatif Tc 32° par BH 21° , soit DT 11°

Calcul = 4 900 x 4,2 x 400

Total = 8 232 MWh cumac

Soit ~ 18,1 k€ à négocier (à ~ 2,20 €/MWh, début 2016)

Systeme de condensation frigo efficace

Fiche IND-UT-113: L'Annexe definit le contenu de l'Attestation sur l'Honneur

Annexe 1 à la fiche d'opération standardisée IND-UT-113,
définissant le contenu de la partie A de l'attestation sur l'honneur.

A/ IND- UT-113 (v. A14.1) : Mise en place d'un système de condensation frigorifique sur une installation frigorifique permettant d'avoir une faible différence de température ΔT entre le fluide frigorigène à la pression de condensation et le medium de refroidissement (air ou eau) en entrée du condenseur.

*Date d'engagement de l'opération (ex: date d'acceptation du devis) :

Date de preuve de réalisation de l'opération (ex : date de la facture) :

Référence de la facture :

*Nom du site des travaux :

*Adresse des travaux :

Complément d'adresse :

*Code postal :

*Ville :

*Secteur de réalisation de l'opération : Industrie : OUI NON

*Mise en place d'un système de condensation frigorifique de type :

condenseur à eau seul (sur nappe, cours d'eau ou autre)

condenseur à air sec (adiabatique ou non)

condenseur évaporatif (hybride ou non)

aéroréfrigérant à air sec (adiabatique ou non) et condenseur à eau

tour aéroréfrigérante ouverte (hybride ou non) et condenseur à eau

tour aéroréfrigérante fermée » (hybride ou non) et condenseur à eau

Spécialiste en produits et services de transfert de chaleur



Comparaison des Systèmes

- Nous allons maintenant comparer les 4 grands systèmes de condensation du marché:
 - Condenseur à air sec (ou aérocondenseur)
 - Refroidisseur Adiabatique (+condenseur à eau)
 - Tour évaporative fermée (+condenseur à eau)
 - Condenseur évaporatif en direct
- Cela pour un même besoin de refroidir 1 000 kW à -10°C NH₃, par conditions extérieures 32°C sec et 21°C BH.

Comparaison des Systèmes

Réjection pour GF Puissance froid 1000 kW à -10°C, sur NH3 - Moteur plaqué 400 kW et Utilisation 3 x 8 (7j/7)

Condenseur à air sec



Refroidisseur Adiabatique à Médias



TAR fermée



Condenseur évaporatif



Régime	1 343 kW NH3 Tc 45°, Air à 32° Tc 45° soit Delta T 13° sec Limite pour certains compresseurs	1 294 kW EG 34/29°, Air à 32° Tc 37° soit Delta T 5° sec Hors ICPE 2921	1 285 kW EG 32/27°, BH 21° Tc 35° soit Delta T 14° humide Soumis à ICPE 2921	1 257 kW NH3 Tc 31°, BH 21° Tc 31° soit Delta T 10° humide Soumis à ICPE 2921
Puissance Froid	1 000 kW	1 000 kW	1 000 kW	1 000 kW
Puissance Abs. au compresseur	343 kW	294 kW	285 kW	257 kW
COP Froid	2.92	3.40	3.51	3.89
Puissance rejetée	1 343 kW	1 294 kW	1 285 kW	1 257 kW
COP Chaud	3.92	4.40	4.51	4.89

Spécialiste en produits et services de transfert de chaleur

Comparaison des Systèmes

Réjection pour GF Puissance froid 1000 kW à -10°C, sur NH3 - Moteur plaqué 400 kW et Utilisation 3 x 8 (7j/7)

Condenseur à air sec



Refroidisseur Adiabatique
à Médias



TAR fermée



Condenseur évaporatif



Régime	1 343 kW NH3 Tc 45°, Air à 32° Tc 45° soit Delta T 13° sec Limite pour certains compresseurs	1 294 kW EG 34/29°, Air à 32° Tc 37° soit Delta T 5° sec Hors ICPE 2921	1 285 kW EG 32/27°, BH 21° Tc 35° soit Delta T 14° humide Soumis à ICPE 2921	1 257 kW NH3 Tc 31°, BH 21° Tc 31° soit Delta T 10° humide Soumis à ICPE 2921
Budget achat	84 750 €	99 600 € + Condenseur et circuit EG	64 700 € + Condenseur et circuit EG + Traitement d'eau	53 100 € + Traitement d'eau
kWh cumac	0	5 208 000	6 048 000	9 072 000
<i>selon Fiche IND-UT-113</i>				
CEE à 2,2 € / MWh cumac	0 €	11 460 €	13 310 €	19 960 €
Economie électricité / an	0 €	-14 256 €	-22 194 €	-50 760 €
sur 6000 h équivalent pleine charge à 9 ct/kWh (y compris ventilateurs, pompes pulvérisation et EG sur condenseur à plaques)				
Consommation d'eau / an	0	~ 1 500 m ³ /an	~ 10 000 m ³ /an	~ 10 000 m ³ /an

Spécialiste en produits et services de transfert de chaleur



Comparaison des Systèmes

Réjection pour GF Puissance froid 1000 kW à -10°C, sur NH3 - Moteur plaqué 400 kW et Utilisation 3 x 8 (7j/7)

N'oublions pas que les CEE ne sont pas une fin en soi, mais un moyen de financer un projet. Les économies annuelles sur la durée de vie de 15 à 20 ans sont beaucoup plus importantes.

Régime	1 343 kW NH3 Tc 45°, Air à 32° Tc 45° soit Delta T 13° sec Limite pour certains compresseurs	1 294 kW EG 34/29°, Air à 32° Tc 37° soit Delta T 5° sec Hors ICPE 2921	1 285 kW EG 32/27°, BH 21° Tc 35° soit Delta T 14° humide Soumis à ICPE 2921	1 257 kW NH3 Tc 31°, BH 21° Tc 31° soit Delta T 10° humide Soumis à ICPE 2921
Budget achat	84 750 €	99 600 € + Condenseur et circuit EG	64 700 € + Condenseur et circuit EG + Traitement d'eau	53 100 € + Traitement d'eau
kWh cumac selon Fiche IND-UT-113	0	5 208 000	6 048 000	9 072 000
CEE à 2,2 € / MWh cumac	0 €	11 460 €	13 310 €	19 960 €
Economie électricité / an sur 6000 h équivalent pleine charge à 9 ct/kWh (y compris ventilateurs, pompes pulvérisation et EG sur condenseur à plaques)	0 €	-14 256 €	-22 194 €	-50 760 €
Consommation d'eau / an	0	~ 1 500 m ³ /an	~ 10 000 m ³ /an	~ 10 000 m ³ /an

Spécialiste en produits et services de transfert de chaleur



Conclusions

- **Le retour d'expérience des dernières années a démontré que la gestion d'un système de refroidissement évaporatif est parfaitement gérable, y compris en intégrant les évolutions des dispositions de la Rubrique 2921 des ICPE.**
- **Le refroidissement évaporatif est et reste le plus performant énergétiquement, valorisé notamment par le dispositif des Certificats d'Économies d'Énergie (CEE) ou encore les M.T.D. (Meilleurs Techniques Disponibles pour le refroidissement industriel) émises par la Commission Européenne.**



Systeme de récupération de chaleur sur TAR

Spécialiste en produits et services de transfert de chaleur



Récupération de chaleur sur TAR

- La fiche du 12^{ème} Arrêté a été annulée et remplacée par l'Arrêté du 24 décembre 2014
- Fiche IND-BA-112
 - Elle n'est plus basée sur la puissance de la tour (objet de nombreux abus)...
 - Mais sur la puissance de récupération réellement installée, et la méthode a encore été révisée par l'Arrêté du 11 août 2015.

Récupération de chaleur sur TAR

Fiche IND-BA-112: Publiée 11 août 2015

VERSION APPLICABLE
AUX OPERATIONS
ENGAGEES A PARTIR
DU 1er octobre 2015



Certificats d'économies d'énergie

Opération n° IND-BA-112

Systeme de récupération de chaleur sur une tour aéroréfrigérante

1. Secteur d'application

Industrie.

Le secteur de la production d'électricité est exclu du domaine d'application.

2. Dénomination

Mise en place d'un système de récupération de chaleur en amont d'une tour aéroréfrigérante (TAR), pour une utilisation sur site.

Cette opération n'est pas cumulable avec les opérations relevant des fiches standardisées IND-UT-103 et IND-UT-117 si les compresseurs d'air ou groupes de production de froid sont connectés à la tour aéroréfrigérante.

Spécialiste en produits et services de transfert de chaleur



Récupération de chaleur sur TAR

Fiche IND-BA-112: Conditions de délivrance

3. Conditions pour la délivrance de certificats

La mise en place est réalisée par un professionnel.

Seuls les systèmes de récupération installés en amont d'une tour aéroréfrigérante définie ci-après sont éligibles à l'opération :

- TAR humide en circuit fermé ou ouvert (aussi appelées tours de refroidissement) ;
- TAR sèche en circuit fermé ou ouvert (aussi appelées aérocondenseurs ou dry-coolers) ;
- TAR hybride (humide/sèche) en circuit fermé ou ouvert.

La puissance thermique évacuée à la TAR aux conditions de service, notée Q_{tar} , est inférieure ou égale à 7 MW.

La puissance thermique récupérée par le système, notée Q_{recup} , est inférieure à $0,7 \times Q_{tar}$.

La preuve de réalisation de l'opération mentionne la mise en place d'un système de récupération de chaleur.

À défaut, la preuve de réalisation de l'opération mentionne la mise en place d'un équipement avec ses marque et référence et elle est complétée par un document issu du fabricant indiquant que l'équipement de marque et référence installé est un système de récupération de chaleur.

Les documents justificatifs spécifiques à l'opération sont :

- la note de calcul, établie par un professionnel ou un bureau d'études, ou la documentation technique du constructeur de la TAR donnant la puissance thermique évacuée Q_{tar} .
- l'étude thermique des besoins d'énergie et de dimensionnement de l'échangeur, réalisée par un bureau d'études ou un professionnel donnant la puissance thermique récupérée par le système Q_{recup} .

4. Durée de vie conventionnelle

10 ans.

Spécialiste en produits et services de transfert de chaleur



Récupération de chaleur sur TAR

Fiche IND-BA-112: Méthode de Calcul

5. Montant de certificats en kWh cumac

Mode de fonctionnement du système de récupération	Montant en kWh cumac par kW	Puissance thermique récupérée en kW
1x8h	12 100	X Q_{recup}
2x8h	26 700	
3x8h avec arrêt le week-end	36 400	
3x8h sans arrêt le week-end	51 000	

TAR humide, sèche ou hybride. Limite dans l'arrêté $Q_{\text{recup}} < 0,7 \times Q_{\text{tar}} \& Q_{\text{tar}} < 7 \text{ MW}$.
Mise en œuvre par un professionnel

Pour un échangeur de récupération de 1000 kW en 2 postes de 8h et utilisation mixte
Calcul = 26 700 x 1000

Total = 26 700 MWh cumac

Soit ~ 59 k€ à négocier (au tarif moyen début 2016 de ~ 2,20 € / MWh cumac)

EVAPCO



MERCI

Spécialiste en produits et services de transfert de chaleur

