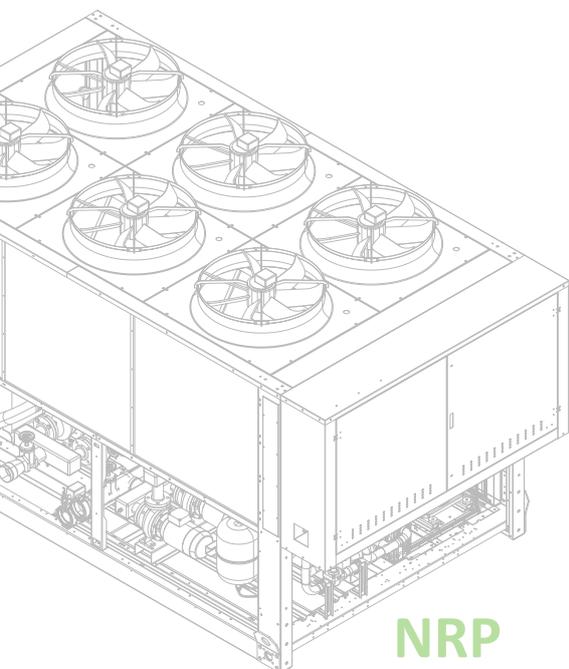


## TECHNICAL FOCUS

# ECONOMISER DE L'ENERGIE POUR UN CONFORT THERMIQUE TOUTE L'ANNEE EN EXPLOITANT SIMULTANEMENT LES APPORTS ET LES DEPERDITIONS D'UN BATIMENT

### SOLUTIONS POUR LE BIEN-ÊTRE

**Économie énergétique et récupération de l'énergie thermo-frigorifique : application des unités polyvalentes NRP pour installations hydrauliques à 4 tubes.**



**NRP**

Dans une optique visant à garantir les meilleures conditions de confort en fonction de la variation des conditions climatiques, des caractéristiques des bâtiments et des différentes applications et utilisations, le concept de confort thermique tout au long de l'année devient de plus en plus un thème d'actualité. La solution d'installation par système à 4 tubes représente sans aucun doute l'une des meilleures possibilités à même de satisfaire toute l'année la demande de confort suivant la variation et de traiter également la charge simultanée des apports et des déperditions, qui peut fonctionner de manière indépendante. Depuis quelques années, ce phénomène est en train de devenir de plus en plus marqué en raison de la variabilité croissante d'utilisation des différents espaces d'un même bâtiment et de la réduction des dispersions grâce aux meilleures isolations adoptées. L'utilisation d'unités centralisées de type polyvalent pour la production simultanée et indépendante d'énergie thermique et frigorifique, basées sur la technologie de la pompe à chaleur, représente sans aucun doute une excellente opportunité pour répondre à cette exigence. Face à cette évolution, Aermec présente dans ce document les avantages en termes d'économie d'énergie et de coûts dérivant de l'emploi d'unités polyvalentes pour installations à 4 tubes. Le cas analysé démontre que dans le bâtiment à usage administratif examiné, l'économie d'énergie peut atteindre 59%. Par conséquent, la récupération d'énergie ainsi obtenue a pour effet immédiat de réduire radicalement les émissions polluantes liées à la climatisation du bâtiment, mais aussi réduire les coûts d'exploitation pour l'utilisateur et d'offrir aux propriétaires et aux constructeurs un coût du cycle de vie de l'installation extrêmement avantageux par rapport aux solutions traditionnelles.

## SOMMAIRE

<b>Chapitre 1</b>	
Introduction.....	3
<b>Chapitre 2</b>	
Applications et exigences d'installation.....	4
<b>Chapitre 3</b>	
Économie d'énergie et de coûts .....	8
<b>Chapitre 4</b>	
Analyse LCC comparée des deux solutions.....	13
<b>Chapitre 5</b>	
Conclusions .....	15



La brochure « Analyse technique » a pour objectif de fournir un exemple à titre purement indicatif des avantages possibles dérivant de l'utilisation des solutions innovantes Aermec.

Faisant référence à des bâtiments et à des situations spécifiques, les données et résultats présentés dans la publication peuvent varier même considérablement en fonction des applications et de la destination d'usage. C'est pourquoi les calculs et les considérations effectuées dans ce document ne peuvent en aucun cas remplacer l'activité de conception du professionnel thermotechnique.

Aermec se réserve le droit d'apporter à tout moment les modifications jugées nécessaires à l'amélioration du produit par la révision éventuelle des données publiées.

© 2013 Aermec, Tous droits réservés.

## POURQUOI LES UNITÉS POLYVALENTES ONT-ELLES AUTANT DE SUCCÈS SUR LE MARCHÉ DE LA CLIMATISATION ?

Les raisons expliquant le succès de ces appareils sur le marché sont les suivantes :

- Plus grande attention réservée aux thèmes de l'efficacité énergétique et de l'économie dans la conception du système bâtiment-installation  
→ valorisation de la récupération de l'énergie thermique ou frigorifique.
- Évolution technologique du circuit frigorifique en général en termes de composants, de conception et de réglage  
→ élargissement des domaines d'application des appareils (températures extérieures et températures d'eau produite).
- Plus grande connaissance des criticités susceptibles de concerner le fonctionnement des appareils polyvalents, adoption de solutions de construction et de réglage appropriées par les entreprises de production, plus grande attention réservée aux exigences d'installation à recommander aux projeteurs  
→ obtention de niveaux de fiabilité élevés.
- Plus grande offre sur le marché de ce type de produit  
→ compétitivité accrue des fabricants en termes de prestations et de positionnement du prix.

## Chapitre 1 INTRODUCTION

Présents sur le marché de la climatisation depuis plus de 20 ans, les appareils polyvalents ont connu un essor constant notamment ces dernières années, suscitant un intérêt croissant auprès des projeteurs, des thermiciens et des installateurs.

On définit par appareil polyvalent un groupe frigorifique en pompe à chaleur avec récupération totale, doté d'une architecture particulière du circuit frigorifique et de logiques de gestion spécifiques et dédiées, qui est en mesure de satisfaire **simultanément et de manière autonome** diverses fonctions d'installation.

Les appareils polyvalents se différencient en fonction du type d'installation auquel ils sont destinés. Les logiques de gestion peuvent être en particulier :

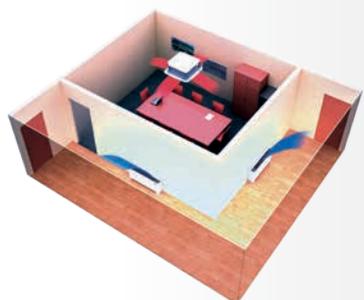
- Polyvalentes pour installations à 4 tubes, en mesure de fournir simultanément de l'énergie thermique **et** frigorifique sur deux circuits de l'installation et quel que soit le degré de régulation de puissance requis ;
- Polyvalentes pour installations à 2 tubes, en mesure de fournir une puissance thermique **ou** frigorifique à une installation à deux tubes et, simultanément, si requis, de l'énergie thermique à un circuit hydraulique intermédiaire destiné à la préparation d'eau chaude sanitaire (de type à échangeur intermédiaire et chauffe-eau en aval, ou à ballon tampon d'eau technique et échangeur instantané en aval).



**Parmi les multiples raisons expliquant le succès des installations à 4 tubes, citons notamment :**

- Développement du bâtiment dans le tertiaire orienté vers des solutions architecturales à grandes surfaces vitrées et cloisons légères, caractérisées par une faible inertie thermique ;
- Demande de flexibilité toujours croissante dans l'usage des locaux, qui génère une composante aléatoire dans la définition des charges ;
- Flexibilité des prestations, avec la possibilité d'étendre le nombre de terminaux et donc la puissance de l'installation ;
- Bien-être et confort environnemental élevés ;
- Faibles consommations d'énergie avec la possibilité d'utilisation de générateurs à haut rendement à récupération thermique ou de machines polyvalentes.

**Locaux avec des charges thermiques de signe opposé, desservis par des installations à ventilo-convecteurs à 4 tubes.**



## Chapitre 2 APPLICATIONS ET EXIGENCES D'INSTALLATION

Dans les systèmes et les installations modernes pour bâtiments à usage tertiaire, le système à air neuf et les ventilo-convecteurs représentent les types d'installation les plus répandus.

En effet, ces configurations permettent d'obtenir un contrôle individuel de la température ambiante dans chaque local, indépendamment des autres, et offrent une flexibilité d'emploi ainsi qu'une élasticité de fonctionnement remarquables. Dans ce cadre, les solutions hydrauliques possibles peuvent être regroupées en 2 tubes et 4 tubes.

Dans les installations à 2 tubes, les ventilo-convecteurs sont toujours dotés d'une unique batterie et alimentés à l'eau refroidie en été et à l'eau chaude en hiver. Avec ce système, il est impossible de compenser les charges de signe opposé pouvant se produire dans différentes pièces au cours d'une même période.

Les installations à 4 tubes, normalement dotées de ventilo-convecteurs à double batterie, peuvent répondre à la demande de chauffage et de refroidissement de chaque environnement pendant toute l'année, en laissant simultanément activés les deux circuits d'eau refroidie et d'eau chaude. Aermec a récemment développé une solution alternative plus avantageuse (se référer au Technical Focus n°1), basée sur l'utilisation d'une seule batterie pour les deux circuits. Dans les deux cas, deux générateurs (un groupe d'eau glacée et un générateur d'énergie thermique, chaudière ou pompe à chaleur) ou, dans l'alternative, un seul générateur en mesure de satisfaire simultanément la demande des deux circuits (pompe à chaleur de type polyvalent) devront être obligatoirement présents en amont du système à 4 tubes.

NRP 1250 A4



**Unités polyvalentes NRP**  
Unités conçues pour les installations à 4 tubes, en mesure de fournir simultanément l'énergie thermique et frigorifique, répondant avec tout niveau de régulation de puissance à la demande des utilisateurs.

**Exemples d'applications :**

- Centres commerciaux
- Bâtiments multifonctionnels
- Hôtels
- Centres d'affaires

## Solution monobloc avec unités polyvalentes

Ce type d'installation, se prêtant non seulement aux applications pour bâtiments à usage administratif, trouve également sa place dans les solutions à usage commercial, notamment dans les centres commerciaux où des charges et déperditions thermiques se produisent simultanément même en hiver.

L'architecture du circuit frigorifique des appareils polyvalents pour les installations à 4 tubes et la logique de réglage dédiée ont été justement conçues pour satisfaire simultanément la charge thermique et la charge frigorifique, et ce quel que soit le facteur de charge sur la chaleur et sur le froid ; ils transfèrent de la chaleur du circuit froid au circuit chaud au moment et dans la mesure du possible, et intègrent la puissance thermique ou la puissance frigorifique éventuellement nécessaire selon les besoins.

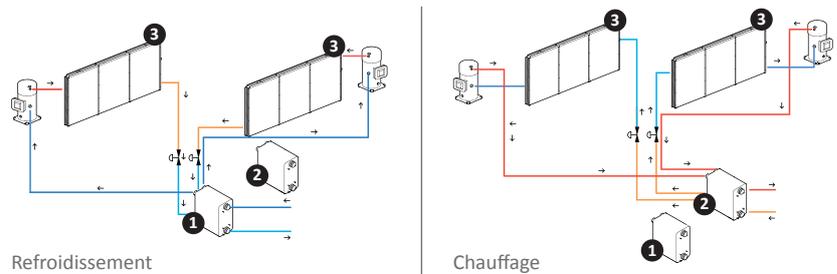
Il s'agit d'appareils dotés d'un condenseur fluide frigorigène-eau et d'un évaporateur fluide frigorigène-eau qui restent tels quels pendant le fonctionnement quelle que soit la période de l'année ou la condition de charge, ainsi que d'une batterie d'échange thermique entre le fluide frigorigène et le moyen externe (pour les appareils air-eau il s'agit de batteries à ailettes) pouvant fonctionner comme condenseur ou comme évaporateur suivant la condition de charge présente sur les deux circuits.

Les appareils polyvalents sont généralement dotés de plusieurs circuits frigorifiques, chacun desquels pouvant fonctionner indépendamment des autres. Nous reportons ci-après les schémas fonctionnels d'unités polyvalentes à 4 tubes.

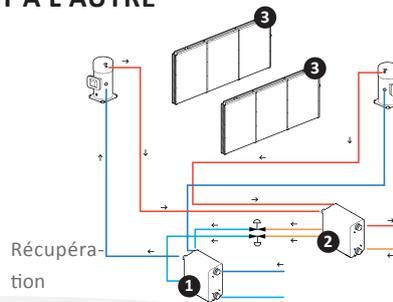
**LÉGENDE**

1. Échangeur côté installation eau refroidie
2. Échangeur côté installation eau chaude
3. Échangeur côté source

### REFROIDISSEMENT ET CHAUFFAGE AVEC EVACUATION DE LA CHALEUR VERS L'EXTÉRIEUR



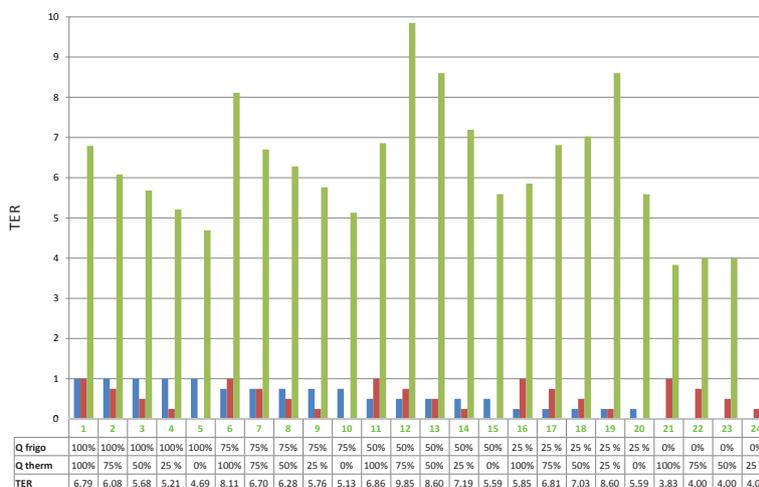
### RÉCUPÉRATION THERMIQUE AVEC TRANSFERT DE CHALEUR D'UN CIRCUIT À L'AUTRE



**TER**  
TOTAL  
EFFICIENCY  
RATIO

**TER : Total Efficiency Ratio**  
C'est le rapport entre l'effet utile (somme de la puissance thermique et frigorifique fournie) et la puissance absorbée.  
Le TER est plus élevé en présence de charges équilibrées.

## ÉVOLUTION DE L'INDICE TER DE L'UNITÉ POLYVALENTE NRP AUX DIFFÉRENTES CONDITIONS DE CHARGE



### Remarques :

Évolution du TER de l'unité polyvalente NRP pour installations à 4 tubes en présence de différentes conditions de charge (eau produite 7°C et 45°C température de l'air extérieur 15°C).

### Réglage des unités polyvalentes

Le réglage qui gère les appareils satisfait les charges dans les proportions requises en exploitant opportunément les circuits frigorifiques différenciés dans le temps.

En effet, en fonction de la température du point de consigne de l'installation hydraulique en chaud et de l'installation hydraulique en froid, ainsi que de la température relevée par les sondes sur l'eau circulant dans ces installations, la logique de gestion établit laquelle des deux a le plus haut facteur de charge. Selon ce facteur, elle détermine le nombre de compresseurs actifs ou le degré de régulation de puissance d'éventuels compresseurs modulants ; en fonction de la charge présente sur l'autre installation hydraulique, elle gère l'état de fonctionnement des circuits frigorifiques et le délai entre les commutations d'état de ces derniers.

Afin de limiter la fréquence à laquelle se produisent ces commutations, les installations hydrauliques reliées aux deux échangeurs à plaques (côté d'utilisation chaud/froid) doivent être dotées d'un contenu d'eau approprié ; on ménage ainsi les machines tout en limitant les oscillations de température de l'eau chaude et refroidie. L'emploi des unités polyvalentes requiert quelques astuces qui permettent d'augmenter le confort.

Contrairement aux simples groupes d'eau glacée, il convient de prévoir sur les deux circuits hydrauliques une plus grande masse d'eau à fonction inertielle, ainsi que le fractionnement de la puissance sur un plus grand nombre de compresseurs scroll, car le recours à des compresseurs modulants n'aide pas à réduire le volume

### INTERFACE UTILISATEUR pGD<sup>1</sup> pour appareils polyvalents série NRP.



d'eau requis.

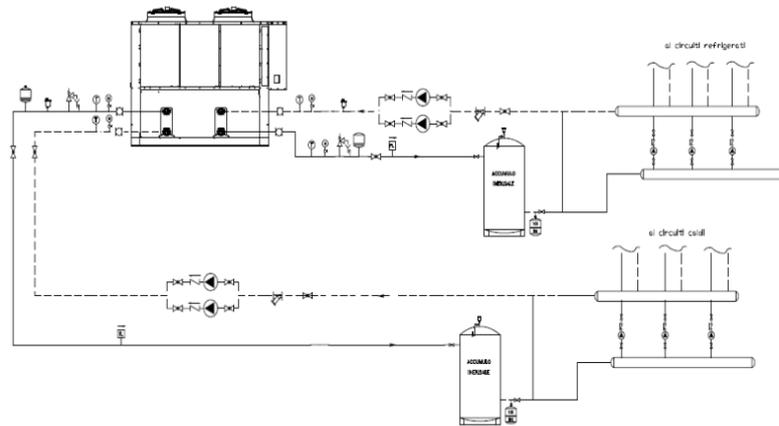
### Dimensionnement général des ballons tampons

Approximativement la quantité minimale d'eau requise dans le circuit chaud et dans le circuit refroidi se situe dans une plage de 7÷10 l/kW se référant à la puissance frigorifique nominale.

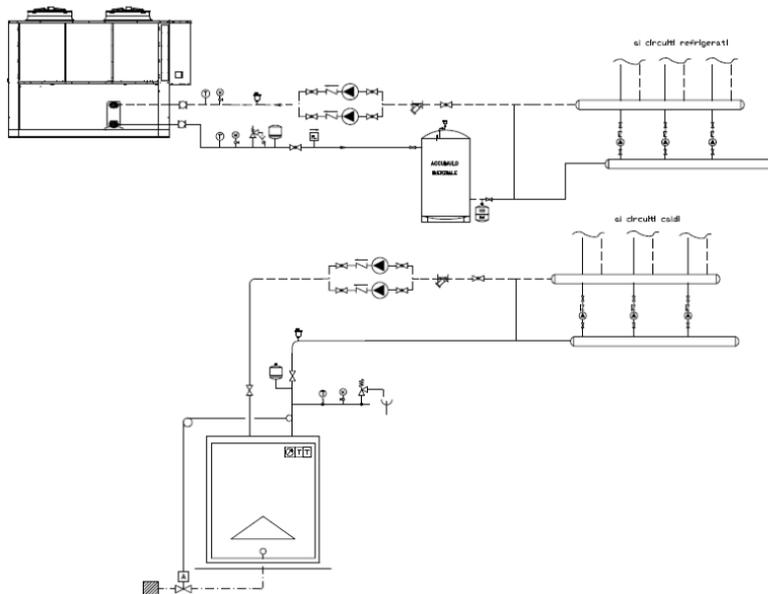
Cette valeur doit être vérifiée en fonction des spécifications techniques précises de chaque machine. Des quantités d'eau plus élevées peuvent contribuer à réduire ultérieurement les oscillations de température des circuits.

Il est toutefois fondamental que dans le calcul de la quantité d'eau, qui constitue le volant thermique, l'on considère seulement la quantité d'eau circulant dans l'appareil, à savoir l'eau contenue dans le circuit primaire et dans les éventuelles dérivations du secondaire qui intègrent ce contenu.

**SCHÉMA DE PRINCIPE**  
Centrale thermofrigorifique avec appareil polyvalent à 4 tubes.



**SCHÉMA DE PRINCIPE**  
Centrale thermofrigorifique avec chaudière à condensation et groupe d'eau glacée.



**Université d'Orenbourg**  
Orenbourg [Fédération russe]



**Building Canary Wharf**  
Londres [Grande Bretagne]



### Chapitre 3 ÉCONOMIE D'ÉNERGIE ET DE COÛTS

Le choix d'utiliser un appareil polyvalent comme générateur d'énergie thermique et frigorifique au service d'une installation à 4 tubes représente un investissement important en termes d'efficacité énergétique ayant pour effet de réduire les coûts de gestion de l'installation, les émissions de CO<sub>2</sub>, et le besoin d'énergie primaire.

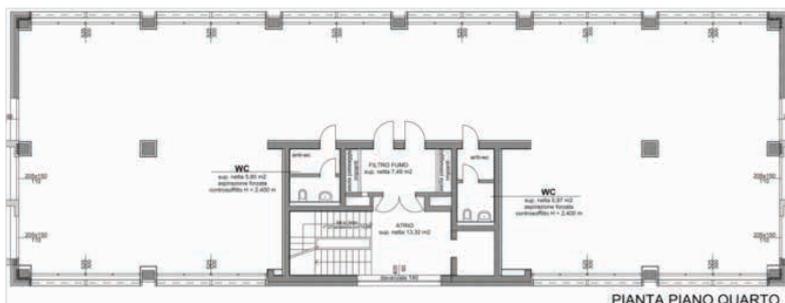
Évaluons maintenant les avantages de cet investissement sous tous ces points de vue, en considérant dans un cas d'application le choix des générateurs d'énergie thermique et frigorifique pour installation à 4 tubes au service d'un bâtiment à usage administratif avec surfaces extérieures vitrées.

L'analyse suivante met en comparaison la solution la plus traditionnelle, qui prévoit une centrale thermique avec chaudière à condensation et un groupe d'eau glacée, et la solution à appareil polyvalent pour installations à 4 tubes.

Le système pris en examen est constitué d'une installation type à air neuf et ventilo-convecteurs à 4 tubes au service d'un bâtiment à usage administratif avec surfaces extérieures vitrées. Afin de fournir une vision complète, l'analyse énergétique a été développée en prenant en considération le même type d'édifice (édifice/installation), en simulant le fonctionnement dans trois localités distinctes:

- Paris
- Lyon
- Marseille

Les caractéristiques du bâtiment sont les suivantes :



- Superficie du bâtiment en plan (16x36) m<sup>2</sup> ;
- Hauteur étage 3 m ;
- N.bre d'étages 4 ;
- Volume brut climatisé 7000 m<sup>3</sup> ;
- Superficie de plancher 2300 m<sup>2</sup> ;
- Chaque étage se développe en 2 rangées de bureaux;
- Tous les locaux sont climatisés.

**Technical Focus Vol. 1**  
«La nouvelle façon efficace de réaliser  
des installations à 4 tubes»



L'installation au service de tout le bâtiment est de type à air neuf et ventilo-convecteurs à 4 tubes. La sélection des tailles des ventilo-convecteurs à double batterie (batterie principale à 3 rangs, reliée au circuit eau glacée à une température de l'eau de projet de 7°C / 12°C, et batterie supplémentaire à 1 rang, reliée au circuit chaud à une température de l'eau de projet de 45°C / 40°C) s'effectue en fonction des charges de pointe dans les bureaux ; ces mêmes températures alimentent les batteries de chauffage, refroidissement et post-chauffage de la centrale de traitement de l'air neuf opportunément dimensionnée.

Rappelons, par ailleurs, qu'en plus de cette solution, plus traditionnelle et donc plus répandue, il est désormais possible d'utiliser des ventilo-convecteurs en les équipant d'une seule batterie (à 3 ou 4 rangs) et avec une seule vanne à double sortie, qui met en communication ladite batterie en alternance avec les deux circuits chaud et froid (Technical Focus Vol. 1 : « La nouvelle façon efficace de réaliser des installations à 4 tubes ») ; la plus grande surface d'échange disponible en chaud permet, à tailles de ventilo-convecteur égales, d'alimenter les terminaux en mode chauffage avec une température de l'eau plus basse, d'où de gros avantages en termes d'économie d'énergie et de coûts, aussi bien avec des générateurs traditionnels (chaudière à condensation) que, de manière plus significative, avec des pompes à chaleur et des appareils polyvalents. L'emploi d'eau chaude à une température plus basse et d'eau refroidie à une température plus élevée pour alimenter également la centrale de traitement de l'air neuf rendra nécessaire la réalisation, sur cette dernière, de batteries avec un plus grand nombre de rangs. Cette modification influe de manière négligeable sur les coûts d'ensemble et ne comporte pas de variations techniques significatives dans l'installation.

Du point de vue du développement technique, les tailles des générateurs faisant l'objet des simulations ont été définies en fonction des charges de pointe du bâtiment, situé dans les trois villes examinées:

**Générateurs d'énergie thermo-frigorifique**

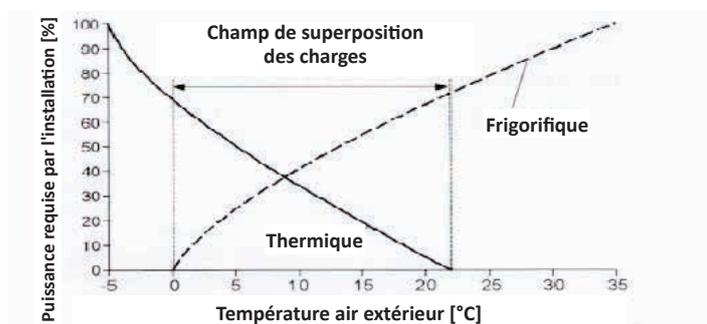
Villes	P refroidissement kW	P thermique kW	Solution traditionnel	Solution à haute efficacité
Paris	196	120	NRL 0750 A + chaudière	NRP 0800 A4
Lyon	204	153	NRL 0800 A + chaudière	NRP 0800 A4
Marseille	199	112	NRL 0750 A + chaudière	NRP 0800 A4

Les autres hypothèses de calcul et les références à la base des simulations réalisées sont indiquées ci-après :

- 14 heures de fonctionnement, 5 jours /semaine
- Coût unitaire du gaz naturel : 0,503 euros/Nm<sup>3</sup> (Tarif GDF SUEZ 2013)
- Coût unitaire kWh de l'électricité : 0,067 euros/kWh (EDF Tarif JAUNE moyenne>2000h)
- 1,968 kg CO<sub>2</sub> émis pour la combustion de 1 Nm<sup>3</sup> de gaz naturel (source IEA "International Energy Agency")
- 0,442 kg CO<sub>2</sub> émis pour 1 kWh d'électricité consommée (source IEA "International Energy Agency").

Il faut souligner que dans le calcul des charges thermiques de pointe et aux différentes conditions intermédiaires, on a également calculé la puissance de la centrale de traitement de l'air neuf, et les batteries utilisées pour cette dernière ont été dimensionnées avec le même réglage de température que celui utilisé pour les ventilo-convecteurs.

Le coût de l'énergie, l'émission de CO<sub>2</sub> et le besoin en énergie primaire des trois solutions comparées ont été estimés en évaluant la charge thermique et de refroidissement variable par rapport aux valeurs de pointe, indépendamment de la température, comme indiqué dans le graphique reporté ci-dessous.



Remarques :

Le graphique est tiré de la « climatisation par systèmes radiants » - Auteur « M. Vio »

Nous reportons ci-après les résultats des simulations réalisées, pour lesquelles la comparaison a été effectuée dans deux conditions de travail :

- avec des ventilo-convecteurs traditionnels à double batterie, alimentés à l'eau à 7°C / 12 °C et 45°C /40°C
- avec des ventilo-convecteurs à une seule batterie surdimensionnée à 4 rangs et avec une température de l'eau de 9°C / 14°C et 35°C / 30 °C

## Synthèse des résultats

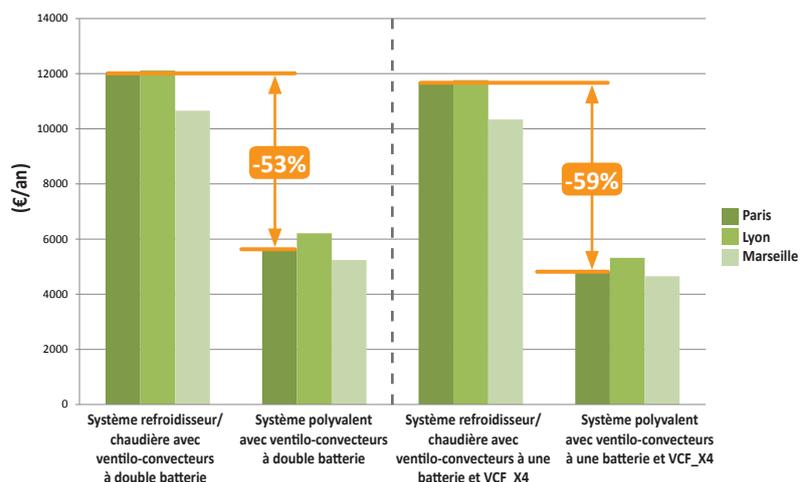
Les principaux résultats des simulations sont résumés ci-après sous forme de graphique. En termes économiques, la solution polyvalente comporte une réduction des coûts liés à la consommation d'énergie annuelle moyenne allant jusqu'à 35%, par rapport à la solution traditionnelle chiller/chaudière. Ces économies sont plus consistantes en cas de conditions climatiques favorisant la présence simultanée de charges thermiques de signe opposé (indice TER). Il convient de souligner que les économies les plus consistantes s'obtiennent à Rome, zone climatique D, tandis que les plus limitées concernent Palerme, zone climatique B), ces économies sont toutefois du même ordre de grandeur dans les trois villes examinées. Si l'on analyse les coûts liés à l'utilisation des générateurs avec des points de consigne modifiés, c'est-à-dire en augmentant le point de consigne froid de 7 à 9°C et en réduisant le point de consigne chaud de 45 à 35°C comme montre le graphique reporté ci-après, on obtient une augmentation d'efficacité supplémentaire et donc une diminution du coût de l'énergie.

L'efficacité énergétique dérivant du choix d'employer un appareil polyvalent est également déterminée par la nette réduction des émissions de CO2 dont on reporte les estimations.

**Avec une unité polyvalente NRP, le coût énergétique annuel diminue en moyenne jusqu'à 59% par rapport à une solution traditionnelle.**

**COÛT DE L'ÉNERGIE EN EUROS/AN**  
Pour les services de climatisation des locaux.

**ESTIMATION DES COÛTS D'EXPLOITATION (€/AN)**



### Remarques :

Dans l'exemple cité, on a examiné des unités polyvalentes NRP pour installations à 4 tubes à haute efficacité et des groupes d'eau glacée série NRL à haute efficacité avec des chaudières à condensation.

Les conditions de travail dans lesquelles les rendements ont été comparés sont les suivantes :

- eau refroidie 7°C / eau chauffée 45°C, ventilo-convecteurs à double vanne et double batterie (comparaison partie gauche du graphique).
- eau refroidie 9°C / eau chauffée 35°C, ventilo-convecteurs à une seule batterie à 4 rangs et vanne VCF\_X4 (comparaison partie droite du graphique).

### ÉMISSIONS Kg CO<sub>2</sub>/AN

Graphique relatif aux différentes solutions examinées.



**MOINS D'ÉMISSIONS POLLUANTES SIGNIFIE SAUVE-GARDER L'ENVIRONNEMENT.**

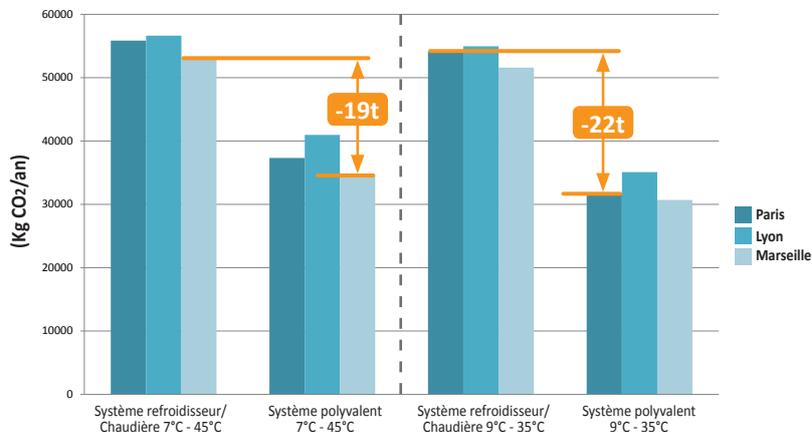
### RÉSULTATS :

La réduction en pourcentage de l'énergie primaire peut être prise en compte pour définir une amélioration hypothétique de la classe énergétique du bâtiment.

**FONCTIONNEMENT AVEC UN APPAREIL POLYVALENT :**  
L'effet utile obtenu dans le passage de :  
**7°C à 9°C (côté installation de refroidissement)**  
**45°C à 35°C (côté installation de chauffage)**  
permet de réduire jusqu'à 15% le besoin annuel d'énergie primaire.

**Avec une unité polyvalente NRP, les émissions de CO<sub>2</sub> diminuent jusqu'à 38% par rapport à la solution traditionnelle.**

### ÉMISSIONS Kg CO<sub>2</sub>/AN



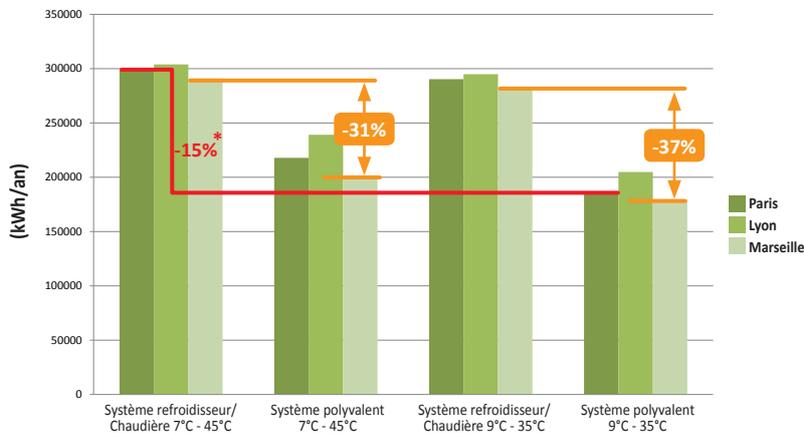
### Remarques :

Les calculs ont été obtenus en considérant :  
1,968 kg CO<sub>2</sub> émis pour la combustion de 1 Nm<sup>3</sup> de gaz naturel ;  
0,442 kg CO<sub>2</sub> émis pour 1 kWh d'électricité absorbée ;  
Source IEA "International Energy Agency".



**Avec une unité polyvalente NRP, le besoin d'énergie primaire diminue jusqu'à 37%**

### ESTIMATION DU BESOIN EN ENERGIE PRIMAIRE kWh/AN



### Remarque :

Facteurs de conversion des vecteurs énergétiques considérés: 1kWh électrique = 2,58kWh d'énergie primaire; 1Nm<sup>3</sup> de méthane = 9,943kWh d'énergie primaire. Valeurs en référence à la Directive Européenne 2009/28/CE.

\* Il convient de souligner que la variation de température des vecteurs énergétiques, possible en utilisant une batterie du ventilo-convecteur avec une plus grande surface d'échange et l'accessoire vanne correspondant (VCF\_X4 - Référence Technical Focus Vol. 1), permet de réduire jusqu'à 15% le besoin d'énergie primaire. Ce résultat a été obtenu en gardant comme base de référence toujours la même unité polyvalente NRP et en évaluant l'augmentation d'efficacité que la variation de température comporte.

## Chapitre 4 ANALYSE LCC COMPARÉE DES DEUX SOLUTIONS

Pour pouvoir évaluer l'avantage économique global du choix de la solution avec un appareil polyvalent par rapport à la solution plus traditionnelle, l'on considère non seulement le coût de l'énergie mais aussi tous les éléments principaux qui contribuent à déterminer le coût d'une solution, à travers la méthode LCC (Life Cycle Cost).

Mis à part le coût de l'énergie, les autres paramètres qui entrent en jeu dans l'analyse sont les coûts d'achat, d'installation et les coûts présumés d'entretien des appareils et des composants qui différencient les deux solutions ; en d'autres termes, on ne tient pas compte du coût d'achat, d'installation et d'entretien des composants et des parties de l'installation communs aux deux cas (dans la mesure où ils n'ont aucune incidence sur la comparaison de l'avantage d'une solution par rapport à l'autre).

Taux d'intérêt du marché  $r = 5\%$

Taux réel d'inflation  $i = 3,3\%$

Taux réel d'intérêt  $r_i = (r-i)/(1+i) = 1,64\%$

Durée du cycle de vie de l'installation  $n = 15$  ans

Facteur d'actualisation des coûts annuels  $f_{pv} = (1-(1+r_i)^{-n})/r_i = 13,2$

LCC = Life Cycle Cost =  $I + f_{pv} (Co+Cm)$

$I$  = coût initial

$Co$  = coût annuel de l'énergie

$Cm$  = coût annuel de l'entretien



### PARIS

#### SOLUTION 1 : REFROIDISSEUR + CHAUDIÈRE

Refroidisseur NRL0750 <sup>****</sup> A <sup>***</sup> 00 fourniture y compris frais accessoires et marge bénéficiaire de l'installateur	36 343 €
Chaudière à condensation P thermique utile 112 kW y compris fourniture et pose, avec les dispositifs d'évacuation des fumées, l'adduction des gaz et les dispositifs de sécurité pour la chaudière	12 182 €
Coûts d'entretien annuel envisagés	1 698 €

#### SOLUTION 2 : UNITÉ POLYVALENTE POUR INSTALLATION À 4 TUBES

Unité polyvalente NRP0800A4 <sup>****</sup> A <sup>***</sup> 0000 fourniture y compris frais accessoires et marge bénéficiaire de l'installateur	61 998 €
Coûts d'entretien annuel envisagés	2 170 €

	Chiller+chaudière 7°C 45°C	Unité polyvalente 7°C 45°C	Chiller+chaudière 9°C 35°C	Unité polyvalente 9°C 35°C
I €	48 525	61 998	48 525	61 998
Co € / an	12 035	5 659	11 686	4 815
Cm € / an	1 698	2 170	1 698	2 170
LCC €	229 756	165 313	225 157	154 173



## LIFE CYCLE COST (LCC)

Comparaison des solutions examinées.

ÉCONOMIE D'ÉNERGIE =  
ÉCONOMIE DES COÛTS

- Coûts de gestion réduits.
- LCC (Life Cycle Cost) plus bas.

## LYON

### SOLUTION 1 : REFROIDISSEUR + CHAUDIÈRE

Refroidisseur NRL0800 <sup>000</sup> A <sup>000</sup> 00 fourniture y compris frais accessoires et marge bénéficiaire de l'installateur	39 123 €
Chaudière à condensation P thermique utile 147 kW y compris fourniture et pose, avec les dispositifs d'évacuation des fumées, l'adduction des gaz et les dispositifs de sécurité pour la chaudière	14 150 €
Coûts d'entretien annuel envisagés	1 865 €

### SOLUTION 2 : UNITÉ POLYVALENTE POUR INSTALLATION À 4 TUBES

Unité polyvalente NRP0800A4 <sup>000</sup> A <sup>000</sup> 0000 fourniture y compris frais accessoires et marge bénéficiaire de l'installateur	61 998 €
Coûts d'entretien annuel envisagés	2 170 €

	Chiller+chaudière 7°C 45°C	Unité polyvalente 7°C 45°C	Chiller+chaudière 9°C 35°C	Unité polyvalente 9°C 35°C
I €	53 273	61 998	53 273	61 998
Co € / an	12 120	6 210	11 766	5 318
Cm € / an	1 865	2 170	1 865	2 170
<b>LCC €</b>	<b>237 818</b>	<b>172 579</b>	<b>233 154</b>	<b>160 812</b>

## MARSEILLE

### SOLUTION 1 : REFROIDISSEUR + CHAUDIÈRE

Refroidisseur NRL0750 <sup>000</sup> A <sup>000</sup> 00 fourniture y compris frais accessoires et marge bénéficiaire de l'installateur	36 343 €
Chaudière à condensation P thermique utile 112 kW y compris fourniture et pose, avec les dispositifs d'évacuation des fumées, l'adduction des gaz et les dispositifs de sécurité pour la chaudière	12 182 €
Coûts d'entretien annuel envisagés	1 698 €

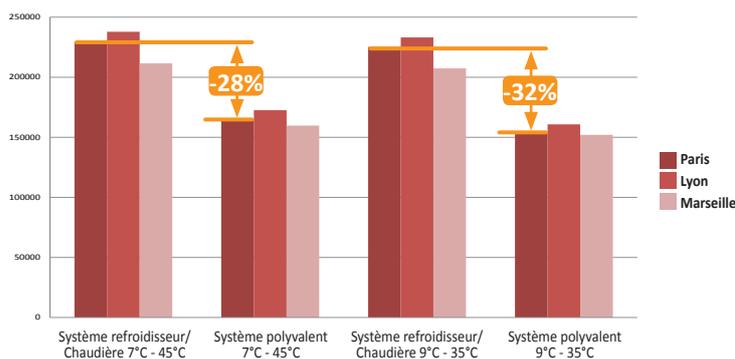
### SOLUTION 2 : UNITÉ POLYVALENTE POUR INSTALLATION À 4 TUBES

Unité polyvalente NRP0800A4 <sup>000</sup> A <sup>000</sup> 0000 fourniture y compris frais accessoires et marge bénéficiaire de l'installateur	61 998 €
Coûts d'entretien annuel envisagés	2 170 €

	Chiller+chaudière 7°C 45°C	Unité polyvalente 7°C 45°C	Chiller+chaudière 9°C 35°C	Unité polyvalente 9°C 35°C
I €	48 525	61 998	48 525	61 998
Co € / an	10 655	5 240	10 335	4 654
Cm € / an	1 698	2 170	1 698	2 170
<b>LCC €</b>	<b>211 551</b>	<b>159 779</b>	<b>207 330</b>	<b>152 046</b>

le coût d'installation n'a pas été pris en considération dans la mesure où il varie énormément en fonction des cas ; les différences de coût d'installation d'un groupe d'eau glacée et d'une unité polyvalente à conditions égales sont en tout cas limitées et ne modifient pas les résultats de la comparaison de manière significative.

**Avec une unité polyvalente NRP, le LCC diminue jusqu'à 32% par rapport aux installations traditionnelles.**



## Chapitre 5 CONCLUSIONS



### Réduction du coût du cycle de vie (LCC) de l'installation

L'analyse réalisée a permis de constater que la solution avec l'unité polyvalente pour installations à 4 tubes comporte une économie allant jusqu'à **32%** sur le cycle de vie de l'installation par rapport à la solution traditionnelle chiller/chaudière. Des considérations identiques ont été effectuées pour les installations comparées pour la solution traditionnelle, on a opté pour une chaudière à condensation et un groupe frigorifique à haute efficacité ; pour la solution alternative, une unité polyvalente NRP à haute efficacité a été retenue. Il en résulte donc que la véritable économie est essentiellement liée à la réduction du coût de l'énergie, déterminée par la récupération thermique que seule l'unité polyvalente NRP est en mesure de garantir.

### Réduction des coûts d'exploitation de l'installation



La réduction des coûts d'exploitation liés à l'économie d'énergie que la solution à unité polyvalente NRP comporte peut aller jusqu'à **59%** par rapport à la solution traditionnelle chiller/chaudière. Il faut également souligner que ce résultat est d'autant plus élevé que l'indice TER, qui caractérise l'efficacité sur la récupération de l'unité polyvalente, est haut, en présence donc de conditions climatiques qui favorisent la simultanéité des charges et des apports. L'influence du rayonnement dans le cas des bâtiments pris en considération est considérable, même dans des zones climatiques aux hivers plutôt rigoureux, ce qui rend cette solution extrêmement avantageuse en Europe.

### Amélioration de la classe énergétique du bâtiment



La solution à unité polyvalente permet d'obtenir une économie en termes d'énergie primaire allant jusqu'à **37%** par rapport à l'application traditionnelle chiller/chaudière prise en considération. Tout ceci se traduit par un moindre besoin d'énergie primaire annuelle pour le bâtiment à usage administratif examiné.



### Réduction des émissions de CO<sub>2</sub>

En termes d'impact environnemental, la solution à unité polyvalente NRP comporte une réduction des émissions de CO<sub>2</sub> allant jusqu'à **38%** par rapport à la solution traditionnelle chiller/chaudière.



### Réduction des encombrements

La possibilité d'utiliser l'unité polyvalente pour toute la production d'énergie thermique permet d'éviter la réalisation d'un local technique spécifique et rend disponibles des espaces (à l'intérieur du bâtiment, ou à proximité) qui peuvent être utilement exploités pour une autre fonction.

**Aermec S.p.A. via Roma 996 - 37040 Bevilacqua (VR) Italie**  
**T. +39 0442 633111 F. +39 0442 93577**  
**sales@aermec.com**  
**www.aermec.com**