



PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS
« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »
www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr

RAPPORT

LES POMPES À CHALEUR AVEC INVERTER

SEPTEMBRE 2013

ÉDITO

Le Grenelle Environnement a fixé pour les bâtiments neufs et existants des objectifs ambitieux en matière d'économie et de production d'énergie. Le secteur du bâtiment est engagé dans une mutation de très grande ampleur qui l'oblige à une qualité de réalisation fondée sur de nouvelles règles de construction.

Le programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » a pour mission, à la demande des Pouvoirs Publics, d'accompagner les quelque 370 000 entreprises et artisans du secteur du bâtiment et l'ensemble des acteurs de la filière dans la réalisation de ces objectifs.

Sous l'impulsion de la CAPEB et de la FFB, de l'AQC, de la COPREC Construction et du CSTB, les acteurs de la construction se sont rassemblés pour définir collectivement ce programme. Financé dans le cadre du dispositif des certificats d'économies d'énergie grâce à des contributions importantes d'EDF (15 millions d'euros) et de GDF SUEZ (5 millions d'euros), ce programme vise, en particulier, à mettre à jour les règles de l'art en vigueur aujourd'hui et à en proposer de nouvelles, notamment pour ce qui concerne les travaux de rénovation. Ces nouveaux textes de référence destinés à alimenter le processus normatif classique seront opérationnels et reconnus par les assureurs dès leur approbation ; ils serviront aussi à l'établissement de manuels de formation.

Le succès du programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » repose sur un vaste effort de formation initiale et continue afin de renforcer la compétence des entreprises et artisans sur ces nouvelles techniques et ces nouvelles façons de faire. Dotées des outils nécessaires, les organisations professionnelles auront à cœur d'aider et d'inciter à la formation de tous.

Les professionnels ont besoin rapidement de ces outils et « règles du jeu » pour « réussir » le Grenelle Environnement.

Alain MAUGARD

Président du Comité de pilotage du Programme
« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »
Président de QUALIBAT



PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS

« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

Ce programme est une application du Grenelle Environnement. Il vise à revoir l'ensemble des règles de construction, afin de réaliser des économies d'énergie dans le bâtiment et de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr

AVANT- PROPOS

Afin de répondre au besoin d'accompagnement des professionnels du bâtiment pour atteindre les objectifs ambitieux du Grenelle Environnement, le programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » a prévu d'élaborer les documents suivants :

Les Recommandations Professionnelles « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents techniques de référence, préfigurant un avant-projet NF DTU, sur une solution technique clé améliorant les performances énergétiques des bâtiments. Leur vocation est d'alimenter soit la révision d'un NF DTU aujourd'hui en vigueur, soit la rédaction d'un nouveau NF DTU. Ces nouveaux textes de référence seront reconnus par les assureurs dès leur approbation.

Les Guides « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents techniques sur une solution technique innovante améliorant les performances énergétiques des bâtiments. Leur objectif est de donner aux professionnels de la filière les règles à suivre pour assurer une bonne conception, ainsi qu'une bonne mise en œuvre et réaliser une maintenance de la solution technique considérée. Ils présentent les conditions techniques minimales à respecter.

Les Calepins de chantier « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des mémentos destinés aux personnels de chantier, qui illustrent les bonnes pratiques d'exécution et les dispositions essentielles des Recommandations Professionnelles et des Guides « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 ».

Les Rapports « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » présentent les résultats soit d'une étude conduite dans le cadre du programme, soit d'essais réalisés pour mener à bien la rédaction de Recommandations Professionnelles ou de Guides.

Les Recommandations Pédagogiques « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents destinés à alimenter la révision des référentiels de formation continue et initiale. Elles se basent sur les éléments nouveaux et/ou essentiels contenus dans les Recommandations Professionnelles ou Guides produits par le programme.

L'ensemble des productions du programme d'accompagnement des professionnels « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » est mis gratuitement à disposition des acteurs de la filière sur le site Internet du programme : <http://www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr>



Sommaire

Introduction	5
1 - La technologie de compresseur à vitesse variable	6
2 - Caractéristiques techniques des PAC « Inverter »	7
2.1. • Plages de puissances calorifiques des produits « Inverter »	7
2.2. • Évolution des puissances nominales et maximales	10
2.3. • Performances des PAC « Inverter »	11
2.4. • Évolution de la performance à charge partielle des PAC « Inverter » : résultats d'essais.....	14
3 - Recherche d'un optimum de dimensionnement pour les PAC « Inverter »	15
3.1. • Méthodologie utilisée	15
3.2. • Résultats de simulations	16
3.3. • Synthèse des résultats.....	17

Introduction



Aujourd'hui, le système permettant une modulation de la vitesse du compresseur (appelé « Inverter ») s'est généralisé dans l'offre des pompes à chaleur air/eau. La question qui se pose est de savoir si les règles établies pour les machines « Tout ou Rien » s'appliquent ou si des règles spécifiques doivent être fixées.

Par exemple, est-il pertinent d'affirmer « Puisque la pompe à chaleur sait moduler, elle est sélectionnée pour que sa puissance permette de couvrir 100% des besoins ? ».

En effet, les règles de dimensionnement des machines « Tout ou Rien » résultent d'un compromis technico-économique :

- Plus la puissance de la pompe à chaleur est faible, plus la part de l'appoint est importante et la consommation annuelle d'énergie élevée ;
- Plus la puissance de la pompe à chaleur est élevée, plus son coût d'investissement est important et plus son taux de charge annuel est faible, ce qui dégrade le COP saisonnier.

Cette étude présente les spécificités des pompes à chaleur « Inverter » au niveau de la plage de modulation mais aussi des performances. Des essais ont été menés pour caractériser leurs performances en fonction du taux de charge.

Ces éléments permettent de mieux préciser l'optimum de dimensionnement de ces machines.

La technologie de compresseur à vitesse variable

1



La technologie de variation de vitesse du compresseur, appelée communément « Inverter », repose soit sur :

- la variation de la fréquence du courant pour un moteur à courant alternatif ;
- la variation de tension pour un moteur à courant continu.

Ces procédés de conversion sont possibles grâce à de l'électronique de puissance (onduleur ou hacheur par exemple).

Dans le cas d'un moteur à courant alternatif, lorsque la fréquence augmente, la vitesse de rotation du compresseur augmente, entraînant une augmentation du débit de fluide frigorigène le traversant. On assiste donc à une augmentation de la puissance calorifique délivrée par la pompe à chaleur.

Une conception particulière de la machine (réservoir de liquide, détendeur électronique, régulation,...) doit être effectuée par le fabricant pour permettre la modulation du débit de fluide frigorigène. En dessous d'une fréquence minimale, la régulation du compresseur devient de type « Tout ou Rien ».

Le dimensionnement du compresseur « Inverter » dépend de la stratégie choisie par l'assembleur. Il peut être fonction des besoins du marché par exemple. Dans une même gamme de produits, un compresseur peut être utilisé sur plusieurs machines mais sera réglé pour fonctionner sur des plages de fréquence différentes, cela afin de segmenter la gamme en plusieurs tailles. Ainsi, bien que l'on trouve parfois indiqué que la fréquence « nominale » du compresseur est comprise entre 60 et 75 Hz, cet intervalle dépend en réalité du choix de dimensionnement des composants de la machine.

Caractéristiques techniques des PAC « Inverter »

2



Une pompe à chaleur « Inverter » est caractérisée par :

- Sa plage de puissance calorifique ;
- Ses performances.

2.1. • Plages de puissances calorifiques des produits « Inverter »

2.1.1. • Définitions

Les pompes à chaleur à compresseur à vitesse variable peuvent moduler la puissance calorifique fournie. Différentes valeurs de puissances calorifiques peuvent être définies. Elles doivent être associées à des conditions de fonctionnement données (sur l'air et sur l'eau). Citons par ordre croissant :

- La puissance minimale ($P_{\min}$), puissance en dessous de laquelle le fonctionnement de la pompe à chaleur n'est pas continu mais de type « Tout ou Rien » ;
- La puissance nominale (P_{nom}) représente la valeur déclarée par le fabricant. Cette valeur est obtenue par un essai correspondant le plus souvent à un point d'essai normatif. Pour cette puissance, la pompe à chaleur fonctionne au régime nominal ;
- La puissance maximale ($P_{\max}$) représente la puissance maximale que pourrait fournir la pompe à chaleur. Pour cette puissance, la machine fonctionne à son régime pleine charge, c'est-à-dire à la plus grande fréquence autorisée par son paramétrage interne.

Lorsque la puissance délivrée par la pompe à chaleur est inférieure à la puissance maximale, elle fonctionne à charge partielle.

La puissance nominale est, dans la plupart des cas, inférieure à la puissance maximale que pourrait fournir la pompe à chaleur dans les mêmes conditions de fonctionnement (sur l'air et l'eau). Le régime nominal correspond alors à un fonctionnement à charge partielle de la pompe à chaleur.

Ces différentes puissances peuvent être disponibles sur les documentations techniques des fabricants. Précisons toutefois que les puissances $P_{\min}$ et $P_{\max}$ ne sont pas toujours indiquées par les fabricants.

Nota : Dans le cas d'une pompe à chaleur contrôlée en « Tout ou Rien », la machine ne sait fournir qu'une seule puissance pour des conditions de fonctionnement données (sur l'air et sur l'eau). Ainsi, la puissance nominale représente la puissance maximale de la pompe à chaleur.

À retenir

Les puissances minimales et maximales dépendent des conditions de fonctionnement sur l'air et l'eau.

La puissance nominale indiquée par le fabricant est le plus souvent différente de la puissance calorifique maximale que pourrait fournir la pompe à chaleur pour les mêmes conditions de fonctionnement.

À retenir

Les documentations techniques indiquent toujours a minima une puissance nominale. Mais, le plus souvent, des puissances nominales sont indiquées pour plusieurs conditions de fonctionnement sur l'air et sur l'eau.

2.1.2. • Analyse des plages de fonctionnement pour une condition de fonctionnement donnée

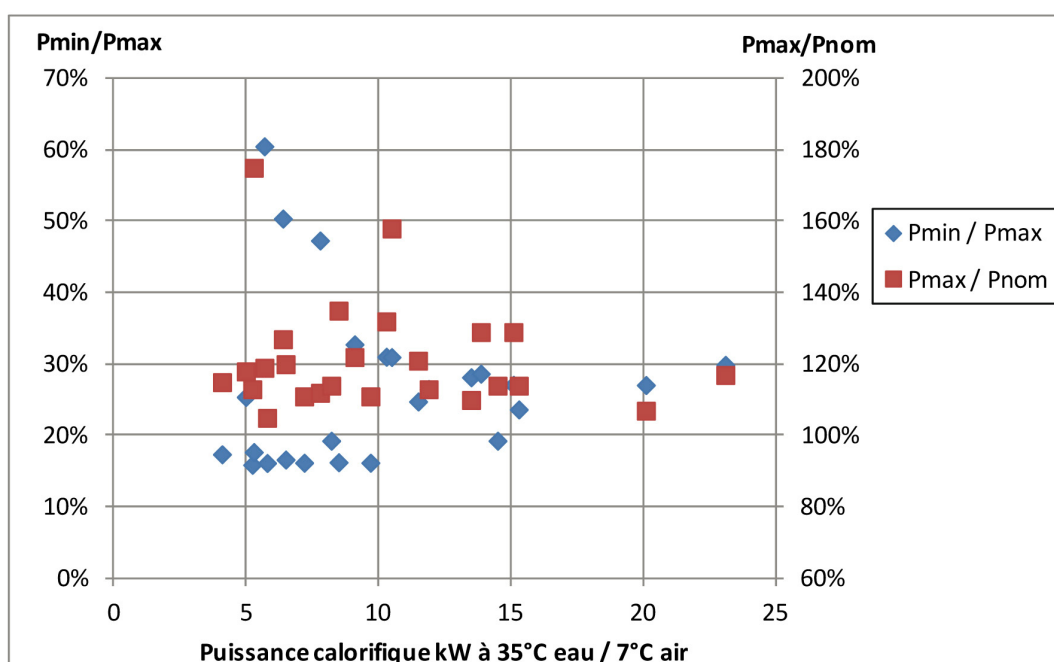
Un recensement du matériel sur quelques gammes de produits a permis d'établir les valeurs des puissances calorifiques minimale et maximale, par rapport à la puissance calorifique nominale (valeur nominale obtenue par des essais conformes à la norme NF EN 14511), respectivement identifiées comme $P_{\min}/P_{\text{nom}}$ et $P_{\max}/P_{\text{nom}}$.

Pour les pompes à chaleur air/eau, la plage de modulation de puissance se situe entre les valeurs de :

- 18 à 72% pour $P_{\min}/P_{\text{nom}}$;
- 105 et 175% pour $P_{\max}/P_{\text{nom}}$.

À l'exception d'un fabricant du panel, le ratio moyen $P_{\min}/P_{\max}$ est de l'ordre de 25% et le ratio moyen $P_{\max}/P_{\text{nom}}$ est de l'ordre de 120%, pour des conditions de fonctionnement fixées à 35°C sur le départ d'eau et 7°C extérieur.

Ces intervalles sont propres à la conception du produit et à la fréquence choisie par le fabricant pour définir le régime nominal.



▲ Figure 1 : Ratio $P_{\min}/P_{\max}$ et $P_{\max}/P_{\text{nom}}$ pour un panel de PAC « Inverter ».

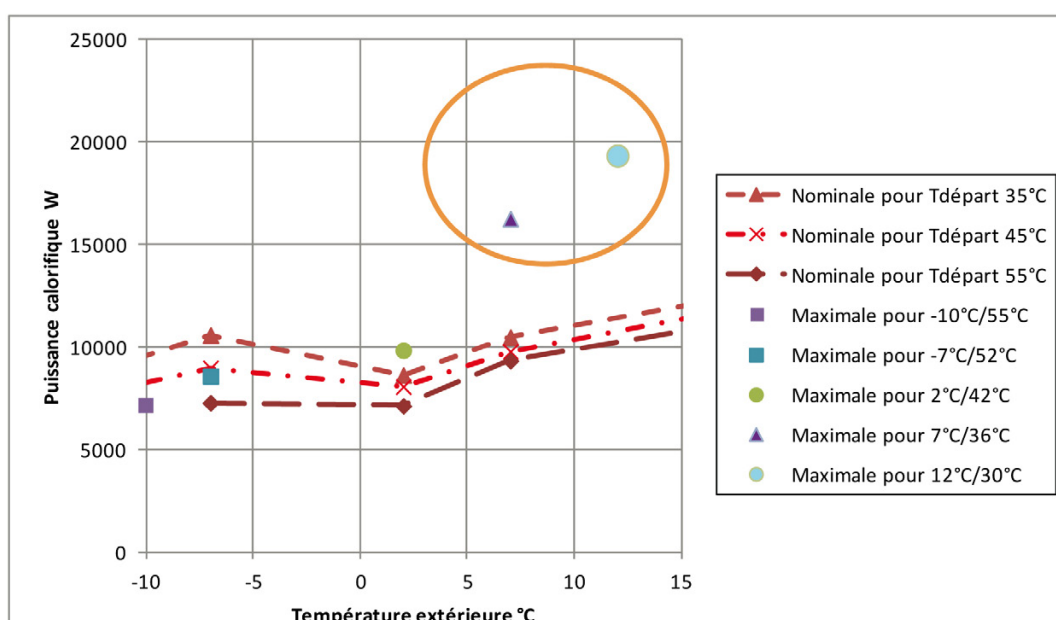
À retenir

Pour une température d'eau de 35°C et une température d'air de 7°C, la pompe à chaleur est capable de fournir une puissance supérieure à la puissance nominale indiquée par le fabricant.

2.2. • Évolution des puissances nominales et maximales

Pour réaliser les essais menés dans cette étude et présentés au Chapitre, (cf. 2.4), la connaissance de la puissance était nécessaire pour différents points de fonctionnement : ces valeurs ont été obtenues auprès du fabricant (elles n'ont pas été mesurées).

Ces puissances maximales pour différents points de fonctionnement sont comparées à la (Figure 2) avec des points de fonctionnement pour le régime nominal. Cette seconde série de valeurs a été obtenue lors de la certification de la pompe à chaleur avec le référentiel NF PAC (pour des températures de 35, 45 et 55°C sur l'eau et pour 3 à 4 températures d'air). Les caractéristiques proposées (puissances calorifiques et COP) dans le cadre de ce référentiel sont rassemblées dans un tableau, que l'on désigne comme « matrice NF PAC ».



▲ Figure 2 : Comparaison entre les essais NF PAC (puissances nominales) et les données du fabricant à pleine charge (puissances maximales).

Les puissances calorifiques maximales déclarées par le fabricant sont supérieures aux valeurs certifiées dans le cadre du référentiel NF PAC, en particulier pour les conditions cerclées sur la (Figure 2).

Les écarts relatifs entre la puissance calorifique maximale et la puissance nominale sont de l'ordre de 35%.

Cet écart est fortement réduit pour les conditions de fonctionnement extrêmes (température d'air basse et température d'eau élevée). Autrement dit, à la température extérieure de base utilisée pour le dimensionnement, la puissance nominale est proche de la puissance maximale de la pompe à chaleur.

Plusieurs facteurs permettent d'expliquer ces écarts :

- Pour les essais menés dans le cadre de la certification du référentiel NF PAC, le débit est différent pour chacune des

températures de départ du réseau d'eau (pour le cas présent, le débit d'eau est presque triplé entre une température de départ de 55°C et de 35°C). Au contraire, le débit d'eau de la pompe à chaleur ne varie généralement pas sur une installation individuelle (circulateur à vitesse fixe) ;

- Les données indiquées le sont au régime nominal et non à pleine charge : la fréquence de rotation est fixée par le fabricant pour établir les caractéristiques de la « matrice NF PAC ».

À retenir

La « matrice NF PAC » n'est pas l'image de l'évolution des puissances à pleine charge de la pompe à chaleur.

Mais, pour les températures extérieures de base, l'écart entre puissance nominale et puissance maximale est réduit. De ce fait, la puissance nominale pour ces conditions de fonctionnement peut être celle utilisée pour le dimensionnement.

2.3. • Performances des PAC « Inverter »

2.3.1. • Définitions

Taux de charge

Le taux de charge de la machine est calculé lors du fonctionnement à charge partielle de la pompe à chaleur, c'est-à-dire lorsque la puissance délivrée est inférieure à la puissance maximale.

Le taux de charge (ou *Part Load Ratio* en anglais) est défini comme le rapport entre la puissance calorifique à charge partielle et la puissance calorifique à pleine charge (puissance calorifique maximale délivrable) de la pompe à chaleur ; pour une même température extérieure et débit d'air, et une même température de départ d'eau et débit d'eau.

$$\text{Taux de charge} = \frac{\text{Puissance calorifique à charge partielle}}{\text{Puissance calorifique à pleine charge}}$$

Par exemple, si une pompe à chaleur air/eau est capable de fournir 10 kW de puissance calorifique pour une température extérieure de -10°C et une température de départ d'eau de 55°C, le taux de charge de cette machine lorsqu'elle fournit 5 kW dans les mêmes conditions (température extérieure de -10°C et température de départ d'eau de 55°C) est de 50%.

Coefficient de performance (COP)

Le COP est défini comme le rapport entre la quantité d'énergie transférée par la pompe à chaleur, c'est-à-dire la puissance calorifique (en kW), et la puissance électrique appelée (en kW) par la pompe à chaleur.

Le COP est mesuré ou calculé dans des conditions spécifiques de fonctionnement (températures d'air et d'eau) et pour un certain taux de charge.

À retenir

Le COP est une grandeur qui ne prend pas en compte l'évolution des conditions de fonctionnement de la pompe à chaleur sur une saison de chauffe.

La norme NF EN 14511 permet de déterminer le COP de la pompe à chaleur à puissance calorifique nominale pour plusieurs conditions de fonctionnement données (ensemble de triplets : température extérieure, température de départ et débit d'eau). L'énergie électrique appelée prend en compte le compresseur, les auxiliaires de circulation d'air (ventilateur), une part de la puissance du circulateur, la régulation et divers autres accessoires.

Nota : Le référentiel NF PAC s'appuie sur la norme d'essais NF EN 14511 pour définir les caractéristiques de la pompe à chaleur.

À retenir

Les COP normatifs permettent de comparer entre elles des machines.

Par contre, ces indicateurs ne sont pas une estimation de ce que sera la performance réelle d'une machine sur site.

Les essais réalisés dans le cadre de la norme NF EN 14511 (et indirectement pour le référentiel NF PAC) permettent d'obtenir les caractéristiques thermiques (COP et puissances calorifiques) pour le régime nominal à différentes conditions de température sur l'air et l'eau.

Coefficient de performance saisonnier de la PAC ($SCOP_{PAC}$)

Le coefficient de performance saisonnier d'une pompe à chaleur ($SCOP_{PAC}$), contrairement au COP, se calcule ou se mesure sur la saison de chauffe. Il est défini comme le ratio de la production thermique annuelle (en kWh) sur la consommation électrique annuelle de la pompe à chaleur (en kWh).

À retenir

Le $SCOP_{PAC}$ prend en compte les variations des conditions de fonctionnement (sur l'air et sur l'eau) et l'effet du taux de charge sur la performance.

Coefficient de performance saisonnier du système ($SCOP$)

Le coefficient de performance saisonnier du système ($SCOP$) est calculé ou mesuré, comme pour le $SCOP_{PAC}$, sur une saison de chauffe. Il est défini comme le ratio de la production thermique annuelle de la pompe à chaleur et de l'appoint (en kWh) sur la consommation électrique annuelle de la pompe à chaleur et de l'appoint électrique (en kWh).

À retenir

Contrairement au $SCOP_{PAC}$, la performance saisonnière du système intègre la consommation électrique de l'appoint.

Le $SCOP_{PAC}$ comme le SCOP sont plus représentatifs de la performance que le COP.

La norme NF EN 14825 permet de déterminer le SCOP normatif (COP saisonnier du système pour des conditions normatives). Cet indicateur est plus représentatif des conditions de fonctionnement du système sur une saison de chauffe que le COP : il intègre la performance de la pompe à chaleur à charge partielle dans des conditions de fonctionnement précisées dans la norme (taux de charge, température extérieure et température d'eau).

À retenir

Le SCOP normatif, calculé selon la norme NF EN 14825, permet de comparer entre elles des machines.

Par contre, cet indicateur n'est pas une estimation de ce que sera la performance réelle d'une machine sur site.

Performance normalisée

La performance normalisée (ou *Part Load Factor* en anglais, noté PLF) est définie comme le rapport entre le COP à charge partielle et le COP à pleine charge ; pour une même température extérieure et débit d'air, et une même température de départ d'eau et débit d'eau.

$$PLF = \frac{\text{COP à charge partielle}}{\text{COP à pleine charge}}$$

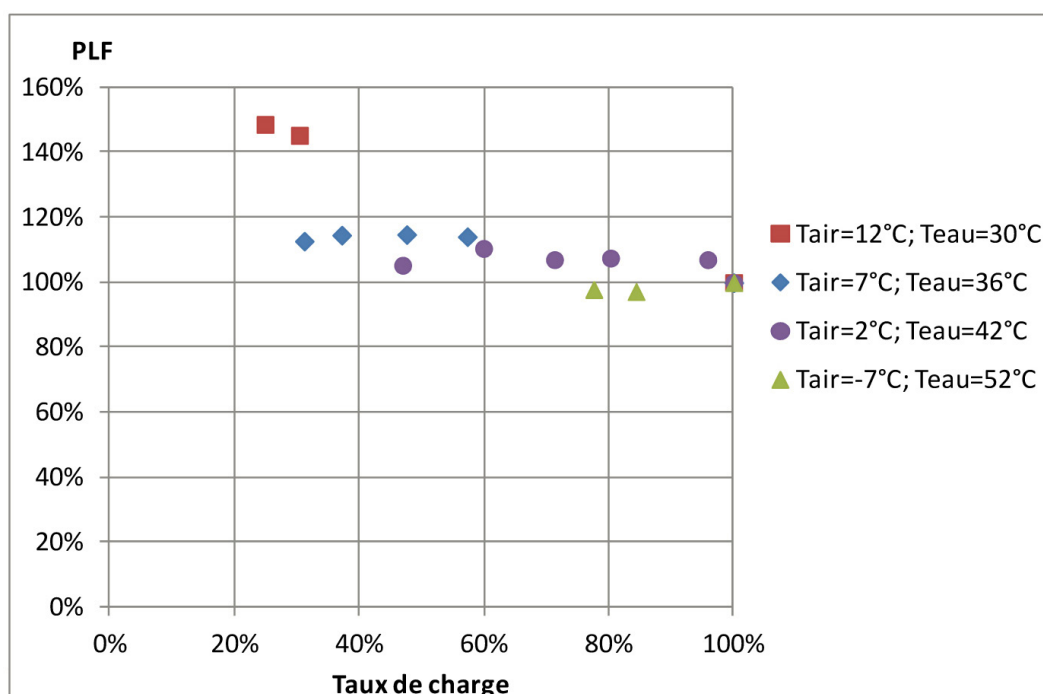
À retenir

La performance normalisée est un indicateur permettant de connaître la variation de la performance de la pompe à chaleur pour un régime de fonctionnement sur l'air et sur l'eau fixé et pour un taux de charge donné.

2.4. • Évolution de la performance à charge partielle des PAC « Inverter » : résultats d'essais

Pour compléter l'analyse précédente, des essais à charge partielle ont été réalisés pour une pompe à chaleur permettant d'atteindre une température de départ de 55°C à -10°C extérieur. Ces essais et calculs ont été menés conformément à la norme NF EN 14825.

A l'exception du cas « -7°C(air) ; 52°C(eau) », un fonctionnement à charge partielle est plus intéressant qu'un fonctionnement à pleine charge du point de vue de la performance énergétique : cela se traduit par une performance normalisée (PLF) supérieure à 100%, en particulier pour les essais menés avec une température d'air de 12°C.



▲ Figure 3 : Évolution de la performance normalisée en fonction des conditions de fonctionnement.

À retenir

Pour la machine testée, sur sa plage de modulation, l'écart entre la performance pour un fonctionnement à charge partielle et celle obtenue à pleine charge dépend de l'écart entre les températures de source froide et de source chaude.

Ainsi, la performance à charge partielle est inférieure à la performance à pleine charge pour le régime « -7°C(air) ; 52°C(eau) » mais est supérieure pour tous les autres régimes testés.

Recherche d'un optimum de dimensionnement pour les PAC « Inverter »

3



3.1. • Méthodologie utilisée

L'étude menée consiste à identifier l'optimum énergétique en s'appuyant sur l'analyse de la variation du coefficient de dimensionnement de la pompe à chaleur défini par :

$$C_{\text{dim}} = \frac{P_{\text{base}}}{B_{\text{thbase}}}$$

Avec :

- P_{base} la puissance calorifique maximale disponible de la pompe à chaleur à la température extérieure de base et pour la température d'eau de départ définie par la loi d'eau ;
- B_{thbase} la puissance calorifique requise du bâtiment à la température extérieure de base.

Les calculs de consommation sont effectués selon la norme NF EN 15316.

Le besoin thermique du bâtiment est modélisé par une droite de déperditions.

L'optimum énergétique est défini comme le maximum de l'efficacité saisonnière du système de production (pompe à chaleur et appoint électrique) c'est-à-dire du SCOP.

Les études menées ont permis d'analyser l'impact sur cet optimum des facteurs d'influence principaux suivants :

- la zone géographique (climats en zones H1, H2 et H3) ;
- le système : niveau de température de départ (35°C pour un plancher chauffant et 55°C pour des radiateurs) ;
- les caractéristiques de la pompe à chaleur (la valeur du COP à la puissance calorifique maximale, la puissance calorifique minimale, l'évolution du PLF en fonction du taux de charge,...).

3.2. • Résultats de simulations

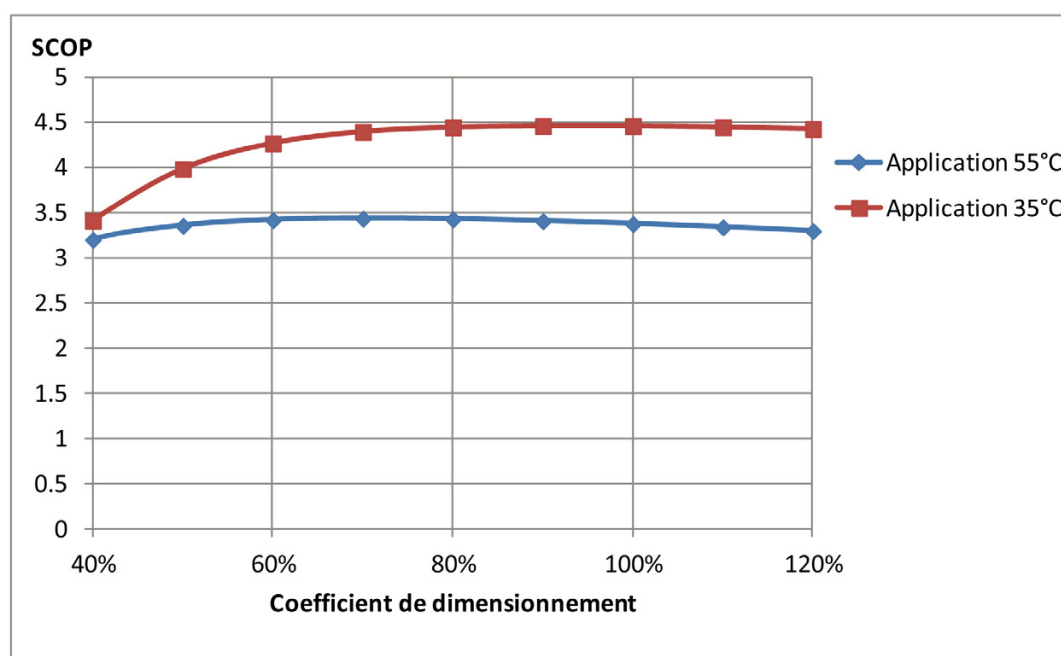
Pour un climat en zone H1 (Alsace), la (Figure 4) présente l'évolution du COP saisonnier du système (SCOP) en fonction du coefficient de dimensionnement, respectivement pour des températures de départ de 55°C et 35°C à la température extérieure de base.

Cette figure montre que la modulation de puissance possible avec les pompes à chaleur « Inverter » conduit à une influence plus faible du dimensionnement sur les performances saisonnières que dans le cas des machines régulées en « Tout ou Rien ». On peut même dire que, dans une plage de dimensionnement de 60 à 120%, les performances restent quasi inchangées.

Cette relative stabilité a néanmoins des limites et il peut être constaté que, au-delà de la plage optimale, la perte de performance est plus importante vers le sous-dimensionnement que vers le surdimensionnement, du fait de la consommation de l'appoint électrique.

De plus, les résultats des simulations effectuées montrent que le ratio de dimensionnement optimum est supérieur pour une pompe à chaleur « Inverter » par rapport à celui énoncé usuellement pour une pompe à chaleur « Tout ou Rien ».

La température de production impacte plus fortement la performance saisonnière que le ratio de dimensionnement, ce qui doit inviter à traiter avec soin le réglage de la loi d'eau.



▲ Figure 4 : Évolution du SCOP et des pertes en fonction du coefficient de dimensionnement pour la zone H1

3.3. • Synthèse des résultats

De nombreux autres cas ont été étudiés en faisant varier :

- la zone climatique ;
- la température de départ ;
- le modèle de performance à pleine charge ;
- la puissance minimale jusqu'à laquelle la pompe à chaleur sait moduler ;
- l'allure de la courbe d'évolution de la performance en fonction du taux de charge.

De ces différents calculs, il ressort principalement que les résultats énoncés ci-dessus sont peu sensibles à l'évolution de ces paramètres. La zone climatique est le paramètre qui influe le plus, l'optimum de dimensionnement se déplaçant légèrement vers un ratio plus faible pour des climats plus doux.

À retenir

La modulation de puissance possible avec les pompes à chaleur « Inverter » conduit à une influence plus faible du dimensionnement sur les performances saisonnières que dans le cas des machines régulées en « Tout ou Rien ».

De plus, les résultats des simulations effectuées montrent qu'en général le ratio de dimensionnement optimum est supérieur pour une pompe à chaleur « Inverter » par rapport à celui énoncé usuellement pour une pompe à chaleur « Tout ou Rien ».

La température de production impacte plus fortement la performance saisonnière que le ratio de dimensionnement.

PARTENAIRES du Programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

- Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) ;
- Association des industries de produits de construction (AIMCC) ;
- Agence qualité construction (AQC) ;
- Confédération de l'artisanat et des petites entreprises du bâtiment (CAPEB) ;
- Confédération des organismes indépendants de prévention, de contrôle et d'inspection (COPREC Construction) ;
- Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) ;
- Électricité de France (EDF) ;
- Fédération des entreprises publiques locales (EPL) ;
- Fédération française du bâtiment (FFB) ;
- Fédération française des sociétés d'assurance (FFSA) ;
- Fédération des promoteurs immobiliers de France (FPI) ;
- Fédération des syndicats des métiers de la prestation intellectuelle du Conseil, de l'Ingénierie et du Numérique (Fédération CINOVA) ;
- GDF SUEZ ;
- Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie ;
- Ministère de l'Égalité des Territoires et du Logement ;
- Plan Bâtiment Durable ;
- SYNTec Ingénierie ;
- Union nationale des syndicats français d'architectes (UNSA) ;
- Union nationale des économistes de la construction (UNTEC) ;
- Union sociale pour l'habitat (USH).

Les productions du Programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont le fruit d'un travail collectif des différents acteurs de la filière bâtiment en France.



LES POMPES À CHALEUR
AVEC INVERTER

SEPTEMBRE 2013

Aujourd'hui, l'électronique de puissance permettant une modulation de la vitesse du compresseur s'est généralisée dans l'offre des pompes à chaleur air/eau. La question qui se pose est de savoir si des règles de dimensionnement spécifiques doivent être formulées pour ce type de machine. Tout d'abord, l'étude se concentre sur l'analyse technologique de ces machines. Suivant les conditions de conception du fabricant, les pompes à chaleur peuvent admettre des plages de modulations de puissance différentes. De plus, les caractéristiques de performance à charge partielle dépendent des conditions côté eau et des conditions côté air. Des essais sur un produit existant ont été menés afin d'en connaître les performances. Enfin, des analyses permettent de déterminer les tendances pour le dimensionnement de ce type de machine. En général, le pourcentage de déperditions à couvrir par une pompe à chaleur à variation de vitesse est supérieur par rapport à celui énoncé dans les règles usuelles pour une pompe à chaleur « Tout ou Rien ».



PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS

« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

Ce programme est une application du Grenelle Environnement. Il vise à revoir l'ensemble des règles de construction, afin de réaliser des économies d'énergie dans le bâtiment et de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr