



Tomi Ristimäki  
Responsable produit

## Amélioration du rendement ...

... grâce à des moteurs à vitesse variable avec variateurs de fréquence

08 | 2008

Compte tenu de l'augmentation continue des prix de l'énergie, les entreprises doivent de plus en plus souvent prendre en considération les économies énergétiques et budgétaires. Alors que dans le domaine des économies, les discussions tournent essentiellement autour des sources nouvelles et alternatives d'énergie, on peut être surpris de constater le peu d'attention apporté à des solutions techniques existantes, solutions qui offrent d'énormes possibilités de réaliser des économies d'énergie. Une solution éprouvée et économique est l'emploi de variateurs de fréquence pour réguler la vitesse des moteurs dans les applications de chauffage, de ventilation et de climatisation (HVAC). Peu d'autres technologies que cette dernière offrent un amortissement en moins d'une année. En même temps, cette alternative offre de nombreux autres avantages grâce à une amélioration de la régulation des systèmes de HVAC.

**Economisez l'énergie avec des moteurs à vitesse variable au moyen de variateurs de fréquence**

La plupart des installations mettant en jeu des débits tels que pompes, ventilateurs et compresseurs sont utilisées sans réguler la vitesse de ces moteurs. Le plus souvent, on se contente de modifier de manière conventionnelle le débit en agissant par étranglement ou en utilisant des vannes ou des volets d'air. Mais lorsque le débit n'est pas régulé en jouant sur la vitesse de rotation des moteurs, ceux-ci tournent en permanence à pleine vitesse. Or les systèmes de HVAC ne nécessitant que rarement le débit maximal, un système sans régulation de la vitesse gaspille la plupart du temps des quantités considérables d'énergie. Une régulation de la vitesse des moteurs avec des variateurs de fréquence permet d'économiser jusqu'à 70% d'énergie. La fig. 1 illustre le principe de base.

# Amélioration du rendement ...

... grâce à des moteurs à vitesse variable avec variateurs de fréquence

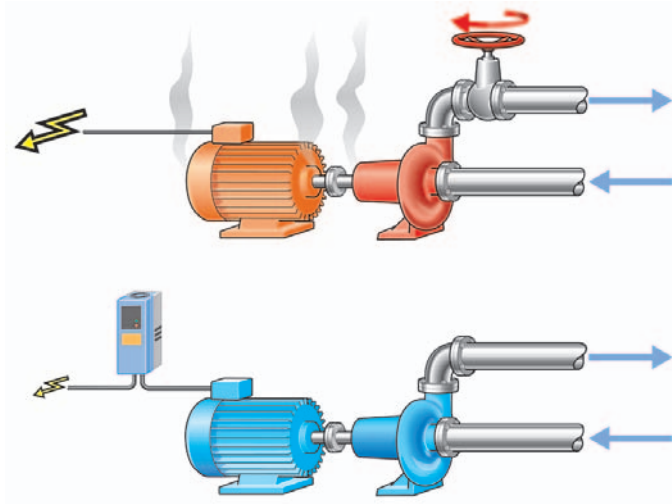


Fig. 1: Principe de l'économie d'énergie grâce au contrôle de la vitesse par des variateurs de fréquence

## Qu'est ce qu'un moteur à fréquence variable?

La plupart des moteurs électriques utilisés dans les systèmes de HVAC et les applications hydrauliques sont des moteurs à cage d'écureuil, aussi appelés moteurs à induction ou asynchrones. Leur popularité repose sur un prix relativement raisonnable, une faible maintenance et une grande fiabilité. La seule possibilité de jouer sur la vitesse de ces moteurs consiste à modifier la fréquence du courant alternatif côté entrée: et c'est ici qu'intervient le principe des variateurs de fréquence.

Les variateurs de fréquence, appelés aussi convertisseurs de fréquence sont basés sur le principe suivant : un dispositif électronique assure une régulation progressive ou continue de la vitesse des moteurs électriques. Toutefois, les variateurs de fréquence actuels offrent en plus d'autres caractéristiques utiles telles que des fonctions de régulation et de protection pour d'autres composants au sein du système.

## Lois d'affinité

La relation entre les variables telles que pression, débit, vitesse de rotation de l'arbre de transmission et consommation électrique peut se traduire par des lois dites d'affinité. Celles-ci s'appliquent aussi bien aux ventilateurs et pompes axiales que radiales (voir Fig. 2).

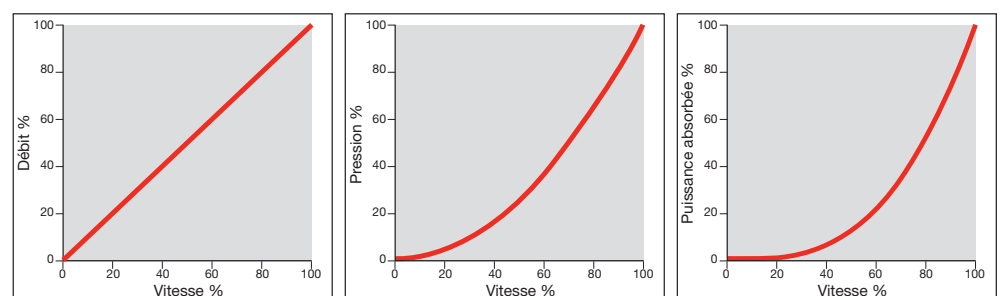


Fig. 2: Les lois d'affinité traduisent la relation entre la vitesse de rotation et autres variables.

## Amélioration du rendement ...

... grâce à des moteurs à vitesse variable avec variateurs de fréquence

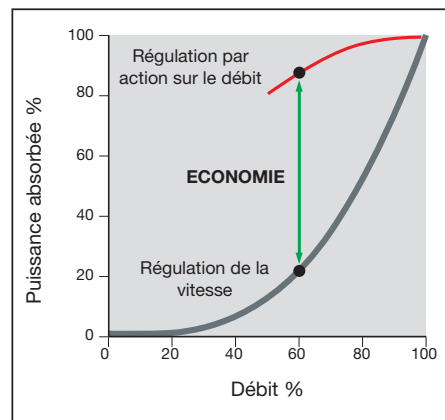
Ces lois montrent clairement que le débit est directement proportionnel à la vitesse alors que la pression est proportionnelle au carré de la vitesse. Le point le plus important dans la perspective des économies d'énergie est le fait que la consommation électrique est proportionnelle au cube de la vitesse. Cela signifie que même une faible réduction de la vitesse entraîne déjà d'importantes économies de courant électrique. La Fig. 2 montre clairement que pour une vitesse de 75%, on atteint 75% du débit, mais que l'on ne consomme que 42% de la puissance électrique nécessaire pour générer 100% du débit. Et lorsque le débit est limité à 50%, la consommation électrique n'est que de 12,5%.

### Comparaison entre une régulation de la vitesse avec d'autres méthodes de régulation du débit

D'autres possibilités typiques de régulation du débit existent:

- La réduction du débit au moyen de clapets ou volets,
- L'utilisation de vannes d'admission dans les ventilateurs centrifuges pour limiter le débit d'air,
- L'utilisation de coupleurs pour agir sur la viscosité ou créer des courants tourbillonnaires pour réguler le couple entre moteur et ventilateur,
- Régulation Marche/Arrêt,
- Modification de l'inclinaison des ailettes dans le cas de ventilateurs axiaux, la modification de l'angle d'inclinaison entraînant une modification du débit.

L'inconvénient de ces méthodes traditionnelles pour réguler le débit est qu'aucune n'a une incidence directe sur la consommation électrique. Certes, il y a possibilité de réduire la consommation électrique dans le cas de certains de ces composants, mais en aucune façon de manière aussi efficace sur le plan des économies qu'avec une régulation de la vitesse au moyen de variateurs de fréquence, car le moteur continue à tourner à pleine puissance. Par exemple, la commande marche/arrêt entraîne une forte surcharge mécanique ainsi que des pics de pression compte tenu des fréquents enclenchements et arrêts ainsi que des pointes de courant lorsque le moteur est démarré sans variateurs de fréquence.



La Fig. 3 illustre la différence de consommation électrique entre l'utilisation de vannes ou clapets de réglage et une régulation de la vitesse du moteur.

Fig. 3: Comparaison entre régulation par action sur le débit et la vitesse pour un débit de 60%

# Amélioration du rendement ...

... grâce à des moteurs à vitesse variable avec variateurs de fréquence

## Profil de charge d'un système typique de HVAC

Un tel système typique est calculé pour couvrir une demande calorifique de pointe rarement nécessaire durant le fonctionnement. Cela signifie que dans la pratique, les ventilateurs et les pompes sont „surdimensionnés“ durant la majeure partie de leur période de fonctionnement. La Fig. 4 montre que le point normal de fonctionnement d'un système de HVAC se situe le plus souvent en dessous de l'exploitation maximale de 100%. Sur la base des lois d'affinité, on pourrait obtenir de substantielles économies d'énergie en modifiant la vitesse de rotation des moteurs de pompe ou de ventilateur. La figure montre aussi que le débit se situe en dessous de 70% pendant plus de 90% du temps de fonctionnement.

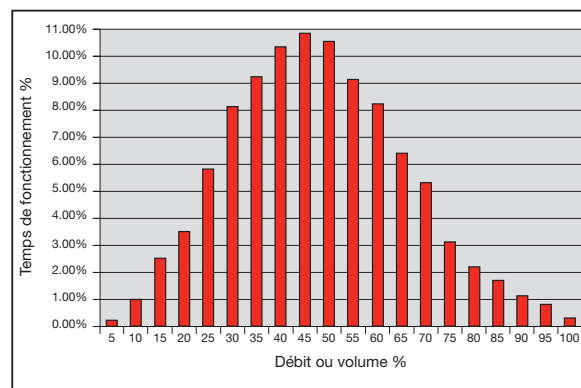


Fig. 4: Profil de charge typique d'un système HVAC. Source : UK Department of Trade and Industry.

## Coûts concernant les durées de vie de ventilateurs ou de pompes

Le prix d'achat ne représente qu'une petite partie des coûts de la durée ou cycle de vie d'un ventilateur ou d'une pompe. La maintenance représente une part importante des coûts, toutefois, la plus grande part des coûts de fonctionnement réside dans la consommation d'énergie. La Fig. 5 illustre les coûts de la durée de vie d'une pompe. On voit très nettement que des économies allant jusqu'à 70% ont une incidence considérable sur les coûts du cycle de vie. Ces coûts sont d'ailleurs sensiblement du même ordre de grandeur pour les ventilateurs.

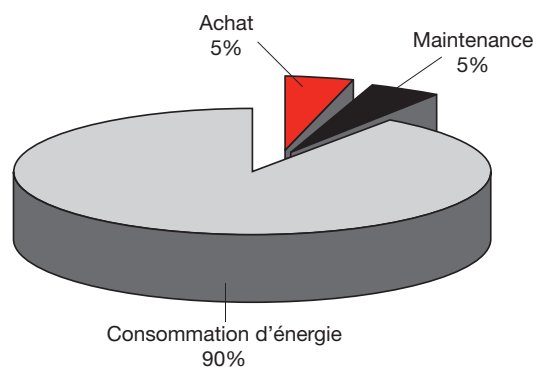


Fig. 5: Coûts typiques d'une durée de vie dans le cas de pompes. Source: Hydraulic Institute [www.pumps.org](http://www.pumps.org)

# Amélioration du rendement ...

... grâce à des moteurs à vitesse variable avec variateurs de fréquence

## Fonctions spéciales en vue d'obtenir d'autres économies d'énergie

La famille de produits NX de Honeywell propose des fonctions qui optimisent la consommation des pompes et des ventilateurs. Normalement, les variateurs de fréquence fonctionnent sur la base d'un rapport directement proportionnel entre fréquence et tension. Cela signifie que lors d'une augmentation de la fréquence/vitesse du moteur de 10%, la tension augmente aussi de 10%. Les variateurs de fréquence de la famille NX de Honeywell disposent d'une fonction automatique appelée „Optimisation du flux“, capable d'optimiser le niveau de tension grâce à l'ajustement de ce rapport. Cette fonction entraîne une économie additionnelle d'énergie pouvant aller jusqu'à 5%.

De plus, toute la famille de ces produits dispose de la possibilité de couper son propre ventilateur de refroidissement lorsque celui-ci n'est pas nécessaire, ce qui apporte encore une petite économie complémentaire et prolonge la durée de vie du seul composant mobile dans le variateurs de fréquence.



Fig. 6: Famille de produits Honeywell type NX (en partant de la gauche): NXL Compact, NXL HVAC et NXS.

## Economies d'énergie dans la pratique

Comme déjà démontré plus haut, il serait souhaitable d'évaluer les coûts et les durées d'amortissement en tenant compte des économies réalisables par l'utilisation de variateurs de fréquence. En investissant dans des variateurs de fréquence, les programmes de calcul Honeywell peuvent vous aider efficacement dans l'estimation des économies réalisables dans le cas de

pompes et de ventilateurs. Ces programmes de calcul se basent sur les méthodes de régulation parfaitement traditionnelles telles que la régulation du débit au moyen de clapets pour ventilateurs ou vannes ou bien encore la commande marche/arrêt de pompes. La Fig. 7 montre la page de démarrage du calculateur d'économies Honeywell pour ventilateurs.

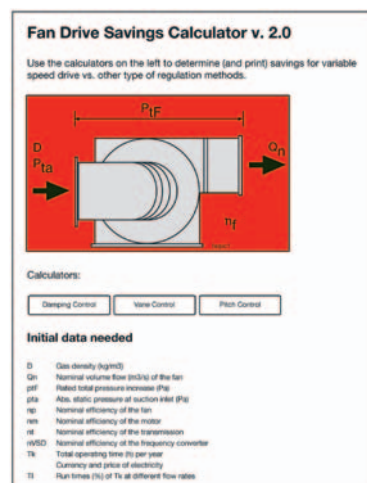


Fig. 7: Calculateur d'économies Honeywell pour moteurs de ventilateur

# Amélioration du rendement ...

... grâce à des moteurs à vitesse variable avec variateurs de fréquence

## Economies d'énergie dans les applications avec ventilateurs

L'exemple montre le calcul pour un ventilateur centrifuge typique de 5,5 kW dans une application de traitement de l'air. On compare la régulation de débit au moyen de clapets avec celle d'une régulation de la vitesse via des variateurs de fréquence de Honeywell.

Pour le calcul, on nécessite tout d'abord des données suivantes:

- **Données concernant le fluide gazeux entrant: dans le cas d'une application HVAC, s'agissant de l'air, on pourra se contenter de valeurs standards.**
- **Données concernant le ventilateur: débit nominal et accroissement de la pression nominale sont à lire dans la fiche technique du ventilateur.**
- **Rendement:**
  - Autant que possible, utilisez des valeurs réelles, autrement, les valeurs par défaut donnent de bonnes estimations.
  - Le ventilateur en question dispose d'un moteur à commande directe, autrement dit, le rendement de transmission est égal à 1.
  - Les variateurs de fréquence de Honeywell ont normalement un rendement de 0,98.
- **Pour ce qui est du coût de l'énergie, entrez si possible le prix effectif pour obtenir un calcul aussi précis que possible.**
- **Le nombre annuel d'heures de fonctionnement est toujours estimé. Le présent calcul se base une utilisation de 80% sur l'année, avec des cycles de fonctionnement typiques pour les applications de traitement de l'air.**
- **La différence de coût du présent calcul est un écart estimé pour un variateurs de fréquence de cette dimension et d'un système de clapets.**

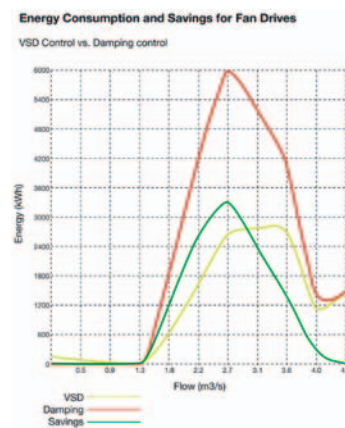


Fig. 8: Economies réalisées avec la calculateur Honeywell pour un ventilateur de 5,5 kW

**Le calcul donne une économie annuelle de 992 Euro et une durée d'amortissement de 0,65 années dans le cas d'un investissement dans un variateur de fréquence.**

## Amélioration du rendement ...

... grâce à des moteurs à vitesse variable avec variateurs de fréquence

### Economies réalisées avec de petits variateurs de fréquence pour applications avec des pompes

Dans ce qui suit, on trouvera un calcul comparatif approximatif des coûts d'investissement d'un système de pompe directement raccordé et contrôlé par un variateur de fréquence.

#### Variante 1, pompe raccordée en direct:

Pompe et moteur (~3 kW)	1000 Euro
Installation	1000 Euro
Coûts globaux:	2000 Euro
Consommation sur 15 ans	
Consommation	394 200 kWh
<b>Coûts énergétiques (9 Cent/kWh)</b>	<b>35.478 Euro</b>

#### Variante 2, solution avec variateurs de fréquence:

Pompe et moteur (~3 kW)	1000 Euro
Variateur de fréquence	800 Euro
Installation	1200 Euro
Coûts globaux avec un variateur de fréquence:	3000 Euro
Consommation sur 15 ans (pour une économie estimative de 30%)	
Consommation avec un variateur de fréquence	275.940 kWh
<b>Coûts énergétiques avec un variateur de fréquence (9 Cent/kWh)</b>	<b>24.834 Euro</b>

<b>Economies d'énergie réalisées sur 15 ans:</b>	<b>118.260 kWh</b>
<b>Economies de coûts sur 15 ans:</b>	<b>10.643 Euro</b>
<b>Economies de coûts sur 1 année:</b>	<b>709 Euro</b>

### En résumé

L'utilisation de variateurs de fréquence pour réguler la vitesse de moteurs tels que pompes, ventilateurs et compresseurs n'est pas une idée nouvelle. Toutefois, les nouvelles technologies dans ce domaine rendent cette alternative encore plus attrayante du fait des faibles coûts d'investissement. L'utilisation de variateurs de fréquence pour réguler la vitesse des moteurs dans les systèmes de HVAC permet de réaliser de très substantielles économies d'énergie. Pour cette raison, cette technologie est en mesure d'apporter une contribution efficace en vue du respect des accords locaux et internationaux ainsi que des normes dans le domaine de la politique des économies d'énergie et de la réduction des émissions de CO<sub>2</sub>.

# Amélioration du rendement ...

... grâce à des moteurs à vitesse variable avec variateurs de fréquence

Auteur: Tomi Ristimäki  
Responsable produit

## Automation and Control Solutions

Honeywell GmbH  
Böblinger Straße 17  
D-71101 Schönaich/Germany  
Tel. 07031 637 01  
Fax 07031 637 493  
<http://ecc.emea.honeywell.com>

The Honeywell logo is displayed in a bold, red, sans-serif font.