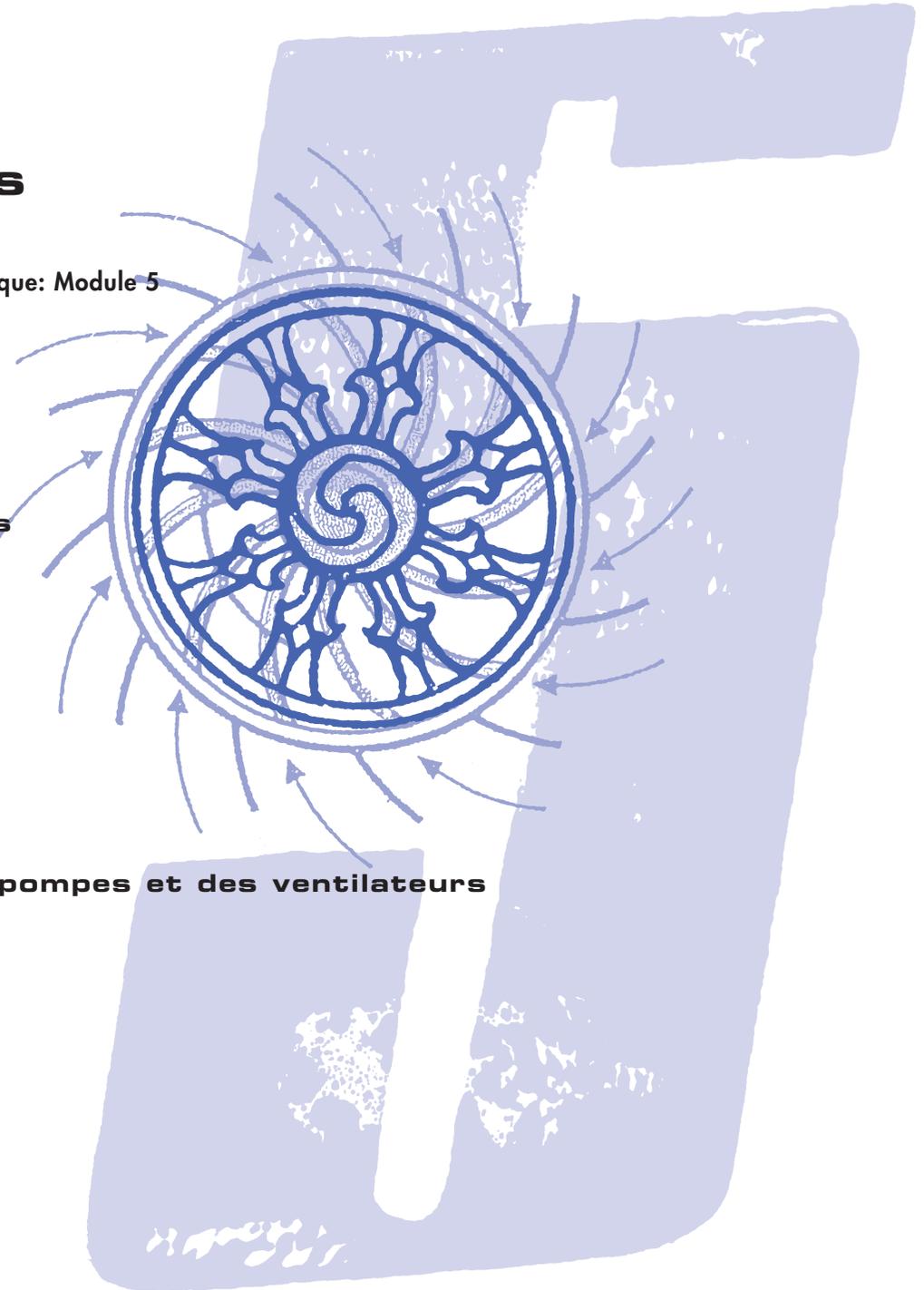


Entraînements électriques

L'énergie dans l'enseignement professionnel

Modules pour les professions techniques, de l'électricité et de l'informatique: Module 5

- 1 Introduction: de quoi s'agit-il?**
- 2 Objectifs de la formation**
- 3 Eléments proposés pour le plan des leçons**
- 4 Connaissances de base**
 - Préambule
 - Les types d'entraînements
 - Les moteurs
 - Les pompes de circulation
 - Les ventilateurs
 - Régulation de vitesse des moteurs, des pompes et des ventilateurs
 - Ascenseurs
- 5 Exercices et solutions proposées**
- 6 Bibliographie**
- 7 Sources**
- 8 Modèles**



1 Introduction: de quoi s'agit-il ?

Il y a 3000 ans, dans ce qui est aujourd'hui l'Afghanistan, les hommes construisirent la toute première éolienne et pompèrent l'eau du sol par des moyens mécaniques primitifs. Découvertes également tôt, les forces hydrauliques jouèrent un rôle important comme premier entraînement mécanique voilà 800 ans et notamment pour l'industrialisation il y a deux siècles.

Grâce à la découverte et à l'utilisation d'autres formes d'énergie, le progrès fut fulgurant. Du pétrole au gaz en passant par la production d'électricité à l'aide de charbon, de mazout, des forces hydrauliques et de combustible nucléaire. Un fait: le «progrès» puise sa source dans l'existence de la force créatrice.

Les entraînements électriques symbolisent cette force créatrice. Dans les pays industrialisés, plus de 40% de l'énergie électrique produite est convertie en travail mécanique par des moteurs électriques.

Dans un proche avenir, de nouvelles tâches et de nouvelles techniques prendront une importance particulière pour notre économie nationale : informatisation des processus de fabrication dans l'industrie, les arts et métiers et le secteur tertiaire, automatisation de ces mêmes processus de fabrication, etc. Ces nouvelles tâches seront basées obligatoirement sur l'énergie électrique.

Simultanément et dans une perspective à long terme, une croissance de la production d'électricité n'est possible que dans d'étroites limites. En vue de maîtriser ces nouvelles tâches, il est donc nécessaire de garantir de nouvelles réserves et capacités d'énergie électrique. Or, ces réserves existent, ne serait-ce que dans l'ampleur de l'énergie électrique gaspillée aujourd'hui !...

Avec ce module d'enseignement, l'apprenti/e est mené/e à connaître les principaux entraînements électriques et à mesurer les incidences de ceux-ci sur la consommation globale d'énergie. Il constitue un instrument didactique élémentaire dans le cadre du thème très vaste de l'utilisation rationnelle de l'énergie.

2 Objectifs de la formation

L'apprentie, l'apprenti ...

- est en mesure de définir simplement un entraînement électrique
- sait énumérer des exemples d'utilisation
- sait démontrer l'effet des différents éléments sur le rendement global de la chaîne
- connaît les caractéristiques d'une commande optimale au plan énergétique
- sait interpréter les indications figurant sur les plaquettes signalétiques des moteurs, pompes et ventilateurs

Exemples de réponses:

- Un système d'entraînement se compose en principe du moteur électrique et de la machine productrice.
- Machines-outils
- robots
- ascenseurs
- grues
- ventilateurs
- pompes
- pompes de circulation
- Rendement moteur, transmission, ventilateur (superposition des rendements)
- Utilisation d'une régulation de vitesse
- Voir exemple page 8 et exercice 2 au chapitre 5, page 18

3 Éléments proposés pour le plan des leçons

Matériel de démonstration tiré de la pratique

- Nommez les entraînements électriques et leurs composants
- Différenciez selon leur type, les ventilateurs, pompes, pompes de circulation et expliquez leur mode de fonctionnement
- Expliquez les moteurs pour les composants et leurs fonctions
- Lisez et interprétez les plaquettes signalétiques.

Expériences proches de la pratique

- Mesurez la puissance des moteurs ou des machines
- Estimez les rendements
- Proposez des améliorations possibles.

4 Connaissances de base

4.1 Préambule

Un ventilateur est une machine qui transforme de l'énergie électrique en débit d'air et en pression. Une pompe se sert de cette même énergie électrique pour le transport de fluides.

Il est souhaitable que cette transformation se fasse avec le moins de perte possible.

Un dimensionnement précis, un choix judicieux du concept de motorisation et l'utilisation d'entraînements économes en énergie sont des conditions préliminaires essentielles pour aboutir à des solutions énergétiquement avantageuses en matière d'entraînements électriques.

Ces derniers temps on attache aussi plus d'importance à la transmission; d'une part, la courroie plate est de plus en plus utilisée à la place de la courroie trapézoïdale, d'autre part, du fait du réglage de vitesse des moteurs, on peut revenir à l'accouplement direct en supprimant du même coup les pertes par transmission.

Pour utiliser rationnellement l'énergie électrique, il est très important d'analyser le problème de l'entraînement dans son ensemble, en tenant compte du rendement de chaque élément, que ce soit à pleine charge ou à charge partielle, car les rendements à charge partielle sont toujours plus faibles (peu ou beaucoup) que ceux à pleine charge, quel que soit l'élément considéré.

4.2 Les types d'entraînements

Un système d'entraînement électrique se compose en principe du moteur électrique et de la machine productrice; selon la tâche à accomplir, il peut être complété par un engrenage mécanique et un convertisseur. En fonction des exigences requises par le processus de travail, à savoir par exemple la capacité de commande ou de régulation et la précision des grandeurs réglées, il sera nécessaire de prévoir un système de traitement de l'information.

Ces entraînements peuvent être indépendants ou coordonnés. Avec un entraînement coordonné, la puissance du moteur électrique est transmise par différents mécanismes à plusieurs machines de production. Il est par exemple possible de réaliser ainsi un synchronisme angulaire.

On distingue les types d'entraînement suivants:

- Entraînements non asservis à une commande, pour conditions d'exploitation simples, charge pratiquement constante, avec démarreur pour puissances importantes, protection du moteur et simple commutateur EN/HORS.
- Entraînements asservis à une commande, pour exploitation avec vitesse de rotation variable à l'aide d'un organe de réglage (convertisseur pour faire varier la fréquence du moteur ou transmissions à régime variable) et d'une commande correspondante.
- Entraînements réglés par un organe de contrôle (convertisseur pour alimentation du moteur électrique), saisie des états effectifs et régulation précise ou par paliers du couple de rotation, de la vitesse de rotation.
- Entraînements gérés par ordinateur, avec fonctions supérieures de protection, de coordination et d'optimisation pour la gestion d'entraînements indépendants ou coordonnés.

4.3 Les moteurs

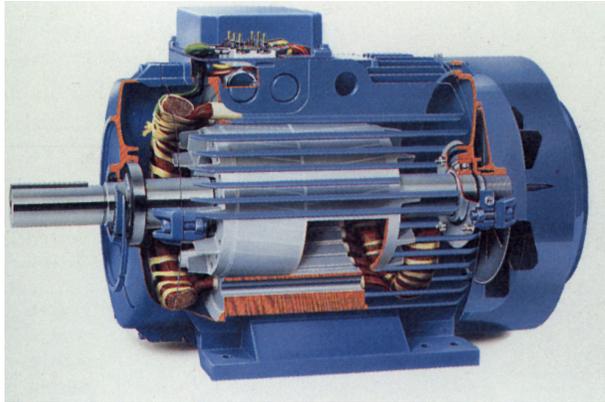


Fig. 1: Coupe d'un moteur électrique

Rendements des moteurs selon la puissance à l'arbre

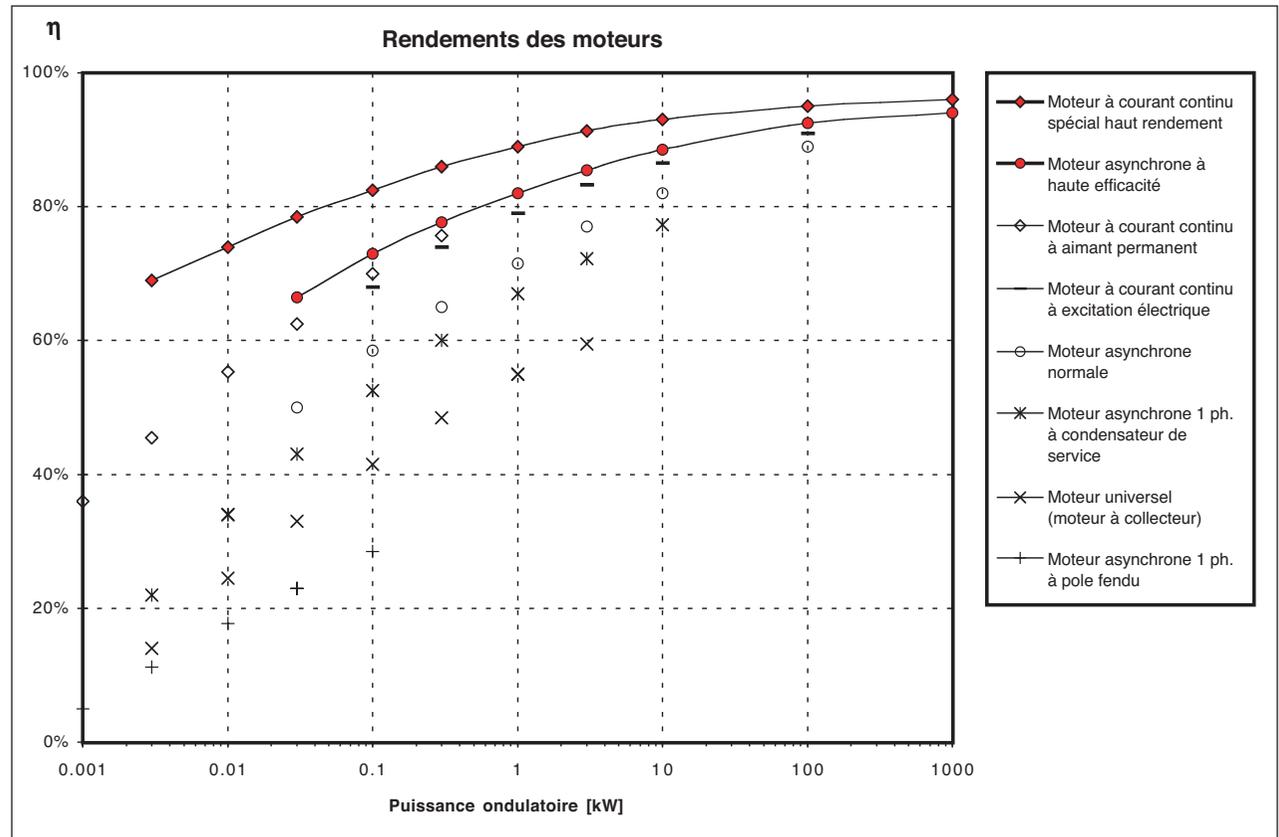
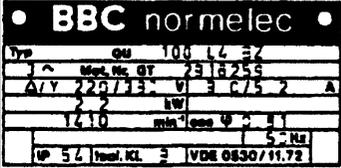


Fig. 2: Rendement des moteurs

Exemple de plaquette signalétique

Plaquette signalétique d'un moteur triphasé	
	
3~	Courant triphasé
Mot. Nr.	Numéro du moteur, obligatoire
D/Y 220/380 V	Moteur peut fonctionner en triangle et en étoile
9.0/5.2 A	Intensité nominale (à puissance nominale): 9 A à 220 V, 5,2 A à 380 V
2.2 kW	Puissance nominale = puissance en continu par une température ambiante de 40 °C
1410 min ⁻¹	Vitesse de rotation à puissance nominale
cos φ = 0.81	Déphasage (voir page 220)
50 Hz	Fréquence de réseau
IP 54	Mode de protection du moteur Premier chiffre: degré de protection contre le contact accidentel et la pénétration de corps étrangers (5 = protection contre la poussière) Second chiffre: protection contre la pénétration d'eau (4 = protection contre les écaboussements d'eau)
Isol. Kl. B	pour température du bobinage de 80 °C (Classe d'isolement F pour 100 °C)
VDE	Revoir à la norme VDE satisfaite par le moteur (indication facultative)

Les moteurs électriques en Suisse

Produit	Exploité (CH 1990) [mios]	Genre de moteur	Puissance consommée [W]	Rendement moteur [%]	Besoin en courant [% CH]
Armoires frigorifiques	3,2	Moteur 1 phase asynchr.	100–200	40–50	2,5
Congélateurs	1,8	Moteur 1 phase asynchr.	100–300	40–50	2
Compresseur de froid / PAC	2	Moteur asynchrone	>1000	>60	3
Circulateur (rotor noyé)	2	Moteur 1 phase asynchr.	25–150	20–35	1,5
Circulateur (excepté rotor noyé)	1	Moteur 1 phase asynchr.	100–500	40–65	1,5
Ventilateur WC, Extracteur	3	Moteur asynchr. à pôle fendu	25–300	15–35	0,5
Ventilateur de petite inst. de ventilation	1,5	Moteur 1 phase asynchr.	25–1000	25–70	0,5
Ventilateur pour l'industrie	2	Moteur asynchrone	>1000	>60	3
Lave-linge, moteur à tambour	1,3	Moteur 1 phase asynchr.	200–500	40–60	0,2
Lave-vaisselle	1	Moteur 1 phase asynchr.	100–300	40–60	0,1
Aspirateurs divers	3	Moteur universel	500–1000	25–50	0,1
Appareils divers (perceuse, etc.)	5	Moteur universel	200–1500	20–50	0,05
Servo-moteur de mach. de bureau, voiture et jouet	>20	Courant continu Aimant permanent	1–20	5–50	0,05
Horloge, régulation	>10	Moteur synchrone	0,5–3	(5–20)	0,2
TOTAL moteurs électriques	>57				15,2
Besoins en courant pour trafic (traction)					5
Besoins en courant restant pour force		Application principale dans l'industrie: Moteur asynchrone			25
TOTAL CH					45

4.4 Les pompes de circulation

Construction

Aujourd'hui, les **pompes sans presse-étoupe** sont les pompes de circulation les plus courantes pour des installations de chauffage petites et moyennes. Elles n'exigent aucun entretien, car les parties mobiles sont lubrifiées par l'eau de chauffage. Pour autant qu'elles soient bien dimensionnées et correctement posées, elles fonctionnent pratiquement sans bruit à régime normal.

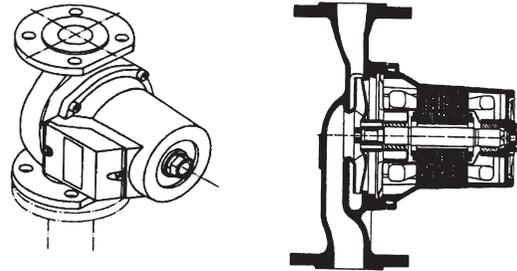


Fig.3: Pompes sans presse-étoupe

On utilise les **pompes in-line** pour des puissances importantes. Le moteur électrique est accolé au carter de la pompe. L'arbre de la pompe est étanchéifié par un presse-étoupe. Il est nécessaire de les entretenir.

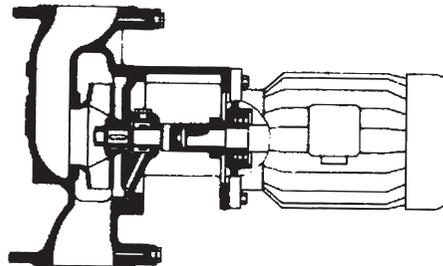


Fig. 4: Pompes in-line

Pompes à plaque de base (pompes à socle) pour grandes puissances. Il est nécessaire de les entretenir.

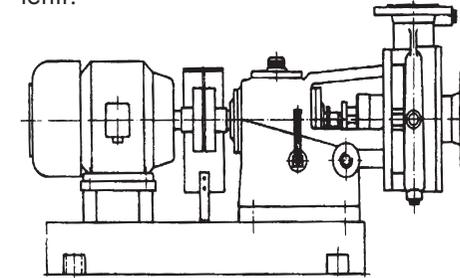


Fig. 5: Pompes à plaque de base

Les **pompes à jet d'eau** (giffard) s'utilisent principalement dans les stations de transfert d'immeuble d'un réseau de chauffage à distance. Elles peuvent également se poser dans une installation de distributions normale où elles remplacent alors la pompe secondaire et la soupape de réglage.

Le rendement global d'une pompe

Le rendement global d'une pompe dépend non seulement de la partie hydraulique, mais aussi et surtout du moteur. Les facteurs déterminants sont les suivants:

- grandeur et puissance
- régime
- type de moteur

Les pompes sans presse-étoupe ont un rendement du moteur plus faible en raison de la large fente remplie d'eau entre le stator et le rotor. Les valeurs sont particulièrement mauvaises pour de petites pompes, comme le montre la figure ci-après.

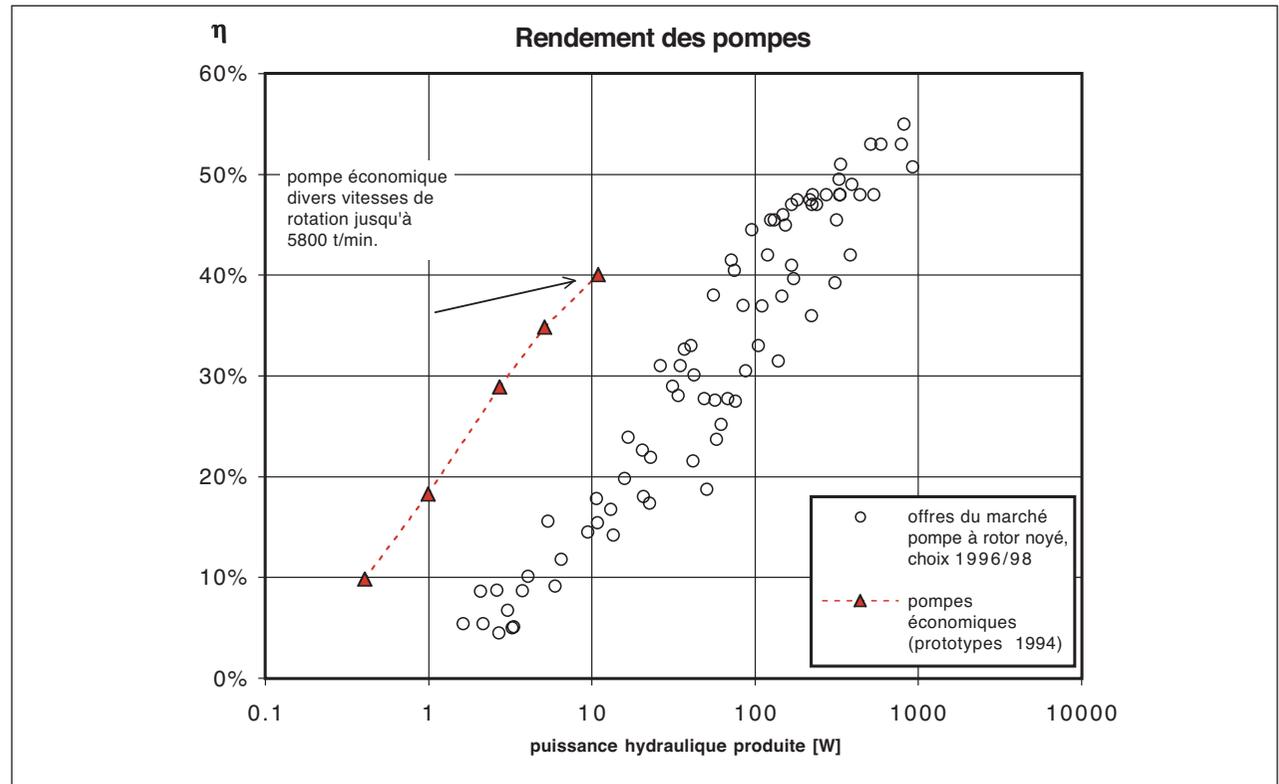


Fig. 6: Rendement des pompes

Choix des pompes

- Modification de la courbe caractéristique du réseau en exploitation : lors de débits variables, il faut choisir un circulateur, pour lequel le point d'exploitation qui correspond à la durée de fonctionnement la plus longue se situe dans la zone de rendement le plus élevé.
- Courbes de caractéristiques plates ou raides : l'exploitation de l'installation est déterminante

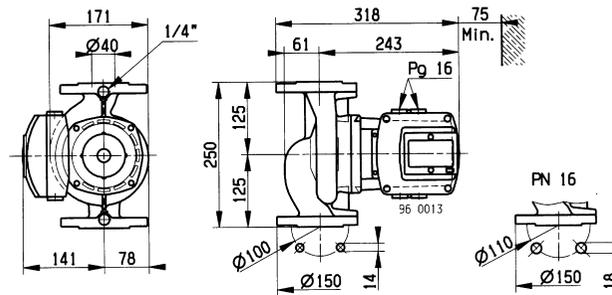
pour la pente de la courbe de circulateur. Le prix de la pompe ne devrait pas entrer en considération.

- Pompe à rotor noyé ou à moteur ventilé : divers facteurs sont déterminants pour le choix de type de construction du circulateur. Ainsi, pour des raisons de consommation d'énergie, il faut accorder la préférence aux pompes à moteur ventilé.

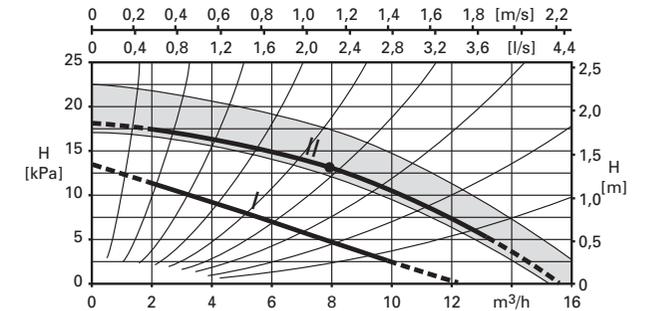
- Rendement: il faut se rappeler qu'avec les circulateurs à plusieurs vitesses ou à vitesse variable, le rendement baisse lors de vitesses plus petites. Il est primordial d'effectuer un dimensionnement précis.
- Démarrage de la pompe: pour certaines installations, pour une pompe de puissance réduite, des problèmes au démarrage peuvent se produire.
- Un disjoncteur thermique protège le moteur des risques de surchauffe. Il contribue à la durabilité et la fiabilité de la pompe de circulation.
- Ressources: en dehors des catalogues, le concepteur dispose également aujourd'hui de logiciels sur ordinateur qui l'aident dans le choix de la pompe.

Courbes caractéristiques

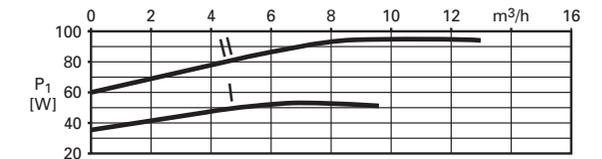
Exemple: BIRAL «Redline»



a) Courbes hydrauliques



b) Courbes électriques



c) Rendements

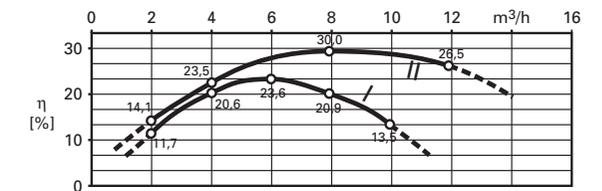


Fig. 7: Exemple de courbes caractéristiques

4.5 Les ventilateurs

Ventilateur de pulsion et d'extraction efficace du point de vue énergétique

La consommation d'énergie électrique occasionnée par le transport de l'air est actuellement au centre des efforts d'économie, depuis que les besoins en énergie pour le chauffage ou la réfrigération ont pu être beaucoup diminués, ces dernières années, grâce aux améliorations effectuées en matière de protection thermique aussi bien hivernale qu'estivale.

La consommation d'énergie pour le transport de l'air est actuellement souvent beaucoup trop élevée. Pour améliorer cette situation, il est nécessaire de choisir plus soigneusement les ventilateurs, d'adapter les systèmes d'entraînement et de les exploiter sur la plage de rendement optimale. Il est fréquent de trouver des rendements globaux de l'ordre de 25%, lorsqu'on mesure des petits ventilateurs.

Pour concevoir une installation efficace du point de vue énergétique, il faut réduire au minimum admissible les pertes de pression, ce qui implique des sections de canaux généreuses. En plus, la puissance des ventilateurs doit être réglée conformément à la demande et réduite au minimum nécessaire. Il est à remarquer que c'est seulement sur la base d'un dimensionnement sérieux des pertes de pression, qu'il est possible de faire le bon choix du type de ventilateur et de son moteur.

Les types de ventilateurs

On distingue différents type dont les plus importants sont mentionnés ci-dessous:

- **Ventilateurs centrifuges** avec pales inclinées **vers l'arrière** pour des applications à pression élevée (a)
 - **Ventilateurs centrifuges** avec pales inclinées **vers l'avant** pour des applications à faible pression (b), avec boîtier (d)
 - **Ventilateurs axiaux** pour grands débits et faible pression (c)
 - **Ventilateurs à flux transversal** pour des applications dans de petits appareils indépendants
- Jusqu'à environ 25 kPa on parle de ventilateur, au-delà de soufflante.

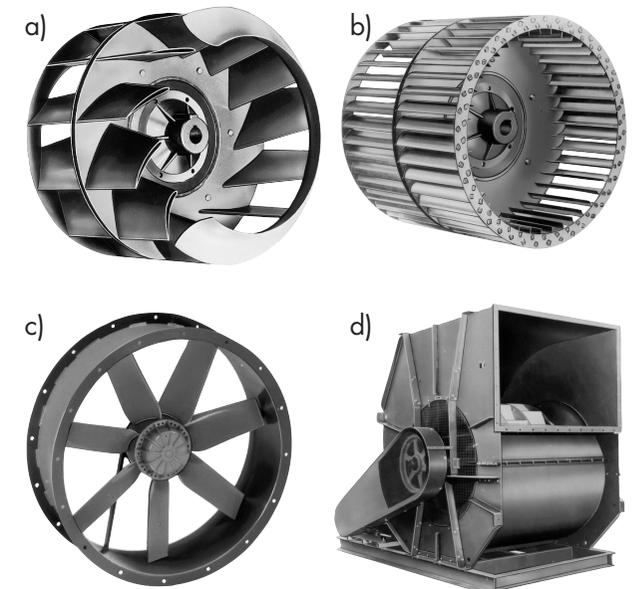


Fig. 8 a) à d): Types de ventilateurs

Rendement des ventilateurs

Le rendement global des ventilateurs y compris moteur et transmission doit atteindre au banc d'essai, au point de fonctionnement optimal, les valeurs suivantes selon la Recommandation SIA 382/3:

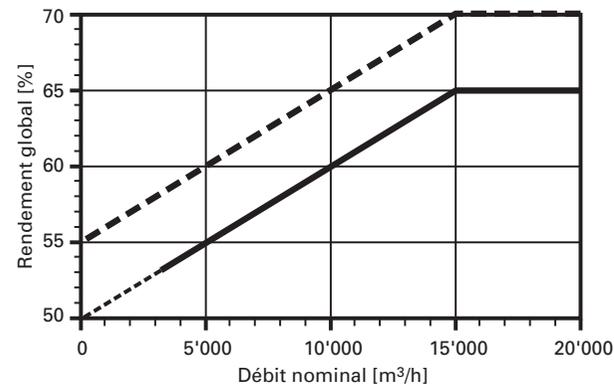


Fig. 9: Rendement des ventilateurs

Pour des installations énergétiquement efficaces, il faut viser ces valeurs augmentées de 5%.

Une attention particulière doit être portée à la disposition et au montage de ventilateur ainsi qu'au régime à charge partielle. Le dimensionnement doit pour autant que possible assurer un bon rendement dans toute la plage de travail.

Rendement global du système moto-ventilateur

Pour comparer différents appareils, destinés au même travail, il faut surtout comparer le rendement global, à savoir:

$$\eta_{\text{global}} = \frac{(\dot{V} - \Delta p_{\text{tot}})}{P}$$

\dot{V} = Débit d'air [m³/s]

Δp_{tot} = Perte de charge totale du système [Pa]

P = Puissance électrique absorbée par le système moto-ventilateur [W]

Cette façon de faire tient ainsi compte du rendement de chaque appareil composant le système moto-ventilateur, tel que régulateur de vitesse, moteur, transmission, ventilateur:

$$\eta_{\text{global}} = \eta_{\text{régul.}} \cdot \eta_{\text{moteur}} \cdot \eta_{\text{transm.}} \cdot \eta_{\text{ventilateur}}$$

et représente donc le rapport entre ce que le **ventilateur produit**: débit d'air et pression, et ce que le système consomme comme énergie électrique pour produire ce débit d'air et cette pression.

η_{global} est dépendant du débit. Si le débit diminue, alors η_{global} diminue aussi.

S'applique:

$$\frac{\text{puissance absorbée 2}}{\text{puissance absorbée 1}} = \left(\frac{\text{débit 2}}{\text{débit 1}} \right)^n$$

n est dépendant du système ($n < 3$)

Réglage du débit

La capacité de régler le débit joue un rôle très important dans les possibilités d'économie d'énergie électrique. Cela signifie:

- Eviter les régulations par by-pass.
- La régulation par aubage mobile de prérotation a un champ d'application très réduit pour les ventilateurs radiaux. En raison de la complexité mécanique du système, elle est de plus en plus remplacée par la régulation de la vitesse de rotation.
- La régulation du débit par étranglement peut se justifier pour de petits ventilateurs à aubes recourbées vers l'avant.
- Pour les ventilateurs, la régulation de la vitesse de rotation est donc la solution la plus élégante.

Régulation de la vitesse de rotation

Les progrès actuels et futurs dans le domaine de la régulation des moteurs donnent les meilleures chances d'avenir au ventilateur avec réglage de la vitesse de rotation. Une autre amélioration serait de renoncer à l'entraînement par courroie. La tendance d'avenir est d'accoupler à nouveau le moteur directement au ventilateur. Pour le ventilateur axial (ventilateur compact avec des vitesses de rotation 900 à 2900 t/min), ce type de construction est déjà réalisé.

4.6 Régulation de vitesse des moteurs, des pompes et des ventilateurs

La nécessité de pouvoir régler la vitesse de rotation est de plus en plus actuelle du fait de la tendance générale visant l'optimisation des installations en fonction des besoins réels.

En principe, la régulation de la vitesse de rotation se fait en modifiant soit le nombre de paires de pôles, soit le glissement, soit la fréquence du réseau. En pratique, les trois possibilités sont utilisées.

Modification du nombre de paires de pôles

Il existe trois manières de modifier le nombre de paires de pôles d'un moteur asynchrone à cage d'écurie. Le stator peut être équipé avec deux bobinages séparés ou plus, avec un bobinage à nombre de pôles commutable ou avec une combinaison des deux solutions ci-dessus.

Bobinages séparés

La taille croissante du moteur est le facteur limitant les possibilités de combinaisons des différents nombres de paires de pôles. Les moteurs à deux bobinages séparés peuvent délivrer à la grande vitesse environ 80% de la puissance que pourrait délivrer un moteur de même taille à un seul bobinage, tournant au même régime.

Le rendement d'un moteur à plusieurs bobinages, fonctionnant à la grande vitesse, est toujours un peu plus faible que le rendement d'un moteur à un seul bobinage délivrant la même puissance et tournant à la même vitesse.

Bobinages à nombre de pôles commutables

Il existe plusieurs possibilités de rendre un bobinage commutable et obtenir ainsi une meilleure utilisation de la taille du moteur. Par souci de simplicité du système de commutation, on utilise en pratique soit le couplage Lindström-Dahlander ou le couplage à modulation d'amplitude de pôle (PAM).

Modification du glissement

Pour augmenter le glissement d'un moteur, il faut augmenter l'écart entre le champ magnétique tournant et la vitesse de rotation du moteur. Le principe de base, commun à tous ces systèmes est de faire chuter la tension par un moyen ou un autre afin de réduire la vitesse, la fréquence et le nombre de pôles restants identiques.

Le prix est le principal avantage de ces systèmes de régulation.

Convertisseur de fréquence

La régulation de vitesse **la plus favorable du point de vue consommation d'énergie**, dans le cas de ventilateurs ou pompes, est celle obtenue avec un **convertisseur de fréquence**.

Comme le couple résistant d'un ventilateur (ou d'une pompe) diminue avec le carré de la vitesse, les fabricants de convertisseurs ont prévu la possibilité de programmer l'appareil pour que le rapport tension/fréquence ne diminue pas linéairement avec la réduction de la fréquence de sortie, mais selon une courbe quadratique. Ainsi, la tension diminue plus que proportionnellement, ce qui réduit les pertes et explique pourquoi le rendement du système convertisseur-moteur reste bon en charge partielle dans le cas d'une application ventilation ou pompes. Ces résultats ne sont pas transposables aux machines à couple constant, ou couples de démarrage importants tels qu'ascenseurs, etc...

Le rendement du convertisseur reste très bon sur toute la plage de fréquences, dans le cas d'une application à couple résistant quadratique. Les pertes sont typiquement admises entre environ 3% et 6%.

4.7 Ascenseurs

Dans les constructions importantes (hôpitaux, immeubles de services) la part des besoins en électricité des ascenseurs représente environ 5 à 8% des besoins totaux. Dans les immeubles d'habitation, cette part est inférieure. Le choix de la conception et de l'entraînement permettent de réduire la consommation d'électricité et la sollicitation du secteur.

Consommation d'énergie en fonction du système d'entraînement:

Arrêt de précision (2 vitesses)	100 %
Courant triphasé, régulation de la tension avec volant d'inertie	75 %
Courant triphasé, régulation de la tension sans volant d'inertie	60 %
Traction directe, courant triphasé, convertisseur de fréquence	30 %
Entraînements hydrauliques	170 %

Pour des questions de facilités de construction, les architectes choisissent de plus en plus fréquemment des ascenseurs hydrauliques, mais ceux-ci sont beaucoup moins favorables du point de vue de l'utilisation rationnelle de l'électricité car ils présentent des puissances de motorisation et des courants de démarrage beaucoup plus élevés.

5 Exercices et solutions proposées

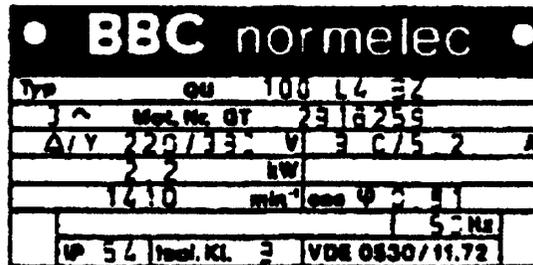
Exercice 1: rendements de moteurs

Classez les différents types de moteurs selon leurs rendements de puissance à l'arbre. Utilisez la table de figure 2, page 7.

Mot. à courant continu spécial haut rendement	Mot. à courant continu à aimant permanent
Mot. asynchr. 1 ph., à pole fendu	Mot. asynchr. normale
Mot. asynchr. 1 ph., à condensateur de service	Mot. universel (à collecteur)
Mot. asynchr. à haute efficacité	Mot. à courant continu à excitation électr.

Exercice 2: lecture de plaques signalétiques

Expliquez les différentes inscriptions relevées sur cette plaquette signalétique:



Plaque signalétique d'un moteur triphasé

3~	_____
Mot. Nr.	_____
D/Y 220/380 V	_____
9.0/5.2 A	_____
2.2 kW	_____
1410 min ⁻¹	_____
cos φ = 0.81	_____
50 Hz	_____
IP 54	_____

Isol. Kl. B	_____
VDE	_____

Exercice 3

Caractéristiques techniques d'un circulateur

Le diagramme ci-dessous représente les 2 vitesses d'un circulateur et les points de fonctionnement avant et après le changement des vitesses.

Puissance hydraulique:

$$P_H = \Delta p \text{ [kPa]} \cdot Q \text{ [L/s]}$$

$$P_H = H \text{ [mCE]} \cdot Q \text{ [m}^3\text{/h]} \cdot 9,81/3,6$$

(H = hauteur de poussée en m de colonne d'eau)

Rendement:

$$\eta = (P_H / P_{\text{él}}) \cdot 100 \text{ [%]}$$

a) Du diagramme, donner les caractéristiques Q [m³/h] et Δp [mCE] des 2 points de fonctionnement:

I Q = m³/h Δp = mCE

II Q = m³/h Δp = mCE

b) Calculez les puissances hydrauliques correspondants aux 2 points de fonctionnement:

I P_H = W

II P_H = W

c) Calculez les rendements correspondants aux 2 points de fonctionnement, en tenant compte des puissances absorbées suivantes:

I P_{él} = 55 W η = %

II P_{él} = 110 W η = %

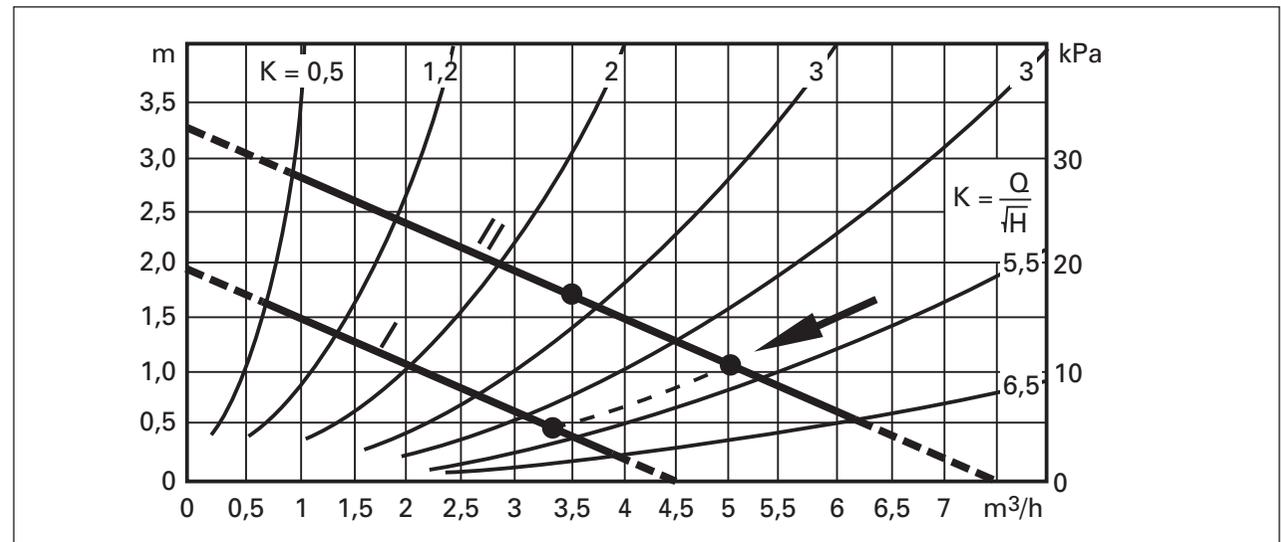


Fig. 10: Points de fonctionnement avant et après changement de vitesse d'un circulateur

Exercice 4:

Rendement global d'un système moto-ventilateur

Vous décidez de transformer une installation en prévoyant un ventilateur à entraînement direct. L'installation en place comporte les caractéristiques suivantes (faire une esquisse du système):

η_1 = rendement du réglage à convertisseur	= 95%
η_2 = rendement du moteur	= 70%
η_3 = rendement de la transmission	= 80%
η_4 = rendement du ventilateur	= 60%

Calculez:

a) le rendement global du système initial

$$\eta_{\text{global}} = \dots\dots\dots \%$$

b) le rendement global du système transformé

$$\eta_{\text{global}} = \dots\dots\dots \%$$

Solutions

Exercice 1:

1	Mot. à courant continu spécial haut rendement	3	Mot. à courant continu à aimant permanent
8	Mot. asynchr. 1 ph., à pole fendu	5	Mot. asynchr. normale
6	Mot. asynchr. 1 ph., à condensateur de service	7	Mot. universel (à collecteur)
2	Mot. asynchr. à haute efficacité	4	Mot. à courant continu à excitation élect.

Exercice 3:

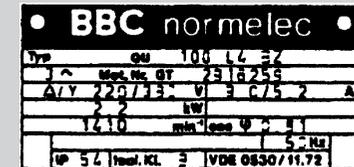
- a) I $Q = 3,5 \text{ m}^3/\text{h}$ $\Delta p = 0,5 \text{ mCE}$
 II $Q = 5,1 \text{ m}^3/\text{h}$ $\Delta p = 1,1 \text{ mCE}$
- b) I $P_H = 3,5 \cdot 0,5 \cdot 9,81 / 3,6 = 4,8 \text{ W}$
 II $P_H = 5,1 \cdot 1,1 \cdot 9,81 / 3,6 = 15,3 \text{ W}$
- c) I $P_{\text{él}} = 55 \text{ W}$ $\eta = 4,8 \cdot 100 / 55 = 8,7 \%$
 II $P_{\text{él}} = 110 \text{ W}$ $\eta = 15,3 \cdot 100 / 110 = 13,9\%$

Exercice 4:

- a) le rendement global du système initial est de:
 $(0,95 \cdot 0,70 \cdot 0,80 \cdot 0,60) \cdot 100 = 32\%$
- b) le rendement global du système transformé est:
 $(0,70 \cdot 0,60) \cdot 100 = 42\%$

Exercice 2:

Plaque signalétique d'un moteur triphasé



3~	Courant triphasé
Mot. Nr.	Numéro du moteur, obligatoire
D/Y 220/380 V	Moteur peut fonctionner en triangle et en étoile
9.0/5.2 A	Intensité nominale (à puissance nominale): 9 A à 220 V, 5,2 A à 380 V
2.2 kW	Puissance nominale = puissance en continu par une température ambiante de 40 °C
1410 min ⁻¹	Vitesse de rotation à puissance nominale
cos φ = 0.81	Déphasage (voir page 220)
50 Hz	Fréquence de réseau
IP 54	Mode de protection du moteur Premier chiffre: degré de protection contre le contact accidentel et la pénétration de corps étrangers (5 = protection contre la poussière) Second chiffre: protection contre la pénétration d'eau (4 = protection contre les écaboussements d'eau)
Isol. Kl. B	pour température du bobinage de 80 °C (Classe d'isolement F pour 100 °C)
VDE	Revoir à la norme VDE satisfaite par le moteur (indication facultative)

6 Bibliographie

- OESR, Office d'Electricité de la Suisse Romande
Derrière la prise
- OESR, Office d'Electricité de la Suisse Romande
Les hommes et l'énergie
- Manuel RAVEL, L'électricité à bon escient
Moteurs, transport de fluide
- Manuel RAVEL, L'électricité à bon escient
Entraînements électriques
- Manuel RAVEL, L'électricité à bon escient
Circulateurs
- Manuel RAVEL, L'électricité à bon escient
Transport de l'air
- RAVEL 724.307 f, OFQC
Installations de ventilation énergétiquement performantes
- RAVEL 724.397.21.09 f, OFQC
Réduction de la puissance des circulateurs de chauffage
- RAVEL 724.397.11.55 f, OFQC
Pompes de circulation
- Recommandation SIA V 382/3
Preuve des besoins pour les installations de ventilation et de climatisation
- OFQC, Connaissances de base
Installations techniques des bâtiments
- OFQC, Manuel de base «l'énergie - facteur-clé de notre temps», édité par LEP, loisirs et pédagogie, Le Mont-sur-Lausanne, Tél. 021 653 53 37

7 Sources

Textes

Des extraits de textes ont été tirés de publications du programme d'impulsion RAVEL, utilisation de l'énergie électrique à bon escient et de l'Office fédéral de l'énergie OFEN.

Figures

Moteur

(Fig. 1): RAVEL 724.307f – Installations de ventilation énergétiquement performantes

Rendement des moteurs selon la puissance à l'arbre

(Fig. 2): J. Nipkow

Exemple de plaquette indicatrice

OFQC 724.601f/1986 – Installations techniques des bâtiments – Situation actuelle

Construction des pompes

(Fig. 3 à 5): OFQC 724.601f/1986 – Installations techniques des bâtiments – Situation actuelle

Rendement des pompes

(Fig. 6): J. Nipkow

Courbes caractéristiques BIRAL «Redline»

(Fig. 7): BIRAL SA

Types de ventilateurs

(Fig. 8): OFQC 724.601f/1986 – Installations techniques des bâtiments – Situation actuelle

Rendement des ventilateurs

(Fig. 9): SIA V 382/3

8 Modèles

