

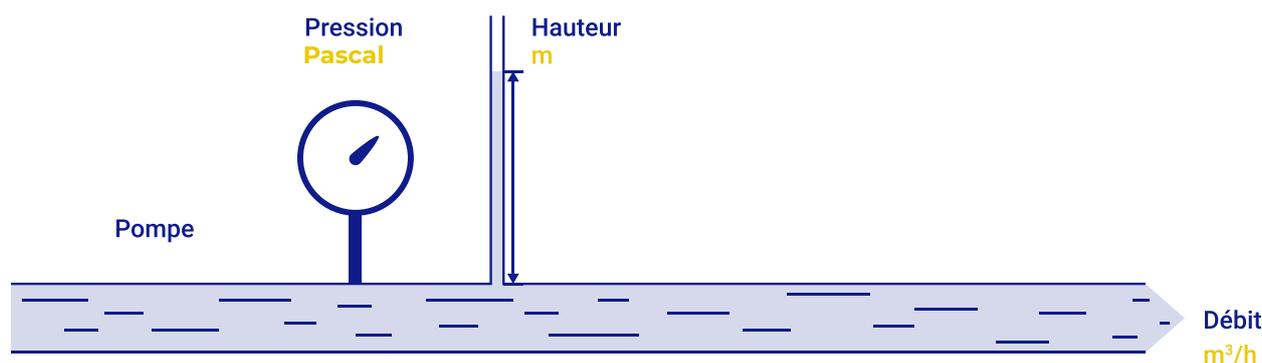
SQ7 : Les pompes et les ventilateurs

1. Les pompes

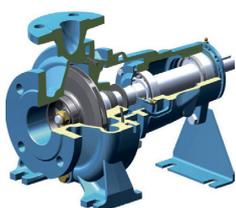
Les systèmes de pompage sont présents dans la quasi-totalité des sites industriels et consomment en moyenne 20% du total de l'électricité consacrée aux moteurs.

Le rôle d'une pompe

Le rôle d'une pompe est d'apporter un débit de liquide d'un point à un autre d'un réseau, en vainquant les pertes de charges présentes sur ce réseau. Elle doit être dimensionnée à la pression nécessaire à l'utilisation, la pression ayant une influence sur le débit.



Les différents types de pompes



La pompe la plus répandue est la pompe centrifuge, qui utilise le principe de la force centrifuge. Elle est utilisée pour les fluides peu visqueux et peu chargés.



La pompe centrifuge double, contient deux turbines et permet une sécurité si une des deux turbines s'arrête. Voici un exemple avec des circulateurs d'eau glacée alimentant un process industriel.



Pour permettre des pressions élevées, on peut utiliser **des pompes multicellulaires en parallèle.** Elles sont utilisées dans les immeubles où il y a une hauteur importante ou pour alimenter une chaudière vapeur.



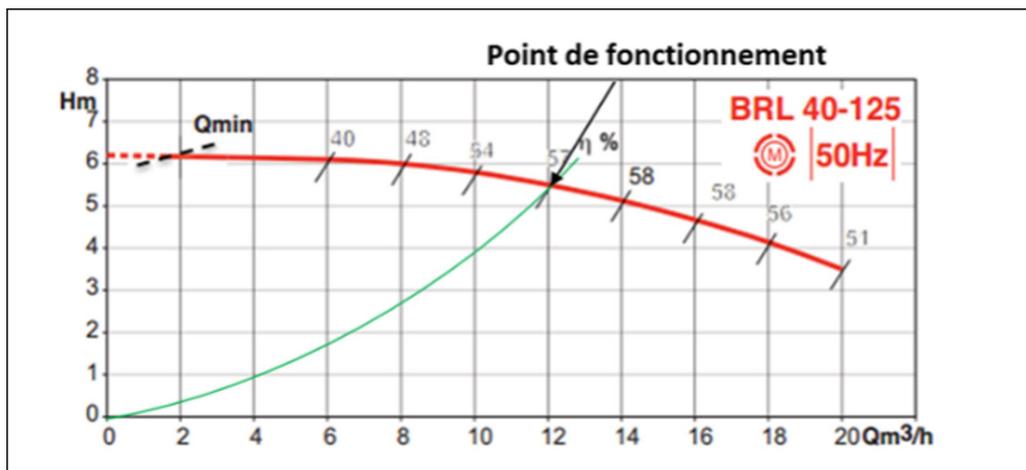
Il existe également **les pompes à rotor noyées, dit aussi «circulateurs»**. Dans ce type de pompe, le moteur et la pompe forment une unité complète, sans garniture mécanique et avec seulement deux joints pour assurer l'étanchéité. C'est le liquide pompé qui assure le refroidissement et la lubrification.

Pour pomper des fluides visqueux ou très chargés :



Il est conseillé d'utiliser **des pompes volumétriques** comme les pompes péristaltiques ou les pompes à cavité progressive. Le principe de fonctionnement d'une pompe volumétrique repose sur des variations de volume permettant le déplacement d'un liquide.

Le dimensionnement d'une pompe



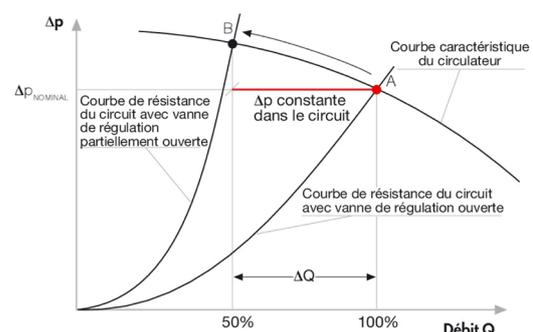
Une pompe est caractérisée par une **courbe pression/débit** donnée par le constructeur (courbe rouge sur le graphique).

Les pressions sont exprimées en hauteur, c'est une particularité des pompes.

La **courbe verte** représente les pertes en charge, donc de pression, dues au réseau (frottements dans les tuyaux, coudes, vannes).

L'intersection des deux courbes donne le point de fonctionnement de la pompe (sur le graphique : 12m³/h pour une pression de 5,5m).

Si les pertes de charges augmentent, le point de fonctionnement va se décaler vers la gauche. Le débit diminuera et la pression augmentera. Le rendement diminuera également générant une surconsommation électrique.



Le dimensionnement d'une pompe



Formules (profil management)

$$P_{\text{hydrau}} \text{ (kW)} = Q(\text{m}^3/\text{h}) \times \text{HMT}(\text{m}) / 367$$

Avec :

- Q : le débit en m³/h:
- HMT : hauteur manométrique totale, en mètre (de colonne d'eau).

Rappel = 1 bar = 10 mCE (mètre de colonne d'eau).

$$P_{\text{élec}} \text{ (kW)} = P_{\text{hydrau}} \text{ (kW)} / \eta$$

Avec :

- η = rendement de la pompe.



Formules (profil technique)

$$\text{Puissance (Watt)} = \text{Débit (m}^3/\text{s)} \times \text{Hauteur (m)} \times \rho \text{ (kg/m}^3) \times g$$

Avec :

- ρ est la masse volumique du fluide ;
- g l'accélération gravitationnelle terrestre = 9.81 m/s².

$$P \text{ (kW)} = Q \text{ (m}^3/\text{h)} \times H \text{ (m)} \times d / 367.2 / \eta_p / \eta_m / \eta_t$$

Avec :

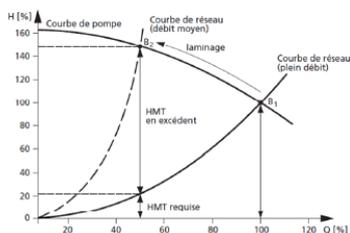
- P : puissance du moteur électrique de la pompe
- Q : le débit
- H : la pression en hauteur de colonne de fluide
- D : la densité relative du fluide
- η_p, η_m, η_t : les rendements de la pompe, du moteur et de la transmission.

Les économies d'énergie sur les pompes

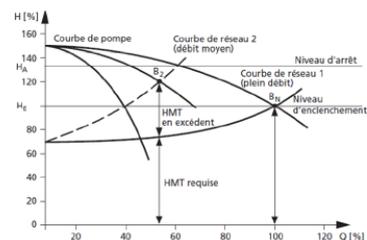
Il existe de nombreuses actions possibles :

- Diminuer les pertes de charges du réseau ;
- Mettre des moteurs à haut rendement ;
- Éteindre les pompes inutiles ;
- Réguler le débit reste l'action la plus efficace.

Pour réguler le débit, plusieurs techniques existent :

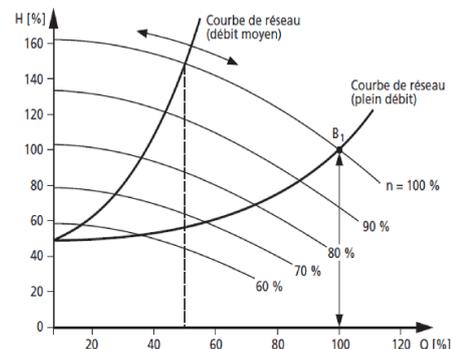


Agir sur une vanne, comme sur un robinet, est la solution la plus simple, techniquement efficace mais très énergivore.



Créer un circuit de dérivation ou mettre des pompes en parallèle.

Faire varier la vitesse, c'est-à-dire modifier la vitesse de rotation du moteur donc de la pompe, est la solution la plus économe. Par exemple, réduire la vitesse de rotation de la pompe de 20% diminue le débit de façon identique. Mais la puissance électrique nécessaire est, elle, réduite de 50% !



Pour économiser sur vos pompes :

- Pensez toujours au pilotage du débit ;
- Vérifiez la performance énergétique du réseau.

Et pour commencer votre démarche d'amélioration :

- Faites l'inventaire de vos circuits comportant des pompes ! Vous serez sûrement surpris de leur nombre.
- Pour les plus grosses pompes, analysez si les débits et les pressions ne sont pas exagérément supérieurs à vos besoins.

2. Les ventilateurs

Que ce soit pour aspirer des fumées ou souffler de l'air chaud pour le chauffage, les ventilateurs sont présents partout.

Ils représentent souvent une **double source de consommation énergétique** :

- D'une part, la consommation d'électricité, imputable aux moteurs des ventilateurs, est directement liée aux débits et aux niveaux de pertes de charge dans l'installation.
- D'autre part, la consommation d'énergie thermique et électrique est liée à l'évacuation par le ventilateur de l'air chauffé du local.

Un ventilateur sert à mettre en mouvement de l'air ou un gaz avec un certain débit et une pression donnée. Il y a beaucoup de similitudes entre pompes et ventilateurs.

Les deux types de ventilateurs



Axiaux (ou hélicoïdes)

- Peu de pression disponible ;
- Débits faibles à élevés ;
- Bon fonctionnement sous faible charge ;
- Rendement moyen.



Centrifuges (ou radiaux)

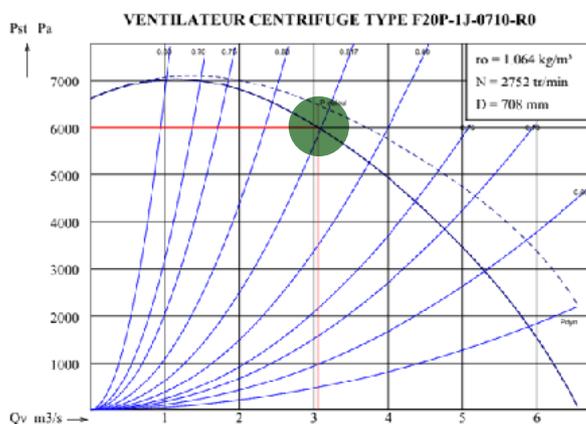
- Pression dispo de faible à très élevé ;
- Débits faibles à très élevés ;
- Débit stable si le débit varie peu ;
- Bon rendement.

En plus du chauffage et de la climatisation, les procédés ont aussi leurs ventilateurs, par exemple pour le refroidissement de matière, les systèmes d'aspirations centralisées, les aspirations de fumées ou de brouillards d'huiles/COV, etc.

Un ventilateur est souvent utilisé dans un réseau. Comme une pompe, il doit fournir un débit et une pression et combattre les pertes de charge intrinsèques au réseau (conduites, coudes, etc).

Le point de fonctionnement d'un ventilateur

Les ventilateurs sont caractérisés grâce à des courbes bien définies et en particulier les courbes : pression / débit et rendement / débit; et tout cela à différentes vitesses de rotation.



Ici, nous avons la **courbe pression / débit à une seule vitesse de rotation**, sur laquelle on ajoute la courbe de perte de charge. Les courbes bleues montrent les différents points de fonctionnement possibles avec un débit mini à 1 m³/s à un débit maxi à presque 6 m³/s.

Le point de fonctionnement réel du ventilateur (point vert) est situé sur la courbe bleu foncé, et correspond à une mesure de débit/pression sur le ventilateur dans son environnement.

Calcul de la puissance aéraulique



Formules (profil management)

$$P_{\text{aérau}} \text{ (W)} = Q \text{ (m}^3\text{/s)} \times H_m \text{ (Pa)}$$

Avec :

- H_m (PA) = hauteur manométrique.



Formules (profil technique)

$$P \text{ (W)} = Q \text{ (m}^3\text{/h)} \times H \text{ (Pa)} \times d / 367.2 / \eta_p / \eta_m / \eta_t$$

Avec :

- P la puissance du moteur électrique du ventilateur en W ;
- Q le débit en m³/s ;
- H la pression différentielle (hauteur manométrique) en Pa ;
- η_p , η_m , η_t les rendements du ventilateur, du moteur et de la transmission (si accouplement indirect, de type poulies/courroies).

Les différentes sources d'économie en aéraulique

Il existe 5 axes d'amélioration possibles :

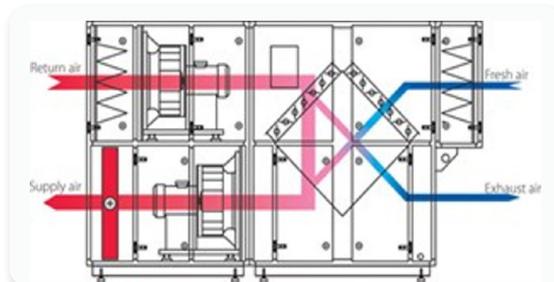
Le 1^{er} est le dispositif de captage : pas besoin d'aspirer l'air de tout l'atelier pour évacuer des fumées d'un simple poste à souder !

Le 2^{ème} est le recyclage de l'air après épuration : parfois difficile mais à gros enjeux énergétiques.

Le 3^{ème} est la récupération d'énergie sur l'air extrait pour préchauffer l'air entrant.



Filtre équipé avec un recyclage de l'air



Récupération d'énergie sur air extrait

Le 4^{ème} est le pilotage du débit en fonction du besoin :

- Des ventelles peuvent être insérées par exemple, ou il est possible de faire varier l'angle des pales.
- Le pilotage le plus économe reste la variation de vitesse. La rotation du ventilateur est ajustée en agissant sur celle de son moteur. Il est possible de piloter l'équipement sur la pression, le débit ou la température de l'air.
- **Réduire la vitesse de rotation du ventilateur de 20% diminue la puissance électrique consommée de 50% !**

La 5^{ème} optimisation possible est l'installation de fan-wall dans les centrales de traitement d'air, qui consiste à remplacer la turbine centrifuge par un mur de ventilateurs hélicoïdes.

