

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université Larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi

Gestion des Ouvrages des réseaux d'eau potable

Chapitre 07

Les pompes et les stations de pompages

Histoire de la technologie des pompes

Depuis les temps les plus anciens, les humains ont cherché des moyens d'élever l'eau.

- **Premières pompes:**

- **Bol:** Le moyen le plus simple, utilisé à la main ou avec une chaîne de seaux.
- **Roue à godets:** Une roue avec des godets en argile qui versent l'eau en haut.

- **Pompe à vis d'Archimède (250 av. J.-C.):**

- Une vis sans fin dans un tuyau pour soulever l'eau.
- Débit et hauteur de refoulement liés à l'inclinaison de la vis.
- Fonctionnement similaire aux pompes centrifuges modernes.
- Produisait 2 à 6 mètres de hauteur de refoulement pour 10 m³/h.

Ces pompes ont été des étapes essentielles dans le développement de la technologie de pompage et ont permis l'irrigation et l'approvisionnement en eau.

Histoire de la technologie des pompes

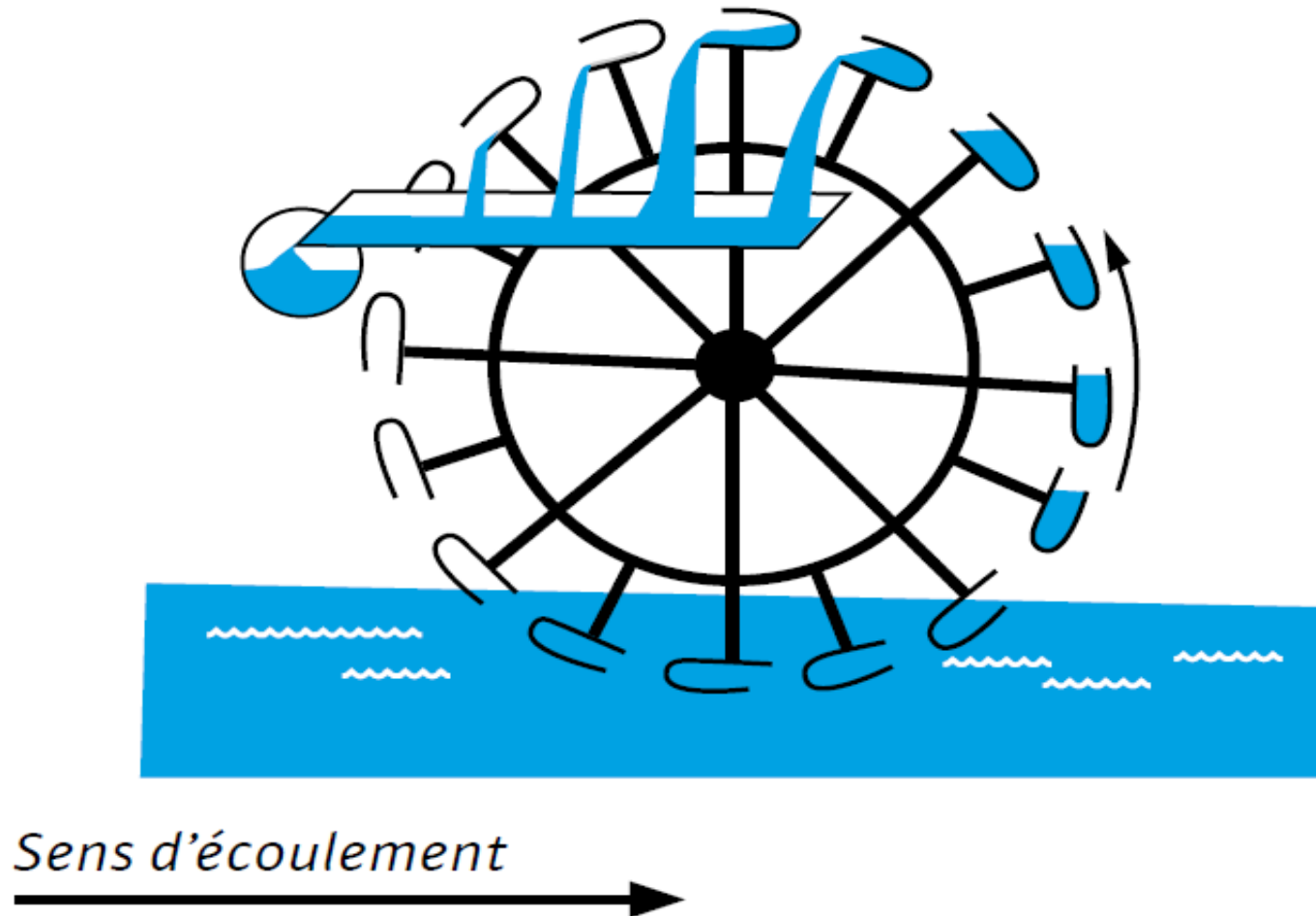


Illustration d'une roue à godets chinoise

Histoire de la technologie des pompes

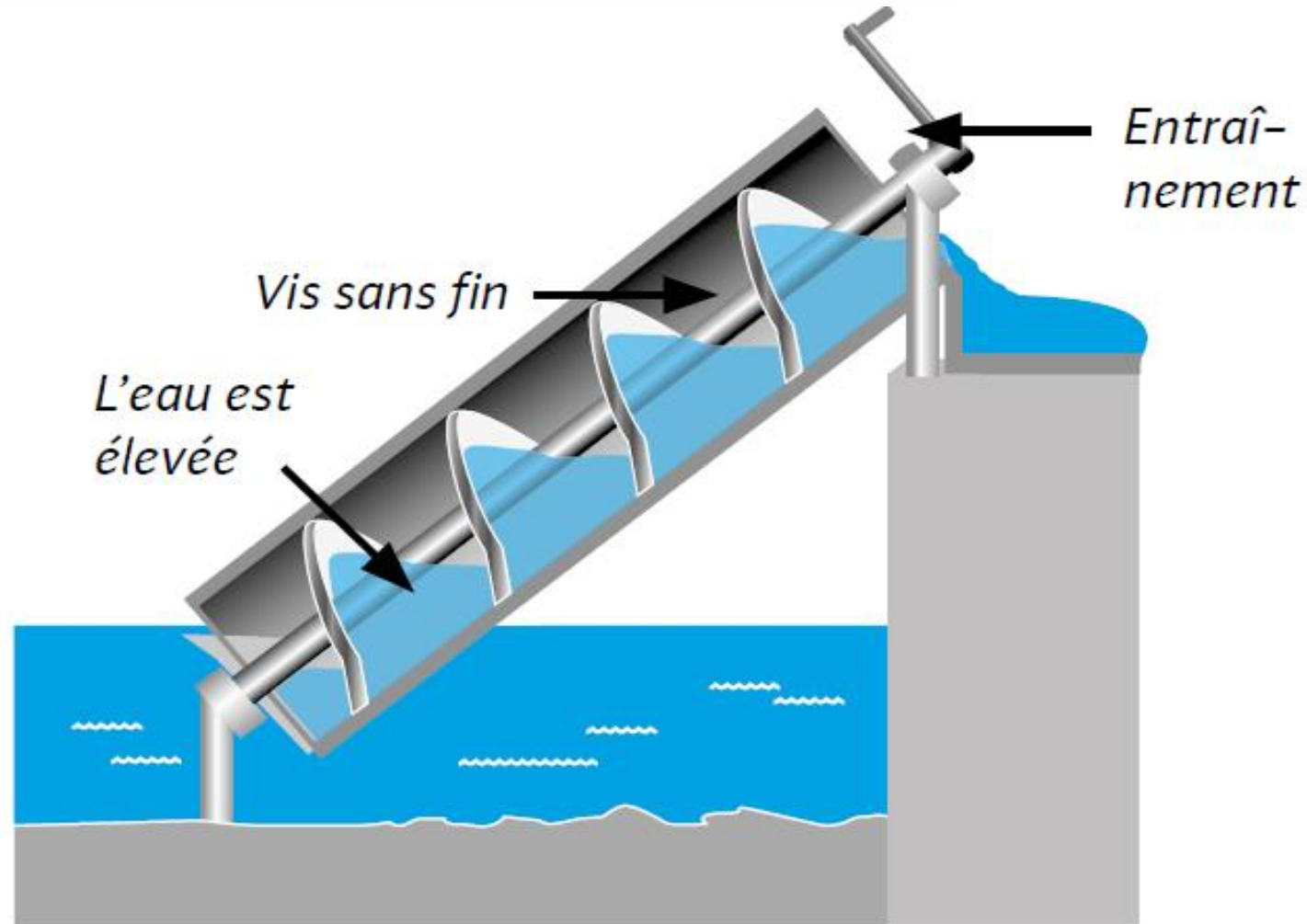


Illustration de la vis d'Archimède

Histoire de la technologie des pompes

Une amélioration ingénieuse de ce concept a été élaborée en 1724 par Jakob Leupold (1674-1727), qui inséra des tuyaux courbés dans une roue. La rotation de la roue forçait l'eau à être soulevée au niveau de l'axe central de la roue. Le flux d'eau dans une rivière sert également d'entraînement pour cette installation de levage.

Histoire de la technologie des pompes

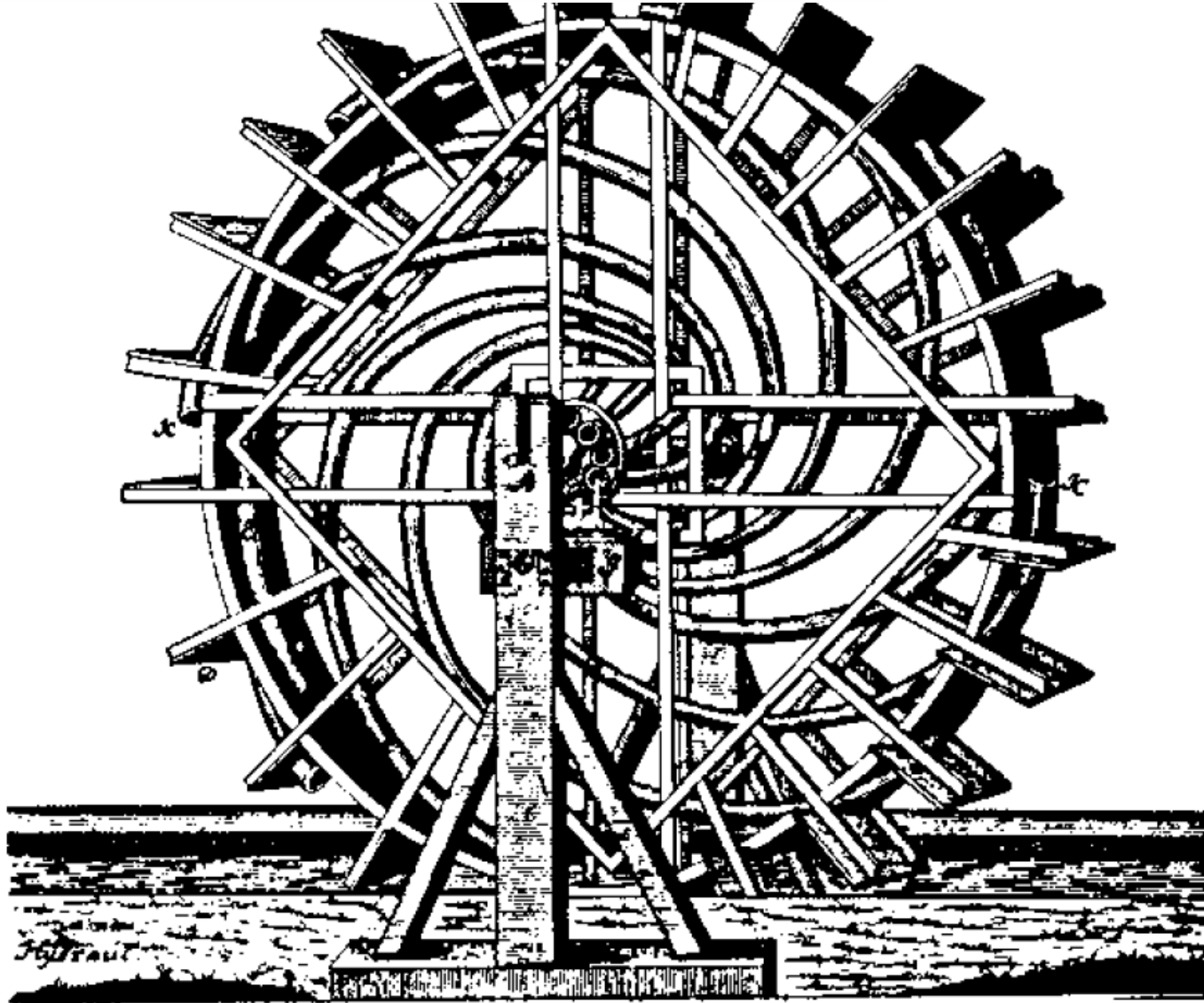


Illustration de la roue à eau de Jakob Leupold

1. Définition des Pompes

Une pompe est un dispositif mécanique qui permet de transférer un liquide d'un point à un autre en augmentant son énergie potentielle. Elle utilise l'énergie mécanique d'un moteur pour créer une différence de pression, permettant ainsi au liquide de s'écouler vers un point de pression plus élevée.

Une pompe est une appareille qui refoule l'eau ou un autre liquide d'un point bas à un point haut.

Classification des pompes

Les pompes peuvent être classées en deux grandes catégories selon leur principe de fonctionnement :

1. Pompes volumétriques

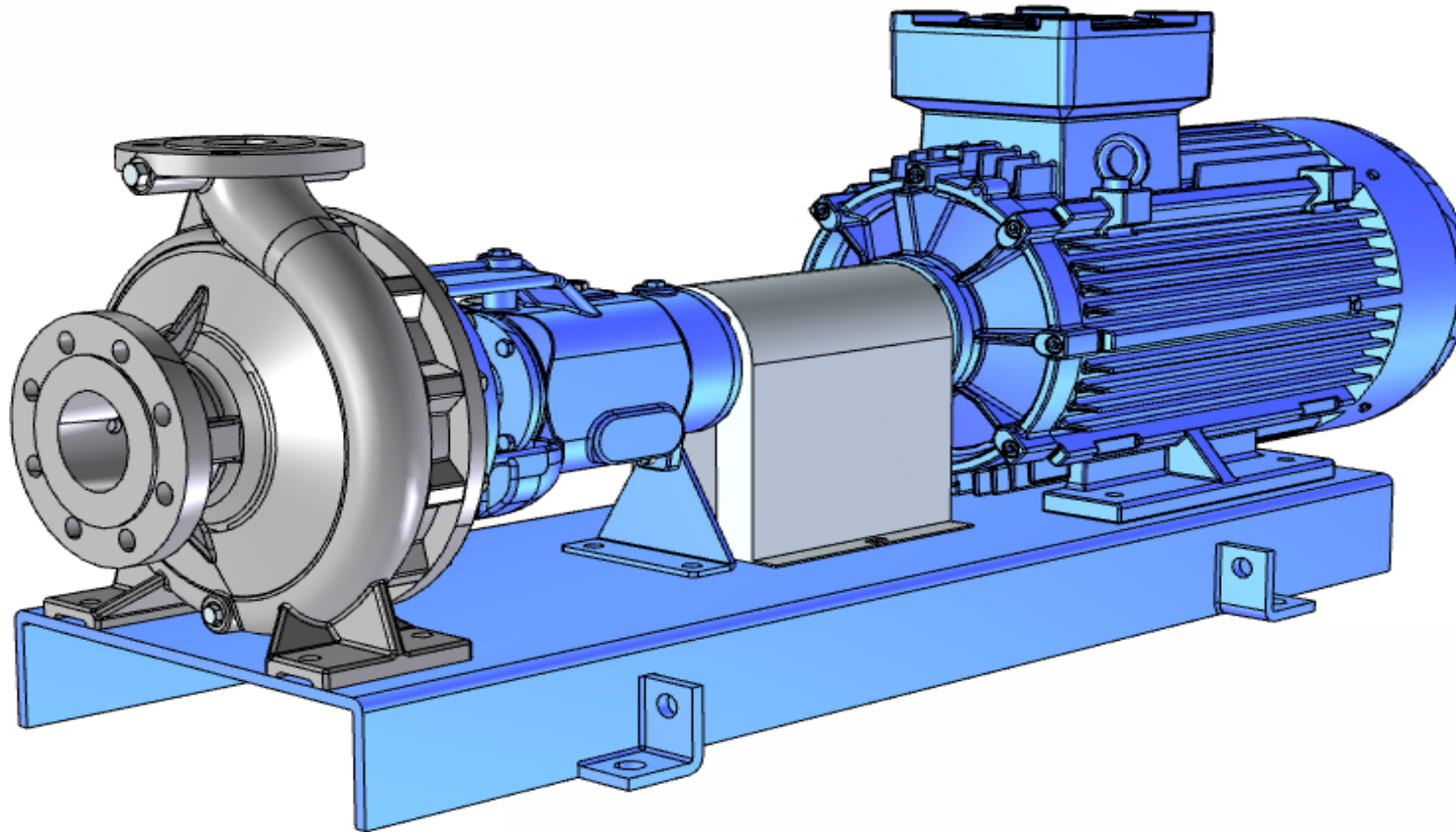
- **Fonctionnement:** Les pompes volumétriques aspirent une quantité constante de liquide dans une chambre puis la refoulent vers la sortie. Ce cycle se répète à intervalle régulier, d'où le terme "volumétrique".
- **Avantages:** Les pompes volumétriques peuvent refouler des liquides visqueux ou contenant des solides. Elles offrent également une capacité de refoulement élevée, ce qui les rend adaptées à des applications exigeantes.

Classification des pompes

2. Turbines (Turbopompes)

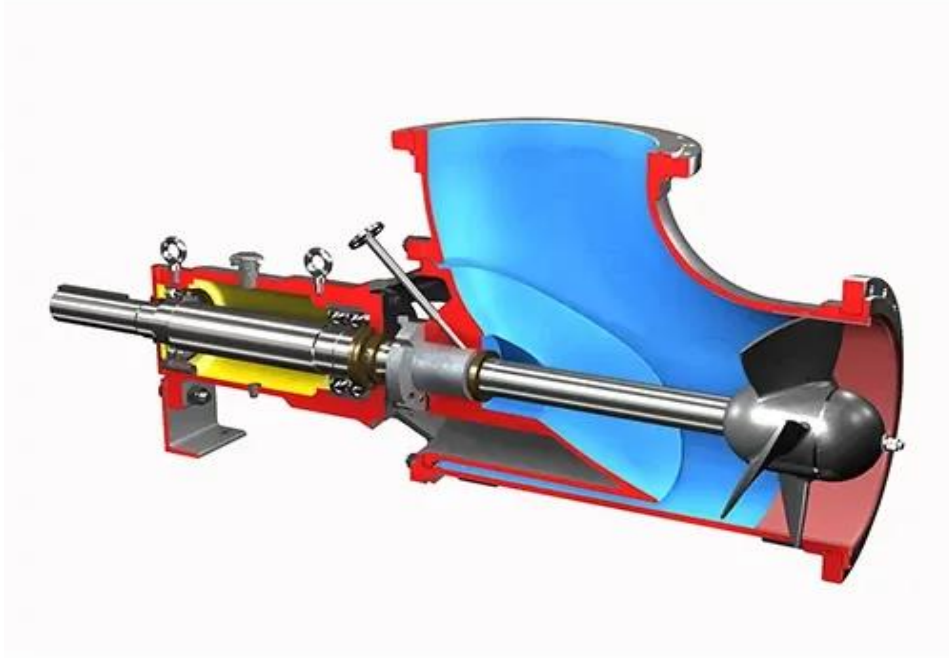
- **Fonctionnement:** Les turbines augmentent la vitesse du liquide à l'aide d'une roue à aubes ou d'ailettes en rotation. Cette énergie cinétique est ensuite transformée en pression par un diffuseur, permettant de transporter le liquide vers un point de pression plus élevée.
- **Avantages:** Les turbines sont généralement compactes, légères et offrent un débit continu. Elles sont également relativement silencieuses et peu gourmandes en énergie.
- **Inconvénients:** Les turbines ne sont pas adaptées aux liquides visqueux ou contenant des solides. Elles ont également une capacité de refoulement limitée en comparaison aux pompes volumétriques.
- **Exemples:** Pompes centrifuges, pompes axiales, pompes à hélice.

Classification des pompes



Pompes centrifuges horizontales

Classification des pompes



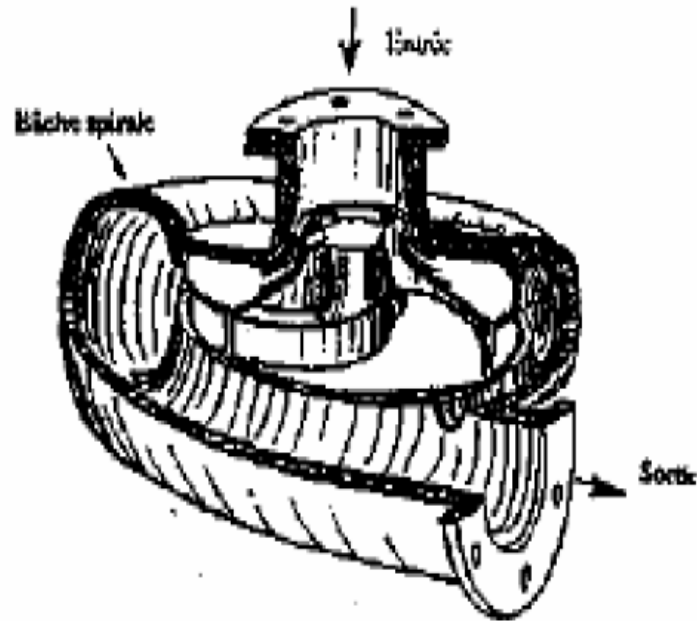
pompes axiales

Classification des pompes

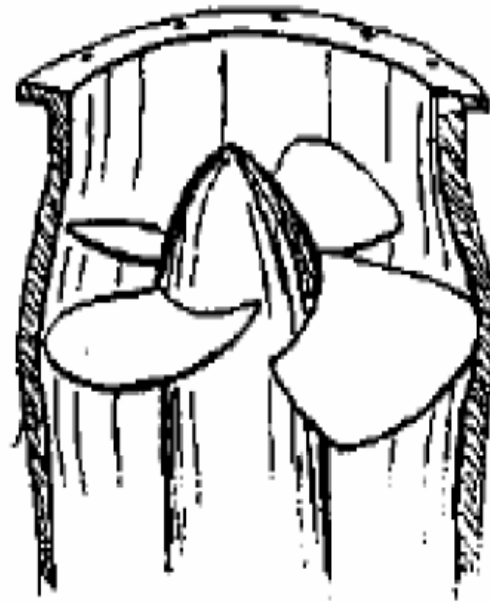


pompes à hélice

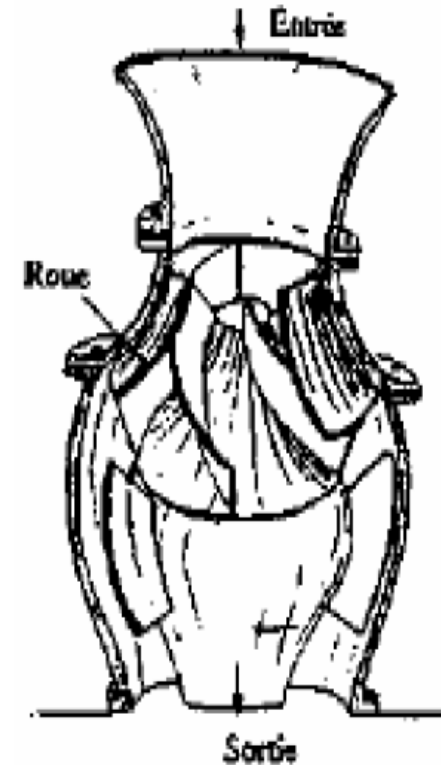
Classification des pompes



Pompe radiale



Pompe axiale



Pompe semi-radiale

Différentes types de turbopompes

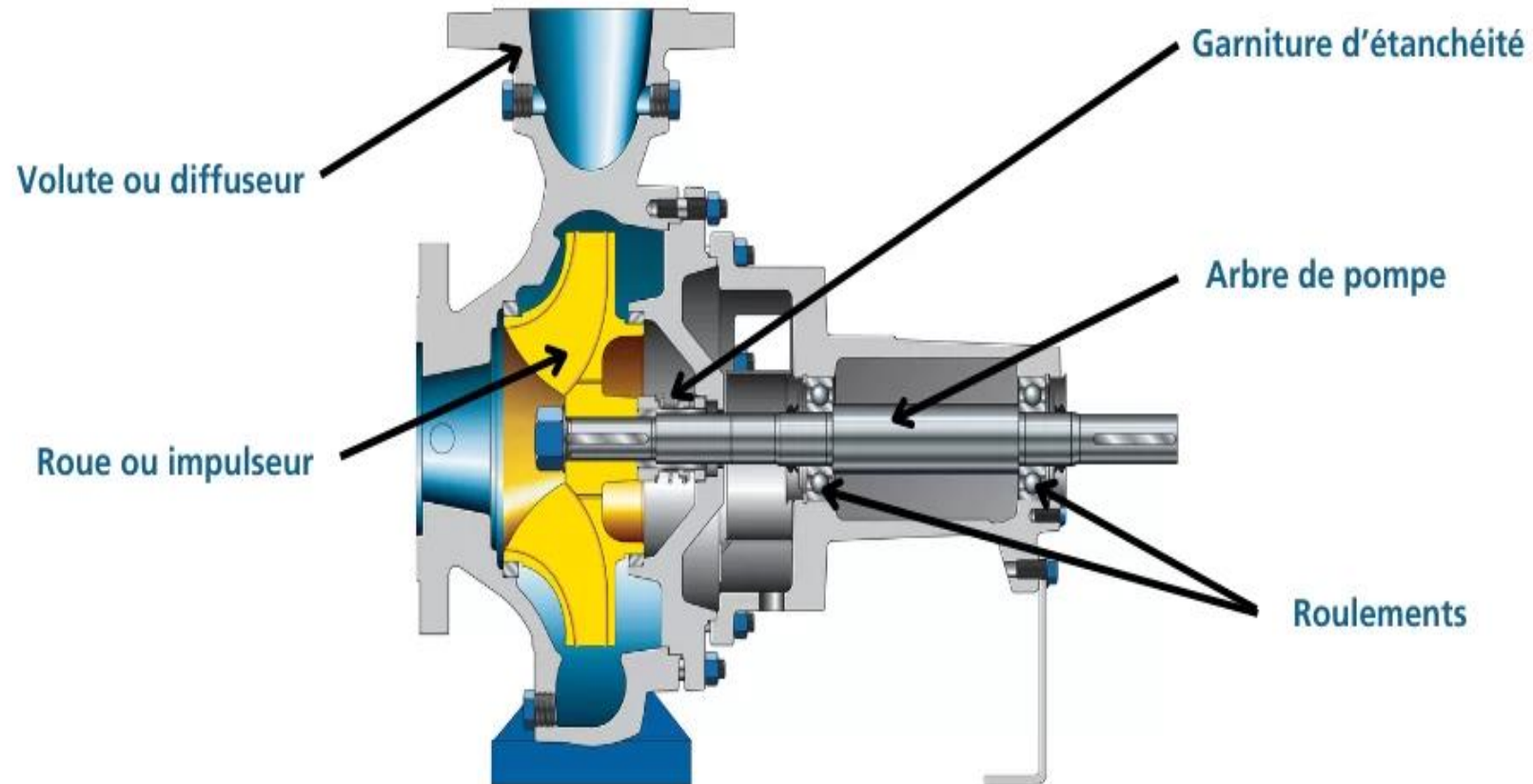
Les pompes centrifuge

Constitution et principe de fonctionnement d'une pompe centrifuge

Les pompes centrifuges sont les types de pompes les plus couramment utilisées. Elles fonctionnent en utilisant la force centrifuge générée par la rotation d'une roue à aubes pour propulser le liquide vers la sortie.

Les pompes centrifuge

Pompe de surface

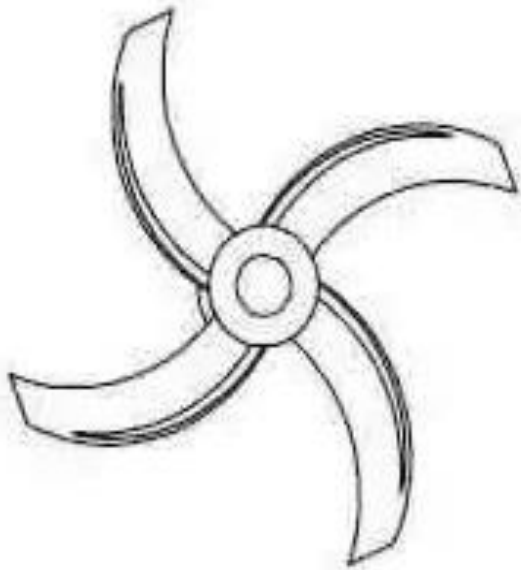


Les pompes centrifuge

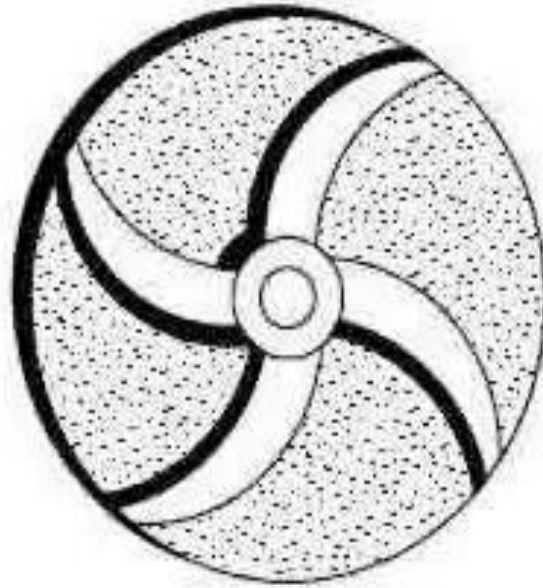
Principe de fonctionnement

Le fonctionnement d'une pompe centrifuge repose sur le principe de la force centrifuge. Lorsque la roue tourne, elle imprime au liquide une vitesse et une direction. La force centrifuge ainsi créée pousse le liquide vers la périphérie de la roue. En s'écoulant vers la sortie de la pompe, le liquide passe par le diffuseur qui le ralentit et augmente sa pression. Le liquide sous pression est ensuite refoulé vers le point de destination

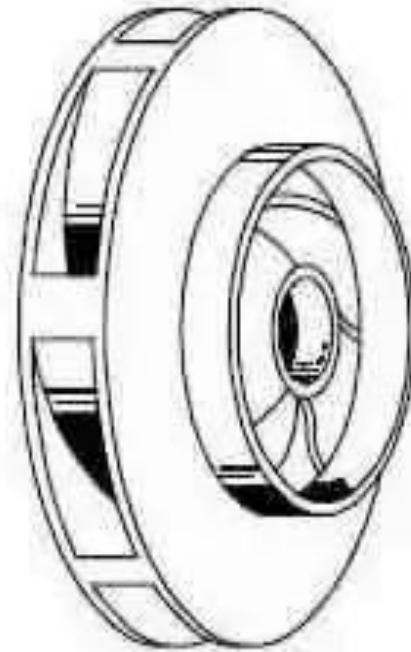
Les pompes centrifuge



open impeller



semi-open impeller



closed impeller

Différents types de roue

Caractéristiques des pompes centrifuges

Paramètres hydrauliques

Du point de vue hydraulique, quatre paramètres principaux caractérisent une pompe centrifuge :

1. Débit volumique (Q)

Le débit Q représente le volume de liquide refoulé par la pompe par unité de temps. Il s'exprime généralement en mètres cubes par seconde (m^3/s) ou, plus communément, en mètres cubes par heure (m^3/h). Le débit d'une pompe centrifuge dépend de plusieurs facteurs, tels que la vitesse de rotation de la roue, la taille de la volute et les caractéristiques du liquide pompé.

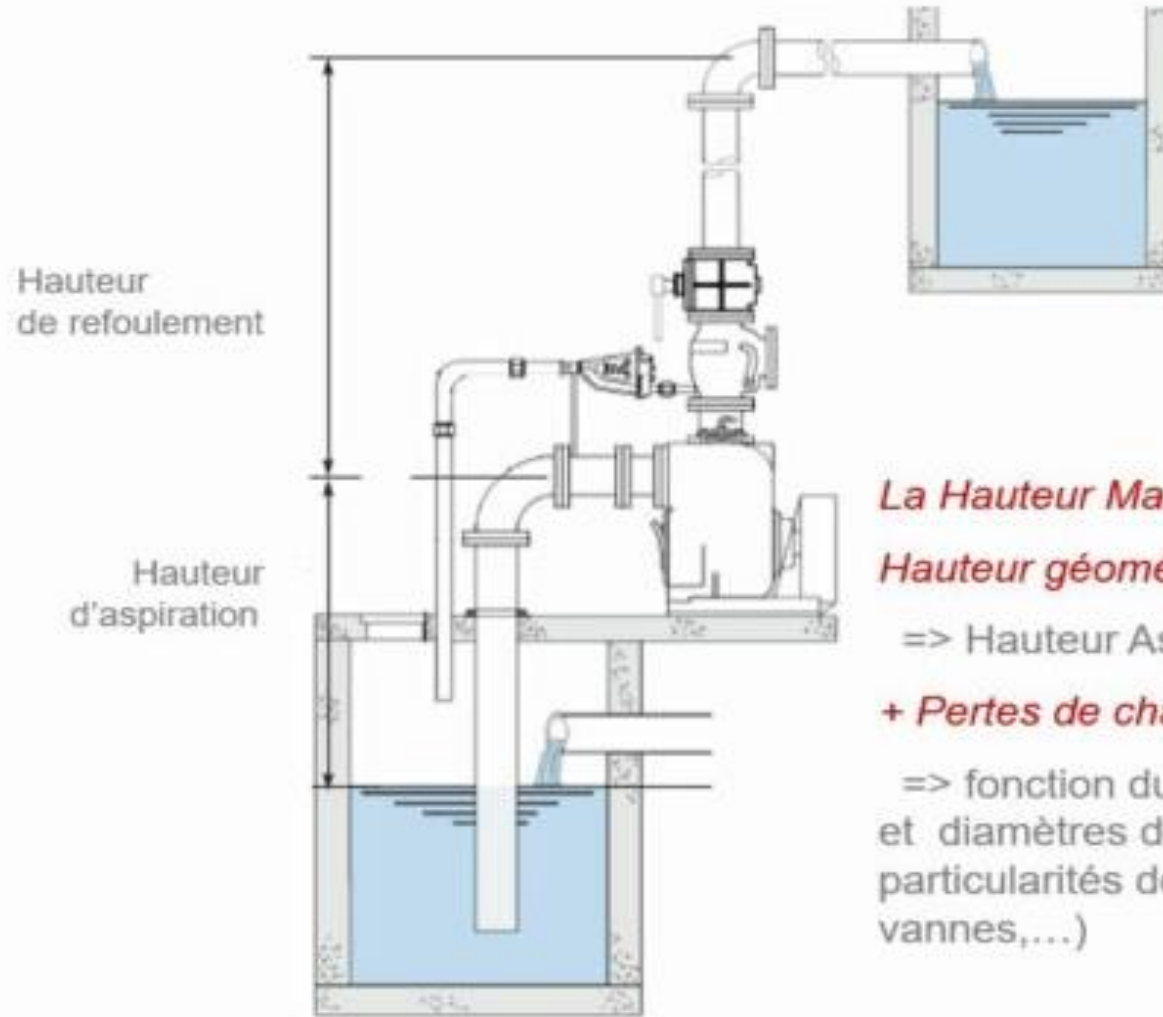
Caractéristiques des pompes centrifuges

2. Hauteur manométrique totale (HMT)

La HMT représente l'énergie totale que la pompe fournit au liquide. Elle correspond à la différence de pression entre l'aspiration et le refoulement de la pompe, exprimée en mètres de liquide (mCE).

Le calcul de la HMT s'effectue en appliquant le théorème de Bernoulli, qui stipule que la conservation de l'énergie mécanique d'un fluide incompressible s'applique le long d'un filet de courant.

Caractéristiques des pompes centrifuges



*La Hauteur Manométrique Totale (HMT) =
Hauteur géométrique*

=> Hauteur Aspiration + Refoulement

+ Pertes de charges

*=> fonction du débit, des types, longueurs
et diamètres de tuyauteries ainsi que des
particularités de celles-ci (coudes,
vannes,...)*

Caractéristiques des pompes centrifuges

3. Rendement (η)

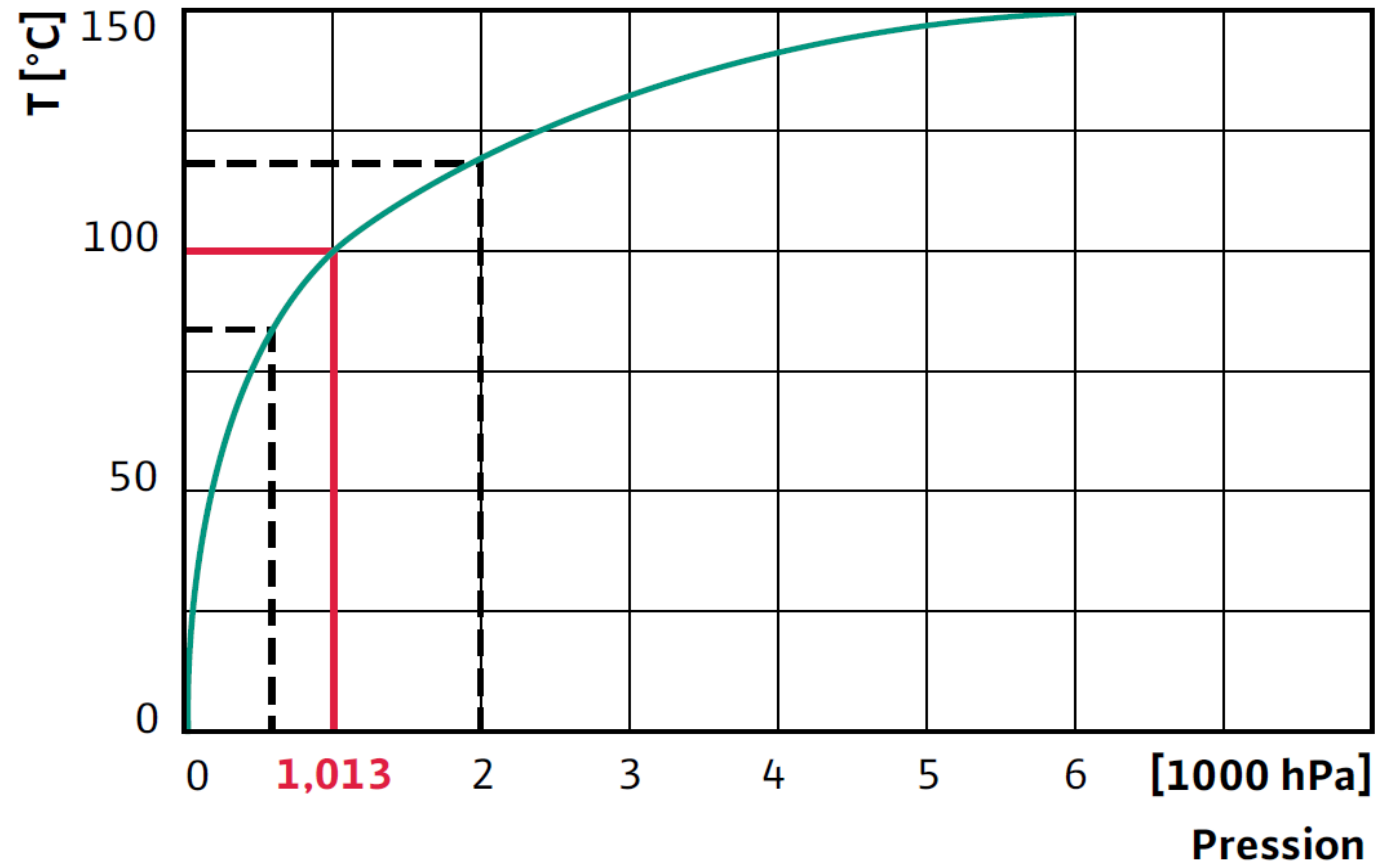
Le rendement η représente le rapport entre l'énergie mécanique utile fournie par la pompe et l'énergie mécanique absorbée par le moteur. Il s'exprime généralement en pourcentage. Un rendement élevé indique que la pompe convertit efficacement l'énergie du moteur en énergie utile pour le pompage du liquide.

Caractéristiques des pompes centrifuges

4. NPSH (Net Positive Suction Head) (Pression d'aspiration nette positive)

Il est important de considérer le NPSH (Net Positive Suction Head) lors de la sélection d'une pompe centrifuge. Le NPSH disponible (NPSHd) correspond à la pression minimale admissible à l'entrée de la pompe pour éviter la cavitation. Le NPSH requis (NPSHr) correspond à la dépression maximale que la pompe peut créer à son entrée sans cavitation. Le NPSHd doit toujours être supérieur au NPSHr pour assurer un fonctionnement optimal de la pompe.

Caractéristiques des pompes centrifuges



Point d'ébullition de l'eau en fonction de la pression

Couplage des pompes : Augmenter la pression ou le débit

Le couplage des pompes consiste à combiner plusieurs pompes afin d'augmenter soit la pression, soit le débit de l'eau pompée. Cette technique est couramment utilisée dans divers domaines, tels que l'approvisionnement en eau, l'irrigation, le traitement des eaux usées et les systèmes industriels.

Deux modes de couplage principaux existent :

- 1. Couplage en série**
- 2. Couplage en parallèle**

Couplage des pompes : Augmenter la pression ou le débit

1. Couplage en série

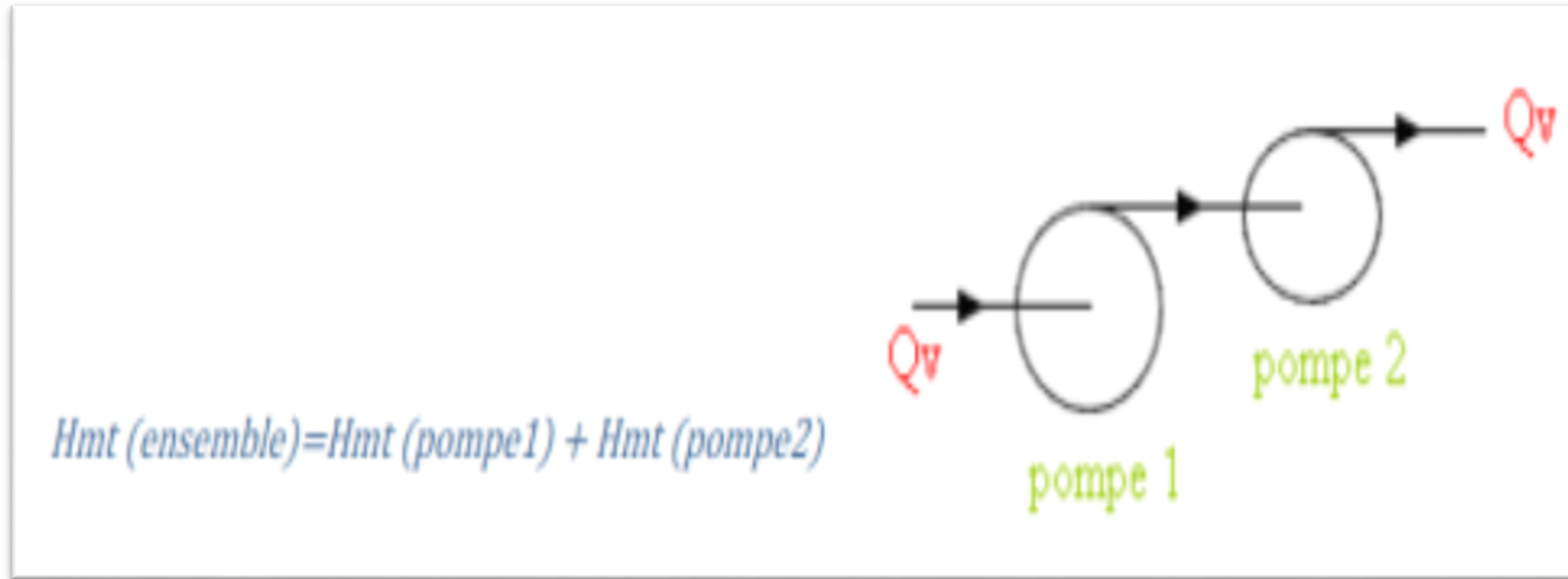
Dans le couplage en série, les pompes sont connectées l'une à la suite de l'autre, de sorte que la sortie de la première pompe alimente l'entrée de la suivante. Ce mode de couplage permet d'**augmenter la hauteur manométrique totale (HMT)**, c'est-à-dire la pression maximale que les pompes peuvent générer ensemble.

Principe de fonctionnement:

- La première pompe aspire le liquide et le refoule vers la deuxième pompe.
- La deuxième pompe aspire le liquide refoulé par la première pompe et le refoule vers la sortie finale.
- La HMT totale est la somme des HMT de chaque pompe individuelle.

Couplage des pompes : Augmenter la pression ou le débit

1. Couplage en série



Couplage des pompes : Augmenter la pression ou le débit

2. Couplage en parallèle

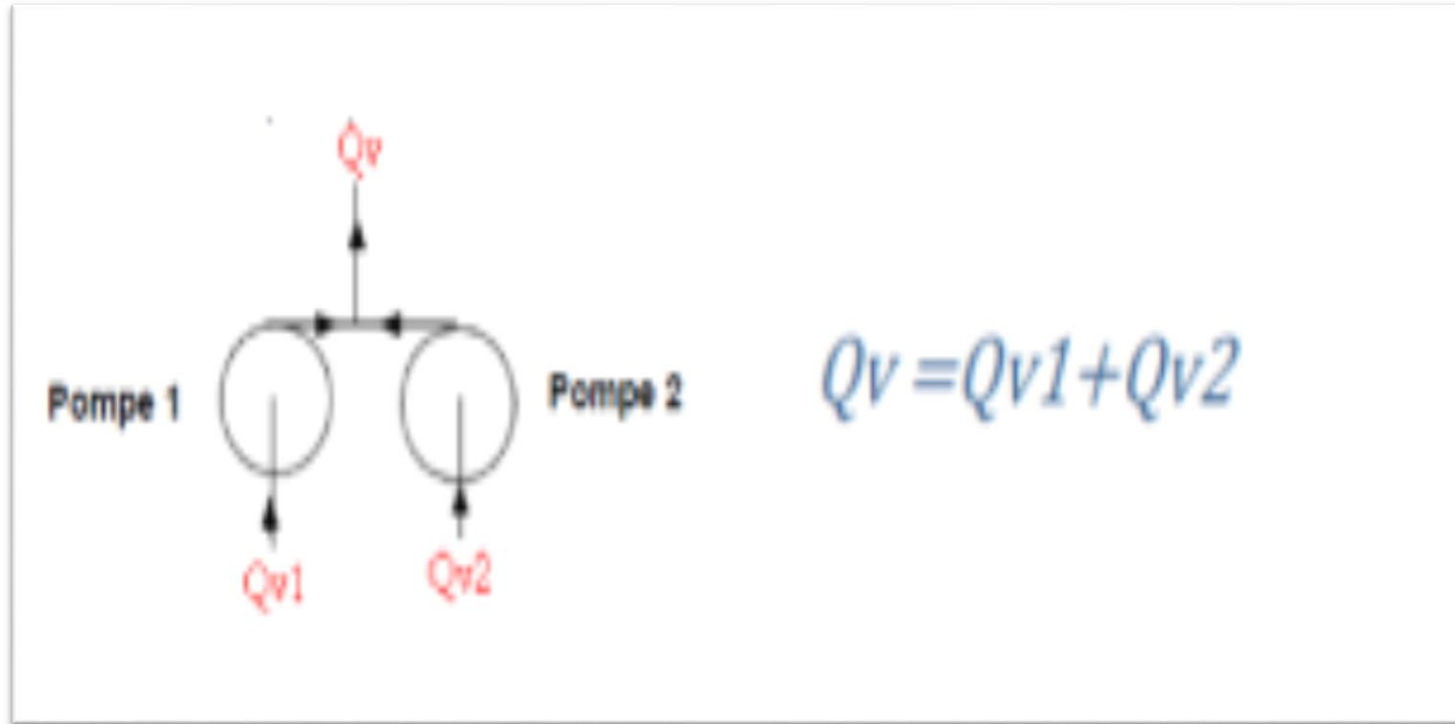
Dans le couplage en parallèle, les entrées des pompes sont connectées à la même source d'eau et leurs sorties sont reliées à un même tuyau de refoulement. Ce mode de couplage permet d'**augmenter le débit total** d'eau pompée.

Principe de fonctionnement:

- . Les deux pompes aspirent simultanément l'eau de la source.
- . Le débit de chaque pompe s'ajoute pour produire un débit total plus important.
- . La HMT totale reste approximativement la même que celle d'une seule pompe.

Couplage des pompes : Augmenter la pression ou le débit

2. Couplage en parallèle



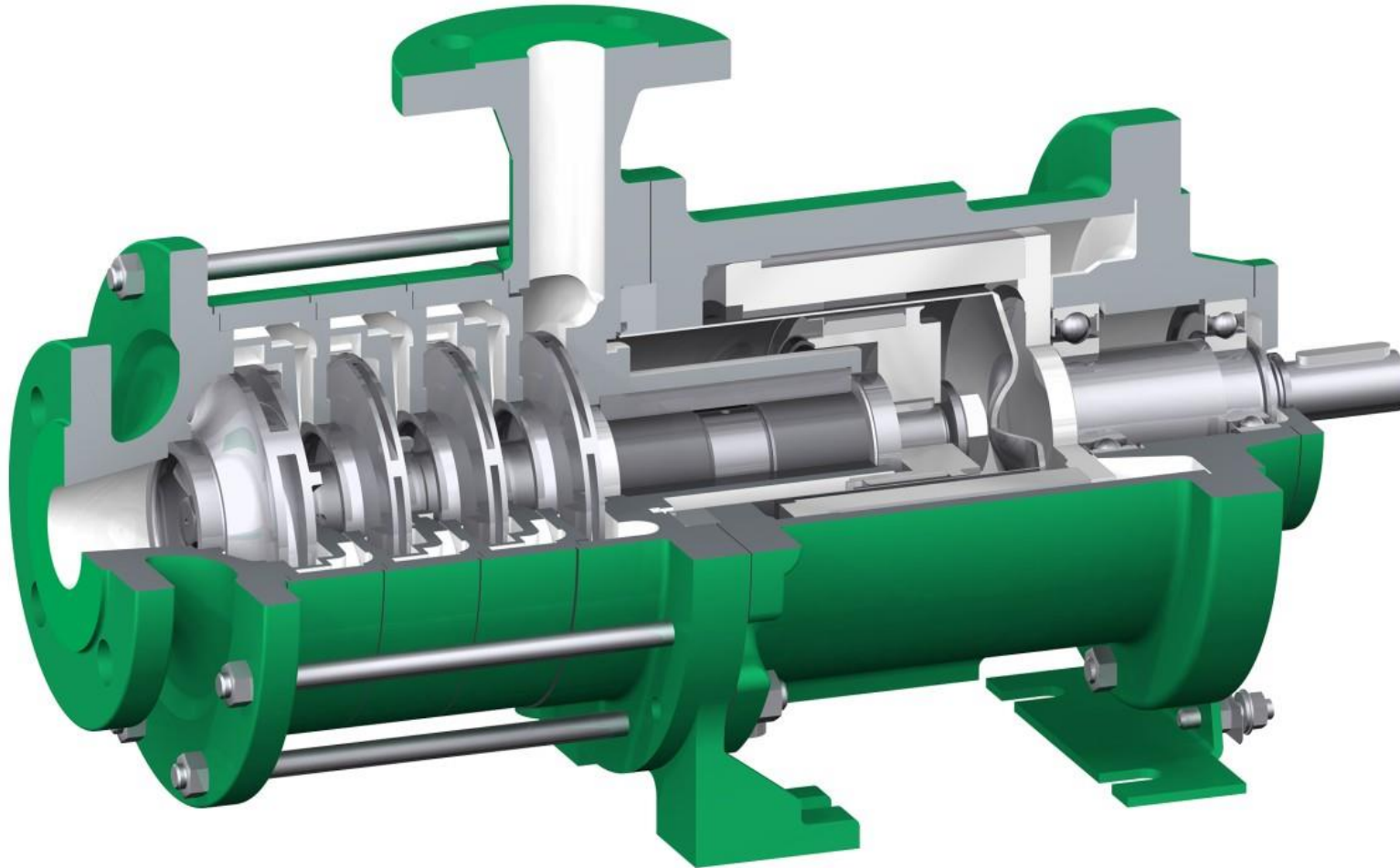
Couplage des pompes : Augmenter la pression ou le débit

Pompes multicellulaires

Les pompes multicellulaires sont des pompes centrifuges composées de plusieurs roues ou étages montés en série dans un même corps de pompe. Elles permettent d'obtenir des HMT plus élevées que les pompes monocellulaires.

Couplage des pompes : Augmenter la pression ou le débit

Pompes multicellulaires



Différence entre les pompes centrifuges à axe horizontal et vertical

1. Pompes centrifuges à axe horizontal

Caractéristiques:

- **Disposition:** La roue et l'arbre de la pompe sont disposés horizontalement.
- **Aspiration:** L'aspiration se fait généralement par l'extrémité inférieure de la pompe.
- **Refoulement:** Le refoulement se situe généralement sur le côté supérieur de la pompe.
- **Avantages:**
 - Conception simple et robuste
 - Facilité d'entretien
 - Large gamme de débits et de HMT
 - Peu encombrante
- **Inconvénients:**
 - Nécessite un socle de fondation
 - Sensible aux fuites d'axe
 - Moins adaptée aux liquides chargés en particules solides

Différence entre les pompes centrifuges à axe horizontal et vertical



Pompes centrifuges à axe horizontal

Différence entre les pompes centrifuges à axe horizontal et vertical

2. Pompes centrifuges à axe vertical

Caractéristiques:

- **Disposition:** La roue et l'arbre de la pompe sont disposés verticalement.
- **Aspiration:** L'aspiration se fait généralement par le bas de la pompe.
- **Refoulement:** Le refoulement se situe généralement sur le côté supérieur de la pompe.
- **Avantages:**
 - Gain de place
 - Installation simplifiée
 - Adaptée aux puits et forages profonds
 - Moins sensible aux fuites d'axe
- **Inconvénients:**
 - Conception plus complexe
 - Accès plus difficile pour l'entretien
 - Gamme de débits et de HMT plus limitée

Différence entre les pompes centrifuges à axe horizontal et vertical



Pompes centrifuges à axe vertical B Pompe Immergée

Différence entre les pompes centrifuges à axe horizontal et vertical

Choix entre une pompe horizontale et verticale

Le choix entre une pompe centrifuge à axe horizontal et une pompe à axe vertical dépend de plusieurs facteurs, tels que :

- **L'espace disponible:** Les pompes verticales sont plus compactes et peuvent être installées dans des espaces restreints.
- **La profondeur d'aspiration:** Les pompes verticales sont plus adaptées aux applications avec des profondeurs d'aspiration importantes.
- **Le type de liquide:** Les pompes horizontales sont plus adaptées aux liquides chargés en particules solides.
- **La facilité d'entretien:** Les pompes horizontales sont généralement plus faciles d'entretien que les pompes verticales.

La courbe Débit-Hauteur $H=f(Q)$ des Pompes Centrifuges

La courbe Débit-Hauteur, également connue sous le nom de caractéristique de pompe, est un outil essentiel pour comprendre que la HMT diminue lorsque le débit augmente pour choisir une pompe centrifuge. Elle représente la relation entre le débit volumique (Q) pompé par la pompe et la hauteur manométrique totale (HMT) qu'elle peut générer. Cette courbe est généralement représentée par une parabole décroissante, indiquant que la HMT diminue lorsque le débit augmente.

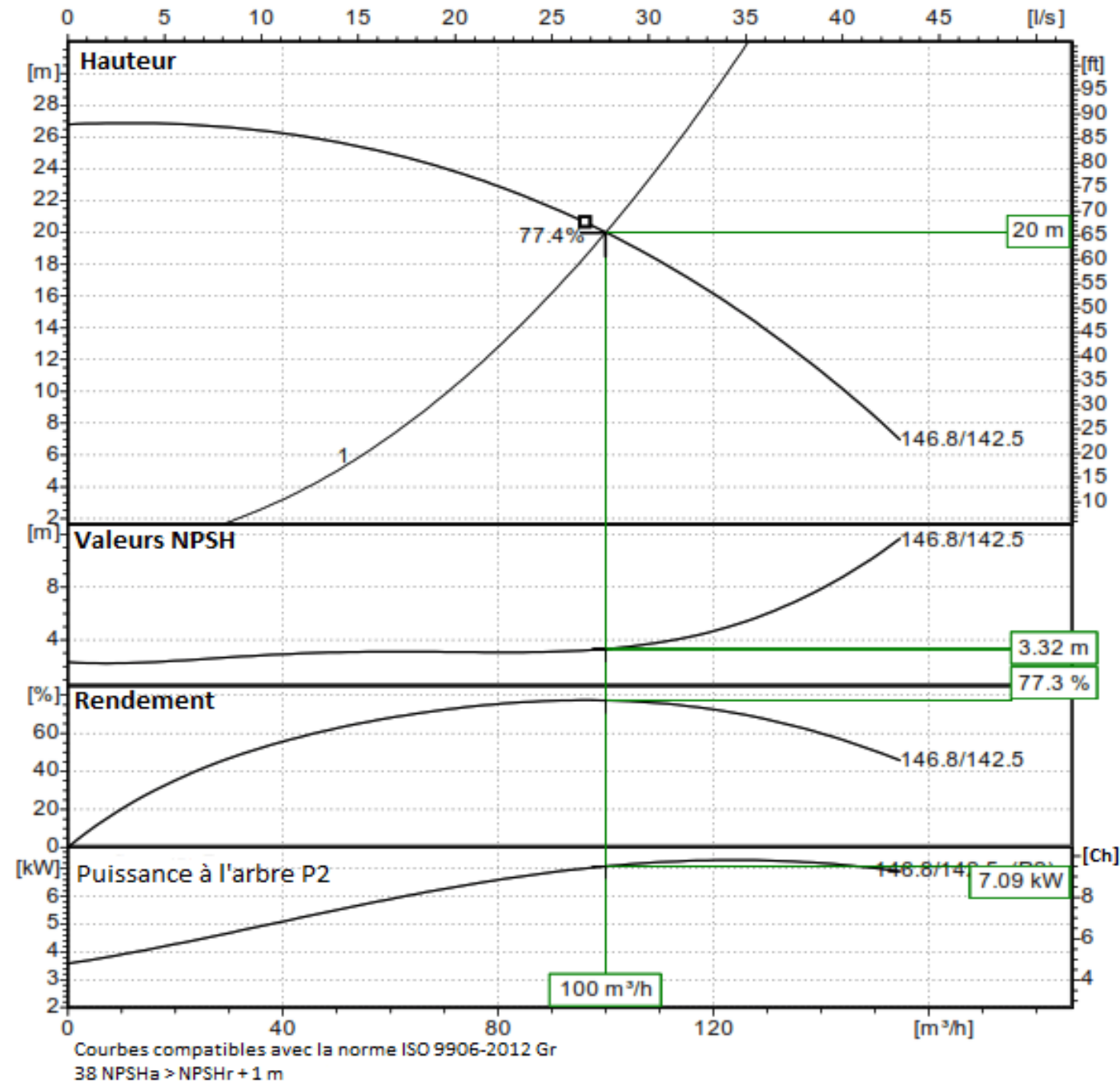
La courbe Débit-Hauteur $H=f(Q)$ des Pompes Centrifuges

Applications de la courbe Débit-Hauteur

- **Sélection de la pompe:** La courbe Débit-Hauteur permet de choisir la pompe la plus adaptée à une application spécifique. Il est nécessaire de sélectionner une pompe dont la courbe couvre le débit et la HMT requis pour l'application.
- **Analyse du système:** La courbe Débit-Hauteur peut être utilisée pour analyser le comportement d'un système de pompage complet, en tenant compte des pertes de charge dans les tuyaux et les accessoires.
- **Prédiction des performances:** La courbe Débit-Hauteur permet de prédire les performances de la pompe à différents points de fonctionnement, tels que le débit et la HMT.

La courbe D

Centrifuges



MERCI
POUR
VOTRE
ATTENTION

M
E
R
C
I

P
O
U
R
V
O
T
R
E
A
T
T
E
N
T
I
O
N

