

MANUEL DE DISTRIBUTION D'EAU

À propos de ce manuel	5
-----------------------------	---

CAPTAGE D'EAU DE SURFACE

1) Stations de captage	7
a) Rivières et lacs	7
b) Stations de relevage en canal	8
c) Stations de pompage d'eau de mer	10
2) Configuration de la station de pompage	11
a) Installations dans un puits d'eau	12
b) Installations en fosse sèche	13

DISTRIBUTION DE L'EAU

3) Présélection de la pompe	15
a) Estimation du débit	15
i) Fuites dans les canalisations	16
ii) Une grande plage de fonctionnement	17
b) Estimation de la hauteur manométrique de la pompe	18
i) Structure d'un réseau de distribution	20
ii) Gestion de la pression	22
iii) Résumé	24
c) Nombre et taille des pompes	24
i) Rendement de la pompe	24
ii) Vitesse spécifique et type de roue	26
iii) Sélectionner pour obtenir un rendement maximal	27
iv) Détermination de la pompe, n_q : un exemple concret	28
d) Résumé de la présélection de la pompe	28
4) Liquide pompé et corrosion	30
a) Corrosion	30
i) La corrosion galvanique	30
ii) Corrosion par piqûres	32
iii) Corrosion par fissures	32
iv) Cavitation et corrosion	32
b) Caractéristiques de l'eau	33
i) Teneur en carbonate de calcium (CaCO_3)	33
ii) Concentration en chlore	33
c) Protection contre la corrosion	34
i) Revêtement des pièces internes de la pompe	34
5) Station de pompage principale	36
a) Fonctions et éléments	37
b) Dépression et coups de bélier	38
i) Éléments de protection contre les ondes et les coups de bélier	39

c) Ballon anti-bélier et réservoir de régulation	40
d) Pression dans les canalisations	41
6) Châteaux d'eau ou réservoirs surélevés	42
a) Alimentation par gravité pour les réseaux sous pression	43
b) Fonctions des vannes de régulation.....	44
7) Stations de pompage locales	46
a) Groupes de surpression	47

STATIONS DE POMPAGE

8) Conception des stations de pompage	49
a) Projets et solutions	49
b) Sélection de la pompe	50
i) Pompes horizontales à plan de joint versus pompes à aspiration axiale.....	51
ii) $NPSH_{disponible}$ et $NPSH_{requis}$	52
iii) Conception en cas d'utilisation d'une turbine verticale	52
c) Optimiser les coûts des équipements électriques :	
moteurs à courant alternatif, rendement et variateur de fréquence	54
i) Moteurs à courant alternatif	54
ii) Indices de rendement énergétique	55
iii) Méthode de démarrage du moteur	55
iv) Entraînements à fréquence variable	55
v) Résumé	56
9) Conseils de conception	58
a) Réduire les forces exercées par les pompes	58
b) Les éléments essentiels pour les conduites d'aspiration et de refoulement	58
c) Longueur recommandée de la conduite d'aspiration.....	59
d) Poches d'air dans les canalisations.....	59
e) Vannes de désaération	59
f) Vannes d'isolement (robinets d'arrêt).....	59
g) Vannes d'isolement pour la régulation de pression et de débit	60
h) Clapets anti-retour	61
i) Désinfection au chlore	63
j) Surveillance de la pompe	64

PRODUITS ET SOLUTIONS

— Grundfos iSOLUTIONS.....	70
Stations de captage	76
Stations de pompage principales	82
Stations de pompage locales	86
Groupes de surpression pour stations de pompage locales	90

OPTIMISATION DE VOS INSTALLATIONS D'EAU



CAPTAGE
D'EAU BRUTE



TRAITEMENT DE
L'EAU POTABLE



DISTRIB
DE L'

À propos de ce manuel

Le présent manuel concerne les solutions Grundfos pour les applications associées au captage d'eau de surface ainsi qu'à la distribution d'eau. Il concentre plus de 70 ans d'expertise dans les systèmes d'adduction d'eau.

Vous êtes guidé au fil des plans des stations de captage d'eau sur des ressources allant des rivières et des lacs jusqu'à l'eau de mer. Nous expliquons comment la présélection des pompes et l'estimation du débit sont essentielles pour un système optimisé, et nous soulignons l'importance des solutions de gestion de la pression pour fournir une pression correcte à l'utilisateur final tout en réduisant le risque de rupture des canalisations.

Nous présentons tous les principaux équipements nécessaires pour l'optimisation du système d'adduction d'eau et nous vous offrons ensuite un panorama complet des solutions et des produits Grundfos.

Mettre l'accent sur l'ensemble du cycle de l'eau

Les besoins des exploitants pour toutes les étapes du cycle de l'eau se répartissent, globalement, en deux catégories : l'approvisionnement en eau et la collecte de l'eau. Grundfos choisit de suivre le cycle de l'eau à travers des «îlots d'application». Chacun de ces «îlots» est ensuite divisé en domaines d'application détaillés. Par exemple, l'îlot d'eau brute peut être divisé en eaux souterraines et en eaux de surface. L'eau brute peut être traitée ultérieurement pour la consommation humaine ou peut être utilisée directement pour l'irrigation. L'îlot de distribution d'eau peut être divisé en deux parties : le transport de l'eau et le réseau de distribution d'eau.

À propos de Grundfos Eau et Assainissement

Grundfos Eau et assainissement est un fournisseur complet de pompes et systèmes intelligents pour toutes les applications d'approvisionnement en eau et de traitement des eaux usées. Nous optimisons les solutions de pompage pour offrir à nos clients des ressources fiables et efficaces. Nos solutions sont réalisées à l'aide de technologies reconnues et notre expertise est un gage de qualité.





CAPTAGE DES EAUX DE SURFACE

1) Stations de captage

Les stations de captage sont utilisées pour l'extraction des eaux de surface et leur acheminement vers l'irrigation, les usines de traitement des eaux, les parcs aquatiques, les fontaines, les systèmes de refroidissement et pour de nombreux process industriels.

Les stations de captage peuvent être construites pour transporter de grands volumes d'eau, ce qui nécessite des pompes à haut débit équipées de moteurs particulièrement puissants. La station de captage peut être située au large, sur la côte ou à l'intérieur des terres, avec un canal d'approche ou des conduites d'aspiration.

a) Rivières et lacs

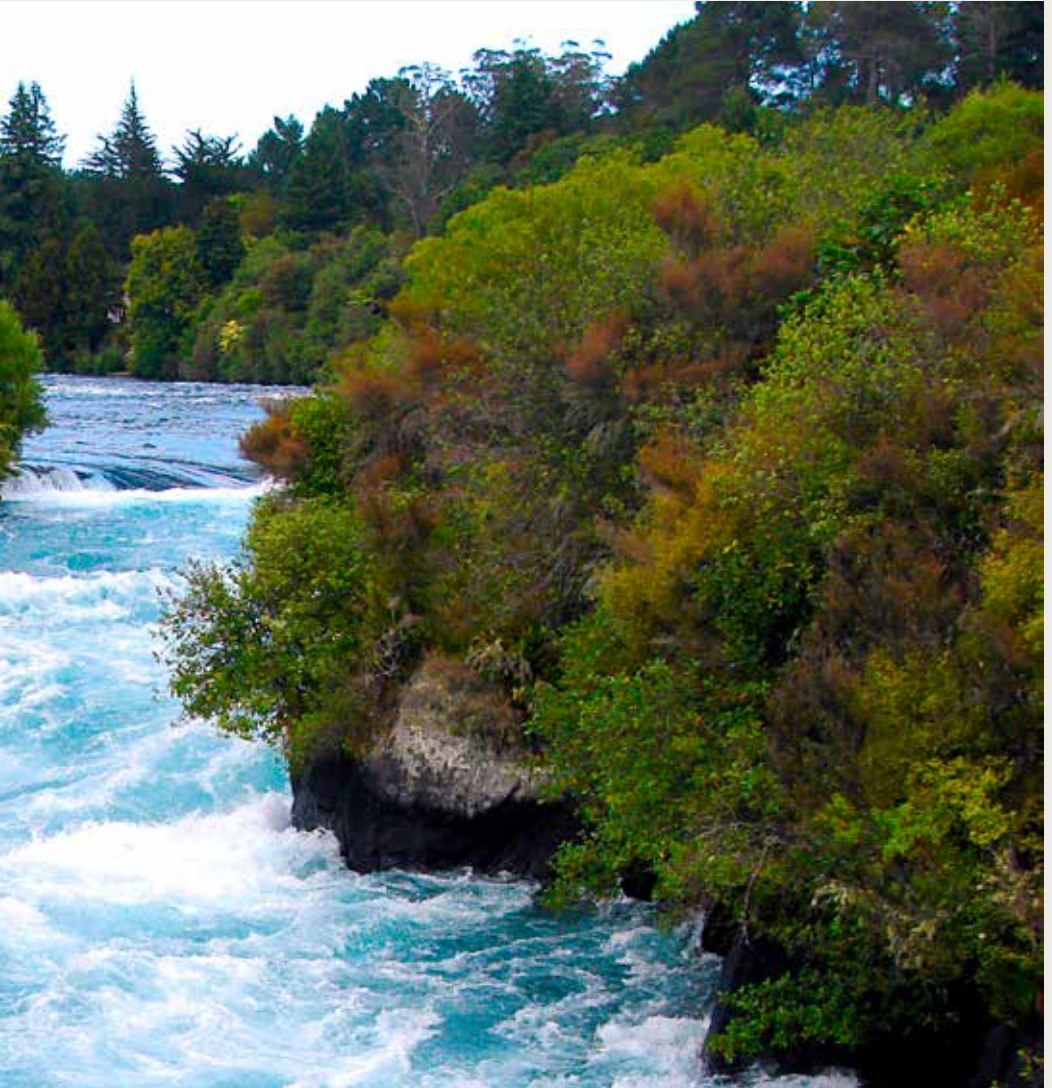
Les conceptions de captage dépendent des conditions du site. La profondeur de l'eau et la variation du niveau d'eau sont des facteurs importants à prendre en compte. Certains ouvrages complexes sont vulnérables aux inondations et nécessitent des travaux coûteux. Les installations terrestres en surface sont moins onéreuses, mais nécessitent une grande hauteur d'aspiration et sont donc exposées à des problèmes de cavitation et d'amorçage. Les captages peuvent également être souterrains, ce qui augmente le coût de construction et le risque d'inondation dans un espace confiné, mais réduit la hauteur d'aspiration.



b) Stations de relevage en canal

Des canaux d'approche sont utilisés pour détourner l'eau vers la station de pompage. Le fait d'amener l'eau à l'intérieur des terres et loin de la côte réduit le risque d'inondation, permet une approche uniforme du débit et facilite l'installation de systèmes de filtration appropriés. Bien entendu, le canal d'approche a un impact sur les coûts et pose des problèmes de sédimentation.





c) Stations de pompage d'eau de mer

La pénurie d'eau potable étant une préoccupation mondiale, le dessalement de l'eau de mer dans certaines régions est le seul moyen d'obtenir de l'eau potable. Les océans contiennent 97,5 % de toute l'eau sur terre. Les stations de pompage d'eau de mer sont généralement conçues de la même manière que les captages des rivières, mais nécessitent des caractéristiques supplémentaires pour traiter les bactéries et la corrosion.

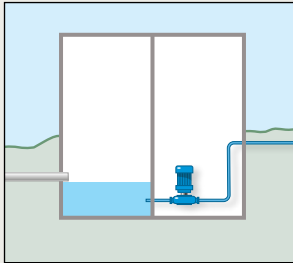
Les captages d'eau de mer peuvent être conçus comme des puits le long du rivage formant un champ de captage. L'avantage des forages par rapport au captage direct de l'eau de mer est qu'ils ne contiennent pas d'algues, moins de bactéries et une concentration de sel plus faible que le captage direct au large. Cependant, tous les rivages ne sont pas des plages de sable.

Il n'y a pas de conception de captage privilégiée. Celle-ci dépend fortement des conditions du site et d'une prise en compte attentive des différents niveaux d'eau. De faibles pertes à l'aspiration et une sélection appropriée des pompes sont les clés d'une conception réussie de la station de pompage. Les structures nécessitent une conception hydraulique adéquate pour assurer une approche sans problème. La structure du captage doit également être conçue de manière à éviter la pénétration de solides dans les conduites d'aspiration et les pompes.

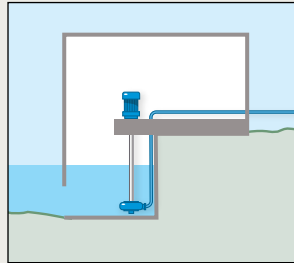


2) Configuration de la station de pompage

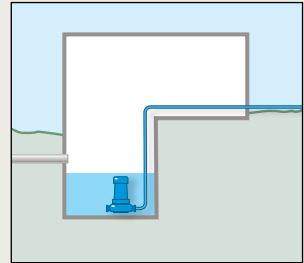
Les configurations de la station de pompage peuvent convenir aux installations humides ou sèches, avec un grand choix de combinaisons.



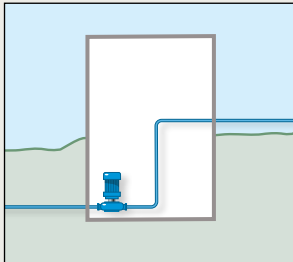
Pompe et moteur en fosse sèche avec aspiration depuis le puits



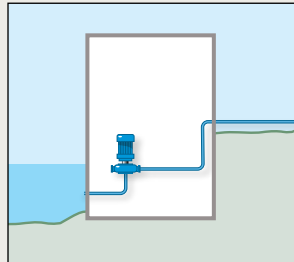
Forage avec pompe immergée et moteur placé hors de l'eau



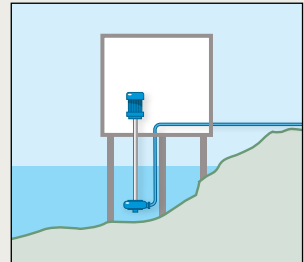
Forage avec pompe et moteur immergés



Pompe et moteur dans une fosse sèche avec une longue conduite d'aspiration



Pompe et moteur dans une fosse sèche avec aspiration directe à la source



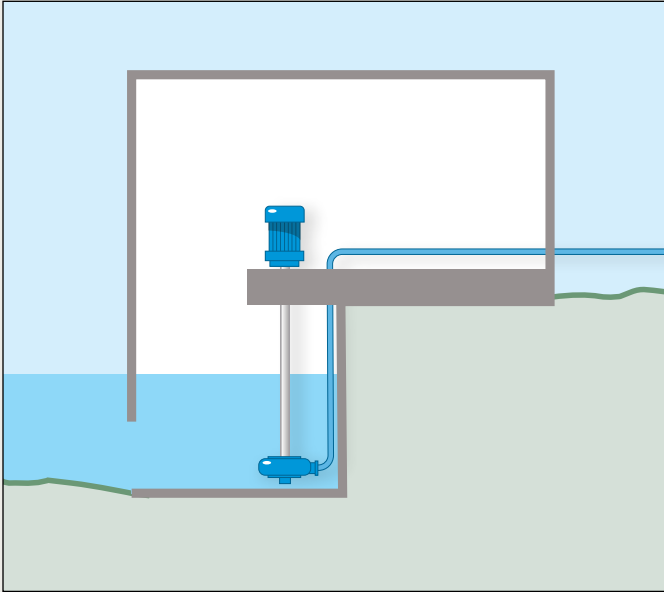
Installation en mer avec pompe immergée et moteur placé hors de l'eau

Exemples de configurations des stations

- Forage
- Fosse sèche
- En surface
- Hydraulique plongeante
- Immergée

a) Installations dans un puits d'eau

Le niveau de l'eau des rivières et des lacs varie en fonction des changements de saison ; les marées et les vagues quotidiennes influent également sur le niveau de l'eau. La roue ou la volute de la pompe doivent être remplies d'eau (amorçées) avant que cette dernière puisse fonctionner. Les pompes les plus couramment utilisées pour surmonter les variations du niveau d'eau sont les pompes verticales avec aspiration immergée et un moteur au-dessus du niveau de la crue. Les pompes à moteur immergé peuvent également être utilisées pour les installations dans un puits d'eau et permettent de réduire le coût et l'encombrement des travaux..



Station de pompage

Installation dans un puits

Types de pompe :

- Pompe à turbine verticale
- Pompe immergée
- Pompe de relevage

Facteurs à prendre en compte lors de la conception :

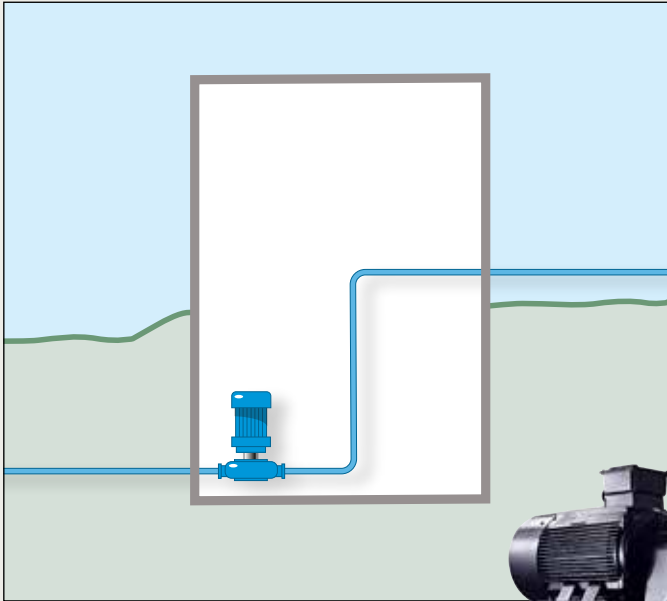
- Niveau de crue
- Niveau d'eau minimum
- Entraînement d'air/tourbillons

- Humidité/corrosion
- Maintenance/accès routier
- Débris/filtres
- Courant/turbulences de l'eau
- Services/électricité



b) Installations en fosse sèche

Les installations en fosse sèche sont construites en surface avec des excavations profondes. De longues conduites d'aspiration, des canaux d'approche, des filtres et des crépines sont souvent nécessaires, et tous contribuent aux pertes de charge qui réduisent la pression d'aspiration de la pompe. La conception des stations de pompage doit envisager des moyens d'augmenter la hauteur d'aspiration nette positive (NPSH) disponible en disposant de structures souterraines. Il est nécessaire de choisir des pompes ayant un faible NPSH. Les installations en fosse sèche sont généralement équipées de pompes à double aspiration, installées horizontalement ou verticalement. La caractéristique de la double aspiration de la pompe signifie que le débit est réduit de moitié, ce qui permet à ces pompes de traiter un débit double avec une exigence de NPSH beaucoup plus faible. Les pompes à aspiration axiale ou en ligne peuvent également être utilisées pour les installations en fosse sèche, mais le NPSH requis par la pompe sera plus élevé.



Station de pompage Installation en fosse sèche

Types de pompe :

- Double aspiration en cascade
- Pompe à aspiration axiale
- Pompe en ligne
- Pompe de relevage des eaux usées

Facteurs à prendre en compte lors de la conception :

- Pression d'aspiration/NPSH
- Condition de démarrage/amorçage
- Crépine d'aspiration
- Maintenance
- Précautions en matière de santé et de sécurité



DISTRIBUTION DE L'EAU

3) Présélection de la pompe

Nous allons maintenant nous pencher sur la présélection des pompes dans un réseau de distribution d'eau. Pour sélectionner la bonne pompe, nous devons connaître plusieurs facteurs :

- Une estimation du débit total (Q) et de la hauteur (H)
- La composition de la ressource, pour la configuration matérielle de la pompe
- La conception de la station de pompage, afin de sélectionner le type et le nombre de pompes nécessaires

Cependant, au stade initial de la conception d'un projet, aucune spécification de pompe n'est disponible, il s'agit donc d'une estimation provisoire. Grundfos offre une assistance technique dans la phase de conception initiale, en prenant en compte les contraintes des différents acteurs tels que les maîtres d'ouvrages, maîtres d'œuvres, exploitants, bureaux d'études spécialisés (génie civil, électrique, etc.).

a) Estimation du débit

En théorie, les informations statistiques facilement disponibles peuvent servir à l'estimation du débit, sur la base de la population et de la consommation moyenne d'eau pour les zones mixtes domestiques, collectives et industrielles. Toutefois, cela peut être trompeur pour plusieurs raisons, et dans la pratique, nous devons connaître les besoins locaux :

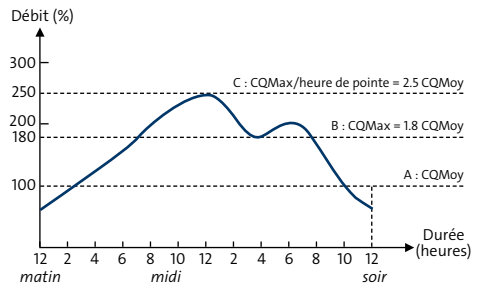
- La composition des consommateurs d'eau dans la zone - s'agit-il uniquement d'habitations, ou également d'un secteur collectif et industriel ?
- Les pompes doivent être sélectionnées pour répondre aux pics de consommation - la consommation est-elle constante ou varie-t-elle fortement ?
- Y a-t-il un risque que l'installation soit sous-dimensionnée ou surdimensionnée pour la demande future ?

Les municipalités devraient être en mesure de fournir cette information.

Facteurs utilisés par les bureaux d'études

pour déterminer la demande type des zones résidentielles :

- **CQMoy** : Consommation quotidienne moyenne annuelle, également appelée «débit de conception».
- **CQMax** : Consommation quotidienne maximale annuelle - ce chiffre est dérivé de la moyenne de consommation quotidienne.
- **CQMax/heure de pointe** : Consommation à l'heure de pointe le jour du maximum annuel
- **Débit exceptionnel** : mesure d'un cas de charge exceptionnelle

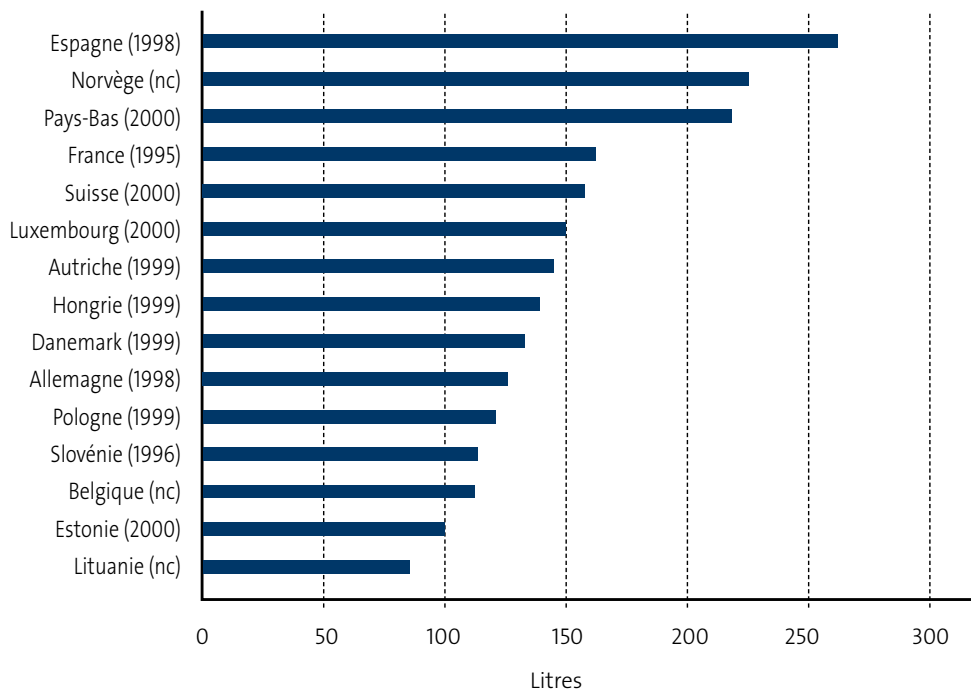


Bien que le terme de consommation d'eau soit couramment utilisé, peu d'eau est, à proprement parler, consommée. La plus grande partie est rejetée sous forme d'eaux usées. La répartition des consommations des habitations est généralement la suivante :

- 41 % chasses d'eau
- 27 % toilettes et bains
- 6 % utilisation de la cuisine
- 5 % eau potable
- 4 % machines à laver
- 7 % autres (jardin, lavage de voitures, nettoyage de la maison)

La consommation quotidienne moyenne d'eau par personne et par jour varie fortement d'un pays à l'autre et dépend principalement du climat et du niveau de vie. Elle peut être inférieure à 200 litres/personne/jour dans certains pays européens et supérieure à 500 litres/personne/jour dans certaines régions des États-Unis.

Consommation moyenne d'eau par personne et par jour



Source : Agence européenne pour l'environnement

i) Fuites dans les canalisations

Les fuites dans les canalisations sont l'un des défis majeurs des réseaux de distribution d'eau et d'autres problèmes en découlent. Il est donc important d'en tenir compte lors de l'estimation du débit.

Les taux de fuite sont plus élevés que beaucoup ne le pensent et sont souvent budgétisés comme un coût inévitable

Quelques exemples typiques de % de fuites dans les réseaux de distribution d'eau :

Japon	> 5 %
Allemagne	7 %
États-Unis	> 15 %
Grande-Bretagne	19 %
France	26 %
Italie	29 %



ii) Une grande plage de fonctionnement

L'estimation du débit permet de déterminer la grande plage de fonctionnement des pompes.

Le débit maximal de la distribution d'eau peut, dans de nombreux cas, être 15 à 20 fois supérieur au débit minimal. Cela dépend des facteurs suivants :

- La consommation de jour (période de pointe)
- Les changements saisonniers
- La dynamique du système et l'évolution de la demande

L'estimation du débit total d'une station de pompage peut être déterminée par des informations statistiques ou par les méthodes de calculs habituelles, avec le niveau de pointe correspondant au débit total de la station de pompage. Le débit exceptionnel doit également être vérifié ; il se peut que les pompes fonctionnant en surcapacité y soient confrontées.

Une tâche beaucoup plus complexe sera la sélection d'une pompe unique dans le système pour faire face au débit minimum (si elle n'est pas alimentée par un réservoir surélevé) et à tous les points de consigne intermédiaires de la très grande plage de fonctionnement.

Il n'est donc pas rare de trouver des pompes de tailles différentes fonctionnant en parallèle (en cascade) dans une station de pompage existante, certaines d'entre elles étant équipées de variateurs de vitesse pour répondre à la demande variable.

Pour la présélection des pompes, il suffit de prendre deux tailles de pompes :

- Une petite pompe pour le débit minimum et pour la mise sous pression du système. Si le débit minimum est trop faible, nous pouvons appliquer un réservoir sous pression ou un by-pass avec une plaque à orifice du côté aspiration de la pompe
- Trois à quatre pompes avec 35 % du débit de pointe - le choix de la pompe sera de toute façon revu à un stade ultérieur

b) Estimation de la hauteur manométrique de la pompe

Une fois que nous disposons de l'estimation du débit, nous devons nous pencher sur l'estimation de la hauteur de la pompe (H).

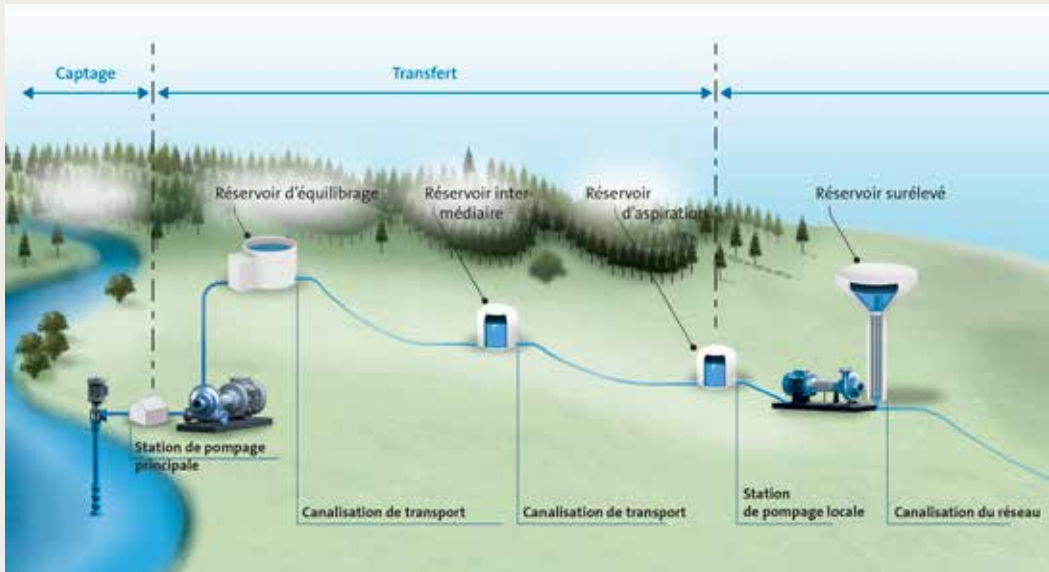
Dans le cas d'un système de pompage, nous faisons généralement la distinction entre :

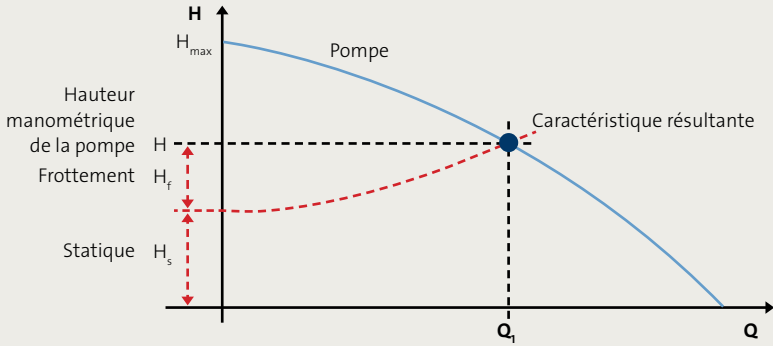
- **La hauteur statique (ou hauteur géométrique) :**
La différence d'altitude entre le niveau de l'eau à la station de pompage et l'altitude la plus élevée du réseau de distribution. L'altitude la plus élevée du réseau est normalement le niveau de l'eau dans un réservoir surélevé.
- **La hauteur dynamique (ou pertes de charge) :**
Les pertes de charges sont constituées des pertes par friction dans la tuyauterie (pertes de charges linéaires), des pertes de charge ponctuelles dans les différents accessoires (pertes de charges singulières) et des pertes au point de refoulement. Elles varient comme le carré du débit.

La hauteur manométrique totale (HMT) est l'addition de la hauteur géométrique et des pertes de charges. Le point de fonctionnement de la pompe est l'intersection de la courbe de la pompe et de la courbe de réseau de l'installation (voir diagramme ci-après).

Les conditions requises pour un système de distribution d'eau fonctionnel sont les suivantes :

- La qualité de l'eau ne doit pas se détériorer dans les canalisations de distribution.
- Fournir de l'eau à tous les robinets du consommateur avec une pression suffisante.
- Fournir la quantité d'eau requise en cas d'incendie à une certaine pression minimale.
- Aucun consommateur ne doit être privé d'eau pendant la réparation d'une partie du système.
- Toutes les canalisations de distribution sont de préférence posées à un mètre de distance ou au-dessus des égouts.
- Assurer l'étanchéité, afin de limiter au maximum les pertes dues aux fuites





Caractéristique en lien avec la courbe de performance de la pompe pour un système ouvert.



i) Structure d'un réseau de distribution

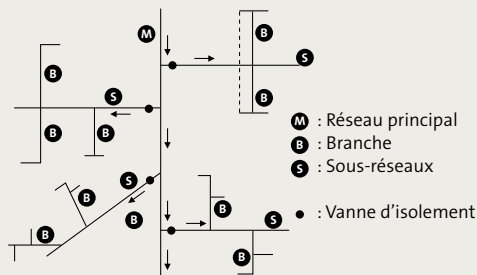
Pour estimer la hauteur (H), nous devons évaluer la structure des réseaux de distribution d'eau. Les réseaux de distribution sont généralement posés sous la chaussée et, à ce titre, leur tracé suit généralement celui des réseaux routiers.

Il existe, en général, quatre types de circuits de canalisations différents ; chacun d'entre eux, seul ou en combinaison, peut être utilisé n'importe où :

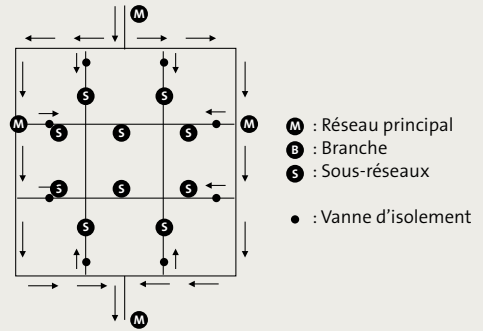
- Réseau arborescent
- Réseau maillé

- Réseau en damier
- Réseau radial (considéré comme une variante du circuit en damier)

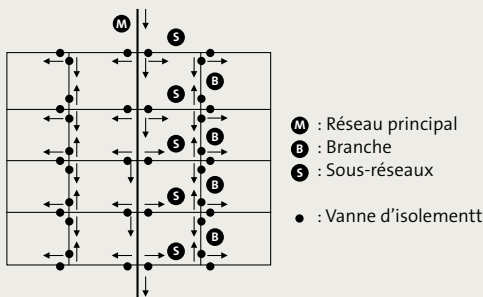
Réseau arborescent ou ramifié



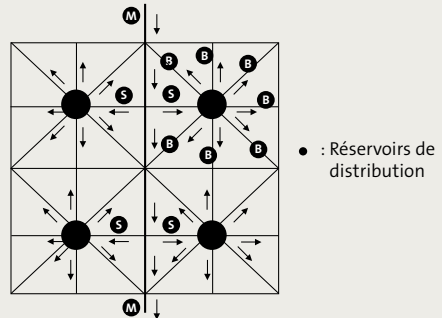
Réseau maillé



Réseau en damier



Réseau radial



Réseau arborescent ou ramifié

Les réseaux ramifiés possèdent un réseau de distribution principal qui alimente une zone, et des réseaux plus petits qui se ramifient à partir du réseau principal. Dans les zones où l'habitat est dispersé, il sera plus difficile d'éviter les zones mortes dans le réseau car les besoins en infrastructures sont moindres. C'est là que l'on trouve généralement les réseaux arborescents/ramifiés.

Il s'agit d'un réseau dans lequel l'élément principal est une grosse conduite d'eau dont la taille diminue au fur et à mesure qu'elle s'éloigne du système, avec des ramifications plus petites. De chacune de ces branches, des sous-branches plus petites peuvent s'étendre encore plus loin.

Avec ce réseau, les zones mortes sont inévitables et devront être entretenues régulièrement pour maintenir une bonne qualité de l'eau.

Ce réseau présente les avantages suivants :

- Relativement bon marché
- La détermination de la chute de pression due aux pertes de charge est plus facile grâce à la simplicité du réseau.

Les inconvénients sont que les nombreuses zones mortes entraînent une stagnation de l'eau dans les canalisations, et que les réparations de celles-ci laissent les consommateurs privés d'eau.

Réseau maillé

C'est un réseau d'alimentation en eau potable dont les canalisations forment une boucle, appelée maille, autour d'une ville, d'un quartier ou d'une rue. Dans un circuit en boucle, l'eau est acheminée par des canalisations de gros diamètre dans une boucle continue qui fournit de l'eau de n'importe quelle direction vers le centre.

La circulation continue dans ce réseau empêche toute accumulation de sédiments ou de matières organiques dans la distribution d'eau.

La conduite d'alimentation est posée le long de routes périphériques, et des conduites secondaires partent des conduites principales.

Ainsi, ce réseau suit également le réseau en damier avec un schéma d'écoulement similaire à celui d'un circuit arborescent. La détermination de la taille des conduites est facile, mais celle des pertes de charge

n'est pas aussi simple.

- L'avantage du réseau en boucle est que l'eau peut être acheminée vers n'importe quel point à partir d'au moins deux directions.
- Cela facilite l'entretien et le remplacement des canalisations tout en assurant la continuité de l'approvisionnement en eau à tous les consommateurs.

L'inconvénient de ce réseau est le coût d'investissement élevé lié à la redondance des conduites de gros diamètre.

Réseau en damier

Les réseaux en damier ont des conduites d'eau interconnectées qui peuvent alimenter certaines parties à partir de différentes directions. C'est le type de structure en particulier dans les grandes villes. Ces réseaux fournissent plus d'eau à une zone donnée en cas de surcharge du réseau, par exemple en cas d'incendie.

La disposition est un damier (une grille), un peu comme la disposition des rues, et l'eau s'écoule ouvertement à travers ce damier depuis toutes les directions. Lorsqu'une zone tire un plus grand débit d'eau du réseau, l'eau peut s'y déverser de plusieurs directions. L'inconvénient d'un tel circuit est qu'il peut parfois comporter des zones mortes.

Ce système convient aux villes de forme rectangulaire, où les conduites d'eau et les branches sont disposées en rectangles, et offre les avantages suivants :

- L'eau est maintenue en bonne circulation grâce à l'absence de zones mortes
- En cas de panne dans une zone, l'eau est disponible depuis une autre direction

L'inconvénient est que le calcul exact des dimensions des canalisations n'est pas possible.

Réseau radial

Nous parlons ici de réseau radial, bien qu'il soit souvent considéré comme une variante du réseau en damier. Ici, la zone est divisée en différentes sous-zones. L'eau est pompée dans le réservoir de distribution situé au milieu de chaque zone, et les conduites d'alimentation sont disposées radialement, se terminant vers la périphérie.

Cela offre l'avantage d'un approvisionnement fiable.

Avantages des réseaux en boucle et en damier

En résumé, nous pouvons constater les avantages généraux suivants lors de l'utilisation des réseaux hydrauliques plus complexes en boucle et en damier (y compris radiaux) :

- Réparation des canalisations sans affecter les consommateurs.
- Moins de vulnérabilité - un fonctionnement plus fiable.
- Distribution homogène de la pression.
- Réduction de la vitesse en cas de forte demande.
- Recirculation de l'eau en cas de faible demande.
- Compensation des coups de bélier.

Secteurs

Le réseau de distribution dans les villes est souvent divisé en zones de demande pour mieux comprendre et contrôler les fuites. Ces zones sont connues sous le nom de Secteurs. Les flux entrant et sortant de chaque secteur sont enregistrés et comparés à la consommation totale d'eau facturée aux consommateurs.

La différence entre le volume total d'eau fourni au Secteur et la consommation facturée est appelée «eau non génératrice de revenus». Cette dernière représente l'eau non comptabilisée qui peut être due à l'approvisionnement (non facturé ou non mesuré) des bouches d'incendie, aux raccordements illégaux, aux fuites dans les canalisations ou au débordement des réservoirs et à l'inexactitude des compteurs. Les fuites dans les canalisations de nombreux réseaux représentent 90 % ou plus, de la quantité d'eau non génératrice de revenus.

ii) Gestion de la pression

En fonction de la variation de l'altitude du terrain, le réseau de distribution peut être divisé en zones de pression. Toutes les ramifications d'un réseau comprennent une vanne d'isolement. Ces vannes peuvent être fermées si nécessaire pour créer les zones de pression. Les parties du réseau situées sur des terrains de faible élévation, comme autour des lacs, ou dans les zones élevées d'une ville, seront divisées en différentes zones de pression. Cela permet d'éviter que les canalisations situées dans des terrains plus bas aient une pression plus élevée que nécessaire, et que les canalisations situées dans des zones plus élevées aient une pression insuffisante pour satisfaire les consommateurs.

La pression et les fuites sont directement liées. Plus la pression est élevée, plus les fuites sont importantes. La clé est donc de fournir une pression minimale constante tout en maintenant la satisfaction du consommateur.

Les réducteurs de pression sont couramment utilisés pour limiter la pression et fournir une pression constante dans les zones du réseau.

Réservoir surélevé pour la mise sous pression

La façon traditionnelle de pressuriser un réseau de distribution d'eau est de pomper l'eau dans un réservoir surélevé - les plus emblématiques sont les châteaux d'eau - mais une solution plus courante est un réservoir enterré sur une colline, qui fonctionne hydrauliquement de la même manière, peut être plus grand et ne se réchauffe pas pendant la journée.

Le principe de fonctionnement d'un réservoir surélevé est simple : il s'agit d'un réservoir communicant, c'est-à-dire que plusieurs réservoirs sont reliés entre eux. Lorsque l'eau se stabilise, elle s'équilibre au même niveau dans tous les réservoirs, quels que soient leur forme et leur volume. Si de l'eau supplémentaire est ajoutée à un réservoir, le liquide retrouvera un nouveau niveau égal dans tous les réservoirs reliés.

Ce processus fait partie de la loi de Stevin et du principe de Pascal et se produit parce que la pression en tout point d'un fluide au repos (pression hydrostatique), ne dépend que de la profondeur de ce point et par conséquent des niveaux égaux dans les réservoirs sont maintenus.

Dans les villes, les châteaux d'eau sont fréquemment utilisés pour que la distribution aux étages supérieurs des bâtiments soit assurée par des canalisations qui communiquent entre elles avec une pression suffisante.

Le choix de la pompe dans ce cas est assez simple, il est déterminé par l'élévation de l'eau dans le réservoir ou le château d'eau, dominée par la hauteur statique. Les pertes dynamiques sont presque insignifiantes.

Pompage direct dans le réseau

De nos jours, il est possible de relier la station de pompage directement au réseau de distribution, de sorte que les pompes remplissent la triple tâche :

- transporter l'eau vers et dans le réseau de distribution,
- pressuriser et maintenir la pression dans le réseau,

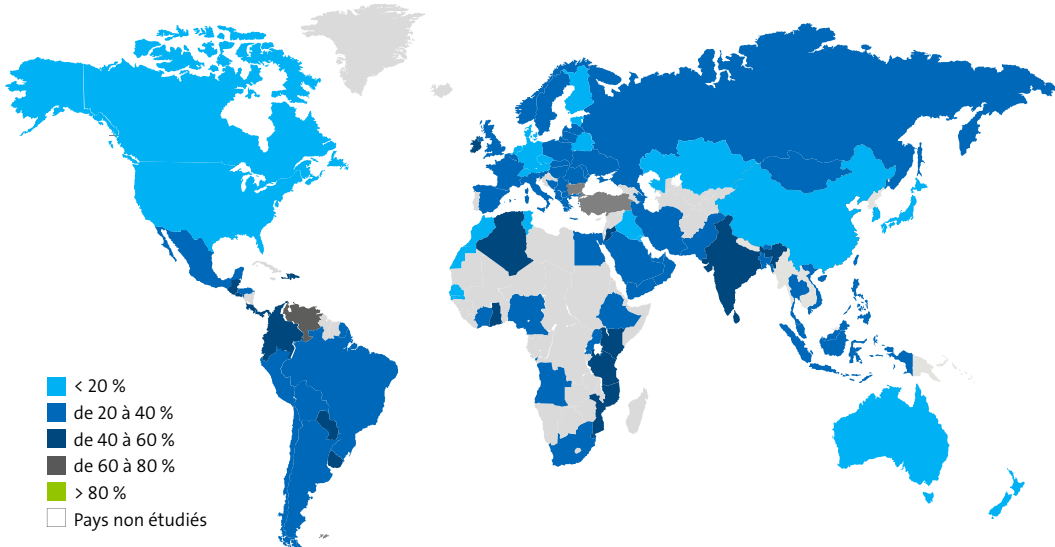
- élever l'eau jusqu'aux points les plus hauts du réseau, par exemple les réservoirs surélevés.

Les réservoirs surélevés peuvent servir de réservoirs tampons pour une consommation minimale, de réservoirs de surpression en cas de consommation de pointe et de débit exceptionnel, et peuvent servir de réservoirs de secours en cas de coupures d'électricité.

La hauteur statique reste dominante, car la détermination des pompes se base également sur le point le plus élevé du réseau, et dans certains cas, les pertes dynamiques ne sont pas négligeables.

Le nombre de pompes en service est utilisé pour maintenir la pression du réseau dans des conditions de débit variables. Différentes tailles de pompes et des variateurs de vitesse peuvent également être utilisés pour maintenir la pression constante alors que les demandes de débit varient tout au long de la journée.

Taux d'eau non génératrice de revenus :



iii) Résumé

Le calcul manuel d'une courbe réseau fiable pour la sélection des pompes n'est possible que pour un réseau ramifié.

Dans un circuit mixte sous pression, le chemin emprunté par le flux n'est pas clair et il est inévitable que des composantes tels que les réservoirs et les pompes interagissent, en travaillant les unes avec les autres. Des outils logiciels sophistiqués sont alors nécessaires pour simuler les différentes pressions du réseau.

Comment alors déterminer la pression des pompes ? Le meilleur conseil est de rester simple et d'utiliser les éléments suivants :

- Hauteur = hauteur statique (différence de hauteur entre la station de pompage et la ville) plus la pression requise du système.

La pression système est la pression requise au robinet du consommateur. Les pressions système généralement autorisées dans les réseaux de distribution sont les suivantes :

- Minimum 1.5 bar aux heures de pointe
- Maximum 5 bar en heures creuses
- Pressions maximales de conception du réseau de 10 bars

Les stations de pompage équipées de variateurs de fréquence (VFD) qui pompent directement dans le réseau de distribution pour maintenir une pression minimale constante appropriée sont la méthode préférée utilisée aujourd'hui.

c) Nombre et taille des pompes

Une question fréquemment posée par les maîtres d'ouvrages au stade de l'étude est le nombre de pompes nécessaires. Il s'agit d'un phénomène récurrent, dont le point de départ est le rendement énergétique. En effet, du point de vue des maîtres d'ouvrages et des investisseurs, les coûts de fonctionnement pendant la durée de vie d'une pompe sont toujours supérieurs au coût d'investissement initial.

i) Rendement de la pompe

Le rendement d'une pompe dépend de trois aspects :

- Assurer un fonctionnement proche du meilleur point de rendement.
- Connaître (et réduire) les pertes internes : Pertes par chocs, volumétriques et par frottement.
- Adapter le rendement de la pompe.

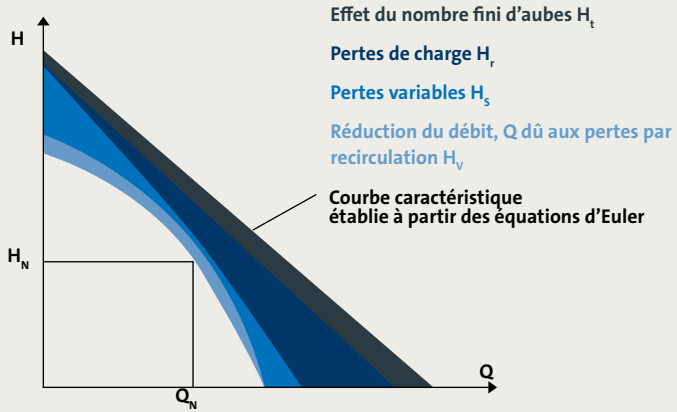
Les courbes des pompes indiquent le meilleur point de rendement (BEP) et la plage de fonctionnement préférée avec un bon rendement autour de 80-110 % du débit du BEP. Pour rester dans cette plage, un système existant peut être optimisé en ajustant la roue.

Le fait de rapprocher le point de fonctionnement du BEP, en réduisant le diamètre de la roue, optimise le rendement par rapport à ce point de fonctionnement spécifique, mais le rendement total de la roue se dégrade. La réduction de la vitesse à l'aide d'un variateur de fréquence (VFD) est la meilleure option.

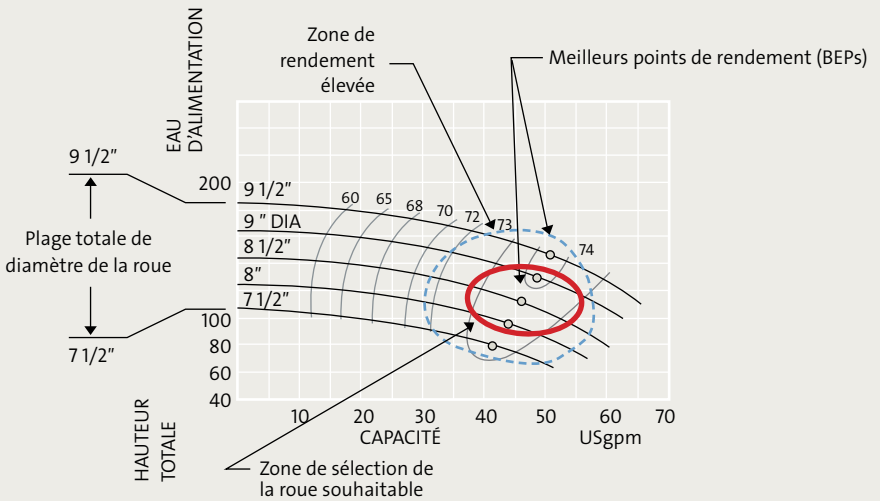
Analyse détaillée des pertes internes

Les pertes variables, par recirculation et par frottement dans une pompe peuvent être optimisées, mais ne seront jamais parfaites. Les aubes de la roue, par exemple, guident le flux, et pourtant leur épaisseur de matériau place un obstacle dans le canal hydraulique. Lorsque l'eau pénètre dans les canaux, elle s'écrase contre les bords avant de la roue, provoquant des pertes par choc. La surface de l'aube est rugueuse, ce qui entraîne des pertes par frottement.

Les pertes par recirculation sont causées par la recirculation interne du côté refoulement vers le côté aspiration de la roue à l'intérieur du corps de pompe. Lorsque la roue tourne à l'intérieur du corps, nous devons prévoir un espace, et la différence de pression entraîne le passage de l'eau.



Diminution de pression par rapport à la pression théorique de la pompe H_t , aboutissant à la courbe réelle.



Plage de fonctionnement privilégiée lors du choix d'une roue

ii) Vitesse spécifique et type de roue

La vitesse spécifique de rotation (n_q) caractérise une roue par le rapport entre le débit et la hauteur. La vitesse spécifique et la taille de la pompe déterminent ensemble le rendement réalisable.

C'est un paramètre dérivé d'une analyse dimensionnelle qui permet de comparer les roues de différentes tailles de pompes, même lorsque leurs données de fonctionnement diffèrent (débit Q_{opt} , hauteur développée H_{opt} , vitesse de rotation n au meilleur point de rendement η_{opt}).

La vitesse spécifique peut être utilisée pour classer la conception optimale de la roue et la courbe caractéristique correspondante de la pompe.

n_q est définie comme la vitesse de rotation théorique à laquelle une roue géométriquement similaire fonctionnerait si elle était de taille à produire 1 m de hauteur à un débit d'1 m³/s au meilleur point de rendement. Elle est exprimée dans les mêmes unités que la vitesse de rotation :

$$n_q = n_d \cdot \frac{Q_d^{1/2}}{H_d^{3/4}}$$

Q_d en m³/s = Débit au n_{opt}
 H_d en m = Hauteur totale au n_{opt}
 n_d en tr/min = Vitesse de la pompe
 n_q en unités métriques

Au fur et à mesure que la vitesse spécifique n_q augmente, il y a un changement continu des sorties radiales initiales des aubes vers des sorties «mixtes» (diagonales) et finalement des sorties axiales. Les éléments diffuseurs des corps de pompe radiaux (par exemple les volutes) deviennent plus volumineux, si le flux peut être évacué radialement. Enfin, seule une sortie axiale du flux est possible (par exemple, comme dans un corps tubulaire).

Valeurs de référence approximatives :

n_q jusqu'à environ 25
 jusqu'à env. 40
 jusqu'à env. 70
 jusqu'à env. 160
 de 140 à 400 env.

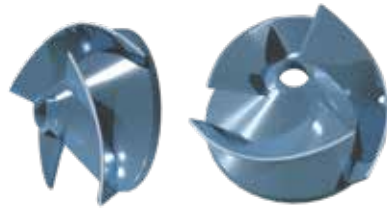
Roue radiale à hauteur élevée
 Roue radiale à hauteur moyenne
 Roue radiale à faible hauteur
 Roue à flux mixte
 Roue axiale (hélice)



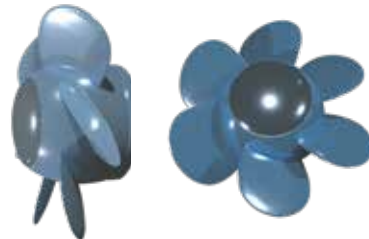
Roue radiale



Roue à flux mixte



Roue à flux mixte



Roue axiale

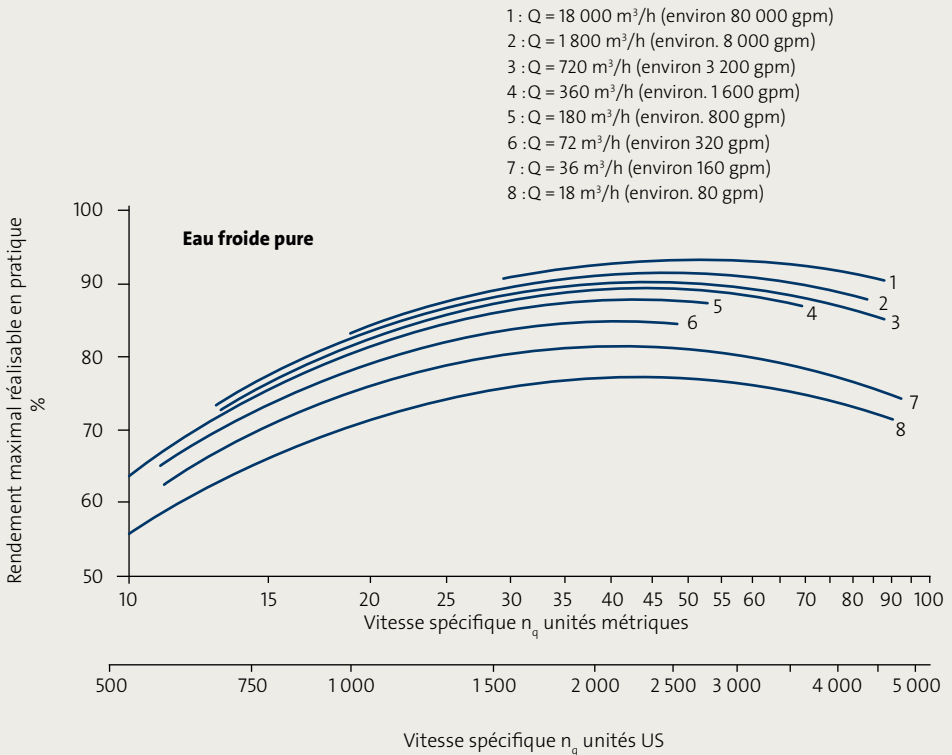
iii) Sélectionner pour obtenir un rendement maximal

Le rendement attendu d'une pompe centrifuge varie en fonction de la vitesse spécifique de la pompe et d'un fonctionnement proche du BEP. Les valeurs théoriques du rendement maximal réalisable d'Europump (Association des fabricants européens de pompes) donnent une bonne indication de ce qui est généralement envisageable dans l'industrie des pompes centrifuges avec de bonnes pratiques de conception et de fabrication.

La figure montre que pour une vitesse spécifique donnée, une augmentation de la taille de la pompe entraîne une augmentation du meilleur rendement espéré de cette pompe car on peut s'attendre à des pertes internes plus faibles.

De même, pour un débit donné, l'augmentation ou la diminution de la vitesse spécifique prévue de la pompe peut entraîner une augmentation du rendement prévu de la pompe, jusqu'à un certain point. Le graphique peut être utilisé comme guide pour identifier les configurations de pompes qui donneront le meilleur rendement de base.

Notez que les valeurs n_q entre 40 et 55 ont tendance à avoir un bon rendement réalisable.



iv) Détermination de la pompe, n_q : un exemple concret :

Notre débit total (période de pointe) est de $900 \text{ m}^3/\text{h}$ et la pression système de 3,1 bar (ou 30 m) ; conformément aux chiffres prévisionnels américains - pression d'alimentation minimale.

Nous pouvons utiliser le tableau pour déterminer la valeur n_q .

Deux choix de pompes possibles semblent intéressants :

$2 \times 450 \text{ m}^3/\text{h}$ à $1\,450 \text{ tr}/\text{min}$ (n_q 42)
 $5 \times 180 \text{ m}^3/\text{h}$ à $2\,850 \text{ tr}/\text{min}$ (n_q 50)

Les deux cas conduisent à une valeur n_q entre 40 et 55, ce qui devrait conduire à un bon rendement.

Le rendement réalisable pour les deux cas est supérieur à 85 % et le cas a) semble meilleur que le cas b) - en raison de la taille plus importante, nous pouvons nous attendre à moins de pertes internes.

Conclusion, n_q : un exemple pratique (sélection de ces 2 pompes avec l'outil de dimensionnement Grundfos GPC). En sélectionnant la pompe avec le Grundfos Product Center, on obtient les pompes suivantes :

- a) $Q : 450 \text{ m}^3/\text{h}$ et $H : 30 \text{ m}$
(HS 200-150 381 eta 83 % ou NK150-315 eta 82 %)
- b) $Q : 160 \text{ m}^3/\text{h}$ et $H : 30 \text{ m}$
(NK 80-180 eta 79 %)

Ici, b) est proche du rendement réalisable, et offre une plus grande flexibilité.

Pourquoi pas a) ?

Un concurrent pourrait proposer une pompe avec un rendement de 85 %, ce qui est réalisable.

Un consultant pourrait choisir une combinaison : $1 \times 450 \text{ m}^3/\text{h}$ et $3 \times 180 \text{ m}^3/\text{h}$ (l'un d'entre eux est équipé d'un variateur de vitesse pour faire face à un débit minimum très faible).

d) Résumé de la présélection de la pompe

Pour le débit et la hauteur manométrique de la pompe, nous pouvons obtenir des valeurs réalisables :

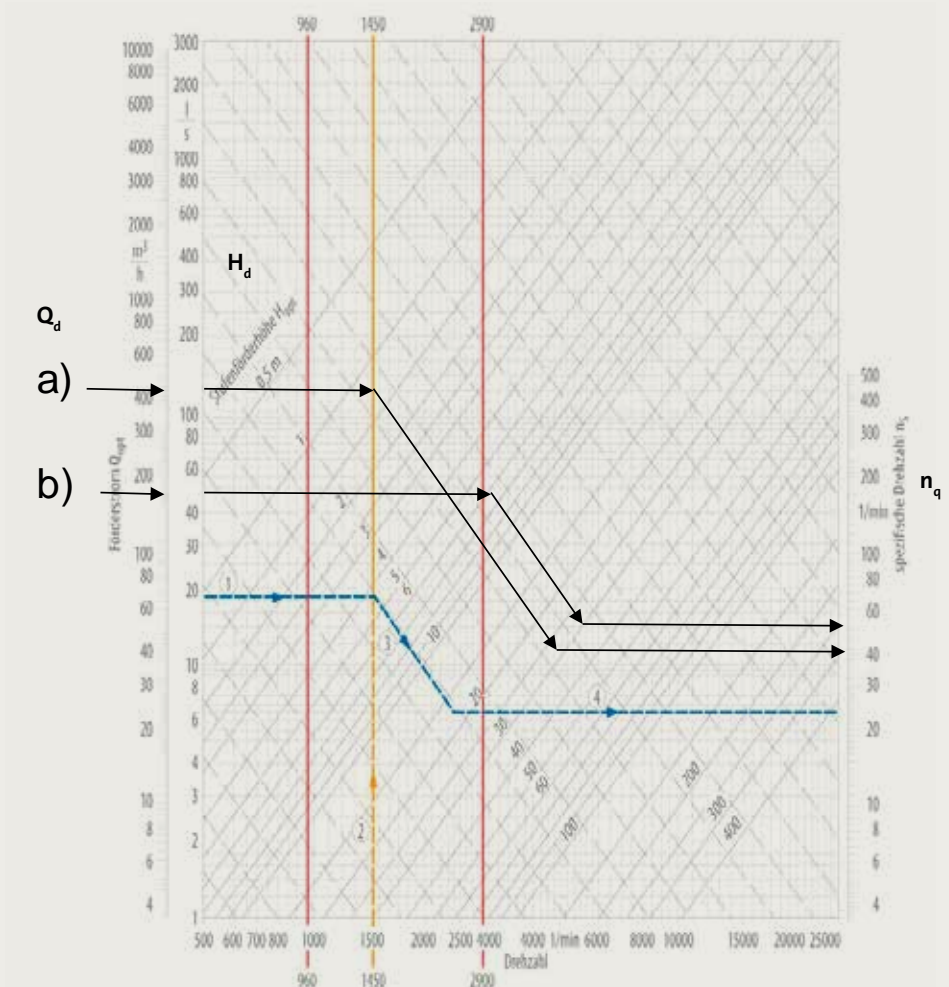
- Le débit total est déterminé par l'autorité - il peut être basé sur des statistiques (antérieures) et des pronostics (futurs) - s'il n'est pas donné, nous pouvons l'estimer en appliquant des facteurs de prévision reconnus.
- La hauteur est égale à la pression système requise ajoutée à la différence d'élévation (hauteur statique).
- La hauteur statique peut généralement être retirée des cartes lorsqu'elle n'est pas indiquée par le promoteur ou l'autorité.
- La pression de fonctionnement des pompes sera comprise entre 2 et 5 bar pour la pressurisation du système (et l'élévation bien sûr).

Dans les cas extrêmes, on peut estimer la contrepression à 10 bar maximum (débit nul) et à 1,5 bar maximum à la sortie de la pompe. En cas d'absence de réservoirs surélevés, la taille de la plus petite pompe est déterminée par le débit minimum.

Toutes les autres pompes doivent avoir un débit d'environ 35-50 % du débit nominal - il est courant de couvrir 150-175 % du débit nominal avec 3-5 pompes fonctionnant en parallèle et une valeur n_q comprise entre 40-50.

La tendance actuelle est d'utiliser davantage de pompes de petite taille plutôt que quelques pompes de grande taille.

Ce n'est peut-être pas la meilleure solution pour des raisons hydrauliques, mais en tenant compte des aspects électrotechniques, civils et opérationnels, un total de 6 à 7 pompes permet parfois d'obtenir une meilleure solution globale.



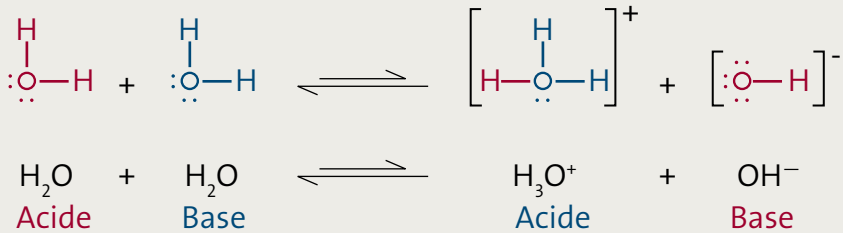
4) Liquide pompé et corrosion

La configuration standard des pompes de distribution d'eau est un corps en fonte grise avec une roue en bronze, et dans la plupart des cas, cela fonctionne bien.

Cependant, l'expérience montre que les applications d'eau potable peuvent également être dangereuses pour les pompes. Nous allons donc examiner de

plus près notre liquide pompé et ce qui peut arriver si nous ignorons la caractéristique de notre liquide pompé - l'eau potable.

L'eau est un oxydant, et nous devons connaître les caractéristiques essentielles de l'eau afin de mesurer ses effets corrosifs.



a) Corrosion

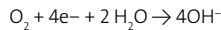
La corrosion est un processus naturel qui transforme un métal raffiné en une forme chimiquement plus stable, comme son oxyde, son hydroxyde ou son sulfure. Il s'agit de la destruction progressive des métaux par réaction électrochimique avec leur environnement.

La rouille est l'exemple le plus connu de corrosion. La rouille est un oxyde de fer, généralement un oxyde rouge formé par la réaction oxydo-réductrice du fer et de l'oxygène en présence d'eau ou d'humidité dans l'air.

La rouille du fer est un processus électrochimique qui commence par le transfert d'électrons du fer vers l'oxygène par le biais de l'eau. Le fer est l'agent réducteur (cède des électrons) tandis que l'oxygène est l'agent oxydant (reçoit des électrons). Le taux de corrosion est affecté par l'eau et accéléré par les électrolytes et l'acidité.

La réaction clé est la réduction de l'oxygène/

l'oxydation du fer :



Comme il forme des ions hydroxyde, ce processus est fortement affecté par la présence d'acide. En effet, la corrosion de la plupart des métaux par l'oxygène est accélérée à un pH faible.

i) La corrosion galvanique

Lorsqu'un électrolyte corrosif et deux matériaux métalliques sont en contact (cellule galvanique), la corrosion augmente sur le matériau le moins noble (l'anode) et diminue sur le plus noble (la cathode). L'augmentation de la corrosion est appelée corrosion galvanique. La tendance d'un métal ou d'un alliage à se corroder dans une cellule galvanique est déterminée par sa position dans la série galvanique. La série galvanique indique la noblesse relative des différents métaux et alliages dans un environnement donné. Plus les métaux sont éloignés les uns des autres dans la série galvanique, plus l'effet de

corrosion galvanique sera important. Les métaux ou alliages de l'extrémité supérieure sont nobles, tandis que ceux de l'extrémité inférieure sont les moins nobles.

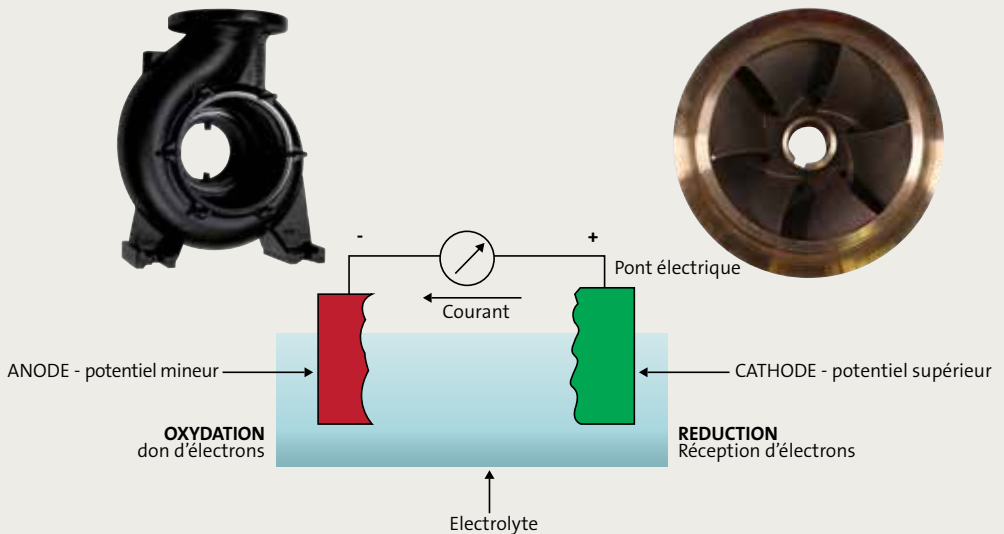
Une cellule galvanique, ou cellule voltaïque, nommée d'après Luigi Galvani, ou Alessandro Volta respectivement, est une cellule électrochimique qui tire son énergie électrique de réactions oxydo-réductrices spontanées se déroulant à l'intérieur de la cellule. Elle est généralement constituée de deux métaux différents reliés par un pont de sel. Volta est l'inventeur de la pile voltaïque, la première pile électrique.

Pour les ingénieurs en mécanique, une pompe est une machine - du point de vue chimique, c'est une cellule galvanique - une batterie.

La corrosion dans une pompe ne peut pas être évitée avec une configuration matérielle standard

consistant en une roue en bronze (Cathode) dans un corps en fonte grise (Anode). Comme la différence de potentiel n'est pas trop élevée et que l'eau potable n'est pas un électrolyte puissant, et enfin (mais surtout) que le corps est beaucoup plus volumineux que la roue, la vitesse d'autodestruction est lente.

Cependant, cela change complètement, si vous utilisez la pompe dans de l'eau de mer, par exemple, ou si une forte concentration d'hypochlorite est injectée du côté aspiration.



ii) Corrosion par piqûres

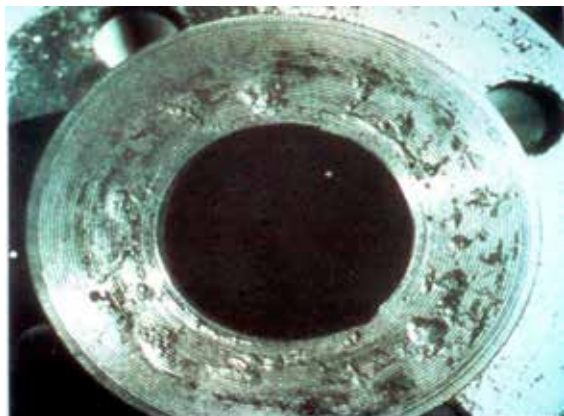
Il s'agit d'une forme localisée d'attaques corrosives. La corrosion par piqûres forme des trous ou des piqûres sur la surface du métal. Elle perforé le métal alors que la corrosion totale, mesurée par la perte de poids, peut être plutôt minime. Le taux de pénétration peut être de 10 à 100 fois supérieur à celui de la corrosion générale, selon l'agressivité du liquide.

La perforation se produit plus facilement dans un environnement stagnant. N'oubliez pas qu'en raison du profil de charge dans la distribution d'eau, toutes les pompes ne fonctionnent pas en permanence. La présence d'halogènes tels que le chlore favorise également ce type de corrosion.



iii) Corrosion par fissures

Comme la corrosion par piqûres, la corrosion par fissures est une forme localisée d'attaques corrosives. Cependant, la corrosion par fissures commence plus facilement que la corrosion par piqûres. La corrosion par fissures se produit au niveau d'ouvertures ou d'espaces étroits entre deux surfaces métalliques ou entre des métaux et des surfaces non métalliques et est généralement associée à une stagnation dans la fissure. Les interstices, comme ceux que l'on trouve sur les joints à bride ou les raccords filetés, sont donc souvent les endroits les plus sensibles à la corrosion.



iv) Cavitation et corrosion

Un liquide pompé à grande vitesse réduit la pression. Lorsque la pression descend en dessous de la pression vapeur du liquide, des bulles de vapeur se forment (le liquide se vaporise).

Lorsque la pression augmente à nouveau, les bulles de vapeur éclatent et produisent des ondes de choc intenses. Par conséquent, l'explosion des bulles de vapeur élimine le métal ou l'oxyde de la surface.

La surface endommagée se corrode plus facilement, surtout lorsque l'oxyde est aussi constamment éliminé de la surface. Comme la contre-pression dans les réseaux de distribution d'eau varie, il est inévitable que les pompes fonctionnent pendant une courte période en charge partielle ou en surcharge avec une légère cavitation.

b) Caractéristiques de l'eau

Dans la distribution d'eau, il s'agit de l'eau du robinet. Après un processus de traitement de l'eau brute au cours duquel des composés chimiques spécifiques sont souvent retirés, le pH peut être ajusté, les contaminants sont éliminés et du chlore peut être ajouté pour tuer les bactéries. Les conditions géologiques locales affectant les sols sont des facteurs déterminants pour la présence de divers ions, rendant souvent l'eau «douce» ou «dure».

L'eau est un oxydant : Elle peut avoir un pH acide <7, un pH alcalin >7 et être neutre (pH = 7), elle contient suffisamment d'ions H_3O^+ et l'oxygène est toujours en solution.

i) Teneur en carbonate de calcium ($CaCO_3$)

L'eau en tant qu'oxydant ne dépend pas seulement de la valeur du pH (l'acidité) ; la teneur en carbonate de calcium (également appelée dureté de l'eau) détermine si l'eau est agressive ou incrustante.

L'indice de saturation de Langelier (ISL) fournit un indicateur du degré de saturation de l'eau par rapport au carbonate de calcium. L'indice de saturation de Langelier est un moyen de déterminer si l'eau est agressive (indice de saturation négatif) ou si elle est entartrante (indice de saturation positif). La saturation idéale est de 0,0 ISL.

- Si l'ISL est négatif, la saturation idéale est de 0,0 ISL : Pas de risque d'entartrage, l'eau dissout le $CaCO_3$. Une valeur inférieure à -0,5 indique que l'eau est corrosive.
- SSI l'ISL est positif : Du calcaire peut se former et des précipitations de $CaCO_3$ peuvent se produire.
- Si l'ISL est proche de zéro : Potentiel limite. La qualité de l'eau ou les changements de température, ou l'évaporation peuvent modifier l'indice.

ii) Concentration en chlore

Lors de l'ajout de chlore, la valeur critique est de 5 mg/l, qui est la limite pour les matériaux ferriques (acier). La teneur en chlore de l'eau potable est

généralement environ 10 fois inférieure à cette valeur.

En cas de dosage avec de l'hypochlorite de sodium et de calcium :

- La teneur habituelle de 0,1-0,3 mg/l se réfère à l'eau du robinet et est inoffensive.
- Pour porter la teneur à 1,2 mg/l, injecter du côté aspiration de la pompe pour mieux mélanger.
- La chloration choc (0,6 mg/l) signifie l'injection de 6-10 mg/l.

c) Protection contre la corrosion

Nous allons maintenant nous pencher sur la protection contre la corrosion des pièces internes et en contact avec le liquide de la pompe, à l'aide de revêtements.

En règle générale, les pompes destinées à la distribution d'eau n'ont pas besoin de variantes de matériaux ou de revêtements spéciaux. Les eaux de surface naturelles des lacs ou des rivières sont généralement inoffensives, et les eaux acides (les marais, par exemple) ont une faible teneur en CaCO_3 .

Cependant, l'eau traitée peut être critique. Dans les usines de dessalement de l'eau de mer, le pH est abaissé lors du processus d'osmose inverse, la re-minéralisation est incomplète et l'eau traitée a donc souvent une très faible teneur en CaCO_3 et est légèrement acide. Cela s'applique également à l'eau de puits salée traitée par osmose inverse.

Dans ces cas, des pompes en acier inoxydable peuvent être nécessaires. Cela peut être déterminé à partir d'une analyse de l'eau.

i) Revêtement des pièces internes de la pompe

L'expérience a montré que les revêtements des pièces internes et en contact avec le liquide de la pompe ne sont efficaces que si le revêtement est complet. Si le revêtement est incomplet, il pourrait accentuer une attaque corrosive. En effet, la pompe agit comme une cellule galvanique, et si une très petite surface est exposée, cela concentre l'activité électrochimique et il y a risque de corrosion par fissures. La corrosion électrochimique par fissures commence dans l'interstice et se glisse derrière le revêtement.

Pour interrompre tout flux électrique, le corps doit être recouvert à 100 % pour assurer l'isolation électrique. Cela signifie qu'il faut remplir tous les interstices par un usinage supplémentaire du corps de la pompe, ainsi que des bagues d'usure. Le corps doit être peint en dessous et la peinture ne doit pas être endommagée lors du remplacement de la bague d'usure. Prenez le même soin avec les filetages des bouchons de purge.

Grundfos garantit une résistance efficace contre la corrosion, l'érosion et les produits chimiques grâce à des revêtements céramiques très avancés, pour un fonctionnement fiable et une longue durée de vie des pompes.

Si la taille de la pompe n'est pas trop grande, il peut être plus économique de remplacer le matériau par un corps et une roue en acier inoxydable.



5) Station de pompage principale

Les stations de pompage principales qui alimentent le réseau de distribution sont situées près de la station de traitement d'eau ou d'une station de stockage d'eau potable et pompent directement dans le réseau de distribution ou dans les canalisations de transport. Ces stations de pompage sont généralement conçues pour des débits et des hauteurs élevées.

Les pompes qui acheminent l'eau dans les canalisations de transport sont également appelées pompes principales ou pompes à grande hauteur d'aspiration.

L'emplacement du site sera déterminé à partir de l'évaluation d'un relevé topographique et d'une analyse de la zone inondable afin de déterminer le risque de crue pour le site de la station envisagée. Le site ne doit pas être inondable.

Les principaux facteurs de prévision sont les suivants :

- La disponibilité de l'énergie électrique.
- L'accessibilité à des fins d'entretien et d'exploitation.
- La sécurité.
- L'impact négatif, le cas échéant, sur les habitations environnantes.

Le développement du site va dépendre d'une analyse des sols indiquant un support adéquat pour les fondations ou d'éventuels problèmes d'eaux souterraines, et d'un plan de nivellement et de drainage de la zone montrant que le ruissellement est suffisamment éloigné des structures.

Il existe généralement deux types de pompes utilisées pour les stations de pompage principales d'eau potable :

- La pompe à turbine verticale, avec un arbre long
- La pompe centrifuge horizontale ou verticale à plan de joint conçue pour les réseaux de distribution

Si la station de pompage et la structure de captage sont situées dans un réservoir de surface ou souterrain, des pompes à turbine verticale avec colonne descendante seront un choix logique. Si la station de pompage est située dans une installation de stockage en surface, les pompes centrifuges à plan de joint seront le choix privilégié. Ces pompes sont généralement horizontales, mais les pompes verticales sont courantes lorsque l'espace est limité.



a) Fonctions et éléments

Les éléments de la station de pompage principale doivent correspondre aux fonctions. Lorsque la station de pompage principale est située à l'intérieur ou à proximité d'une station de traitement des eaux, d'un champ de captage ou du réservoir de stockage principal, l'eau est acheminée de la source vers les consommateurs, et la pompe doit remplir trois fonctions :

- Le transport de l'eau
- L'élévation de l'eau
- La pressurisation du réseau.

Nous pouvons trouver des pompes de différentes tailles fonctionnant en parallèle pour faire face à la demande variable, et de petites pompes pour mettre le réseau sous pression et ne fournir qu'un débit minimum.

Les moteurs des pompes produisant de la chaleur, un système de ventilation est nécessaire. Pour que la température ambiante soit adaptée, il est nécessaire d'échanger le volume d'air du local des pompes au moins deux fois par heure. Dans les pays chauds, le besoin d'échange d'air augmente, et la fréquence doit être augmentée à 10 fois par heure.

Dans l'armoire de commande principale des moteurs, les variateurs de vitesse sont également des sources de chaleur et leurs panneaux électriques doivent être ventilés. Lorsqu'ils sont isolés pour les protéger contre les inondations, une climatisation est également nécessaire.

Une liste de tous les éléments de la station de pompage principale se présente comme suit :

- Réservoirs d'aspiration ;
- Conduites d'aspiration avec vannes d'isolement ;
- Pompes principales (différentes tailles peuvent s'appliquer) ;
- Collecteurs de refoulement, chaque refoulement de pompe étant équipé de clapets anti-retour et de vannes d'isolement ;
- Transformateurs, interrupteurs, etc.
- Armoire de commande des moteurs (CCM),

variateur de fréquence (VFD) ;

- Instrumentation et commandes ;
- Local de commande (SCADA, surveillance) éventuellement situé à distance ;
- Dosage du chlore ;
- Ventilation/climatisation ;
- Potence ou moyen de levage aérien ;
- Débitmètre ;
- Réservoir de surpression/réservoir sous pression.

En général, les équipements fonctionnent sans surveillance, ce qui nécessite des instruments de mesure, notamment une petite unité de commande locale pour l'automatisation et des dispositifs de communication pour la transmission des données ; au minimum pour les avertissements et les alarmes en cas de dysfonctionnement.

Même si le dosage du chlore se fait en amont dans la station de traitement de l'eau, nous trouvons une autre unité dans la station de pompage, et ici la tâche est différente. L'injection de chlore dans la station de traitement vise à garantir la salubrité de l'eau potable, tandis que l'injection de chlore dans la station de pompage consiste à maintenir le taux de chlore résiduel (on parle de rechloration).

Des réservoirs de surpression peuvent être nécessaires et sont installés en aval des pompes et généralement à l'extérieur de la station de pompage.

Un ou deux débitmètres électromagnétiques sont installés en aval du collecteur pour mesurer le volume total d'eau pompée.

b) Dépression et coups de bélier

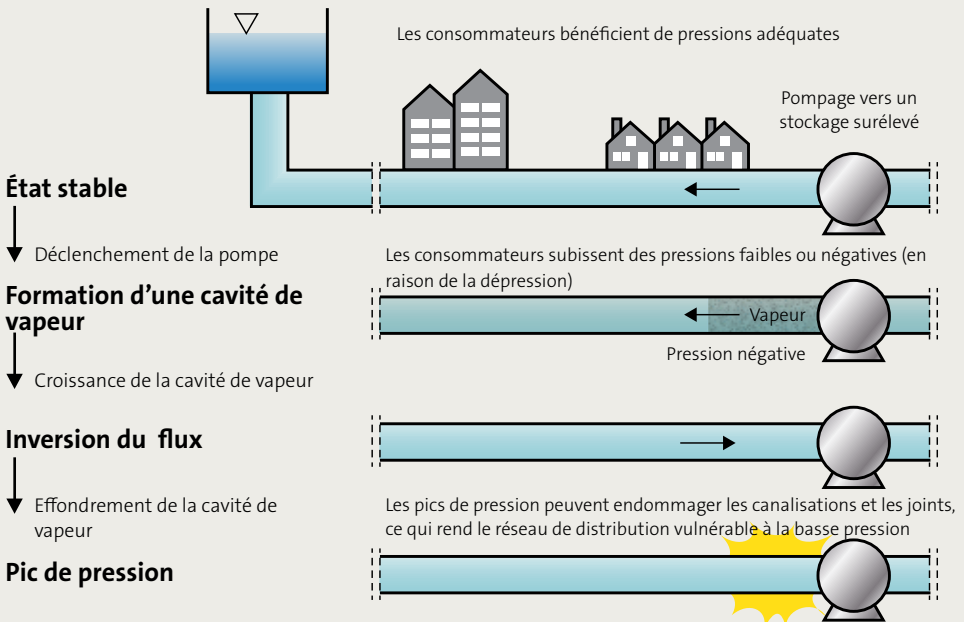
Les dépression et les coups de bélier sont un phénomène habituel dans les réseaux de distribution d'eau et les systèmes à grande hauteur d'aspiration. On ne peut pas l'ignorer, car une différence de hauteur peut être considérable même avec une courte canalisation de transport entre la station de pompage principale et les premières branches du réseau de distribution. La canalisation de transport principale présente une vitesse d'écoulement plus élevée, ce qui augmente l'inertie de la masse d'eau accélérée.

Le pire des cas est un arrêt soudain de la pompe, causé par une panne électrique, où l'eau va continuer à circuler, même si la pompe ne fonctionne pas, et provoquer une dépression. La canalisation a tendance à résister à la haute pression ; la sous-pression ou la dépression est souvent ignorée et encore plus

critique.

Ces ondes de pression, également appelées transitoires hydrauliques, peuvent avoir une importance variable, allant d'un léger changement de pression ou de vitesse à une pression ou une dépression suffisamment élevée pour faire éclater les canalisations, endommager le matériel de pompage et provoquer un arrêt prolongé. Les coups de bélier, qui résultent de transitoires hydrauliques, se produisent lorsque la pression totale de l'onde de choc dépasse environ deux fois la valeur de la pression statique dans le réseau lorsque le liquide est au repos.

Une analyse de la protection contre les ondes sera effectuée sur les sections critiques des canalisations afin de vérifier la conception et le choix des équipements de protection. Si des pressions transitoires excessives sont prévues par l'analyse, la conception et l'application de l'équipement mécanique seront modifiées. La protection contre les surpressions hydrauliques est un domaine spécialisé.



i) Éléments de protection contre les ondes et les coups de bélier

Il existe plusieurs éléments qui protègent contre les dépressions et les coups de bélier.

Un casse-vide est une solution peu coûteuse et très efficace : il s'ouvre et laisse entrer l'air dans la canalisation en brisant la dépression, avec l'inconvénient d'une entrée d'air gênante dans la canalisation, et ce non seulement en cas de coup de bélier, mais aussi lorsque la vanne, à cause de la saleté ou de l'usure, ne se ferme pas correctement.

Il est préférable d'utiliser un ballon anti-bélier, qui permet d'injecter de l'eau pour remplir le vide. Le circuit de canalisations reste hermétiquement fermé et fonctionne dans les deux sens :

- Lorsque, après une courte période, une contre-réaction commence, une onde dite de pression revient (souvenez-vous qu'une onde est une transmission d'énergie sans transfert de matière ; ce n'est pas un mouvement de l'eau mais une décharge de sa tension interne). Dans un circuit fermé, cette force peut causer des dommages et

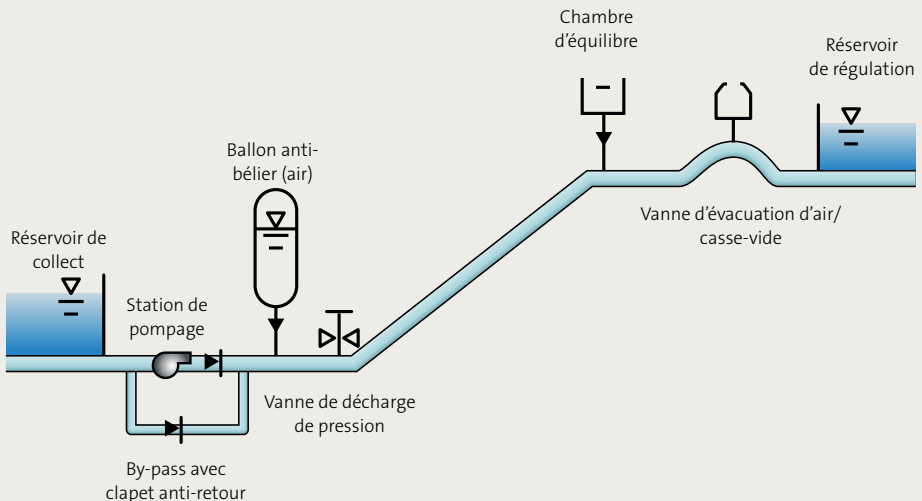
nous n'avons pas d'ouverture pour la libérer. Elle peut pénétrer dans le réservoir sous pression et y comprimer le coussin d'air.

- Nous pouvons également contourner le clapet anti-retour et la pompe vers le côté aspiration avec un petit orifice (et un disque de rupture). N'oubliez pas : nous devons évacuer la pression et non le débit.

Une option simple est également une vanne de décharge à ressort. Cependant, cela entraîne des problèmes similaires à ceux du casse-vide.

Un autre moyen de réduire la dépression après arrêt d'une pompe est d'installer un volant d'inertie. Un volant est une masse solide installée sur l'arbre de la pompe ou du moteur qui va augmenter l'inertie, prolongeant le temps de rotation de la pompe avant son arrêt complet.

Une canalisation by-pass avec un clapet anti-retour, comme illustré ci-dessous, peut également être mise en place pour réduire les coups de bélier.



c) Ballon anti-belier et réservoir de régulation

Les poussées sont inévitables lors du pompage de l'eau ; elles peuvent se produire en cas de modification du débit des pompes d'une station de pompage, d'ouverture ou de fermeture des vannes le long des canalisations, ou d'arrêt incontrôlé des pompes en raison de pannes de courant. Ces phénomènes peuvent entraîner des fluctuations de pression extrêmes qui, si elles ne sont pas contrôlées, peuvent avoir des conséquences désastreuses, notamment la rupture de canalisations, des pertes d'eau inutiles et des perturbations de la distribution. Les pressions négatives sont beaucoup plus fréquentes que les hautes pressions, et considérablement plus destructrices.

Un ballon anti-bélier est un réservoir sous pression contenant de l'air comprimé (azote parfois utilisé dans les réservoirs préchargés). Il est relié par un clapet anti-retour maintenu à proximité de la canalisation avec un by-pass muni d'une plaque à orifice, pour le remplissage de la cuve et l'évacuation de la surpression. En cas de chute de pression dans la canalisation, le clapet anti-retour s'ouvre et de l'eau est injectée dans la canalisation.

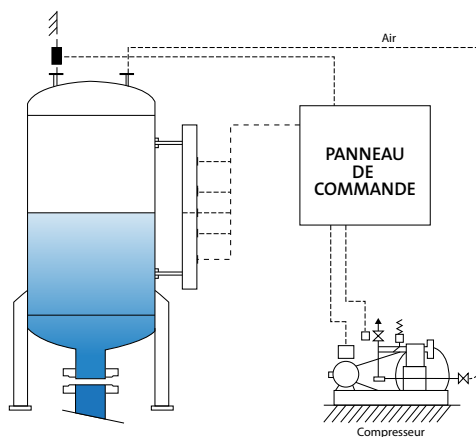
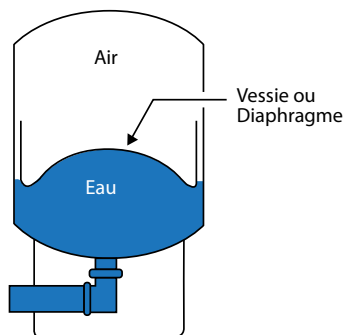
Un réservoir de régulation est un réservoir de stockage situé à un point haut d'un circuit fermé, pour absorber les hausses soudaines de pression, ainsi que pour fournir rapidement de l'eau supplémentaire pendant une brève chute de pression lorsque la colonne d'eau s'écoule ou qu'une vague de pression provoque une sur ou une sous-

pression. Les réservoirs et les cuves de petite taille sont faciles à utiliser ; ils sont dotés d'une vessie qui sépare le coussin d'air de l'eau ; la cuve peut être préchargée à l'aide d'une pompe manuelle.

Les cuves et réservoirs de grande taille n'ont pas de vessie, car l'air est en contact avec l'eau et se dissout. Ces réservoirs/cuves ont besoin de mesurer et de contrôler le niveau d'eau ; dans le cas du réservoir de régulation, le niveau d'eau peut être adapté en augmentant ou en diminuant la pression d'air à l'intérieur, ce qui nécessite le raccordement permanent d'un compresseur. Le niveau d'eau dans un réservoir non pressurisé peut être adapté en utilisant un flotteur.

Le dimensionnement du ballon anti-bélier et du réservoir de régulation est complexe : le volume d'eau dans le réservoir doit être supérieur au volume d'eau «s'écoulant dans la canalisation», ce qui correspond à peu près au temps de vidange de la pompe, en fonction du moment d'inertie de la roue de la pompe remplie d'eau, ainsi que de la taille, la longueur et la pente de la canalisation et de la vitesse d'écoulement.

Une analyse de la poussée ou un calcul du débit transitoire est effectué par simulation informatique



d) Pression dans les canalisations

Le graphique présenté sur cette page est le résultat d'une simulation d'une poussée par un programme informatique. Trois cas sont indiqués pour illustrer l'effet d'un arrêt brutal de la pompe avec et sans éléments de protection :

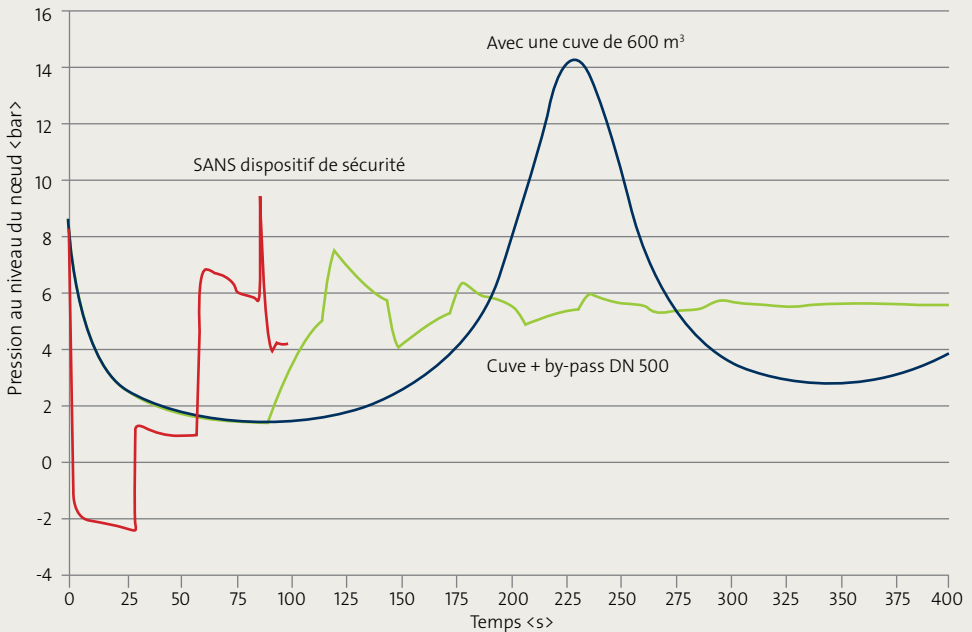
1) Ligne rouge : pas de protection

La diminution de la pression est immédiatement visible ; l'effet de la poussée jusqu'à un vide de -2 bar. Ondes de choc arrivant à 27, 54 et 81 secondes ; la pression accumulée atteint 10 bar, 2 bar au-dessus de la pression opérationnelle habituelle de 8 bar.

2) Ligne bleue : Un réservoir de régulation est raccordé à la canalisation

L'effet de l'arrivée imminente de la vague et de la chute de pression compensée est également visible par l'injection d'eau sous pression, qui, avec les ondes de choc de retour, augmentent l'effet de la surpression à 14 bar - 6 bar au-dessus de la pression de fonctionnement.

3) Ligne verte : Ballon anti-bélier et by-pass avec orifice, compensant la surcompensation et libérant l'effet du coup de bélier.



6) Châteaux d'eau ou réservoirs surélevés

Un château d'eau est une structure surélevée supportant un réservoir d'eau construit à une hauteur suffisante pour pressuriser un système d'approvisionnement en eau pour la distribution d'eau potable, et pour fournir un stockage d'urgence pour la protection contre les incendies. Les châteaux d'eau jouent un rôle particulier dans les réseaux de distribution ; cependant, l'expression correcte est «réservoir surélevé».

Les systèmes modernes sont pressurisés directement par des pompes, et des réservoirs surélevés sont conservés pour l'approvisionnement d'urgence, en cas de coupure de courant ou pour offrir une surcapacité en cas d'incendie. Ces réservoirs sont utilisés pour fournir un débit minimum trop faible pour démarrer une pompe.



Château d'eau avec groupe de surpression et vanne de régulation

a) Alimentation par gravité pour les systèmes sous pression

La fonction d'un château d'eau ou d'un réservoir surélevé dans un réseau de distribution d'eau est comparable à celle d'un réservoir tampon sur une canalisation de transport :

- Lorsque la pression baisse dans la canalisation, de l'eau est injectée et la pression est maintenue ;
- Lorsque le niveau d'eau dans le réservoir est bas et que la pression dans les canalisations est suffisante, le réservoir est automatiquement rempli.

Un problème potentiel est que les châteaux d'eau ont été conçus pour pressuriser le réseau de distribution, et sont clairement placés à des points extrêmement élevés. Dans les systèmes modernes, l'utilisation de pompes pour pressuriser directement le réseau peut avoir pour conséquence que la pression du réservoir soit toujours supérieure à la pression nécessaire du réseau, et les châteaux d'eau resteront vides et ne se rempliront jamais. Les châteaux d'eau sont cependant nécessaires pour les services d'urgence.

Une solution peut être adoptée pour réintégrer le château d'eau ou le réservoir surélevé dans le réseau de distribution :

- Installer un surpresseur pour remplir le réservoir, car la pression du réseau est insuffisante.
- Installer une vanne de régulation de la pression avec un point de consigne prédéterminé qui s'ouvrira pour maintenir la pression du réseau de distribution et permettre à l'eau de revenir dans le circuit ; il est important de renouveler constamment l'eau dans le réservoir pour éviter la stagnation de l'eau.
- De nombreuses citernes n'ont qu'une seule canalisation commune pour le remplissage et la vidange ; dans ce cas, une canalisation de remplissage supplémentaire reliée au surpresseur est nécessaire.



Groupe de surpression

Vanne de régulation

b) Fonctions des vannes de régulation

Les vannes de régulation automatiques fonctionnent avec des actionneurs hydrauliques, également appelés pilotes hydrauliques. Ces types d'actionneurs hydrauliques sont équipés d'une membrane qui répond aux changements de pression ou de débit et qui ouvre et ferme la vanne ; la réponse est réglable par une petite vanne dans la canalisation vers la membrane, connue sous le nom de pilote ou de vanne à pointeau.

Les vannes de régulation automatiques ne nécessitent pas de source d'énergie externe, ce qui signifie que la pression du liquide est suffisante pour ouvrir et fermer la vanne.

Les vannes de régulation automatiques peuvent être utilisées pour les fonctions suivantes :

- Réducteurs de pression (PRV)
- Vannes de régulation de débit
- Vannes de maintien de la contre-pression (PSV)
- Vannes d'altitude
- Vannes de décharge ou de sécurité

Les vannes de régulation de débit empêchent un débit excessif en limitant le débit à un taux minimum présélectionné, indépendamment des variations de pression dans la canalisation. La commande pilote répond à la pression différentielle produite à travers une plaque à orifice installée en aval de la vanne. Une régulation précise est obtenue par de très faibles variations de la pression différentielle de régulation, ce qui entraîne une action corrective immédiate de la vanne principale.

Les réducteurs/régulateurs de pression (PRV) réduisent automatiquement une pression d'entrée plus élevée à une pression aval inférieure constante, indépendamment des variations de débit et/ou de la pression d'entrée. Les PRV sont installés dans les réseaux de distribution d'eau du monde entier et sont connus pour leurs performances supérieures, leur fiabilité et leur longue durée de vie. Il existe de nombreuses variantes du réducteur de pression de base.





7) Stations de pompage locales

Les stations de pompage locales sont généralement des extensions des réseaux de distribution d'eau existants, soit lorsqu'ils sont étendus, soit simplement parce que la demande a augmenté.

Une station de pompage locale est en gros un sous-système de pressurisation ou d'élévation supplémentaire et, à cet égard, son fonctionnement est similaire à celui d'une station de pompage principale. La conception de la station locale peut également être équipée d'une désinfection locale. En général, une station de pompage locale comprend un petit réservoir relié à l'aspiration des pompes.

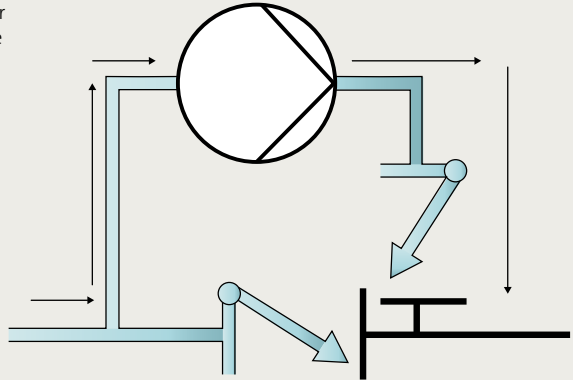


Les stations locales sont généralement situées à distance de la station de pompage principale, comme dans le cas d'une topographie vallonnée, où des zones de pression sont nécessaires ou pour gérer les débits de pointe dans la périphérie d'une municipalité.

En général, les types de pompes utilisés pour les stations de pompage locales sont des pompes à aspiration axiale et des pompes multicellulaires. Les pompes à aspiration axiale sont habituellement horizontales et les pompes multicellulaires sont généralement verticales.

Les stations de pompage locales sont souvent ajoutées à une installation existante et doivent s'adapter à la planification et à la conception antérieures.

Schéma d'un surpresseur en ligne



a) Groupes de surpression

Un groupe de surpression est nécessaire pour fournir une pression d'eau minimale ou constante dans un réseau de distribution, lorsque la pression du système d'approvisionnement en eau est insuffisante ou fluctue trop.





STATIONS DE POMPAGE

8) Conception des stations de pompage

Dans ce chapitre, nous étudierons la conception globale d'une station de pompage. Nous examinerons les éléments critiques impliqués, y compris le rôle de Grundfos dans la sélection des bons produits et en tant que fournisseur de solutions.

a) Projets et solutions

La pompe est au cœur d'une station de pompage, mais les autres éléments - tels que les transformateurs, le panneau de commande, les capteurs, les vannes, les canalisations, le dispositif de surveillance et la structure de la station de pompage elle-même - nécessitent un investissement beaucoup plus important.

Bien que la pompe ne soit pas la partie la plus coûteuse de la station de pompage, la conception et la sélection de tous les autres composants sont liées à la pompe, ce qui signifie qu'il est très important d'obtenir dès le départ un type de pompe adapté, un dimensionnement correct et une bonne optimisation du système.

Comme nous l'avons vu dans le chapitre sur la présélection des pompes, l'optimisation de la sélection des pompes est un moyen de proposer l'équipement le plus efficace pour un débit défini. Toutefois, une conception intégrée optimisant les coûts globaux est nécessaire.

Lors de la phase de conception, Grundfos travaille généralement avec les parties prenantes suivantes, chacune ayant un objectif spécifique :

- **Bureau d'études ou Maître d'oeuvre :** planification facile, technologie fiable, sans risque ni difficulté.
- **Entrepreneur :** Prix le plus bas pour la mise en conformité des matériaux et des équipements.
- **Exploitant :** coûts du cycle de vie, fiabilité à long terme.

Souvent, notre contact avec les parties prenantes prend une autre forme :

- **Entrepreneur**
Consultant et entrepreneur dans une entité unique, ouvert aux solutions intelligentes (investir pour économiser)
- **Projets constructions-exploitation-transfert**
Les coûts d'investissement et de fonctionnement sont tous deux importants

Par exemple :

Exemples de choix de pompes ayant une incidence sur le coût :

- L'enfouissement d'une station de pompage d'1 m de profondeur est généralement plus coûteux que la différence de prix entre les pompes à aspiration axiale et les pompes horizontales à plan de joint ou le passage de 2960 à 1480 min⁻¹. Un régime divisé ou inférieur signifie que la pompe nécessite moins de NPSH, donc moins de profondeur nécessaire pour assurer que $NPSH_{disponible} > NPSH_{requis}$.
- Six pompes plus petites en parallèle peuvent nécessiter des installations électriques basse tension moins coûteuses que deux grosses pompes qui, en raison de leur consommation d'énergie, doivent fonctionner sur le réseau moyenne ou haute tension, qui peut ne pas être disponible.

C'est pourquoi les Grundfos ISOLUTIONS sont si importantes. Elles vous permettent d'économiser de l'argent grâce à une installation intelligente et optimisée dès le départ.

b) Sélection de la pompe

La sélection de la pompe influence la conception globale et détermine les coûts globaux. En comprenant d'autres facteurs de coût pour la station de pompage, nous pouvons revoir la sélection initiale des pompes pour optimiser les coûts globaux.

Ces autres facteurs de coût comprennent :

- La surface au sol disponible ;
- La profondeur et la largeur de la structure principale (affectent proportionnellement les coûts de construction) ;
- La demande de puissance (détermine les coûts d'installation électrique).

À partir de nos critères de présélection, nous pouvons maintenant aller plus loin et déterminer le type de pompe. La plage de pression pour alimenter les châteaux d'eau ou les réservoirs de stockage surélevés et pour la pressurisation des réseaux de distribution, est généralement comprise entre 1,5 et 5 bar, ce qui

peut généralement être réalisé par des pompes monocellulaires.

Il faut alors choisir entre ces deux types de pompes :

- Les pompes à aspiration axiale
- Les pompes horizontales à plan de joint

Il y a cependant des exceptions, car :

- Le rapport extrême entre le débit (faible) et la hauteur de charge (élevée) nécessite une petite pompe multicellulaire.
- Une hauteur géodésique élevée due à des caractéristiques topographiques nécessite l'utilisation de pompes multicellulaires.
- L'injection directe d'un puits profond vers le système de distribution (si le traitement de l'eau n'est pas requis) nécessite l'utilisation de pompes de puits immergées.
- Les réservoirs d'eau équipés de pompes à turbine verticale.



i) Pompes horizontales à plan de joint versus pompes à aspiration axial

La sélection de la pompe détermine les coûts globaux et les dimensions de la pompe ont une incidence sur la conception technique. Par ailleurs, le type de pompe et ses canalisations d'aspiration et de refoulement entraînent des coûts supplémentaires.

A partir de notre exemple de présélection de pompe au chapitre 3, nous avons vu que le refoulement de 250 l/s (900 m³/h) dans un réseau pressurisé à 3 bar peut être réalisé avec :

- 2 pompes - 450 m³/h et 1 450 tr/min = N_q 42 (plan de joint horizontal), ou
- 5 pompes - 180 m³/h, 2 900 tr/min = N_q 50 (pompes à aspiration axiale)

Les deux solutions offrent un bon rendement. Il peut aussi s'agir de la combinaison des deux pompes pour étendre la plage de fonctionnement :

- 1 pompe - 450 m³/h + 3 x 180 m³/h

Profondeur d'installation des stations de pompage :

Il s'agit de savoir quel type de pompe donne la conception technique la moins chère :

- Station moins profonde (NPSH) - plus grande largeur (canalisation).
- Station plus profonde - construction étroite.

Voici les longueurs standard de construction des ouvrages de génie civil. Leur dépassement augmente proportionnellement les coûts du génie civil :

- Longueurs standard de la construction :
6 m/20 pieds ou 12 m/40 pieds
- Ce cas :
pompe horizontale à plan de joint : 7,2 m
Pompes à aspiration axiale : 5,5 m

La construction de la station de pompage avec pompe à aspiration axiale sera beaucoup moins chère, les poutres transversales en béton préfabriqué d'une longueur standard de 20 pieds ou 6 m sont suffisantes, et la portée du pont roulant sera également moindre.

- Profondeur requise selon la NPSH nécessaire :
Pompe horizontale à plan de joint : 4.3 m
Pompe à aspiration axiale : 6.5 m

Si le réservoir n'est pas surélevé, le niveau de la fondation pour la pompe à aspiration axiale peut devoir être sous le niveau du sol (nécessitant une excavation), tandis que la pompe horizontale à plan de joint peut être fixée sur une simple fondation en béton au niveau du sol.

ii) $NPSH_{disponible}$ et $NPSH_{requis}$

Pour déterminer le $NPSH_{disponible}$ et le $NPSH_{requis}$, il est nécessaire d'examiner la provenance de l'eau, puis de sélectionner une pompe dont le $NPSH_{requis}$ est inférieure au $NPSH_{disponible}$.

Il est sans aucun doute moins coûteux d'optimiser le $NPSH_{requis}$ de la pompe que de devoir abaisser le niveau du sol de la station de pompage:

- Une pompe horizontale à plan de joint avec une roue à double aspiration nécessite une pression d'aspiration inférieure à celle d'une pompe à aspiration axiale.
- Une pompe plus grosse avec le même débit et la même hauteur mais actionnée par un moteur à vitesse plus faible, par exemple avec un moteur 4 pôles au lieu d'un moteur 2 pôles, nécessite également un $NPSH$ beaucoup plus faible.

Dans les deux cas, des équipements de pompage plus coûteux sont nécessaires. Toutefois, le coût supplémentaire est surcompensé par les économies réalisées sur les coûts de conception et de construction.

iii) Conception en cas d'utilisation d'une turbine verticale

Si les coûts pour la surface au sol (emprise foncière) de la station de pompage sont prohibitifs au point de compenser l'augmentation des coûts d'exploitation, alors une solution utilisant une pompe à turbine verticale peut être pertinente, en particulier pour les solutions de surpression.

Cependant, bien qu'un trou de forage étroit pour la pompe soit un plus, certains aspects critiques à considérer avec les pompes à turbine verticale sont les suivants :

- Fréquence de résonance des vibrations lorsque la vitesse est réduite par un variateur de vitesse.
- Coûts d'entretien élevés en raison de la nécessité de faire appel à une grue pour soulever la pompe et du temps nécessaire au démontage et au remontage.



Conception du forage des pompes

La plupart des pompes à turbine verticale ont une roue semi-axiale, ce qui est contraignant pour les conditions d'aspiration (pas un bon n_q). Une vitesse d'écoulement rectifiée minimale est nécessaire pour obtenir des rendements satisfaisants.

- Les dimensions de la chambre de pompe sont liées au débit et à la taille de la pompe
- Anti-vortex à positionner sous l'aspiration
- Pompes parallèles séparées par des parois déflectrices
- Une profondeur d'immersion minimale doit être respectée

Entrée d'aspiration formée (FSI)

Dans les situations où la conception du puisard n'est pas adaptée à une pompe à turbine verticale et où la pompe n'obtient pas un débit rectifié - par exemple, si la distance entre les parois des déflecteurs est trop grande et que la vitesse est presque nulle - des conditions d'aspiration satisfaisantes peuvent être obtenues en montant la pompe dans un réservoir avec une entrée d'aspiration formée (FSI) préfabriquée.



Ne pas utiliser avec un variateur de fréquence (VFD)

Contrairement aux pompes horizontales à arbre court, qui fonctionnent à vitesse sous-critique (les pompes verticales fonctionnent à vitesse surcritique), la réduction de vitesse par un variateur de fréquence peut amener la pompe à sa vitesse critique liée à sa fréquence de résonance. Un tel fonctionnement peut détruire la pompe.

Il est presque impossible de prévoir la fréquence de résonance pour éviter le fonctionnement à la vitesse correspondante, elle est souvent détectée pendant le fonctionnement de la pompe et est généralement supérieure à une fréquence :

- La fréquence de résonance de la pompe
- La fréquence de résonance du moteur vertical
- La fréquence de résonance du groupe motopompe

Les vibrations produites déjà proches de la fréquence de résonance peuvent lentement endommager la structure, provoquant des fissures dans le béton. Le fait de fonctionner à la fréquence de résonance détruit l'équipement.

Les pompes à turbine verticale sont équipées de variateurs de vitesse. Cependant, si l'on souhaite faire fonctionner la pompe avec un variateur de fréquence pour réguler le débit de manière efficace sur le plan énergétique, une pompe à turbine verticale n'est pas la meilleure option. Utilisez des pompes horizontales à aspiration axiale ou à plan de joint.

c) Optimiser les coûts des équipements électriques - moteurs à courant alternatif, rendement et variateurs de fréquence

Dans une station de pompage, le coût de l'équipement électrique dépasse celui des pompes :

- **Relais** la basse tension est bon marché ; à partir de la tension moyenne, coûts supplémentaires considérables
- **Transformateurs**- surcoût considérable
- **Type de démarreur** - surcoût considérable
- **Moteur électrique** - surcoût considérable, encore plus élevé pour la moyenne et la haute tension

Si un réseau de distribution moyenne tension est nécessaire (>200 kW), les coûts augmentent proportionnellement. Les compagnies d'électricité réglementent l'ampérage maximum autorisé pour le démarrage direct (DOL) et la consommation électrique maximum autorisée pour la basse tension.

i) Moteurs à courant alternatif

Le moteur de pompe le plus courant est le moteur à induction triphasé asynchrone, également appelé à cage d'écurieil.

Un moteur à courant alternatif est un moteur électrique entraîné par un courant alternatif (CA). Le moteur à courant alternatif est généralement constitué de deux éléments de base, un stator extérieur fixe dont les bobines sont alimentées en courant alternatif pour produire un champ magnétique rotatif, et un rotor intérieur fixé à l'arbre de sortie produisant un second champ magnétique rotatif. Le champ magnétique du rotor peut être produit par des aimants permanents, des aimants à réluctance, ou des enroulements électriques à courant continu ou alternatif.

Lorsqu'un moteur à courant alternatif est en rotation (mouvement) en régime permanent, les

champs magnétiques du rotor et du stator tournent (se déplacent) avec peu de glissement (quasi-synchronisme).

Les forces magnétiques (répulsives et attractives) entre les pôles du rotor et du stator créent un couple moyen, capable d'entraîner une charge à la vitesse nominale.

Les moteurs asynchrones triphasés à cage d'écurieil sont largement utilisés comme entraînements industriels, dans des tailles adaptées aux applications de distribution d'eau (<200 kW), généralement avec une vitesse nominale :

- 3000 tr/min (ou 3600 à 60 Hz) - moteurs 2 pôles
- 1500 tr/min (1800 à 60 Hz) - moteur 4 pôles
- Dans les anciennes installations, 1000 tr/min (1200 à 60 Hz) - moteurs à 6 pôles

Ils sont fabriqués en série et sont fiables et économiques. Les moteurs à induction à cage d'écurieil sont très largement utilisés dans les applications d'entraînement à vitesse fixe et à fréquence variable (VFD).

Bien qu'ils soient traditionnellement utilisés à vitesse fixe, les moteurs à induction sont de plus en plus utilisés avec des variateurs de fréquence (VFD). Les VFD offrent des possibilités d'économie d'énergie particulièrement importantes pour les moteurs à induction existants et potentiels dans les applications à couple et charge variables telles que les pompes centrifuges.

ii) Indices de rendement énergétique

Parallèlement au débat international sur le rendement énergétique, un système de classification harmonisée au niveau mondial a été établi pour les moteurs asynchrones triphasés basse tension. La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) a élaboré et publié une nouvelle norme pour la détermination des rendements des moteurs dans le monde entier.

La nouvelle norme CEI 60034-30 de 2014 définit et harmonise à l'échelle mondiale les indices de rendement IE1, IE2, IE3 et IE4 pour les moteurs triphasés basse tension dans la plage de 0,12 à 1 000 kW. L'indice IE4 a un rendement super premium, l'indice IE3 un rendement premium, l'indice IE2 un rendement élevé et l'indice IE1 un rendement standard.

Les moteurs IE3 de Grundfos sont conformes à la législation EISA2007 pour les Etats-Unis et sont en avance sur les exigences de l'Union européenne imposées par la directive EuP.

Moteurs IE4 et IE5

Les moteurs Grundfos MGE modèle H/I/J sont les plus efficaces en termes d'énergie. Ces moteurs synchrones à aimants permanents (MSAP) sont spécialement conçus pour les variateurs de fréquence et optimisés pour les applications de pompage et le rendement élevé à charge partielle. Il en résulte des coûts énergétiques et de cycle de vie plus faibles et dépassant le niveau IE4 de la norme IEC60034-30-1, même avec les pertes du variateur de fréquence à moyen terme.

iii) Méthode de démarrage du moteur

La puissance détermine le coût des équipements électriques ; en prenant la tension comme fixe, le courant est la dimension critique. Le couple de démarrage d'un moteur à courant alternatif est généralement supérieur au couple requis d'une pompe centrifuge à hydraulique radiale. Pour cette raison, nous trouvons un potentiel élevé dans la réduction du couple moteur et donc du courant de démarrage.

Il existe plusieurs méthodes de démarrage pour les pompes centrifuges à hydraulique radiale.

Démarrage direct

Cette méthode de démarrage n'est autorisée que pour les petits consommateurs et, dans certains pays, elle est interdite par la loi.

Étoile triangle

C'est le moyen le moins coûteux de réduire raisonnablement le courant de démarrage. Un problème peut être l'absence de courant (chute de couple) pendant quelques millisecondes. Cela affecte les pompes à faible moment d'inertie comme les pompes multicellulaires, les pompes à turbine verticale et les pompes démarrées contre une vanne ouverte.

Transformateur

L'utilisation d'un transformateur pour réduire la tension lors du démarrage du moteur est une bonne solution, mais elle est coûteuse.

Démarrage progressif

Le démarrage progressif avec contrôle du courant est une solution de pointe, où la technologie des semi-conducteurs remplace le câblage en cuivre. Le courant de démarrage est réduit à environ 50 %.

Démarrage par variateur de fréquence

Un démarrage à l'aide d'un variateur de fréquence est une transition progressive d'une fréquence à une autre, ce qui entraîne une réduction significative du couple requis.

Cela permet d'obtenir le courant de démarrage le plus faible de toutes les méthodes, et cette utilisation économique compense le coût initial supplémentaire.

iv) Entraînements à fréquence variable (EFV)

Examinons de plus près les entraînements à fréquence variable dans les applications à usage fréquent et la manière dont les avantages en termes de coûts se présentent.

À différentes vitesses de rotation n , une pompe centrifuge présente différentes courbes caractéristiques, qui sont reliées entre elles par les lois d'affinité.

Si les caractéristiques Hauteur (H) et Puissance (P) en fonction du Débit (Q) sont connues pour une vitesse n_1 , alors tous les points de la courbe caractéristique pour n_2 peuvent être calculés à l'aide des équations suivantes :

$$Q_2 = Q_1 \times n_2/n_1$$

$$H_2 = H_1 \times (n_2/n_1)^2$$

$$P_2 = P_1 \times (n_2/n_1)^3$$

Un changement de vitesse permet de déplacer le point de fonctionnement. Le point de fonctionnement B se déplace le long de la courbe système vers des débits plus faibles lorsque la vitesse de rotation est réduite.

La dépense pour les entraînements à vitesse variable n'est pas faible, mais elle est amortie rapidement pour les pompes qui sont souvent utilisées et qui doivent fréquemment fonctionner à des débits réduits avec une faible hauteur statique.

C'est notamment le cas dans les réseaux de distribution d'eau en plaine, mais pour réguler le débit dans une application d'élévation de l'eau avec une hauteur statique élevée, le variateur de vitesse n'est pas une option - comme vous le voyez dans les formules.

N'oubliez pas :

Le débit diminue proportionnellement à la vitesse, mais la chute de pression est quadratique.

v) Résumé

Alimentation électrique

Le principal facteur de coût est le courant ; une réduction de l'ampérage entraîne une réduction significative du coût des équipements électriques. N'oubliez pas que la sous-station doit être dimensionnée en fonction de la consommation de pointe, en fonction de l'un ou l'autre :

- L'intensité de démarrage d'un moteur de pompe ;
- La consommation d'énergie de toutes les pompes moins une pompe en fonctionnement plus l'intensité de démarrage de la pompe restante.

La question essentielle pour le fournisseur de pompes est de faire baisser l'intensité au démarrage. Cela peut se faire de deux façons :

- Choisir une bonne méthode de démarrage (démarrage progressif ou variateur de fréquence)
- Utiliser des moteurs plus petits, ce qui signifie mettre plus de pompes en parallèle.

Le surcoût des équipements électromécaniques (groupes motopompes) sera compensé par la puissance électrique.

Facteurs de coût pour la conception de la station de pompage

Si l'on considère les coûts d'ingénierie et de conception (largeur et profondeur de la station de pompage), les facteurs de coût de l'équipement électrique sont directement liés à la consommation d'énergie aux heures de pointe. L'essentiel est d'optimiser le courant (ampérage). Le courant maximal de chaque unité n'est pas atteint lors de son fonctionnement, mais à son démarrage. Comme tous les équipements ne sont pas démarrés simultanément, mais un par un, la taille de chaque pompe, combinée à la méthode de démarrage, offre un énorme potentiel d'économies.



9) Conseils de conception

Le chapitre suivant présente quelques conseils et astuces pour assurer le bon fonctionnement de la pompe et de la station de pompage. Il est certainement avantageux de tenir compte de ces questions au stade de la planification et de la conception :

- Comment raccorder une pompe
- Conduite d'aspiration
- Vannes dans les stations de pompage
- Désinfection (chloration)
- Surveillance
- SCADA et solution de contrôle.

a) Réduire les forces exercées par les pompes

Lors du raccordement de la pompe, on commet souvent l'erreur de considérer la pompe comme le point fixe de la canalisation. C'est une confusion, car le déplacement de la pompe dû à la transmission des forces dans les canalisations est la plainte la plus fréquente des clients.

Malheureusement, de nombreux ingénieurs-conseils semblent l'ignorer, en se référant à l'API609 (APIA American Petrol Institute), où sont définies les forces exercées par les entrées/sorties des pompes, des forces très élevées, puis à ces normes API appliquées aux projets de distribution d'eau.

Au lieu de prévoir des points de support pour la canalisation remplie d'eau et des blocs de poussée pour lier les forces latérales de la canalisation dues à l'accélération de la colonne d'eau, ils calculent toutes les forces de la canalisation avec un logiciel sophistiqué et indiquent ces forces comme étant les forces résultantes que la pompe devra supporter. Cela peut fonctionner pour les petites pompes et les petits débits ; cependant, pour les grandes pompes des centrales, un joint de dilatation non contraint peut développer une force suffisante pour déplacer une pompe sur son socle ou, pire encore, déformer le corps de la pompe. Les canalisations doivent toujours être soutenues, et la pompe raccordée sans force ni tension.

b) Eléments essentiels pour les tuyaux d'aspiration et de refoulement

Un bon raccordement de la pompe est essentiel pour un bon fonctionnement de cette dernière. Les éléments suivants doivent figurer sur le plan d'une station de pompage :

Longueur minimale de la conduite d'aspiration (distance entre la pompe et l'élément fonctionnel suivant)

La conduite d'aspiration doit être d'une longueur suffisante et d'un diamètre correct. Le débit est préaccélééré avant d'entrer dans la pompe ; pour une pompe de 3600 min⁻¹, cela va de 0 m/s dans le réservoir, à 1 m/s dans la conduite principale et le collecteur d'aspiration, à environ 2 m/s dans la branche d'aspiration et 4 m/s dans l'orifice d'entrée de la pompe.

Réducteur excentrique du côté aspiration, réducteur concentrique du côté refoulement

La pièce de réduction doit être excentrique et ne doit pas être montée directement sur la bride de la pompe. Une distance minimale entre la pompe et tous les éléments fonctionnels tels que les vannes, les coudes, les cônes de 3 à 5 fois le diamètre de la conduite doit être respectée.

Support de conduite et bloc de poussée (point fixe) pour limiter les forces horizontales et verticales

Soutenir la conduite et assurer un point fixe massif (bloc de béton) près de la pompe, côté refoulement.

Pièces de démontage et soufflets verrouillables contre les mouvements latéraux

Les joints de dilatation des conduites doivent être retenus (type à 3 brides), afin de s'assurer que toutes les conduites sont rattachées au point de support fixe.

c) Longueur recommandée de la conduite d'aspiration

Vous pouvez trouver différentes mesures pour la conduite d'aspiration, en recommandant 4 à 6 fois le diamètre de la conduite, conformément à la norme ANSI HI 9.6.6. La distance entre la pompe et l'élément fonctionnel suivant (dans ce cas, le réducteur) doit être de 2 à 3 fois le diamètre de la conduite.

Dans le cas de pompes entraînées par un moteur 2 pôles avec une accélération pouvant atteindre un facteur 5 (0,8 à 4,0 m/s), la conduite doit être plus longue, et une réduction de la valeur NPSH disponible de 2 m doit être envisagée.

Pour les pompes à rotation lente, il est courant de fixer le réducteur directement sur la bride d'aspiration de la pompe.

d) Poches d'air dans les canalisations

L'air dans les canalisations peut causer beaucoup de bruit et peut réduire les performances des pompes. Le bruit de l'air dans les canalisations est souvent un bruit de vibration ou un tic-tac rapide semblable au rythme d'une mitrailleuse - et peut être pire qu'un coup de bélier.

L'air dans les canalisations peut être difficile à évacuer, car il a tendance à être piégé dans les points hauts du circuit, où il est difficile de l'expulser. Lorsque l'eau se déplace dans les canalisations, elle brise les poches d'air en petites bulles. L'eau passe ensuite le long des bulles, laissant l'air piégé dans les canalisations. Ces minuscules bulles se déplacent, se dilatent et se contractent, créant le son de vibration rapide que vous entendez.

Le rendement de la pompe est affecté car la pompe ne fait pas que déplacer l'eau, mais aussi comprimer les bulles d'air, et ces bulles d'air occupent l'espace en agissant de la même manière qu'une vanne à demi fermée, réduisant le passage de l'eau dans la canalisation.

e) Vannes de désaération

Les vannes de désaération, ou vannes de purge, libèrent lentement les poches d'air qui s'accumulent aux points hauts du réseau de canalisations. Dans les stations de pompage, elles sont recommandées sur le corps supérieur des pompes horizontales à plan de joint et sur le coude de refoulement d'une pompe à turbine verticale. Ce type de vanne est commandé par un flotteur, tombant et ouvrant le siège pour libérer l'air lorsque celui-ci s'accumule dans le corps de la vanne. Une fois l'air évacué et le niveau d'eau élevé, le flotteur ferme la vanne.

f) Vannes d'isolement (robinets d'arrêt)

Les vannes d'isolement (robinets d'arrêt) des stations de pompage servent à isoler les branches des canalisations en cas de travaux de réparation ou de maintenance. Elles sont généralement entièrement ouvertes ou entièrement fermées. Les vannes qui restent dans une position pendant une période prolongée deviennent difficiles, voire impossibles à faire fonctionner, sauf si elles sont actionnées de temps en temps.

Les vannes d'isolement (robinets d'arrêt) peuvent être de différents types :

- Les vannes à soupape
- Clapets à bille (comme les clapets à cône et à boisseau)
- Les vannes papillons
- Les robinets-vannes

Tous les types de vannes sont disponibles dans tous les diamètres et le critère de sélection du type de vanne est la perte de charge (ou le coefficient de frottement ζ).

Pour toutes les tailles, le clapet à bille est le meilleur ; surtout pour les petites tailles. Le robinet-vanne est le deuxième choix, et dans les grandes tailles, c'est l'option la moins chère. Au-delà de DN 150, la vanne papillon est comparable au robinet-vanne. Parfois, les vannes d'isolement sont également utilisées pour l'étranglement (voir ci-dessous).

g) Vannes d'isolement pour la régulation de la pression et du débit

L'utilisation de vannes d'isolement (robinets d'arrêt) pour l'étranglement de la canalisation est étonnamment courante. Cette méthode est souvent utilisée lorsque la pression de refoulement est trop faible, ce qui provoque des vibrations et une éventuelle cavitation de la pompe. Cela se produit lorsque la pression de refoulement est inférieure à la pression de fonctionnement admissible pour la pompe, à un débit spécifique. L'étranglement résout le problème de la pompe, mais gaspille de l'énergie et n'est certainement pas recommandé. Réduire la vitesse de la pompe, réduire la roue de la pompe ou même changer la pompe peut être une meilleure option qui permet d'économiser de l'argent à long terme.

Faire fonctionner la vanne partiellement fermée entraînera une très grande vitesse au niveau du bord de la vanne ou du disque, et peut provoquer une cavitation qui détruira la vanne et la canalisation. Les robinets-vannes ne doivent pas être utilisés pour l'étranglement. L'effet d'étranglement ne se produit que dans les derniers 5 % de la fermeture de la vanne. Les vannes papillons peuvent être utilisées pour l'étranglement, mais elles ne permettent pas

une bonne régulation.

Les clapets à bille ont de meilleures caractéristiques de régulation, réduisant la section de la canalisation de manière plus constante et plus contrôlable. Cela signifie que l'étranglement fonctionne bien, mais ne doit pas être pratiqué pour un fonctionnement permanent, car l'accélération du débit dans l'espace réduit produit de l'usure. Pour la régulation du débit, l'utilisation d'un variateur de vitesse (VFD) est certainement recommandée. Cependant, on ne peut pas échapper au fait que des vannes d'isolement sont utilisées pour la régulation du débit.

La modification du débit Q par vanne de régulation est la méthode la plus simple, non seulement pour un réglage unique du débit mais aussi pour sa régulation continue, car elle nécessite le moins d'investissement. Mais c'est aussi le moyen qui consomme le plus d'énergie, car l'énergie du débit est convertie de manière irréversible en chaleur. En augmentant intentionnellement la résistance du réseau, c'est-à-dire en modifiant la courbe du réseau, la pompe est forcée de passer à un autre point de fonctionnement.

Si la régulation du débit doit se faire par des vannes en fonctionnement permanent, elle ne doit pas se faire par des vannes d'isolement. En l'absence de variateurs de vitesse ou pour des conditions de travail particulières (également à la centrale), vous avez besoin des vannes de régulation de débit suivantes :

- **Faible débit/petite taille (DN 50 - 150)**
Robinet à soupape avec un cône d'étranglement ou une tige d'étranglement cylindrique perforée et un sens d'écoulement inverse.
- **Grande taille (DN 100 – 1400)**
Les vannes à piston ou à pointeau sont habituelles

Le cylindre perforé se trouve également dans les vannes de régulation de débit automatiques.

h) Clapets anti-retour

Un clapet anti-retour est généralement nécessaire pour empêcher l'inversion du flux et empêcher la pompe de fonctionner comme une turbine en cas de reflux, et la protéger des ondes de choc provoquées par les coups de bélier. Il permet de maintenir la canalisation remplie lorsque les pompes ne fonctionnent pas.

Par rapport à la sélection d'autres clapets, le choix du clapet approprié pour ces applications est beaucoup plus difficile. Cependant, le fonctionnement d'un clapet anti-retour mal choisi et mal installé est certainement à éviter.

Les clapets anti-retour doivent être placés à une distance minimale de 4 à 5 fois le diamètre de la canalisation autour de la pompe, afin d'éviter que les turbulences de cette dernière n'entraînent le flottement du disque de clapet et l'usure de ses roulements. Les clapets anti-retour installés dans les canalisations verticales peuvent être recouverts par la sédimentation lorsque la pompe ne fonctionne pas - selon le type et la qualité - et cela peut constituer un sérieux problème.

Il existe une grande variété de clapets anti-retour. Les types les plus courants sont les suivants :

- Les clapets anti-retour à battant
- Les clapets anti-retour à bille
- Les clapets anti-retour à charnière élastique
- Les clapets anti-retour à disque basculant
- Les clapets anti-retour à double disque
- Les clapets anti-retour à charnières élastiques (ressort)
- Les clapets anti-retour silencieux
- Les clapets anti-retour à buse

La perte de pression dynamique est l'un des critères qui détermine leur adéquation par rapport à la conception des stations de pompage. Comme pour les vannes d'isolement, la perte de charge (ou le coefficient de frottement ζ) est un critère de sélection. Celle-ci diffère beaucoup entre les différents types de clapets anti-retour, et d'un fabricant à l'autre. Il est très important de vérifier les caractéristiques de fermeture du clapet.

Claquement du clapet anti-retour

Le claquement du clapet anti-retour se produit

après l'arrêt de la pompe lorsque le flux du système revient vers la pompe avant que le clapet anti-retour ne soit complètement fermé. L'inversion du flux provoque la fermeture rapide du clapet anti-retour sur la partie restante de sa course. L'écoulement inverse est alors instantanément arrêté par le clapet fermé, ce qui provoque un coup de bélier dans la canalisation.

Pour éviter le claquement du clapet anti-retour, celui-ci doit se fermer très rapidement avant qu'un flux inversé sensible ne se produise ou très lentement une fois que le flux inversé s'est développé.

Pour se fermer rapidement :

- Le disque doit avoir une faible inertie et un faible frottement,
- Le déplacement du disque doit être court, ou
- Le mouvement doit être assisté par des ressorts.

La solution pour empêcher le claquement des clapets anti-retour n'est pas de trouver le clapet qui se ferme le plus rapidement et d'en faire la «norme». Il faut plutôt faire correspondre les caractéristiques de non claquement du clapet anti-retour avec le système de pompage. Chaque clapet anti-retour présente des avantages inhérents tels qu'un faible coût, une faible perte de charge ou des caractéristiques de débit particulières. La meilleure solution n'est pas nécessairement celle qui se ferme le plus rapidement et qui présente donc le moins de risques de claquement.

Pour une application à faible hauteur et grande longueur de canalisation, il y a moins de possibilités d'inversion rapide du flux, et le clapet anti-retour le plus simple et le moins coûteux peut être utilisé sans subir de claquement. En revanche, une station à pompes multiples qui envoie de l'eau vers un système à hauteur élevée avec un réservoir surélevé ou pneumatique à proximité connaîtra une inversion de flux extrêmement rapide, et seuls certains clapets anti-retour peuvent être utilisés sans claquement.

Le calcul de la décélération est complexe ; il est fonction de nombreux paramètres tels que l'inertie de la pompe, l'inertie (longueur) de la colonne de liquide, les pertes de charge dans le circuit, la hauteur statique et la pente de la canalisation.

Les ingénieurs s'appuient généralement sur une simulation informatique du système pour calculer la décélération.

TYPE DE CLAPET	VITESSE DU FLUX INVERSE	FORCE DU CLAQUEMENT
Clapet anti-retour à buse	60 mm/s	Aucun
Clapet anti-retour silencieux	100 mm/s	Aucun
Clapet anti-retour à double disque	200 mm/s	Doux
Clapet anti-retour à disque basculant	240 mm/sec	Doux
Clapet anti-retour à battant souple	550 mm/sec	Fort
Clapet anti-retour à battant	> 600 mm/s	Fort

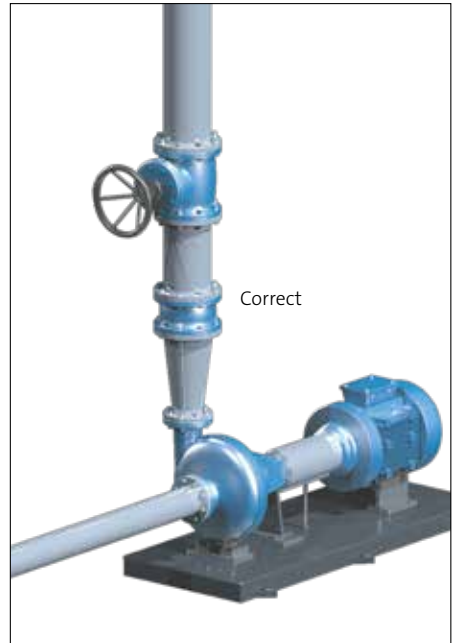
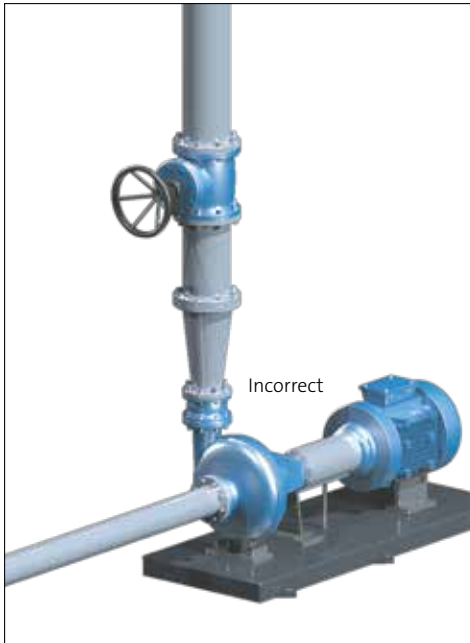
Bonnes/mauvaises pratiques et leurs effets sur les coûts de fonctionnement

La bonne pratique pour la conception de la conduite d'aspiration et de refoulement avec leurs éléments signifie la détermination des points suivants :

- Les diamètres de la conduite avec la vitesse d'écoulement souhaitée inférieure à 2 m/s, en fonction de la longueur de la conduite (la distance entre la pompe et le collecteur d'aspiration/ refoulement)
- Augmentation immédiate du diamètre de la bride de refoulement.
- Une longueur de conduite vers le clapet anti-retour et le robinet d'arrêt.

La photo de gauche montre un exemple d'une conception vraiment médiocre.

Le clapet anti-retour est monté directement sur la bride de refoulement de la pompe, avec un petit diamètre d'expansion d'une seule taille. L'augmentation de la pression de fonctionnement due au petit clapet anti-retour entraînera une augmentation du coût de l'énergie électrique et dépassera en très peu de temps la différence de prix pour un investissement dans un clapet anti-retour plus grand.



i) Désinfection au chlore

La désinfection efficace de l'eau potable est aussi vieille que l'approvisionnement public en eau lui-même. Les paramètres microbiologiques pour le traitement de l'eau potable comprennent des bactéries coliformes et des espèces pathogènes spécifiques de bactéries, de virus et de parasites protozoaires.

Bien que l'objectif soit le même, fournir une eau propre et saine, les méthodes utilisées pour y parvenir sont nombreuses. Les méthodes les plus courantes de désinfection de l'eau sont les méthodes chimiques.

Désinfection au chlore dans les stations de pompage

Le but de la désinfection au chlore dans les stations de distribution d'eau, contrairement aux stations d'épuration, n'est pas de purifier l'eau des germes et des substances organiques, mais de lutter contre la contamination bactérienne et l'encrassement du circuit des canalisations.

Pour cette raison, le dosage est discontinu et appliqué à une concentration élevée (appelée chloration choc), souvent injectée dans le collecteur d'aspiration pour utiliser la pompe comme mélangeur.

Le chlore fonctionne en formant de l'hypochlorite lorsqu'il est dissous dans l'eau. C'est un oxydant à action rapide qui a un large effet biocide. Il est très efficace à de faibles concentrations. L'excellente libération prolongée du chlore est particulièrement bénéfique, car il continue à désinfecter un circuit de canalisation pendant une période relativement longue.

Le dioxyde de chlore (ClO₂) assure une parfaite désinfection durable de l'eau. En tant que bactéricide, sporicide, viricide et algicide, le dioxyde de chlore est très efficace, y compris contre les micro-organismes résistant au chlore. En termes de paramètres sensoriels, le dioxyde de chlore ne modifie ni le goût ni l'odeur de l'eau. Il est moins corrosif que l'hypochlorite dans les canalisations et est efficace contre le biofilm.

Il supprime la source de nutriments et le foyer des microorganismes, ce qui prolonge encore l'effet de désinfection.

Les concentrations utilisées pour l'hypochlorisation sont très élevées ; l'injection de dioxyde de chlore n'est pas corrosive.

Grundfos propose trois méthodes d'injection de chlore différentes, et la décision de choisir une méthode plutôt qu'une autre n'est souvent pas une question de qualité ou de résultat, mais se fonde sur les lois, normes et réglementations nationales ou locales.

j) Surveillance des pompes (ou instruments et dispositifs de régulation)

La raison principale de la surveillance des pompes est la supervision des opérations et des performances. De nombreuses stations de pompage fonctionnent sans surveillance et les dommages matériels potentiels sont importants en cas de dysfonctionnement grave. Les instruments doivent être choisis en fonction de leur fiabilité inhérente et des dispositifs de secours sont nécessaires ; les conséquences d'une défaillance des composants doivent être soigneusement étudiées.

Cependant, deux autres aspects prennent de plus en plus d'importance :

- La détection de l'usure
- L'acquisition des données

La détection de l'usure repose sur le concept de maintenance préventive qui, contrairement à l'intervalle de maintenance classique, permet de remplacer les pièces d'usure lorsque cela est vraiment nécessaire. L'acquisition de données est une condition préalable à l'exploitation d'un système SCADA.

Ce qu'il faut surveiller

La recherche de ce qu'il faut surveiller peut être envisagée à partir des trois domaines suivants qui doivent être intégrés dans un concept de surveillance des pompes :

- Surveillance des performances des pompes et analyse des systèmes de pompage ;
- Surveillance des vibrations et de la température des roulements ;
- Inspections visuelles.

Individuellement, chacun d'entre eux est un indicateur important ; conjointement, ils donnent une représentation complète de l'état réel de la pompe. Il est important de les examiner :

- Débit
 - Fonction générale
 - Calculer du rendement
 - Profil de charge

- La pression d'entrée/de sortie
 - Dysfonctionnement (cavitation)
 - Calcul du rendement
 - Profil de charge
- Température de palier
 - Dysfonctionnement
 - Détection de l'usure
- Vibration
 - Dysfonctionnement (cavitation)
 - Désalignement
 - Usure (roulements)
- Ampérage (consommation électrique)
 - Fonction générale
 - Calcul du rendement
 - Détection de l'usure (bagues d'usure)
- Surveillance en triphasé
 - Prévention des dommages
- Température des enroulements du moteur
 - Prévention des dommages

Pour chaque mesure, deux valeurs doivent être définies et programmées dans l'automate :

- Alarme
- Déclenchement (arrêt)

Pour les performances des pompes, la surveillance doit idéalement couvrir cinq paramètres :

- Pression d'aspiration
- Pression de refoulement
- Débit
- Vitesse de la pompe
- Puissance

La mesure des vibrations et de la température permet de détecter les dysfonctionnements mécaniques, et une inspection visuelle est inévitable en cas de mauvaise interprétation de la mesure.

Utilisation des données et détection de l'usure

Au minimum, les pressions d'aspiration et de refoulement sont essentielles pour déterminer la hauteur de la pompe. Il est essentiel de comprendre la hauteur de la pompe pour estimer où la pompe fonctionne par rapport à son meilleur point de rendement (BEP) - même si le débit n'est pas mesuré. La consommation d'énergie calculée à partir de l'ampérage, mesurée avec la courbe caractéristique,

peut prouver (ou infirmer) que la pompe fonctionne bien. Si les données acquises ne sont pas cohérentes, le débit doit être mesuré.

La surveillance de la température et des vibrations des paliers est liée au concept de maintenance préventive ; cependant, elle peut être utilisée pour la surveillance du fonctionnement. Le fonctionnement à charge partielle peut augmenter la température des paliers et le niveau de vibration. La perte du bon alignement, causée par un coup de bélier, par exemple, peut également être détectée.

Inspection visuelle

Une augmentation lente mais constante des vibrations, de la température des paliers et de la consommation d'énergie (ampérage) avec des données hydrauliques inchangées peut indiquer une usure des paliers et une augmentation de l'écart entre la roue et les bagues d'usure du corps. Cela peut être confirmé par une inspection visuelle.

Systèmes SCADA

Un système de supervision et d'acquisition des données (SCADA) est non seulement utilisé pour la visualisation d'une installation dans un système SCADA, mais c'est aussi le format le plus puissant dans la conception des stations de pompage ; le «diagramme de processus et d'instrumentation», également appelé «diagramme unifilaire». C'est surtout le cas au stade de la conception.

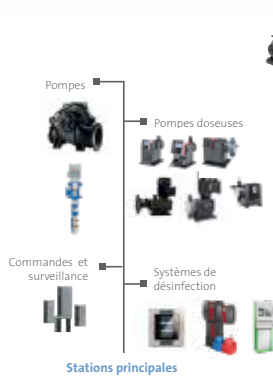
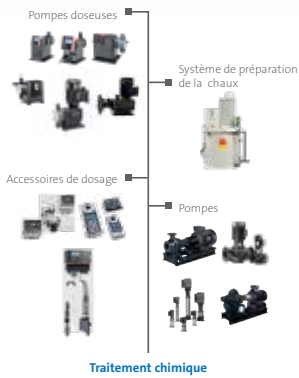
Analyse et gestion des données

Aujourd'hui, les données sont collectées et analysées de nombreuses manières. Grundfos a développé et continue de développer des commandes et plateformes intelligentes, utilisant les données pour la prévention des pannes, l'apprentissage des machines, les tendances et les alarmes anticipées pour les systèmes de pompage et les réseaux..

PRODUITS ET SOLUTIONS







Distribution d'eau

Sédimentation Dessalement



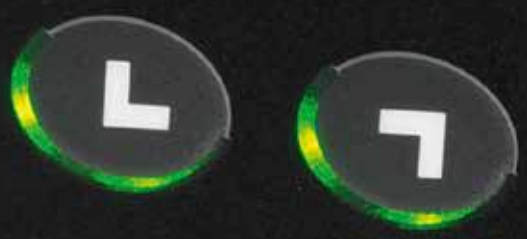
Distribution basée par la demande



Grundfos iSOLUTIONS



09m
8:20h
0:00h
0:00h
0:00h



System run ●
Alarm ●



GRUNDFOS iSOLUTIONS

L'optimisation et l'intelligence des systèmes caractérisent les Grundfos iSOLUTIONS. Construites à partir de nos offres complètes de commande et de communication, vous obtenez un système d'approvisionnement en eau intelligent qui vous permet de réaliser des économies grâce à la réduction de la consommation d'eau non génératrice de revenus (NRW), et à un meilleur rendement pour des coûts énergétiques réduits. Nous proposons des intégrations et une mise en service de votre installation avec tous les composants provenant d'un seul et même fournisseur.



SURVEILLANCE ET GESTION DES POMPES

– GRUNDFOS REMOTE MANAGEMENT

Avec la solution de gestion à distance Grundfos, vous bénéficiez d'une surveillance, d'une analyse et d'une gestion à distance incluses dans un abonnement à faible coût. Il n'y a pas de coût initial ni de frais supplémentaires pour le matériel et les logiciels. Toutes les données sont stockées dans des installations sécurisées auxquelles seuls les utilisateurs abonnés ont accès. Différents profils d'utilisateurs peuvent être configurés pour différents niveaux d'accès, en fonction de la complexité de votre installation.

- Accédez à vos données depuis un téléphone, une tablette ou un PC, et consultez rapidement l'état de vos pompes et installations.
- Réduisez les coûts de maintenance en passant à un mode opérateur préventif et passez des contrôles de routine à une maintenance planifiée et efficace uniquement lorsque cela est nécessaire.
- Des avertissements en temps utile permettent un service préventif avant que les alarmes ne se déclenchent, ce qui réduit les pannes coûteuses. Grâce à l'accès aux données clés, vous pouvez planifier la maintenance et les réparations.



COMMANDE MOBILE

– GRUNDFOS GO REMOTE

Conçue pour faire gagner du temps et des efforts au propriétaire de la pompe, cette plateforme est la plus complète du marché. Elle offre une assistance manuelle intuitive et un accès aux outils en ligne Grundfos, ce qui permet de gagner un temps précieux pour la rédaction de rapports et la collecte de données.

- Regroupez les pompes, modifiez les paramètres de configuration et surveillez les données de la pompe.
- Les codes d'erreur descriptifs facilitent le dépannage.
- Gagnez du temps, grâce à des liens rapides vers la documentation, un outil de remplacement et des mises à jour automatiques.



DISTRIBUTION PILOTEE PAR LA DEMANDE

– DDD (DEMAND DRIVEN DISTRIBUTION)

Grundfos Demand Driven Distribution est la première solution de gestion de la pression qui combine une mesure précise de la pression du réseau et une commande avancée de la pompe à la station de pompage en fonction de ces mesures. La solution compense la pression excessive du réseau en adaptant le point de consigne au débit réel. Cela se fait en mesurant la pression aux points critiques du système.

- Réduction des fuites (eau non potable) - moins d'eau perdue par les fuites et les ruptures de canalisations.
- Économies d'énergie - réduire la consommation excessive d'énergie en raison d'une pression trop élevée et du pompage d'une eau perdue du fait des fuites.
- Réduction des coûts de fonctionnement et de maintenance - une pression adaptée permet de réduire les coûts de réparation dus aux fuites et de prolonger la durée de vie de l'installation.



COFFRET DE COMMANDE MULTIPOMPES

– MPC (MULTI-PUMP CONTROLLER)

Grundfos Control MPC est un coffret de commande avec un régulateur CU352 qui permet de surveiller et de commander jusqu'à six pompes identiques connectées en parallèle. Le Control MPC est facile à installer et à configurer et permet l'affectation d'une pompe de secours, le changement forcé de pompe et la protection contre la marche à sec pour augmenter la fiabilité du système, réduire les temps d'arrêt et la maintenance coûteuse. La montée en pression progressive minimise le risque de coup de bélier, réduisant ainsi les fuites et les coûts de maintenance des canalisations.

- Régulateur en cascade intelligent basé sur le rendement des pompes
- Le démarrage et l'arrêt des pompes sont basés sur les données détaillées de la courbe des pompes
- Détection des fuites dans les clapets anti-retour, protection contre les fuites
- Réduction de l'usure due à la cavitation (pompe hors plage de fonctionnement)

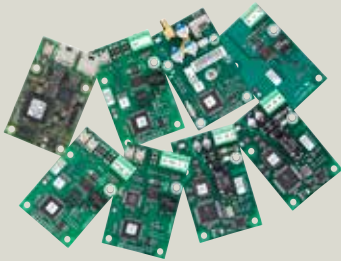


VARIATEURS DE FRÉQUENCE EXTERNES

– CUE

Une gamme complète de variateurs de fréquence externes conçus pour la régulation de la vitesse d'une large gamme de pompes Grundfos pour l'alimentation en eau, les eaux usées et l'irrigation. Un guide de démarrage spécial vous guidera dans la mise en place du CUE.

- Les modes de régulation prédéfinis, la gamme de capteurs et les données de la gamme de pompes permettent de mettre en service un système très facilement en quelques étapes seulement.
- Partage de l'interface intuitive unique de Grundfos avec l'équipement de commande Grundfos.
- Installation et configuration très simples - 16 étapes suffisent pour mettre en service un système.



INTERFACES DE COMMUNICATION DE BUS DE TERRAIN

– CIM/CIU

Le concept de bus de terrain Grundfos est la solution idéale pour la régulation complète des pompes et systèmes de pompage. Le module d'interface de communication (CIM) et l'unité d'interface de communication (CIU) permettent la communication de données via des réseaux ouverts et interopérables.

- Facilité d'installation et de mise en service, convivialité et excellent rapport qualité-prix.
- Tous les modules sont basés sur des profils fonctionnels standard pour une intégration simple dans le réseau et une compréhension aisée des points de données.
- Prise en charge de nombreux produits Grundfos.



UNITÉ DE PROTECTION MOTEUR – MP 204

Une protection moteur fiable, facile à installer et à utiliser pour toutes les pompes et applications Grundfos, pour des moteurs allant de 3 à 999 ampères et des tensions de 100 à 480 VAC qui protège les moteurs de pompe contre les sous-tensions, les surtensions et autres variations d'alimentation et surchauffes.

- Mesure du facteur de puissance, donnant une indication sur le colmatage ou l'usure de la roue.
- Contrôle continu et précis de la consommation d'énergie du moteur, arrêt de la pompe avant la marche à sec, prévention des dommages sur la pompe.
- Alertes de défaut de terre/résistance de l'isolation, permettant l'entretien préventif du moteur, des câbles ou des jonctions de câbles.

STATIONS DE POMPAGE POUR LE CAPTAGE DE L'EAU

La principale caractéristique des stations de captage de l'eau est la variation du niveau d'aspiration de l'eau. Il est nécessaire que les pompes immergées sans amorçage aient une faible valeur NPSH.



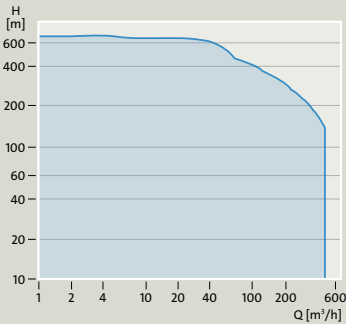


POMPES IMMERGEES

– SP

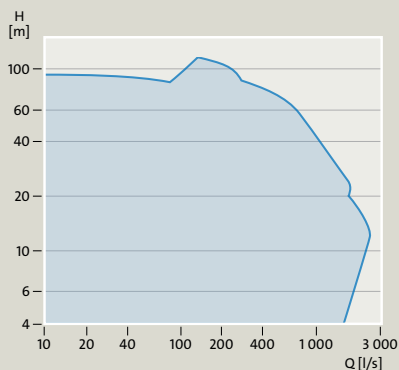
Gamme complète de pompes immergées pour les eaux souterraines, conçues pour offrir un rendement optimal pendant les périodes de forte demande, avec une longue durée de vie et une maintenance facile.

- L'hydraulique de pointe offre un rendement élevé et des coûts de fonctionnement réduits
- Entièrement en acier inoxydable pour garantir une grande fiabilité et une longue durée de vie, même dans des environnements corrosifs.
- Un seul fournisseur pour la pompe, le moteur et les commandes assurant une solution de pompage complète et optimale.



CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

- Puissance moteur : 0,37 kW à 250 kW
- Débit (Q) : Maximum de 470 m³/h
- Hauteur (H) : Maximum 670 m
- Température du liquide : 0 °C à +60 °C
- Diamètre de refoulement : 1" à 6"
- Diamètre : 4", 6", 8", 10", 12"



POMPES DE TRANSFERT D'EAU – GAMME S

Ces puissantes pompes de transfert d'eau brute sont sélectionnées pour leur robustesse, leur durabilité et leurs caractéristiques innovantes telles que le système SmartTrim de réglage du jeu de la roue et le Smart Seal pour la prévention des fuites.

- Pompes de transfert d'eau à haut rendement et résistantes.
- Le système breveté SmartTrim, qui permet un réglage extrêmement facile de la roue, maintient des performances élevées et de faibles coûts de cycle de vie.
- Le joint d'accouplement automatique SmartSeal assure un raccordement totalement étanche entre la pompe et l'unité de base.

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

- Puissance moteur : Jusqu'à 520 kW
- Débit (Q) : 2 500 l/s (9 000 m³/h)
- Hauteur (H) : 116 m
- Température du liquide : 0 °C à +40 °C
- Diamètre de refoulement : 80 à 600 mm
- Section de passage : Jusqu'à 145 mm
- Classe d'isolation : F (H sur demande)
- Pression de service maximale : PN 10
- Rendement hydraulique maximal : 85 %

N'a pas de certification pour l'eau potable

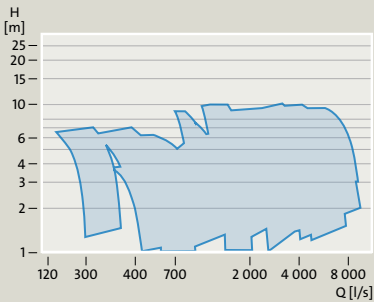


POMPE À HÉLICE AXIALE – KPL

Pompe à hélice axiale conçue pour les applications de transfert d'eau brute et autres applications similaires à haut débit et faible hauteur manométrique.

Le système Turbulence Optimiser™ réduit les turbulences dans l'espace entre la volute de la pompe et la colonne.

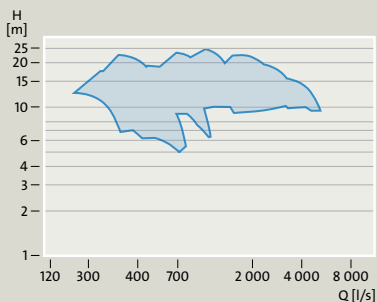
- Turbulence Optimiser™, pour un rendement hydraulique maximal de 86 %, le meilleur de sa catégorie.
- Moteurs haute tension pour des coûts d'installation réduits
- Hélice inclinée haute précision réduit les risques de blocage



CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

- Puissance moteur : 11 à 700 kW (jusqu'à 850 kW sur demande)
- Débit (Q) : 9 200 l/s (33 120 m³/h)
- Hauteur (H) : 10 m
- Température du liquide : 0 °C à +40 °C
- Diamètre de refoulement : Jusqu'à 2 200 mm
- Classe d'isolation : F
- Profondeur d'installation maximale : 20 m
- Rendement hydraulique maximum : 86 %

N'a pas de certification pour l'eau potable



POMPE A ÉCOULEMENT MIXTE – KWM

Pompe à écoulement mixte conçue pour les applications de transfert d'eau brute, la recirculation et autres applications de pompage à haut débit et à faible hauteur manométrique.

- Turbulence Optimiser™, pour un rendement hydraulique maximal de 86 %, le meilleur de sa catégorie.
- Moteurs haute tension pour des coûts d'installation réduits.
- Robuste, fiable et efficace pour un rapport qualité-prix optimal.

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

- Puissance moteur : 11 à 700 kW (jusqu'à 850 kW sur demande)
- Débit (Q) : 5 555 l/s (20 000 m³/h)
- Hauteur (H) : 20 m (jusqu'à 400 m sur demande)
- Température du liquide : 0 °C à +40 °C
- Diamètre de refoulement : colonne (FPV jusqu'à DN 2 200)
- Classe d'isolation : F
- Profondeur d'installation maximale : 20 m
- Rendement hydraulique maximum : 85 %

N'a pas de certification pour l'eau potable

STATIONS DE POMPAGE PRINCIPALES

Pour les stations de pompage principales, la caractéristique essentielle est le transport de grands volumes. Il faut des pompes à haut rendement, capables de gérer des débits élevés.







POMPE HORIZONTALE À PLAN DE JOINT

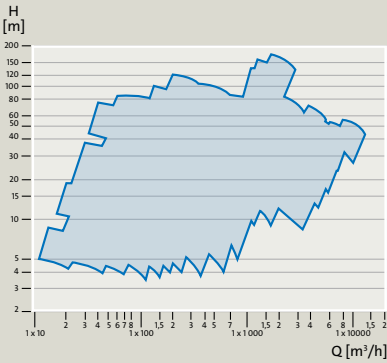
– LS

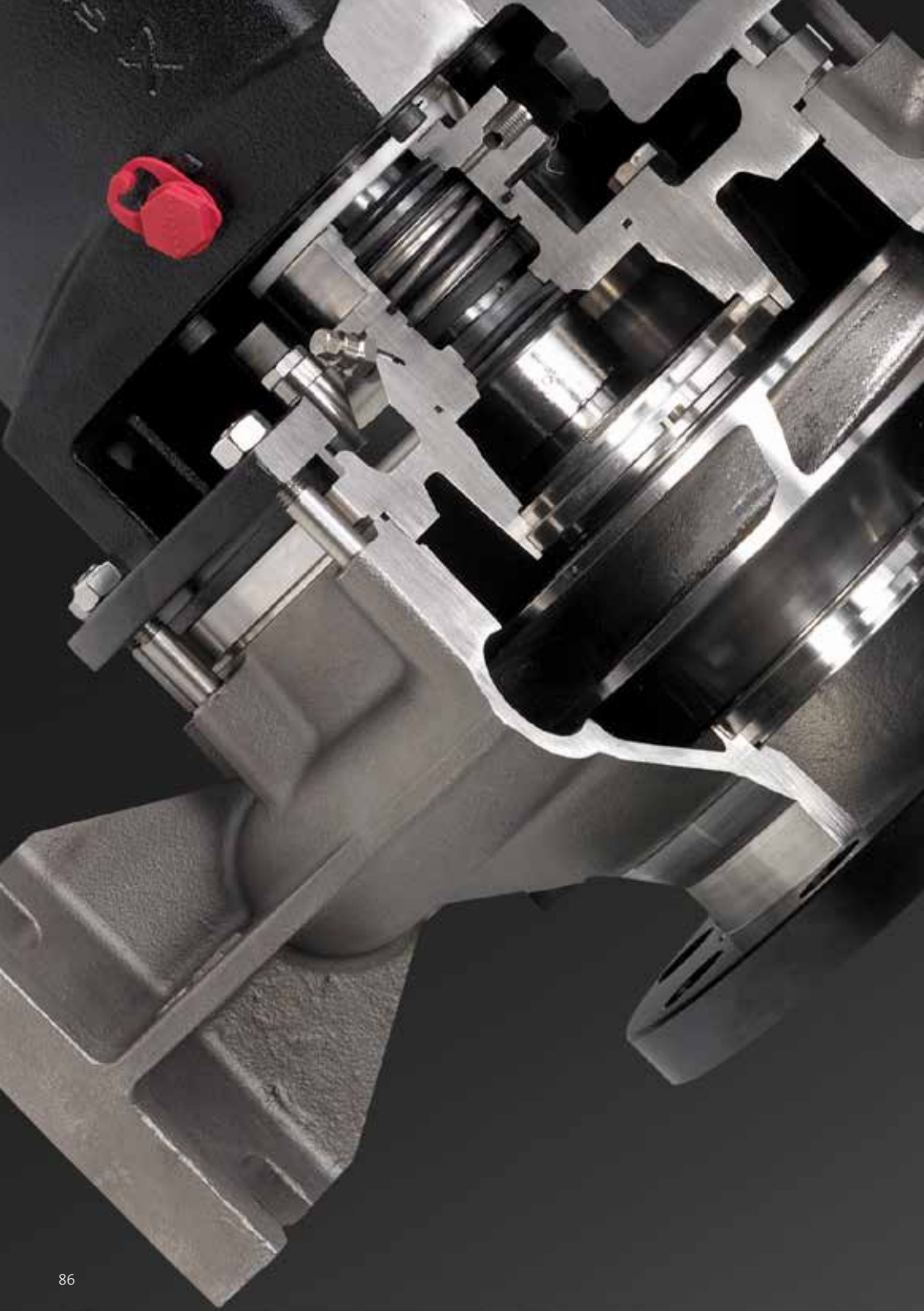
Cette pompe horizontale à plan de joint est une pompe centrifuge monocellulaire, non auto-amorçante. Sa conception permet de retirer facilement le corps supérieur et d'accéder aux composants de la pompe sans démonter ni le moteur ni la canalisation.

- Pompe à faible NPSH_{requis} à grand volume et à haut rendement.
- Robuste et nécessitant peu d'entretien
- La double aspiration minimise la charge axiale, ce qui prolonge la durée de vie des bagues d'usure, des garnitures mécaniques et des paliers.
- La double volute réduit les forces radiales et minimise le bruit et les vibrations.

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

- Puissance moteur : 1,1 à 2 240 kW
- Débit (Q) : 12 à 12 000 m³/h
- Hauteur (H) : 8 à 165 m
- Température du liquide : 0 °C à +100 °C
- Diamètre de refoulement : DN 50 à DN 800
- Pression de service maximale : 10 ou 16 bar
- Rendement hydraulique maximal : 91,5 %







STATIONS DE POMPAGE LOCALES

Une station de pompage locale est caractérisée par des variations de débit et de pression. Le système de pompage doit permettre une régulation à vitesse variable.

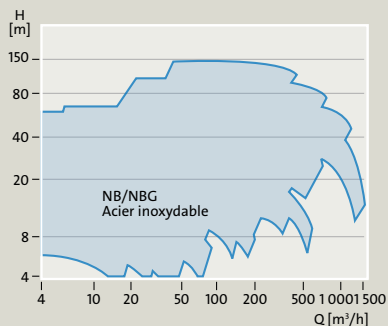
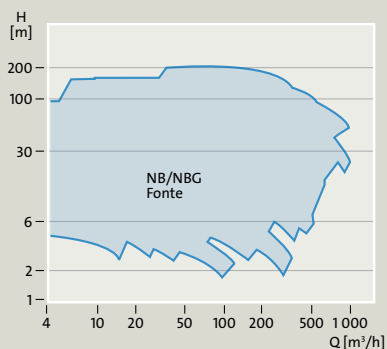


POMPES NORMALISÉES MONOCELLULAIRES À ASPIRATION AXIALE

– NB/NBG/NBE/NBGE

Pompes à aspiration axiale multifonctions pour des applications fiables et rentables telles que l'approvisionnement en eau.

- Haut rendement.
- Le joint torique entre le corps de la pompe et le carter ne présente aucun risque de fuite.
- Corps, roue et bague d'usure en différents matériaux pour une meilleure résistance à la corrosion.
- Également disponible avec un moteur MGE à aimant permanent jusqu'à 11 kW avec variateur de fréquence intégré et indice de rendement IE5.



CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

- Puissance moteur : 0,55 à 200 kW
- Débit (Q) : Jusqu'à 2 200 m³/h
- Hauteur (H) : 210 m
- Température du liquide : -25 °C à +140 °C
- Diamètre de refoulement : DN32 à DN250
- Section de passage : 4 à 34 mm
- Pression de service maximal : 16/25 bar
- Rendement hydraulique maximal : 88,5 %

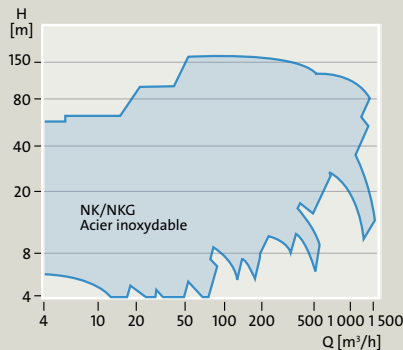
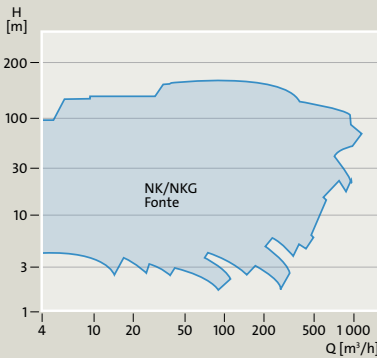


POMPES NORMALISÉES MONOCELLULAIRES À ASPIRATION AXIALE

– NK/NKG/NKE/NKGE

Pompes à aspiration axiale pour des applications telles que l'adduction d'eau et l'irrigation. Sa conception permet un démontage facile du moteur, de l'accouplement, du support de palier et de la roue sans démonter le corps de pompe ni la tuyauterie. Les dimensions de ces pompes sont conformes aux normes EN733 ou ISO2858.

- Hydraulique optimisée pour un pompage à haut rendement.
- Joint torique entre flasque et corps de pompe pour assurer l'étanchéité.
- Conception optimale pour un démontage facile, idéal en maintenance.
- Également disponible avec un moteur MGE à aimant permanent jusqu'à 11 kW, variateur de fréquence intégré et rendement IES



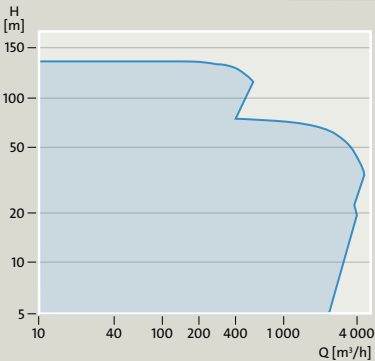
CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

- Puissance moteur : 0,55 à 460 kW
- Débit (Q) : Jusqu'à 2 200 m³/h
- Hauteur (H) : 210 m
- Température du liquide : -25 °C à +200 °C
- Diamètre de refoulement : DN32 à DN250
- Section de passage : 4 à 34 mm
- Pression de service maximale : 16/25 bar
- Rendement hydraulique maximal : 88,5 %



GROUPE DE SURPRESSION POUR STATIONS DE POMPAGE LOCALES

Dans une station de surpression, la caractéristique principale est l'augmentation de la pression. Cela nécessite des pompes compactes en ligne



POMPES VERTICALE EN LIGNE – TP/TPE

Pompes centrifuges monocellulaires en ligne, avec moteurs et garnitures mécaniques standard. Par rapport aux pompes à aspiration axiale, les pompes en ligne permettent une canalisation droite et réduisent ainsi souvent les coûts et l'espace d'installation. Les pompes TP jusqu'à 22 kW sont disponibles en tant que pompes TPE avec variateur de fréquence intégré.

- Hydraulique optimisée pour un rendement et une fiabilité élevés
- Économies d'énergie grâce à la réduction de la consommation d'énergie
- Réduction de l'espace requis pour l'installation
- Également disponible avec un moteur MGE à aimant permanent jusqu'à 11 kW avec variateur de fréquence intégré et rendement IE5

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

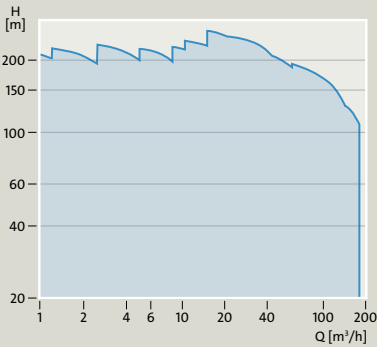
- Puissance moteur : 0,12 à 630 kW
- Débit (Q) : 4 500 m³/h
- Hauteur (H) : 140 m
- Température du liquide : -25 °C à +150 °C
- Diamètre de refoulement : DN 25 à DN 500
- Pression de service maximale : 25 bar
- Rendement hydraulique maximal : 90 %



POMPES CENTRIFUGES MULTICELLULAIRES – CR/CRE

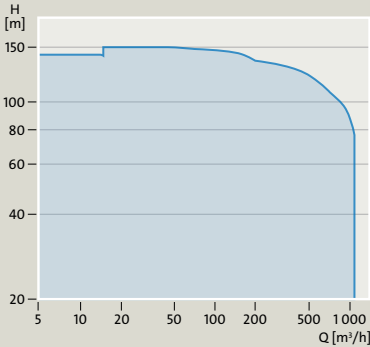
Modularité pour une gamme complète de solutions de pompage ; quatre variantes de matériaux, treize débits (jusqu'à près de 50 bar de pression), diverses garnitures mécaniques, différents matériaux et plusieurs tensions d'alimentation. Les pièces de la pompe peuvent être optimisées et conçues pour des besoins spécifiques.

- Également disponible avec un moteur MGE à aimant permanent jusqu'à 11 kW, variateur de fréquence intégré et rendement IE5
- La multiplicité des brides permet d'adapter une variété de raccords standard pour une solution plus souple.
- Une garniture mécanique à cartouche exclusive augmente la fiabilité et réduit les temps d'arrêt.



CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

- Puissance moteur : 0,37 à 75 kW
- Débit (Q) : Maximal de 180 m³/h
- Hauteur (H) : Maximum 500 m
- Température liquide : -40 °C à +180 °C (240 °C, huile thermique)
- Pression de service : Maximum de 50 bar
- Diamètre de refoulement : Jusqu'à DIN 150
- Rendement maximal : 80 %



GROUPES DE SURPRESSEURS – HYDRO MPC

Ces groupes de surpression minimisent la consommation d'énergie et réduisent les coûts énergétiques dès leur installation. Ils sont construits avec des pompes centrifuges Grundfos CR et CRE et sont disponibles avec des fonctions optimisées pour n'importe quelle application donnée. Les groupes de surpression Hydro MPC sont faciles à installer et à utiliser, avec une surveillance et une communication via BUS, SCADA ou gestion à distance Grundfos. Les groupes comportent des collecteurs en acier inoxydable et sont conçus en fonction des besoins.

- Encombrement réduit à l'installation
- Large plage de fonctionnement
- Le contrôleur MPC Grundfos gère avec simplicité et précision les tâches de surpression les plus complexes

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

- 2 à 6 pompes
- Puissance moteur : 0,55 à 75 kW
- Débit (Q) : 1 080 m³/h
- Hauteur (H) : 146 m
- Température du liquide : 0 °C à +70 °C
- Diamètre de refoulement : Jusqu'à DN 350
- Classe de protection : IP 54
- Pression de service maximale : PN 16 (standard) (jusqu'à PN 40 sur demande)
- Rendement hydraulique maximal : 80 %
- Ambiant : 0 °C à +40 °C

REMARQUES

Lined area for remarks with 23 horizontal lines.

be think innovate



9946835 0318/COMPAGNIE DES EAUX/12580 –FR JUIN 2020

Le nom Grundfos, le logo Grundfos et le slogan « être, anticiper, innover » sont des marques déposées de Grundfos Holding A/S ou de Grundfos A/S au Danemark. Tous droits réservés dans le monde entier.

GRUNDFOS Holding A/S
Poul Due Jensens Vej 7
DK-8850 Bjerringbro
Tél. : +45 87 50 14 00
fr.grundfos.com

GRUNDFOS 