

SNECOREP  
*les professionnels  
du pompage*

# INSTALLATIONS DE POMPAGE D'EAU

> GUIDE TECHNIQUE

2010





# INSTALLATIONS DE POMPAGE D'EAU

> GUIDE TECHNIQUE

2010

EAUX CLAIRES



EAUX CHARGÉES



ASPECTS ÉNERGÉTIQUE ET ÉCONOMIQUE



DOCUMENTS ANNEXES



# SNECOREP

## Historique

Le SNECOREP a été créé en 1986 de la 8<sup>ème</sup> section « stations de pompage » de la Chambre Syndicale Nationale de l'Hygiène Publique depuis les années soixante.

En 2000, le SNECOREP rejoint en tant que membre correspondant, Canaliseurs de France.

Sa reconnaissance est intervenue en 2007, avec son adhésion en tant que 18<sup>ème</sup> syndicat de spécialité de la Fédération Nationale des Travaux Publics (FNTP).

Il réunit aujourd'hui une soixantaine d'entreprises spécialisées dans le pompage de l'eau et des membres correspondants.

Ces entreprises exercent leurs compétences dans le domaine de la conception des stations de pompage en assurant aussi leur maintenance.

## Fiche d'identité

**Nom :** SNECOREP – Syndicat National des Entrepreneurs, Concepteurs et Réalisateurs de Stations de Pompage

**Signature :** « *les professionnels du pompage* »

**Date de création :** 1986

**Nombres d'adhérents :** 35 entreprises spécialisées dans le pompage et des travaux hydrauliques répertoriées parmi les entreprises de Travaux Publics, ayant au moins une identification professionnelle du Répertoire des Travaux Publics.

**Nombres de membres correspondants :** 30 entreprises – fournisseurs et formateurs en équipements de stations de pompage et ouvrages associés.

Le SNECOREP est représenté dans plusieurs Fédérations Régionales des Travaux Publics et prend part à la vie du réseau de la Profession.

## Domaines d'intervention

L'eau potable

Les eaux brutes

Les eaux pluviales

Les eaux usées et résiduaires

L'irrigation

## Activité des professionnels du pompage

La conception et la réalisation des stations dans le domaine rural et urbain.

Equipements hydrauliques.

Equipements électriques, automatismes, automates programmables.

Télétransmission : supervision, télégestion et télésurveillance.

Ces entreprises interviennent dans tous les stades d'un projet, de la conception, à la réalisation et à la maintenance.

**Certificat professionnel de spécialité :** les adhérents reçoivent, sous certaines conditions, le certificat avec les identifications professionnelles du pompage, enrichies dans la rubrique télétransmission par les trois identifications spécifiques du syndicat.

## Missions du syndicat

Représenter et défendre les intérêts de la Profession.

Agir dans le domaine technique pour la valorisation de techniques nouvelles.

Apporter aux adhérents des informations économiques, sociales, administratives, juridiques, intéressant la profession.

Promouvoir les métiers du SNECOREP auprès des jeunes.

Veiller à l'application d'une véritable politique de l'eau adaptée aux besoins et aux soucis de l'environnement avec le concours des professionnels.

La ressource, le transport de l'eau potable, la collecte et le traitement des eaux constituent des enjeux économiques considérables. Dans ces infrastructures, les stations de pompage occupent une place privilégiée et spécifique. Elles constituent un maillon incontournable du cycle de l'eau.

*La version actualisée du guide technique du SNECOREP publiée sous le titre : Installations de pompage d'eau – guide technique 2010, est la quatrième édition depuis 1986. Cette veille technique est devenue, au fil du temps, la référence dans le domaine des stations de pompage.*

*L'actualisation de ce guide dont les trois premières éditions (1986, 1996 et 2002) étaient sorties sous le titre « **Techniques des installations de matériels de pompage d'eau** » s'est avérée nécessaire suite à l'évolution de l'état de l'art et des normes, ainsi qu'à l'attention croissante portée au contexte environnemental.*

*Plus d'une année aura été nécessaire au groupe de travail de la Commission technique du SNECOREP pour réviser la totalité du document. L'édition actuelle s'est par ailleurs enrichie d'un chapitre qui traite des « aspects énergétique et économique » des stations de pompage ainsi que de nouvelles annexes.*

*Ce guide est un outil précieux pour l'ensemble des intervenants dans le domaine du pompage. Il est destiné aux prescripteurs, maîtres d'œuvre, maîtres d'ouvrage ou entrepreneurs et exploitants. Pour les techniciens confirmés, c'est un document synthétique des principes d'installation ; pour les jeunes qui découvrent ces métiers, de précieux conseils viennent se rajouter.*

*Largement diffusé lors des salons techniques (Salon des Solutions Techniques Territoriales, Carrefour des Gestions Locales de l'Eau ou Pollutec), notre guide est mis à disposition sur le site Internet [www.snecorep.fr](http://www.snecorep.fr) en téléchargement ; il peut être commandé gratuitement sous format papier ou clé USB.*

*Je remercie l'ensemble des acteurs du groupe de travail qui a permis la réalisation de cet ouvrage.*

**Benoît POINSOT**  
Président du SNECOREP



## CERTIFICAT PROFESSIONNEL DE SPÉCIALITÉ 2010

### activité stations de Pompage

valable du **1<sup>er</sup> avril 2010** au **31 mars 2011**

Ce certificat, délivré par la **Commission technique du SNECOREP**, est mis à jour suivant l'évolution de l'expérience, de la compétence et des moyens des entreprises en fonction de la **Nomenclature des Travaux Publics** de la FNTF. Il est enrichi de spécialités propres à la Profession (\*). Il doit être remis par les soumissionnaires dans tous les dossiers d'appels d'offres et concours.

Il apporte aux Maîtres d'ouvrage et aux Maîtres d'œuvre l'assurance que son titulaire est un spécialiste expérimenté des stations de pompage, disposant des moyens nécessaires à la bonne réalisation des travaux et du service après-vente dans le respect de l'environnement et de la qualité.

Les conditions d'attribution sont conformes au référentiel de l'Identification Professionnelle Travaux Publics.

SNECOREP Syndicat National des Entrepreneurs, Concepteurs et Réalisateurs de Stations de Pompage  
3 rue de Berri - 75008 PARIS - Tél. 01 44 13 32 24 - Email : crivatm@fntp.fr - [www.snecorep.com](http://www.snecorep.com)

Entreprise  
Adresse

# SPECIMEN

COMMISSION  
TECHNIQUE  
Le Président

Nomenclature FNTF 2010	Certification professionnelle accordée par le SNECOREP	
	snecorep	activité coutumière (c) / activité probatoire (p)
<p><b>54 Équipement des stations de pompage, refoulement, relèvement</b></p> <p><b>541 Eau claire</b></p> <p>5411 Stations dont le produit pression (bars) par débit (m³/h) est &gt; 8000 5412 Stations dont le produit pression (bars) par débit (m³/h) est &lt; 8000 5413 Traitement des eaux de pompage</p> <p><b>542 Eaux usées</b></p> <p>5421 Stations d'un débit &gt; 250 m³/h 5422 Stations d'un débit &lt; 250 m³/h</p> <p><b>543 Eaux pluviales</b></p> <p>5431 Stations d'un débit &gt; 1 m³/s 5432 Stations d'un débit &lt; 1 m³/s</p>		
<p><b>63 Postes et installations électriques</b></p> <p><b>634 Télétransmission</b></p> <p>6341* supervision 6342* télégestion 6343* télésurveillance</p>		
<p><b>75 Travaux liés à la protection de l'environnement</b></p> <p><b>752 Stockage, décharges, bassins de rétention</b></p> <p>7522 Equipements de bassins tampon et vannerie</p>		

Ce certificat professionnel concerne les équipements électromécaniques tels que : pompes, appareillage hydraulique, anti-bélier, dispositifs de protection, appareillage électrique de commande spécifique aux process hydrauliques, régulation, télétransmission, asservissement, technicité courante du traitement des eaux, équipements de bassins tampon et de vannerie.



# SOMMAIRE

## CHAPITRE 1 EAUX CLAIRES

### EAU POTABLE, EAUX D'IRRIGATION ET EAUX À USAGE INDUSTRIEL

<b>1. PRESCRIPTIONS COMMUNES AUX POMPES ET GROUPES MOTO-POMPES</b> .....	07
1.1 Définition des types de pompes .....	07
1.2 Description des différents types de groupes moto-pompes .....	14
1.3 Roues de pompe .....	17
1.4 Principales caractéristiques de construction .....	18
1.5 Matériaux de construction .....	18
1.6 Dispositif d'étanchéité de sortie d'arbre .....	19
1.7 Accouplement moteur/pompe .....	22
1.8 Moteurs électriques d'entraînement .....	23
1.9 Sécurité des machines .....	24
1.10 Prescriptions techniques en vigueur – Essais et épreuves .....	24
<b>2. MODES DE FONCTIONNEMENT</b> .....	24
2.1 Pompes fonctionnant en charge .....	24
2.2 Pompes fonctionnant en aspiration/dépression .....	29
<b>3. DIAMÈTRE DE RACCORDEMENT</b> .....	31
3.1 Diamètre de raccordement de la pompe .....	31
3.2 Diamètre des tuyauteries et de la robinetterie .....	31
<b>4. RECOMMANDATIONS PARTICULIÈRES ET INCOMPATIBILITÉS</b> .....	32
4.1 Généralités .....	32
4.2 Plage de fonctionnement .....	33
4.3 Aspiration .....	33
4.4 Conception des tuyauteries .....	34
4.5 Conception des prises d'eau .....	35
4.6 Équipements particuliers .....	36
4.7 Télétransmission .....	36
4.8 Maintenance .....	36

## CHAPITRE 2 EAUX CHARGÉES

### EAUX USÉES, EAUX RÉSIDUAIRES ET EAUX PLUVIALES

<b>1. PRESCRIPTIONS COMMUNES AUX POMPES ET GROUPES ELECTRO-POMPES CENTRIFUGES</b> ...	37
1.1 Principales dispositions et définitions des différents appareils élévatoires .....	42
1.2 Roues de pompes et passage libre .....	42
1.3 Principales caractéristiques de construction .....	44
1.4 Matériaux de construction .....	44
1.5 Châssis pour groupes horizontaux .....	44
1.6 Dispositifs d'étanchéité .....	45
1.7 Accouplement moteur/pompe .....	45
1.8 Moteurs électriques d'entraînement .....	46
1.9 Sécurité des machines .....	47
1.10 Prescriptions techniques en vigueur – Essais et épreuves .....	47



<b>2. CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LES SYSTÈMES D'INSTALLATION</b>	48
2.1 Fosse noyée	48
2.2 Fosse sèche	49
2.3 Volume utile de la fosse	50
<b>3. SECTIONS DE PASSAGE – DIAMÈTRE DE RACCORDEMENT</b>	51
3.1 Section de passage des pompes	51
3.2 Section de passage des tuyauteries	51
3.3 Diamètre de raccordement	51
<b>4. RECOMMANDATIONS PARTICULIÈRES ET INCOMPATIBILITÉS</b>	52
4.1 Généralités	52
4.2 Plage de fonctionnement	52
4.3 Précautions d'installation	52
4.4 Equipements	53
4.5 Télétransmission	53
4.6 Maintenance	53

## CHAPITRE 3

### ASPECTS ÉNERGÉTIQUE ET ÉCONOMIQUE

<b>1. CYCLE DE VIE D'UNE POMPE – COÛT GLOBAL</b>	55
<b>2. DURÉE D'AMORTISSEMENT/RETOUR SUR INVESTISSEMENT</b>	56
<b>3. USURE DE L'HYDRAULIQUE/MATÉRIAUX OU REVÊTEMENTS SPÉCIAUX</b>	57
<b>4. EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE</b>	58
4.1 Optimisation du rendement	58
4.2 Note de calcul avec variation électronique de vitesse	60
4.3 Autres avantages de la variation de vitesse	60
4.4 Précautions d'installation	61

## ANNEXES

<b>1. DOCUMENTS CONTRACTUELS</b>	63
<b>2. RISQUE DE CAVITATION DES POMPES</b>	64
<b>3. DOUBLE POMPAGE</b>	66
<b>4. RÉGIMES TRANSITOIRES OU COUP DE BÉLIER</b>	67
<b>5. ABAQUE POUR LE CALCUL DES PERTES DE CHARGE LINÉAIRES</b>	71
<b>6. PRINCIPAUX PARAMÈTRES D'ANALYSES D'EAUX BRUTES</b>	73
<b>7. TÉLÉTRANSMISSION</b>	75
<b>8. EXEMPLES DE PLANS D'INSTALLATION DE STATIONS DE POMPAGE</b>	76

<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	81
----------------------	----



## EAUX CLAIRES : EAU POTABLE, EAUX D'IRRIGATION ET EAUX À USAGE INDUSTRIEL

### PRÉAMBULE

Lorsque l'alimentation gravitaire n'est pas possible, les appareils élévatoires à mettre en œuvre sont essentiellement les pompes qui peuvent se diviser en deux grandes classes :

- Les pompes rotodynamiques (centrifuges, hélico-centrifuges, hélices).
- Les pompes volumétriques.

Pour plus de précisions, on se reportera à la norme NF EN 12723 qui est une norme de classification et de terminologie des pompes hydrauliques.

Les pompes les plus couramment utilisées dans les installations de pompage d'eaux claires appartiennent à la première de ces deux classes. Le document ne traite en conséquence que des pompes rotodynamiques.

## 1. PRESCRIPTIONS COMMUNES AUX POMPES ET GROUPES MOTO-POMPES

### 1.1 DÉFINITION DES TYPES DE POMPES

On distingue :

#### 1.1.1 Pompes de surface (ou hors d'eau)

Ces pompes peuvent être :  
- à **axe horizontal**



*Disposition monobloc vitesse variable*

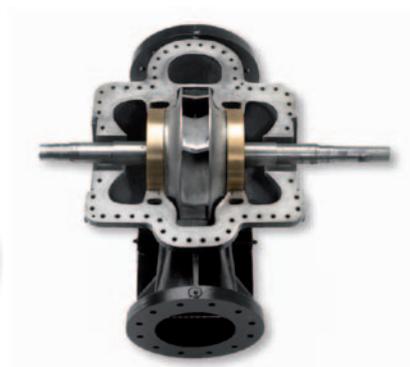
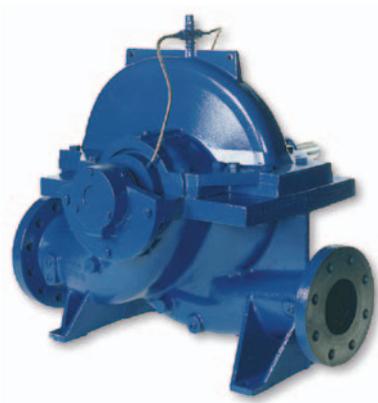


*Disposition monobloc vitesse fixe*

# CHAPITRE 1



*Pompe multicellulaire horizontale sur châssis, support avec manchon d'accouplement*



*Pompes à plan de joint arbre nu*

## **- à axe vertical**

avec ou sans accouplement semi-élastique, leur installation est réalisée avec moteur et pompe hors d'eau.



*Pompe multicellulaire à axe vertical et raccords en ligne*



## 1.1.2 Pompes immergées de forage

Ces pompes peuvent être :

- **avec moteur immergé**, la pompe et le moteur sont noyés ; la disposition étant souvent verticale, mais pouvant, dans certains cas, être horizontale, voire oblique



*Pompes immergées verticales de forage*



*Pompe horizontale avec chemise de refroidissement*

- **avec moteur sur bâti**, pompes noyées à axe vertical ligne d'arbre



*Pompe verticale à ligne droite*

# CHAPITRE 1

## 1.1.3 Pompes submersibles (noyées ou dénoyées)

- sur pied d'assise pouvant fonctionner avec moteur partiellement ou totalement dénoyé
- en tube avec moteur devant fonctionner noyé



*Pompes submersibles sur pied d'assise avec barre de guidage*



*Pompe en tube à roue axiale ou semi-axiale*



## 1.1.4 Pompes submersibles en fosse sèche

Les pompes peuvent être du type immergé, mais travaillant à sec : les pompes verticales en fosse sèche.

Les moteurs peuvent être :

- classiques ne pouvant fonctionner que dans l'air,
- spécialement conçus pour fonctionner obligatoirement et en permanence noyés dans le liquide pompé.



*Pompes submersibles dénoyées en fosse sèche*

# CHAPITRE 1

## 1.1.5 Pompes immergées en fourreau

Les pompes immergées de forage placées dans un tube appelé fourreau.



*Fourreau immergé horizontal*



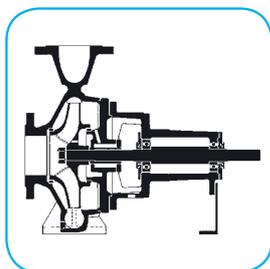
*Fourreau immergé vertical*



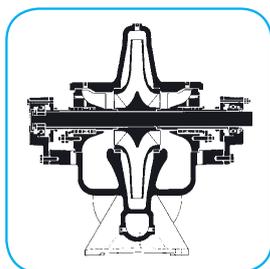
*Pompe immergée en fourreau en acier inoxydable*



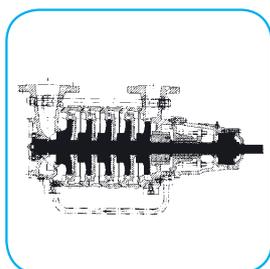
### PRINCIPAUX TYPES DE POMPES EAUX CLAIRES



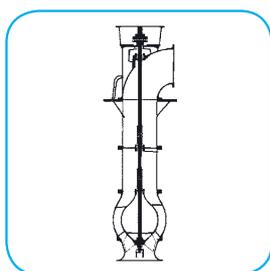
*Pompe monocellulaire à aspiration axiale*



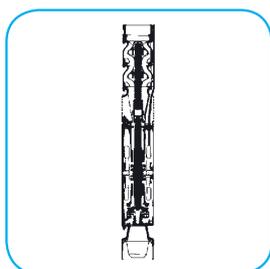
*Pompe monocellulaire à double ouïe d'aspiration  
(à plan de joint)*



*Pompe multicellulaire*



*Pompe verticale pour puits et bêche*



*Pompe multicellulaire immergée de forage*

# CHAPITRE 1

## 1.2 DESCRIPTION DES DIFFÉRENTS TYPES DE GROUPES MOTO-POMPES

### 1.2.1 Groupes horizontaux placés sur châssis support

Les châssis supports sont conformes aux normes dimensionnelles en vigueur (notamment la norme NF EN 23661).

Dans le cas d'utilisation de presse-étoupe, la mise en place d'un système de récupération des fuites est conseillée.

Les châssis supports sont suffisamment rigides de manière à ce que, dans des conditions d'installation correcte, les forces externes admissibles indiquées par le fabricant de la pompe n'entraînent pas un désalignement des bouts d'arbre supérieur aux tolérances indiquées par le fournisseur de l'accouplement.

- ▶ Il est très vivement conseillé à l'installateur de ces groupes de se reporter à la norme NF EN 809+A1 – sécurité des machines.
- ▶ Dans tous les cas, la vérification par l'installateur de l'alignement, après scellement, est **indispensable**.



*Disposition classique, pompe et moteur sur châssis, support avec manchon d'accouplement*



*Station de pompage pour l'irrigation équipée de 9 groupes multicellulaires horizontaux, puissance unitaire 400 kW*



*Station de traitement d'eau*

## 1.2.2 Groupes verticaux

Il s'agit de groupes moto-pompes disposés selon un axe vertical et comportant ou non une ligne d'arbre, le moteur étant monté soit sur un socle, soit sur une lanterne support.

On distingue quatre types de montage :

- pompe monobloc,
- pompe verticale à accouplement,
- pompe verticale suspendue,
- pompe verticale à deux plans de pose, l'un pour le moteur, l'autre pour la pompe avec transmission par cardan.



*Groupes multi-pompes (ou surpresseur) à vitesse variable*



*Groupe vertical*

# CHAPITRE 1

## 1.2.3 Groupes immergés

Il s'agit d'ensembles moteur/pompe monobloc destinés à être immergés totalement en permanence, en respectant les conditions de refroidissement indiquées par le constructeur ou le fabricant.



*Groupe immergé avec ou sans fourreau*

## 1.2.4 Pompes submersibles

Elles fonctionnent aussi bien moteur dénoyé qu'immergé.



*Pompe submersible sur pied d'assise*



## 1.3 ROUES DE POMPE

Les pompes centrifuges comportent les organes essentiels suivants :

- la roue met en vitesse le liquide arrivant par son ouïe centrale (voir schémas ci-dessous)
- la volute transforme l'énergie de vitesse en énergie de pression.

Les formes de roue sont réalisées essentiellement en fonction des caractéristiques hydrauliques à satisfaire. Par ordre décroissant de pression générée à puissance égale, elles peuvent être du type :

- à écoulement radial : roue centrifuge,
- à écoulement semi-axial : hélico-centrifuge,
- à écoulement axial : roue hélice.

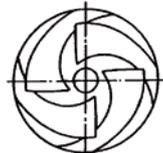
A noter que les roues centrifuges et hélico-centrifuges peuvent être à simple ou à double ouïe d'aspiration.

### ROUES

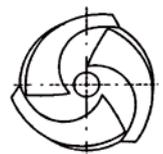
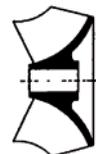
Pour les LIQUIDES PROPRES, les pompes centrifuges sont équipées de roues, évoluant depuis la ROUE RADIALE (pour les petits et moyens débits, et fortes hauteurs de refoulement), puis par la ROUE SEMI-AXIALE (pour les grands débits et moyennes, et fortes hauteurs de refoulement) et enfin par la ROUE AXIALE (pour les grands débits et faibles hauteurs de refoulement).



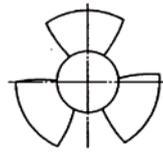
*Roue centrifuge à écoulement radial*



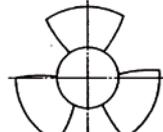
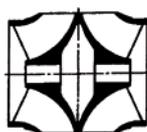
*Roue hélico-centrifuge fermée à écoulement semi-axial*



*Roue hélico-centrifuge ouverte à écoulement semi-axial*



*Roue à hélice à écoulement axial*



*Roue semi-axiale fermée à double ouïe d'aspiration (pour pompe à plan de joint)*

# CHAPITRE 1

## 1.4 PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DE CONSTRUCTION

D'une manière générale :

- les brides d'aspiration et de refoulement sont dimensionnées pour la même pression nominale que celle du corps de pompe (voir normes),
- les pompes de surface sont munies d'orifices de dégazage, de purge et de prises de pression à l'aspiration comme au refoulement,
- les arbres sont protégés de l'usure au droit du presse-étoupe par un dispositif approprié (chemise, métallisation, etc...),
- les emboîtages de roue sont généralement protégés de l'usure au droit des joints hydrauliques d'étanchéité par un dispositif approprié (bagues sur corps ou sur roue, ou sur les deux, métallisation, etc...),
- les paliers de pompes fonctionnant hors d'eau sont protégés des projections d'eau accidentelles,
- la lubrification des paliers des pompes horizontales est correctement réalisée : paliers lisses lubrifiés à l'eau pompée, paliers à graisse, paliers à bain et circulation d'huile avec dans ce dernier cas jauge de contrôle du niveau d'huile,
- dans le cas de pompe verticale à ligne d'arbre, la lubrification des paliers intermédiaires se fait généralement par l'eau pompée dans la colonne de transmission, évitant la pollution par un lubrifiant d'une autre nature,
- la lubrification du palier de tête et de butée de telles pompes est réalisée soit par graisse, soit par circulation d'huile...,
- dans le cas de pompes multicellulaires horizontales, la partie mobile de la pompe est de préférence montée entre deux paliers situés de part et d'autre du corps de pompe.

## 1.5 MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

Les matériaux entrant dans la construction des pièces et organes de la pompe en contact avec l'eau pompée sont déterminés en fonction de l'analyse chimique et des caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques de l'eau pompée.

A défaut de la connaissance de l'analyse et des propriétés physico-chimiques de l'eau pompée, le fabricant indique la nature exacte et précise des matériaux qu'il propose.

Les matériaux utilisés sont conformes à la réglementation en vigueur, tant sur le plan de la composition chimique que sur celui des caractéristiques mécaniques, selon l'utilisation de l'eau pompée.

- ▶ Dans le cas de pompage d'eaux ayant des caractéristiques particulières (agressivité, gaz dissous,...) il est obligatoirement fourni au fabricant le résultat d'une analyse aussi complète que possible précisant, notamment :
  - la température,
  - le gaz carbonique libre,
  - la résistivité,
  - la teneur en oxygène dissous,
  - la turbidité (extrait sec),
  - le pH avant et après marbre,
  - le TH avant et après marbre,
  - la teneur en fer et en manganèse,
  - la teneur en sulfate et chlorure,
  - la balance ionique,
  - la présence ou non de trace d'ozone, si ce pompage a lieu après un traitement de désinfection à l'ozone.



Si le fabricant l'estime nécessaire, il peut demander tous les éléments complémentaires dont il peut avoir besoin.

Le laboratoire, dans sa conclusion, doit donner toutes les indications nécessaires sur les dispositions à prendre et faire connaître nettement le degré d'agressivité et de corrosivité vis-à-vis des matériaux.

- ▶ Si l'eau pompée est destinée à la consommation humaine l'ensemble des équipements en contact avec l'eau doit bénéficier d'une attestation de conformité sanitaire (ACS). (Voir arrêté du Ministère de la Santé du 29 mai 1997 – n°TASP 9722602A).

## 1.6 DISPOSITIF D'ÉTANCHÉITÉ DE SORTIE D'ARBRE

Le système d'étanchéité qui empêche le passage du liquide du corps de pompe vers l'atmosphère (ou le moteur pour les pompes submersibles ou monobloc) est l'un des éléments les plus importants des pompes. Les deux principaux systèmes utilisés pour assurer cette étanchéité sont :

- du type garniture à tresse,
- du type garniture mécanique.

Le système, le type de montage et les matériaux constitutifs font l'objet d'une étude attentive entre client et fabricant, cela en fonction des propriétés physico-chimiques et organoleptiques de l'eau pompée et du service à assurer.

Les égouttures nécessaires ou fuites sont récupérables et en règle générale :

- ▶ toutes les dispositions doivent être prises pour empêcher qu'elles puissent endommager le matériel (moteur, socle, local d'installation, etc.).

Dans tous les cas, un tel dispositif d'étanchéité ne supporte pas la marche à sec.

La durée de vie peut varier de façon importante selon les conditions de fonctionnement et la qualité de l'eau pompée. Ces éléments nécessitent une surveillance adaptée.

De préférence, et dans toute la mesure du possible, les garnitures à tresse sont constituées par des anneaux préformés.

La chambre d'étanchéité peut comporter un dispositif interne ou externe permettant l'arrosage et la lubrification de l'étanchéité.

Le presse-garniture (fouloir) est facilement accessible et démontable et les jeux d'assemblage doivent être tels qu'en cas d'usure des tresses, la décompression qui en résulte ne provoque pas des frottements du presse-garniture sur la chemise d'arbre ou sur l'arbre.

Les goujons de serrage du presse-garniture sont en matériaux inoxydables.

# CHAPITRE 1

## 1.6.1 Garniture à tresse



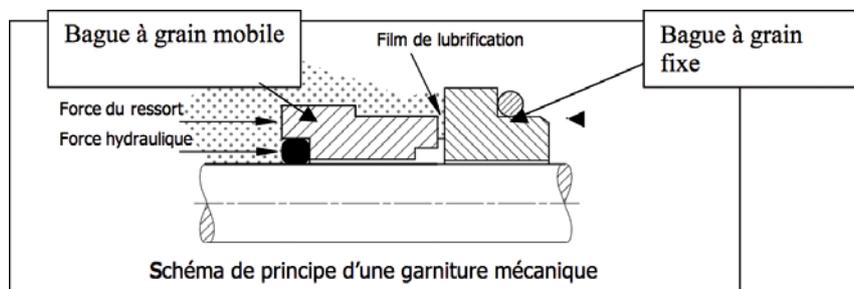
*Tresse simple*



*Tresse avec bague d'arrosage*

## 1.6.2 Garniture mécanique

Une garniture mécanique est composée de deux bagues, l'une fixe (grain fixe dans un logement du corps de pompe) et l'autre en rotation (grain mobile entraîné par l'arbre). Ces bagues sont pressées l'une contre l'autre par un ressort et par la pression du liquide de façon à ne laisser qu'un film hydrodynamique très fin formé du liquide à retenir ayant pour fonction de lubrifier la surface de contact entre les bagues.





Les matériaux des faces de friction des bagues de garniture mécanique sont sélectionnés pour assurer une bonne tenue dans le temps et résister à l'abrasion du liquide pompé. Les bagues sont disposées sur l'arbre et dans leur logement avec des joints toriques.

De préférence, et dans toute la mesure du possible, les garnitures mécaniques utilisées sont conformes à la norme NF EN 12756 ou ISO 21049.

Dans des applications particulières, il est nécessaire d'installer un rinçage externe en continu de la garniture mécanique. Pour faciliter la maintenance, il existe des garnitures mécaniques en version cartouche. Il est indispensable que le fabricant et l'installateur examinent ce type d'installation au cas par cas.

Les égouttures, consécutives d'un fonctionnement normal, sont récupérées. Dans le cas de groupes verticaux sans ligne d'arbre, l'orifice de récupération assure une bonne évacuation.



*Garniture mécanique double en version cartouche*



*Garniture mécanique simple à soufflet*

# CHAPITRE 1

## 1.7 ACCOUPLEMENT MOTEUR/POMPE

### 1.7.1 Accouplement semi-élastique entre pompe et moteur : manchon

Ce point concerne plus spécialement les groupes horizontaux de surface et les groupes verticaux à ligne d'arbre dans lesquels la liaison entre bout d'arbre pompe et bout d'arbre moteur, est réalisée au moyen d'un organe d'accouplement.

En aucun cas cet accouplement ou l'une de ses pièces constitutives ne peut être considéré comme pièce de rupture.

Les dimensions en sont données par la norme NFE 44221 et par le fascicule de documentation 44290.

Cet accouplement est du type semi-élastique. Une pièce d'espacement est vivement conseillée pour la maintenance.

#### Permet :

- une grande liberté de choix pour le moteur électrique, notamment l'utilisation de modèles classiques, normalisés, du commerce,
- de rendre indépendants les paliers du moteur de la poussée axiale hydraulique due à la pompe,
- de rendre indépendants les paliers de la pompe de celle du moteur (thermique),
- au démarrage la répercussion du « sur-couple »,
- la mise en place d'un volant d'inertie.

#### Nécessite :

- un encombrement plus important, surtout dans le cas de groupes horizontaux,
- une réalisation soignée du massif de génie civil,
- une très grande attention au moment du montage :
  - sur la mise à niveau entre le châssis support et le massif béton,
  - pour la mise en ligne de la ligne d'arbres « pompe moteur ».



*Accouplement semi-élastique avec bague d'espacement*

*Différents types d'accouplements semi-élastiques*



## 1.7.2 Accouplement rigide

Cette liaison est assurée par manchons rigides, le fabricant du groupe prenant dès lors toutes précautions pour assurer la fiabilité du matériel, en particulier pour la garniture mécanique d'étanchéité.

Ce montage est utilisé dans les dispositions monobloc.

### Permet :

- une faible emprise au sol (surtout les groupes horizontaux),
- la suppression de la phase d'alignement d'où l'annulation de tout risque de désalignement entre pompe et moteur,
- des massifs réduits.

### Nécessite :

- l'utilisation de moteurs spécifiques.

### Ne permet pas :

- un entraînement de secours par moteur thermique.

## 1.7.3 Arbre commun moteur – pompe

L'arbre du moteur entraîne directement la roue de la pompe

### Permet :

- une faible emprise au sol (surtout pour les groupes horizontaux),
- la suppression de la phase d'alignement d'où l'annulation de tout risque de désalignement entre pompe et moteur,
- une solution économique.

### Nécessite :

- des moteurs fournis exclusivement par le fabricant

### Ne permet pas :

- un entraînement de secours par moteur thermique et l'utilisation de garnitures à tresse.

## 1.8 MOTEURS ÉLECTRIQUES D'ENTRAÎNEMENT

### 1.8.1 Moteurs immergés (pompe-moteur monobloc)

Ces moteurs sont conçus pour fonctionner totalement noyés en permanence (voir définition) et toutes les précautions sont prises pour éviter un fonctionnement en position dénoyée.

Suivant les fabricants, le remplissage préalable de la carcasse du moteur est fait en atelier avant la livraison ou est à faire sur le chantier lorsque la pompe est prête à être descendue. Il est conseillé de suivre rigoureusement les prescriptions de mise en service du fabricant tant pour la mise en œuvre que pour les conditions de refroidissement.

Il convient par ailleurs, de veiller à ce que le refroidissement de tels moteurs soit conforme aux recommandations du fabricant, ce qui peut impliquer la mise en œuvre de dispositifs particuliers (chemise de circulation d'eau autour des moteurs, par exemple).

Si la pompe à moteur immergé est installée horizontalement, il faut s'assurer que cette position est admise par le fabricant.

Dans tous les cas, il convient de soumettre au préalable les conditions de pose au fabricant.

# CHAPITRE 1

## 1.8.2 Moteurs de surface

Ces moteurs répondent aux normes en vigueur. D'une manière générale, quel que soit leur type, ils sont déterminés (classe de protection, d'isolement et d'échauffement et d'efficacité énergétique) en fonction des lieux d'installation et des conditions d'exploitation.



*Pompe et son moteur de surface*

## 1.8.3 Bobinages bi-tension

Dans certains cas, il peut être utile de demander au fabricant de prévoir la sortie des extrémités des bobinages dans la boîte à bornes ou par des câbles (notamment pour les groupes immergés) pour permettre un démarrage étoile triangle.

## 1.9 SÉCURITÉ DES MACHINES

En vertu des articles R 4311-4 à R 4313-95 du Code du Travail sur la sécurité des machines et du décret 2008-1156 du 7 novembre 2008 transposant la Directive Européenne 2006/42/CE, les organes de rotation doivent comporter dans tous les cas un dispositif de protection dont la fourniture incombe au fabricant de la pompe, chaque fois que celui-ci fournit et livre l'ensemble complet et assemblé. Ces dispositions sont décrites dans la norme NF EN 809+A1.

## 1.10 PRESCRIPTIONS TECHNIQUES EN VIGUEUR – ESSAIS ET ÉPREUVES

Pour les spécifications techniques relatives à l'équipement hydraulique, mécanique et électrique, ainsi qu'aux essais et épreuves, on se référera aux prescriptions techniques (fascicule 73 du CCTG).

## 2. MODES DE FONCTIONNEMENT

Le choix du mode de fonctionnement dépend des conditions d'aspiration.

Il existe deux possibilités :

- la pompe est en charge,
- la pompe est en aspiration.

### 2.1 POMPES FONCTIONNANT EN CHARGE

L'application de l'une des solutions suivantes permet la mise en charge de la pompe à l'aspiration, évitant un désamorçage accidentel et les désordres consécutifs.

#### 2.1.1 Installation en cuvelage ou en fosse sèche

**Permet :**

- l'emploi de tous les types classiques de pompe et généralement toutes les puissances et caractéristiques hydrauliques,
- l'emploi de tous les types d'entraînement et notamment le secours par moteur thermique,
- l'emploi de tous les systèmes de variation de vitesse,
- l'intervention aisée sur le matériel,
- une bonne protection contre le gel.

**Nécessite :**

- la réalisation d'une installation de ventilation,
- un accès facile à la salle des machines,
- la prévention contre les risques d'inondation accidentelle :
  - évacuation gravitaire,
  - pompe d'épuisement suffisamment dimensionnée,
  - moteurs occasionnellement submersibles.



*Pompe monocellulaire verticale  
à ligne d'arbre et cardan*



*Pompe horizontale à plan de joint  
(capot d'insonorisation sur le moteur)*



*Pompe monocellulaire sur châssis  
à manchon d'accouplement*

# CHAPITRE 1

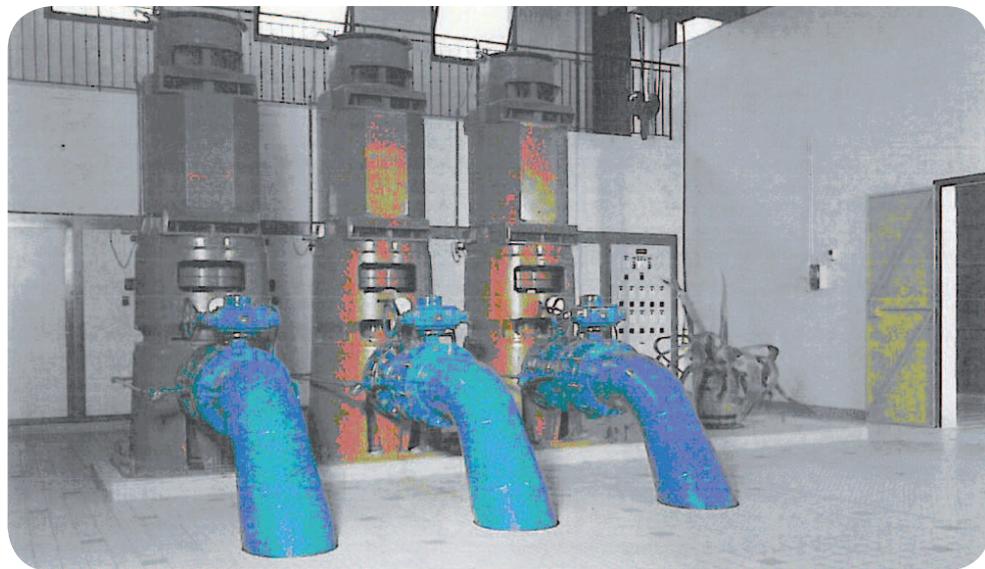
## 2.1.2 Installation en génie civil couvert, pompe verticale immergée, à ligne d'arbre

### Permet :

- l'utilisation d'un matériel plus simple qu'une pompe à moteur immergé, surtout si sa vitesse de rotation est inférieure ou égale à 1 500 tr/mn,
- le démarrage automatique de la pompe en charge à l'aspiration, celle-ci étant noyée,
- l'utilisation de moteurs classiques normalisés,
- l'entraînement par moteur thermique, soit en direct, soit en secours,
- la réalisation de la plupart des puissances et des caractéristiques hydrauliques,
- l'emploi de tous systèmes de variation de vitesse,
- la protection contre le gel.

### Nécessite :

- des précautions d'installation :
  - une verticalité rigoureuse de l'ouvrage surtout s'il s'agit d'un forage,
  - un dispositif antidévireur selon la conception d'arbre,
  - la prise en compte d'une consommation d'énergie supplémentaire due aux paliers de ligne d'arbre,
  - une étude approfondie en cas de pompes en parallèle (champs captants) pour optimiser le positionnement de la protection.



*Pompes verticales à ligne d'arbre*

## 2.1.3 Installation en extérieur

**Nécessite la prise en compte de contraintes supplémentaires :**

- la mise en sécurité sur site (inaccessibilité aux tiers),
- la prise en compte des conditions climatiques (adaptation des matériaux aux conditions extrêmes),
- le choix d'un moteur adapté à l'usage (température, hygrométrie),
- l'insonorisation,
- des précautions de montage.



*Station d'irrigation*



*Groupes  
à axe vertical*

# CHAPITRE 1

## 2.1.4 Installation de groupe électropompe immergé

### Permet :

- le démarrage automatique de la pompe en charge à l'aspiration du fait de l'immersion totale du groupe,
- une grande simplicité d'installation,
- la réduction des travaux de génie civil,
- des installations plus profondes,
- un faible encombrement en diamètre,
- une très bonne protection contre le gel et un fonctionnement silencieux du fait de l'immersion totale du groupe.

### Nécessite :

- des précautions en cas d'utilisation d'artifices de démarrage progressif et de variation de vitesse,
- le plus souvent la mise en place de batteries de condensateurs,
- quelques précautions au montage en raison des sujétions consécutives à la fixation et à la protection d'un câble immergé,
- la remontée du groupe en cas de panne ou d'avarie sur les parties électriques,
- une attention particulière aux conditions de refroidissement du moteur en raison des risques de dénoyage, entartrage, ensablage et abrasion,
- une construction spéciale (chemise et groupe aspiration basse) pour une aspiration en fond d'ouvrage,
- un groupe électrogène pour être secouru.



*Groupe électropompe immergé avec sa colonne d'exhaure en cours de descente (blocage de l'ensemble sur tête de forage)*



## 2.1.5 Installation particulière de stations en série

Cette solution permet l'utilisation de tous types de matériels, aussi bien pour l'exhaure que pour la reprise, chacun de ces matériels conservant les caractéristiques spécifiques qui lui sont propres.

Son domaine d'application est en général justifié par des contingences locales ou particulières d'installation telles que :

- les caractéristiques du réseau,
- la nécessité de dissociation des fonctions exhaure et reprise (débits maximum prélevés autorisés, étages de distribution),
- l'intégration d'une station de traitement.

Deux dispositions peuvent être envisagées :

### 2.1.5.1. Pompes en série avec rupture de charge (réservoir intermédiaire) (voir annexe 3)

Solution à préconiser quand il y a traitement d'eau et en cas de points de production multiples ramenés sur un point de stockage unique.

#### Permet :

- la diminution de la puissance du matériel nécessaire pour l'élévation de l'eau jusqu'au sol (exhaure),
- la réalisation d'une réserve d'eau importante au niveau du sol,
- un pompage plus continu évitant les sollicitations brutales de la nappe,
- l'utilisation de matériel de type classique,
- l'obtention de rendements élevés.

#### Nécessite :

- des travaux de génie civil importants.

### 2.1.5.2. Pompes en série sans rupture de charge (voir annexe 3)

Solution minimisant l'investissement du génie civil et nécessitant des précautions et sécurité hydrauliques (ballon amortisseur entre pompage d'exhaure et pompage de reprise) et électriques (démarrages et arrêts temporisés des pompes).

#### Permet :

- une économie de génie civil.

#### Oblige :

- une certaine complexité d'installation tant sur le plan de l'équipement que sur celui de l'équipement électrique.

## 2.2 POMPES FONCTIONNANT EN ASPIRATION/DÉPRESSION

 **En distribution d'eau potable, cette utilisation est déconseillée et elle est à proscrire dans le cas de conduites d'aspiration enterrées.**

Lorsqu'elle ne peut être évitée, tous les systèmes ou solutions énumérés dans le cas précédent sont également applicables, chacun ou chacune conservant les caractéristiques qui lui sont propres.

On privilégiera toujours une aspiration en charge, et la plus courte possible, plutôt qu'une aspiration en dépression.

Cette disposition ne peut être envisagée que si les conditions pratiques d'aspiration sont respectées (voir annexe 2).

# CHAPITRE 1

## 2.2.1 Pompes classiques non auto-amorçantes

Elles sont généralement utilisées pour les pompes fonctionnant en aspiration, ce qui nécessite :

- une conduite d'aspiration et un clapet de pied dont il convient de s'assurer de l'étanchéité pour chaque pompe : le collecteur d'aspiration est à éviter,
- une génératrice supérieure de la tuyauterie d'aspiration toujours montante
- en l'absence de clapet de pied, un dispositif de mise sous vide sur les canalisations d'aspiration,
- une vérification scrupuleuse du NPSH disponible.

## 2.2.2 Pompes auto-amorçantes

Ce sont des pompes capables d'aspirer en permanence, sans aucun artifice extérieur, un mélange d'eau et de gaz. Elles sont utilisées pour les faibles débits.

On vérifiera les conditions de mise en service (1<sup>er</sup> amorçage).

Ce type de pompe est sensible aux risques d'abrasion et nécessite en général, à caractéristiques hydrauliques égales, un moteur plus puissant car ces pompes ont toujours un moindre rendement et un coût énergétique plus élevé.



## 3. DIAMÈTRE DE RACCORDEMENT

Deux critères sont à considérer :

- les sections de passage de la pompe,
- les sections de passage des tuyauteries.

### 3.1 DIAMÈTRE DE RACCORDEMENT DE LA POMPE

Le fabricant a le libre choix de ces diamètres. Ceux-ci sont essentiellement déterminés par les seules considérations hydrauliques à satisfaire au stade des calculs et de la conception de la pompe.

### 3.2 DIAMÈTRE DES TUYAUTERIES ET DE LA ROBINETTERIE

#### - Tuyauterie d'aspiration

La ligne d'aspiration doit être conçue de façon à avoir une accélération continue vers l'orifice de la pompe. Pour la section de la tuyauterie d'aspiration, celle-ci est déterminée pour que les pertes de charge soient les plus faibles possibles (relations entre NPSH disponible et NPSH requis).

Il est recommandé de dimensionner les canalisations afin de minimiser les pertes de charges à l'aspiration en respectant le document FD CEN/TR 13932.

#### - Tuyauterie de refoulement

D'une manière générale, la détermination du diamètre de la conduite de refoulement résulte de la recherche d'un compromis entre les frais d'exploitation (consommation d'énergie) et les frais d'investissement (coût de la tuyauterie).

Pour les éléments de conduite se trouvant à l'intérieur de la station, il est d'usage de ne pas dépasser les valeurs de 2 à 2,50 m/s suivant les diamètres.

👉 Aussi bien pour les conduites d'aspiration que pour les conduites de refoulement, il convient de ne pas perdre de vue qu'une vitesse excessive risque de conduire à des incidents ou des désordres, tels que coup de clapet, coup de bélier, bruit, érosion, etc... A contrario, une vitesse trop faible peut engendrer une sédimentation dans les tuyauteries.

#### - Robinetterie et accessoires

Il est nécessaire, en tout premier lieu, de vérifier que la vitesse adoptée est compatible avec les recommandations du fabricant, cette précaution s'appliquant tout spécialement à des accessoires, tels que : clapets et organes de mesure de débit.

Par ailleurs, une attention toute particulière doit être apportée au choix du type ou système de clapet de non-retour. D'une manière plus générale, le type de clapet doit être compatible avec le genre d'installation réalisée.

L'emploi de clapets de non-retour à fermeture rapide est nécessaire, notamment si des appareils à compression d'air sont prévus à proximité des pompes.

# CHAPITRE 1

## 4. RECOMMANDATIONS PARTICULIÈRES ET INCOMPATIBILITÉS

### 4.1 GÉNÉRALITÉS

Les problèmes d'adduction d'eau sont si diversifiés, tant sur le plan des caractéristiques hydrauliques à satisfaire que sur celui des contingences locales d'installation, qu'ils font nécessairement appel à toutes les techniques de conception des pompes.

Il en découle que ces conceptions sont telles qu'elles ne peuvent d'une manière générale admettre des eaux contenant des matières abrasives en suspension, sous peine, dans le cas contraire, de provoquer dans un temps plus ou moins court une usure des organes de la pompe ce qui a pour conséquence d'entraîner :

- une chute des caractéristiques,
- une augmentation de la consommation d'énergie,
- une fréquence accrue et anormale des réparations.

Il faut donc, dans toute la mesure du possible, éviter ces risques par la recherche et la mise en œuvre de solutions appropriées, telles que :

- l'emploi de systèmes de dégrillage et de dessableur efficaces (pour eaux brutes),
- la réalisation de bassin de décantation (pour eaux brutes),
- la réalisation de pièges à boues (pour eaux brutes),
- l'exécution correcte des puits et des forages : section convenable, crépinage de qualité, etc...



*Vue en coupe d'un forage équipé d'un groupe moto-pompe immergé*

### 4.2 PLAGES DE FONCTIONNEMENT

Les conditions de fonctionnement d'une pompe sont les meilleures au point de rendement optimum, il y a un intérêt à ce que la marche de la pompe s'établisse au voisinage de ce point.



Si pour certains cas d'installation ou de fonctionnement, il peut en être autrement (grandes variations du niveau dynamique de l'eau dans un forage, par exemple ou encore démarrage sur le réseau vide, ce qui est dangereux), le fabricant doit en être averti. Celui-ci sur demande, indique les limites de fonctionnement admissibles, de part et d'autre du point de rendement optimum (voir chapitre 3 sur mode de régulation et variation de fréquence).

Dans le cas d'installation impliquant la marche de plusieurs pompes en parallèle, il faut tout particulièrement veiller, sous peine de désordres graves, à ce que les courbes caractéristiques de ces pompes et la courbe du réseau permettent bien le couplage et le fonctionnement correct. La vérification peut en être faite au moyen d'une étude graphique du fonctionnement de la station de pompage, sans omettre au cours de cette étude, d'envisager toutes les conséquences de la marche avec une seule pompe. En pareil cas cette étude est pratiquement indispensable.

## 4.3 ASPIRATION

L'aménagement des conditions d'installation à l'aspiration de la pompe doit être conçu pour un NPSH disponible supérieur au NPSH requis.

Le NPSH disponible est une donnée de l'installation, il se calcule donc en fonction des conditions de celle-ci, tandis que le NPSH requis est une caractéristique de la pompe, cette caractéristique variant avec le point de fonctionnement.

On trouve en annexe 2 au présent document un exemple simple et pratique de calcul du NPSH disponible pour deux cas type d'installation :

- pompe en aspiration,
- pompe en charge à l'aspiration.

### Remarques :

- ▶ Il ne faut pas confondre le NPSH disponible d'une installation en service, avec l'indication relevée sur le mano-vacuomètre monté à l'aspiration de la pompe.
- ▶ Une attention toute particulière est apportée au tracé de la tuyauterie d'aspiration. D'une manière générale, afin de permettre une alimentation correcte de la pompe, il convient d'éviter dans la mesure du possible les coudes, les divergences et discontinuités de la section transversale à proximité de l'orifice d'aspiration de la pompe.
- ▶ Il convient également de veiller à ce que le point de départ de la tuyauterie d'aspiration (clapet de pied, crépine, tulipe, etc...) soit convenablement immergé et conçu afin d'éviter tout risque de formation d'un phénomène de vortex.
- ▶ On évite la formation de poche de gaz dans la tuyauterie d'aspiration par la suppression de tous points hauts intermédiaires dans le tracé de la tuyauterie. En cas d'impossibilité majeure de réaliser un tel tracé, il faut prévoir un dispositif permettant le dégazage tel que, par exemple, purgeur, éjecteur, pompe à vide, etc...
- ▶ Afin d'éviter le risque d'entrée d'air, il faut être vigilant sur la qualité de l'étanchéité des raccords de la tuyauterie et de la robinetterie.
- ▶ Quand l'installation comporte plusieurs pompes, il est recommandé de réaliser pour chacune d'elle, une aspiration individuelle, ce qui est indispensable quand les pompes fonctionnent en « aspiration ».

# CHAPITRE 1

## 4.4 CONCEPTION DES TUYAUTERIES

Les tuyauteries doivent intégrer les longueurs droites requises par les constructeurs à l'amont et à l'aval des appareils de mesures et de régulation (débitmètre, capteurs de pression, vannes de régulation...).

L'installation est conçue et réalisée de telle sorte que les raccordements des tuyauteries d'aspiration et de refoulement aux brides de la pompe n'entraînent aucun effort sur celle-ci.

En fonctionnement, les réactions admissibles (forces et moments) ne doivent pas provoquer un désalignement supérieur aux tolérances admissibles, ni des déformations dommageables.

Il est sur ce point impératif de ne pas considérer les pompes comme des points d'ancrage des tuyauteries et, à cet effet, il faut nécessairement prévoir pour les tuyauteries les butées et supports appropriés. L'emploi de joints de démontage autobutés est impératif entre les éléments de robinetterie et la pompe.

- ➡ Il est conseillé de se reporter à la brochure : « Guide acoustique des installations de stations de pompage » (édition CETIM) qui fixe les forces et moments maximaux admissibles sur les brides des pompes, objet des normes internationales NF EN ISO 2858, NF EN 733 et du document FD CEN/TR 13931.



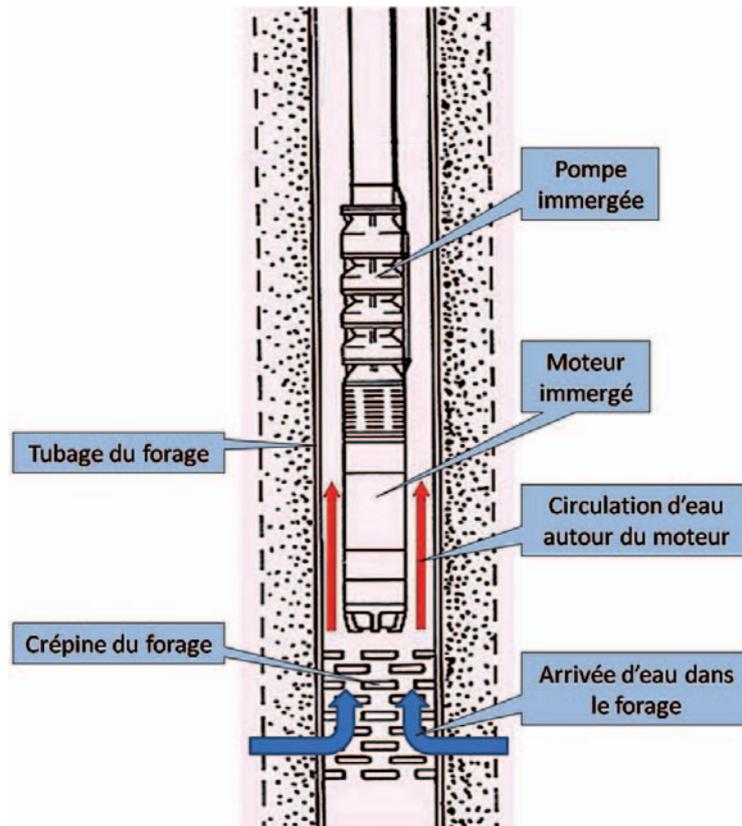
*Joint démontable autobuté*



## 4.5 CONCEPTION DES PRISES D'EAU

La conception des prises d'eau des installations de pompage en forage doit prendre en compte :

- la vitesse de circulation de l'eau dans l'espace annulaire,
- la position de la crépine de la pompe par rapport :
  - au niveau dynamique (le circuit de l'eau doit circuler autour du moteur),
  - aux crépines du forage : il est déconseillé de mettre la crépine de la pompe en face des crépines du forage (risque d'entraînement de sable).
- la compatibilité entre le débit de la pompe et le débit du forage.



# CHAPITRE 1

Dans le cas de plusieurs pompes aspirant dans un même puits ou dans un même bassin et susceptibles de fonctionner simultanément, il faut veiller à respecter les cotes d'écartement d'entre axes des tuyauteries d'aspiration, ainsi que l'écartement de celles-ci par rapport aux parois.

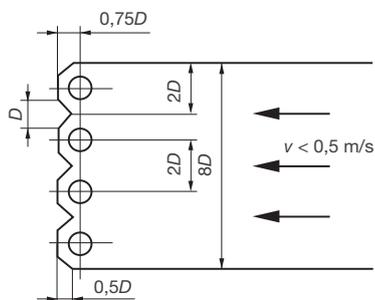


Schéma extrait du document FD CEN/TR 13930  
(vue en plan)

Ce schéma indicatif doit être adapté cas par cas. Il est recommandé d'installer chaque pompe dans une chambre individuelle, notamment en présence d'une arrivée avec divergent, d'un radier pentu et impérativement dans le cas de pompes hélicocentrifuges (pompes en tube).

Prévoir une différence d'altimétrie significative entre les deux crépines dans le cas de groupes immergés installés dans un même forage.

## 4.6 ÉQUIPEMENTS PARTICULIERS

Dans certains cas, il est nécessaire de mettre en place en complément des pompes et accessoires hydrauliques, des matériels spécifiques qui ont toujours pour objectif une amélioration de la qualité et de la fiabilité de l'installation concernée, à savoir :

- variateur de vitesse électronique,
- groupe électrogène,
- débitmètre (avec les longueurs droites à respecter),
- moyen de mesure complémentaire,
- pompe de secours.

## 4.7 TÉLÉTRANSMISSION (voir annexe 7)

La télétransmission permet le paramétrage à distance, la gestion des alarmes et l'acquisition de données (mesures de débit, de pression,...).

## 4.8 MAINTENANCE

- ▶ Pour la maintenance, il est nécessaire de prévoir :
  - l'espace utile pour toute opération d'entretien,
  - une prise d'eau claire (hygiène),
  - une ou des prise(s) de pression pour réception et installation (permanent/transitoires),
  - une prise de courant pour baladeuse ou outillage électrique,
  - un moyen de levage ou sa possibilité d'installation,
  - une vidange de la conduite de refoulement,
  - la détection de présence anormale d'eau dans le local pompage

**Nota :** tous dispositifs de crépinage en amont d'une pompe doit faire l'objet d'une surveillance particulière.



### EAUX CHARGÉES : EAUX USÉES, EAUX RÉSIDUAIRES ET EAUX PLUVIALES

#### PRÉAMBULE

Lorsque l'écoulement gravitaire n'est pas possible, les appareils élévatoires à mettre en œuvre sont essentiellement de trois types : pompes, vis d'Archimède, aéro-éjecteurs.

Tous les appareils élévatoires, du fait de leurs caractéristiques propres, sont soumis à des conditions et limites d'emploi dont les principales sont les suivantes :

- ▶ **POMPES : centrifuges, hélico-centrifuges, hélice ou à effet vortex, volumétriques telles que pompes à piston, à membrane et certains modèles de pompes à vis.**

L'ensemble de ces matériels :

#### Permet :

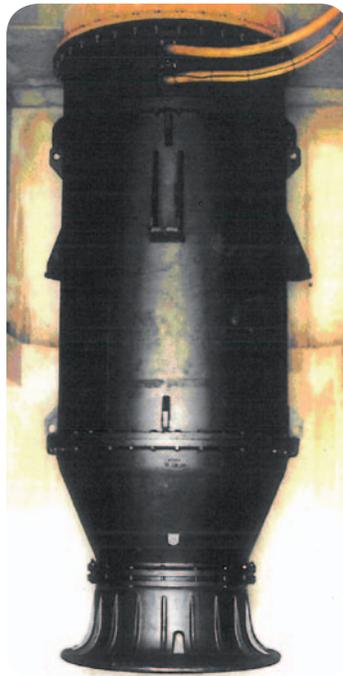
- des hauteurs de relevage assez importantes (HMT) sans limitation de débit,
- une grande facilité d'installation
- une grande souplesse d'exploitation.

#### Nécessite :

- une sélection adaptée aux eaux pompées.
- ▶ En conséquence, les pompes représentent le type d'appareil élévatoire le plus universel et, comme dans la plus grande majorité des cas, on fait appel aux pompes centrifuges, les prescriptions qui suivent ne traiteront que de ce type de machines.



*Pompes submersibles*



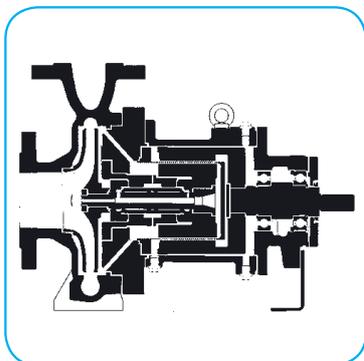
*pompe submersible en tube  
(vue du tube en fosse)*



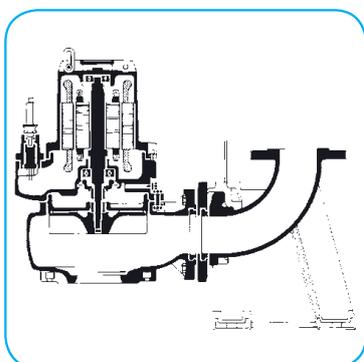
*Pompe submersible  
(type en tube)*

# CHAPITRE 2

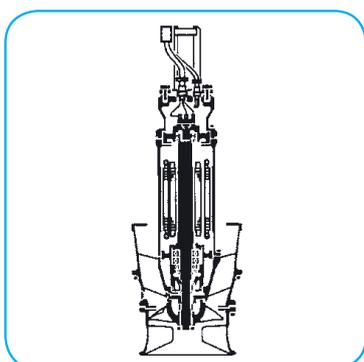
## PRINCIPAUX TYPES DE POMPES EAUX CHARGÉES



*Pompe monocellulaire à aspiration axiale*



*Pompe monocellulaire submersible*



*Pompe monocellulaire submersible en tube*



### ► VIS D'ARCHIMÈDE

#### Permet :

- des relevages de débits importants, sous des hauteurs faibles,
- un relevage d'eaux très chargées,
- d'atteindre un rendement sensiblement constant quelque soit le débit relevé,
- d'éviter les à-coups en s'adaptant aux débits à relever.

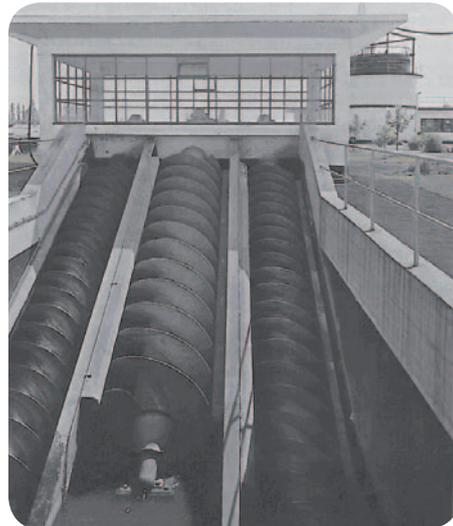
#### Nécessite :

- une maintenance importante,
- des travaux de génie civil adaptés.

#### Ne permet pas :

- de mettre en pression les eaux.

*Vis d'Archimède.  
Relevage des eaux à l'entrée  
d'une station d'épuration.  
La vis du milieu est surélevée  
par rapport aux deux autres ;  
elle sert en cas de débit d'orage  
et ne se met en marche  
que pour ce débit exceptionnel.*



# CHAPITRE 2

## ► AÉRO-ÉJECTEUR :

C'est une technique alternative basée sur l'utilisation du vide ou de l'air comprimé nécessitant pour son fonctionnement soit un groupe électro-compresseur, soit un réseau d'air comprimé et une oxygénation par diffuseur.

### Permet :

- de grandes hauteurs de relèvement et de grandes longueurs de refoulement,
- de réduire les nuisances olfactives.

Il a un rendement médiocre et par conséquent ne peut être rationnellement utilisé que pour des débits assez faibles.

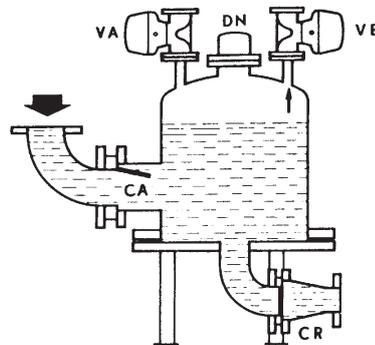
### Principe de fonctionnement

L'aéro-éjecteur est utilisé pour le relevage des eaux ou des produits liquides :

- eaux vannes, usées, chargées, pluies, infiltrations,
- produits liquides corrosifs et/ou abrasifs, en utilisant l'air comprimé comme énergie.

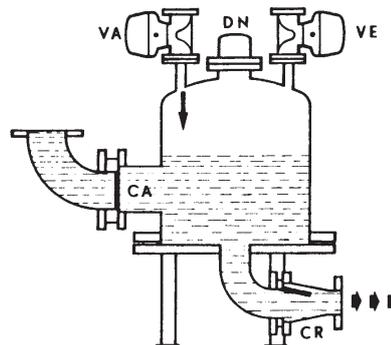
#### 1<sup>er</sup> temps : arrivée

La cuve de l'appareil étant vide, le produit à relever pénètre par gravité par le clapet (CA) et la remplit progressivement. Le remplissage terminé, le détecteur (DN) transmet l'information au coffret de commande qui déclenche la fermeture de la vanne d'air (VE) pour obturer l'échappement et ensuite l'ouverture de la vanne d'air (VA) pour admission de l'air comprimé au-dessus du liquide.



#### 2<sup>e</sup> temps : refoulement

La pression d'air comprimé provoque la fermeture du clapet d'admission (CA), l'ouverture du clapet de refoulement (CR), le produit liquide est refoulé dans la conduite d'évacuation.

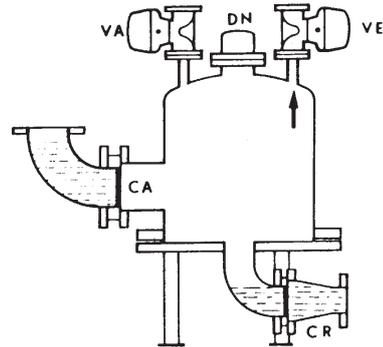




### 3<sup>e</sup> temps : échappement

À la fin du temps de refoulement, le coffret transmet l'ordre de fermeture à la vanne d'admission d'air (VA) et d'ouverture à la vanne d'échappement (VE). La cuve n'est plus en pression, le clapet de refoulement (CR) se referme sous le poids du liquide refoulé.

En fin d'échappement, la pression d'air étant nulle à l'intérieur de la cuve, le clapet d'admission (CA) peut s'ouvrir sous la poussée du produit liquide en attente.



Les trois temps du cycle :

- remplissage,
- refoulement,
- échappement,

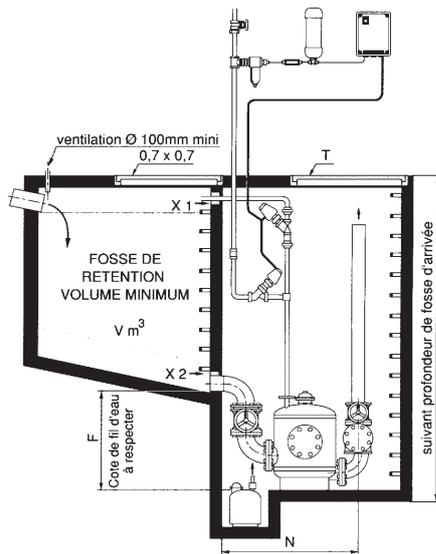
se déroulent à cadence plus ou moins rapide selon :

- l'arrivée des produits liquides,
- le débit désiré par réglage au coffret (Option).

Si l'écoulement du produit liquide cesse,

l'aéro-éjecteur reste à l'état stationnaire, sans dépenser d'air comprimé.

En cas d'installation de deux appareils, une commande des refoulements en alternatif est intégrée au coffret.



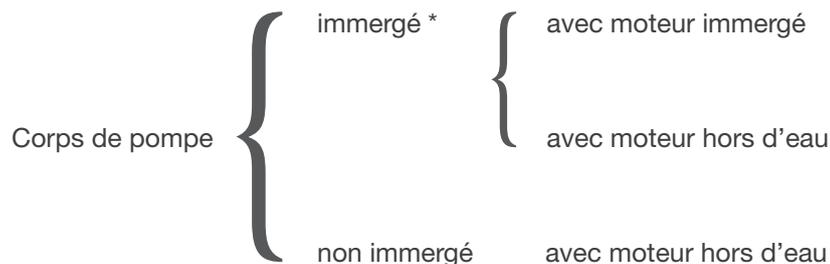
Mise en place d'un aéro-éjecteur

# CHAPITRE 2

## 1. PRESCRIPTIONS COMMUNES AUX POMPES ET GROUPES ÉLECTRO-POMPES CENTRIFUGES

### 1.1 PRINCIPALES DISPOSITIONS ET DÉFINITIONS DES DIFFÉRENTS APPAREILS ÉLÉVATOIRES

**Se reporter au chapitre 1** (Eaux claires) pour les principales dispositions et définitions des différents appareils élévatoires qui pourraient se résumer comme suit :



\* immergé signifiant : totalement recouvert d'eau en permanence

### 1.2 ROUES DE POMPE ET PASSAGE LIBRE

- Les roues à écoulement radial de forme classique pour liquide clair ne peuvent pas convenir pour le relevage des eaux chargées de plus ou moins forte concentration de matières.

La notion de section de passage libre est matérialisée par le diamètre d'une sphère susceptible de pouvoir transiter à l'intérieur de la pompe sans risque de bouchage.

Les roues à utiliser dans les pompes de relevage d'eaux usées sont de l'une des conceptions suivantes :

- avec flasque d'usure et système de décharge,
- roue à un ou plusieurs canaux ouverte, semi-ouverte ou fermée (suivant l'importance du débit),
- roue dite dilacératrice (à broyeur),
- roue dite sécatrice (à couteau),
- roue à effet vortex,
- roue hélice (écoulement axial).



### PRINCIPAUX TYPES DE ROUES EAUX CHARGÉES

Pour les liquides chargés, les pompes centrifuges sont équipées de roues adaptées à la fonction de la pompe évoluant de la roue monocanal fermée, la roue multicanal fermée, la roue vortex, la roue monocanal ouverte et la roue hélicoïdale (ou sécatrice ou broyeuse)



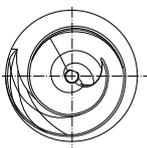
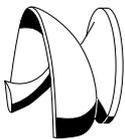
*Roue monocanal fermée*



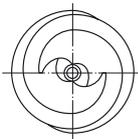
*Roue multicanal fermée*



*Roue vortex*



*Roue monocanal ouverte*



*Roue hélicoïdale*

# CHAPITRE 2

## 1.3 PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DE CONSTRUCTION

- les pompes peuvent être munies de moyens de surveillance (humidité moteur, étanchéité, échauffement, température du palier, vibrations,...),
- les pompes sont munies de pièces d'usure (flasques, bagues, chemises,...),
- les pompes conçues pour fonctionner et pour être installées hors d'eau sont munies de regards ou de tampons de visites de section appropriée et d'un accès facile,
- il est souhaitable que pour les pompes non immergées à axe horizontal et fonctionnant hors d'eau, le démontage de l'ensemble pivoterie et roue puisse se faire par l'arrière sans avoir à déconnecter la ou les tuyauterie(s) et à déposer le moteur, un accouplement à manchon d'espacement est donc nécessaire entre pompe et moteur,
- les pompes sont munies d'orifices de dégazage et de vidange,
- les groupes dits submersibles sont conçus de telle sorte qu'ils soient facilement relevables (barre de guidage et pied d'assise).

☞ La construction et l'installation des pompes doivent répondre aux règles concernant les risques identifiés (risques d'atmosphère explosive, pouvoir abrasif et/ou corrosif des eaux pompées,...).

## 1.4 MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

Tous les matériaux entrant dans la construction des pièces ou organes de la pompe en contact avec le liquide pompé sont déterminés en tenant compte de la présence éventuelle dans le liquide pompé de matières abrasives et/ou corrosives.

### Recommandations

D'une manière générale :

- ▶ les brides d'aspiration et de refoulement sont dimensionnées pour la même pression nominale que celle du corps de pompe (voir normes),
- ▶ les arbres sont protégés de l'usure au droit du presse-étoupe par un dispositif approprié (chemise, etc...),
- ▶ les emboîtages de roue sont généralement protégés de l'usure au droit des joints hydrauliques d'étanchéité par un dispositif approprié (bagues sur corps ou sur roue, ou sur les deux, etc...),
- ▶ les paliers de pompes fonctionnant hors d'eau sont protégés des projections d'eau accidentelles,
- ▶ la lubrification des paliers des pompes horizontales doit être correctement réalisée : paliers lisses lubrifiés à l'eau pompée, paliers à graisse, paliers à bain et circulation d'huile avec, dans ce dernier cas, jauge de contrôle du niveau d'huile,
- ▶ dans le cas de pompe verticale à ligne d'arbre, la lubrification des paliers intermédiaires doit être réalisée par eau claire, la lubrification du palier de tête et de butée de telles pompes peut être réalisée soit par graisse, soit par circulation d'huile...,
- ▶ éventuellement, les pompes de surface sont munies d'orifices de dégazage, de purge et de prises de pression à l'aspiration comme au refoulement.

## 1.5 CHÂSSIS POUR GROUPES HORIZONTAUX

Les dimensions des châssis-supports doivent être conformes aux normes en vigueur.

☞ Dans le cas d'utilisation de presse-étoupe, la mise en place d'un système de récupération des fuites est conseillée.

Les châssis supports sont suffisamment rigides de manière à ce que, dans des conditions d'installation correcte, les forces externes admissibles et indiquées par le fabricant de la pompe n'entraînent pas un désalignement des bouts d'arbre supérieur aux tolérances indiquées par le fournisseur de l'accouplement.



- ➡ Il est très vivement conseillé à l'installateur de ces groupes de se reporter à la norme NF EN 809+A1 – sécurité des machines. Dans tous les cas, la vérification, par l'installateur, de l'alignement après scellement est indispensable.

### 1.6 DISPOSITIFS D'ÉTANCHÉITÉ

#### 1.6.1 Groupes submersibles monobloc

L'étanchéité, entre partie pompe et partie moteur, est réalisée au moyen d'un système efficace et fiable (par exemple : chambre à huile). Ce système est tel qu'il autorise le temps nécessaire à l'intervention, sans que dans l'intervalle, il y ait risque de destructions graves.

- ➡ En conséquence, il est souhaitable qu'il comporte un dispositif de signalisation et de contrôle à distance.

#### 1.6.2 Groupes submersibles monobloc en fosse sèche

Ces groupes, généralement monoblocs, comportent un système d'étanchéité identique à celui des groupes immergés.

- ➡ Une attention particulière doit être apportée au refroidissement du moteur.

#### 1.6.3 Groupes de surface : voir chapitre 1 (eaux claires) – § 1.6

### 1.7 ACCOUPLEMENT MOTEUR/POMPE

#### 1.7.1 Accouplement semi-élastique entre pompe et moteur

Ceci concerne plus spécialement les groupes horizontaux de surface et les groupes verticaux à ligne d'arbre dans lesquels la liaison entre bout d'arbre pompe et bout d'arbre moteur est réalisée au moyen d'un organe d'accouplement.

En aucun cas cet organe ou l'une de ses pièces constitutives ne peut être considéré comme pièce de rupture.

Les dimensions en sont données par la norme NFE 44221 et par le fascicule de documentation FD E 44190.

- ➡ L'accouplement est du type semi-élastique ; une pièce d'espacement est vivement conseillée pour la maintenance.

#### Permet :

- une grande liberté de choix pour le moteur électrique, notamment l'utilisation de modèles classiques, normalisés, du commerce,
- de rendre indépendants les paliers du moteur de la poussée axiale hydraulique due à la pompe,
- de rendre indépendants les paliers de la pompe de ceux du moteur (thermique),
- au démarrage la répercussion du « sur-couple »,
- la mise en place d'un volant d'inertie.

#### Nécessite :

- un encombrement plus important, surtout dans le cas de groupes horizontaux,
- une réalisation soignée du massif de génie civil,
- une très grande attention au moment du montage :
  - sur la mise à niveau entre le châssis support et le massif béton,
  - pour la mise en ligne de la ligne d'arbres « pompe moteur ».

# CHAPITRE 2

## 1.7.2 Accouplement rigide

Cette liaison est assurée par manchons rigides, le fabricant du groupe prenant dès lors toutes les précautions appropriées pour assurer la fiabilité du matériel, en particulier pour la garniture mécanique d'étanchéité.  
Ce montage est utilisé dans les dispositions monobloc.

### Permet :

- une faible emprise au sol (surtout les groupes horizontaux),
- la suppression de la phase d'alignement d'où l'annulation de tout risque de désalignement entre pompe et moteur,
- des massifs réduits.

### Nécessite :

- l'utilisation de moteurs spécifiques.

### ✎ Ne permet pas :

- un entraînement de secours par moteur thermique.

## 1.7.3 Arbre commun moteur – pompe

L'arbre-moteur entraîne directement la roue de la pompe

### Permet :

- une faible emprise au sol (surtout les groupes horizontaux),
- la suppression de la phase d'alignement d'où l'annulation de tout risque de désalignement entre pompe et moteur,
- une solution économique.

### Nécessite :

- des moteurs fournis exclusivement par le fabricant.

### ✎ Ne permet pas :

- un entraînement de secours par moteur thermique et l'utilisation de garnitures à tresse.

## 1.8 MOTEURS ÉLECTRIQUES D'ENTRAÎNEMENT

### 1.8.1 Moteurs submersibles

Ces moteurs sont conçus pour fonctionner totalement noyés en permanence et/ou partiellement ou complètement dénoyés (**voir chapitres suivants 2.1 et 2.2**).

Pour assurer ces fonctions :

- les entrées de câble doivent être réalisées en usine de façon à éviter toute infiltration ou remontée capillaire d'eau dans le moteur.
- la température du moteur doit être surveillée par des capteurs intégrés qui contribuent, par l'intermédiaire d'automatismes, à assurer la protection en cas de surchauffe.

- ✎ Si la pompe à moteur submersible est installée horizontalement, il faut s'assurer que cette position est admise par le fabricant.  
Dans le cas de fort débit, il est conseillé de soumettre au préalable les conditions de pose au fabricant.

### 1.8.2 Moteurs de surface

D'une manière générale, quel que soit leur type, ces moteurs sont déterminés (classe de protection, d'isolement, d'échauffement et d'efficacité énergétique) en fonction de la réglementation, des lieux d'installation et des conditions d'exploitation.



## 1.9 SÉCURITÉ DES MACHINES

En vertu des articles R 4311-4 à R 4313-95 du Code du Travail sur la sécurité des machines et du décret 2008-1156 du 7 novembre 2008 transposant la Directive Européenne 2006/42/CE, les organes de rotation doivent comporter dans tous les cas un dispositif de protection dont la fourniture incombe au fabricant de la pompe, chaque fois que celui-ci fournit et livre l'ensemble complet et assemblé. Ces dispositions sont décrites dans la norme NF EN 809+A1 et dans le fascicule de documentation FD E 44094.

## 1.10 PRESCRIPTIONS TECHNIQUES EN VIGUEUR – ESSAIS ET ÉPREUVES

Pour les spécifications techniques relatives à l'équipement hydraulique, mécanique et électrique, ainsi qu'aux essais et épreuves, on se référera au document technique applicable (fascicule 81.1 du CCTG).

# CHAPITRE 2

## 2. CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LES SYSTÈMES D'INSTALLATION

Il existe deux types d'installation : soit en fosse noyée, soit en fosse sèche. Chacun de ces systèmes a ses avantages et ses inconvénients, tels qu'explicités ci-après :

☞ Dans ces deux systèmes d'installation il est recommandé de maîtriser l'arrivée des effluents lors des opérations de maintenance.

### 2.1 FOSSE NOYÉE

#### Permet :

- la simplification de la conception et de la réalisation des travaux de génie civil ce qui se traduit par un moindre coût des investissements,
- d'éviter la construction d'ouvrage en surface,
- un équipement hydraulique simplifié,
- l'installation de la robinetterie dans un regard annexe (chambre des vannes),
- de s'affranchir des contraintes liées à la tuyauterie d'aspiration,
- la réduction très sensible du bruit au niveau du ou des groupes électro-pompes installés,
- le levage simple de la pompe pour les interventions de maintenance.

#### Nécessite :

- d'éviter l'utilisation de fosses standardisées trop petites qui engendrent :
  - un entretien plus difficile,
  - un contrôle permanent du bon état de l'étanchéité entre pompe et moteur,
- un moyen de levage approprié ainsi qu'une plate-forme d'évolution adéquate,
- d'installer en plein vent, l'armoire des appareillages de commande, de contrôle et de protection (prévoir les risques de déprédation),
- des interventions plus coûteuses en cas d'incidents et de réparations nécessaires, tout particulièrement au niveau des moteurs.
- des systèmes de ventilation en cas d'intervention dans la fosse,
- en cas d'interventions le respect des conditions de sécurité et d'hygiène (voir ou non la présence de gaz toxiques ou explosifs,...),

☞ Des précautions particulières en vue d'assurer une étanchéité de la traversée des parois par les canalisations de l'extérieur ou de l'intérieur.



*Pompes submersibles en fosse noyée*



## 2.2 FOSSE SÈCHE

### Permet :

- une exploitation plus simple et plus hygiénique en raison d'un accès plus aisé au matériel,
- d'avoir un équipement électrique logé à l'abri et ainsi soustrait à tout risque de dégradation,
- une plus grande facilité d'intervention sur le matériel (pompe, moteur et robinetterie) dans des conditions d'ambiance et de salubrité acceptables,
- plus de latitude et de souplesse pour traiter les problèmes d'installation à caractéristiques hydrauliques importantes,
- l'adaptation intéressante d'une protection anti-bélier par volant d'inertie.

### Nécessite :

- un génie civil important,
- l'installation d'un groupe auxiliaire pour le relèvement des eaux d'infiltration, de suintement ou d'inondation,
- la ventilation de la fosse,
- un équipement hydraulique plus conséquent, pouvant entraîner un surcoût (tuyauterie d'aspiration nécessaire, vanne,...),

➔ Des précautions particulières en vue d'assurer une étanchéité de la traversée des parois par les canalisations de l'extérieur vers l'intérieur.



*Pompes submersibles en fosse sèche*

# CHAPITRE 2

## 2.3 VOLUME UTILE DE LA FOSSE

Le volume utile de la fosse est le volume compris entre le niveau d'enclenchement et de déclenchement d'une pompe.

Ce volume se calcule par la formule approchée suivante :

$$V = \frac{Q_{moyen}}{4(n-1)z}$$

- V = le volume utile de la fosse en m<sup>3</sup>
- Q<sub>moyen</sub> = le débit moyen de la pompe en m<sup>3</sup>/h
- n = le nombre de pompes en permutation circulaire
- z = le nombre d'enclenchements horaires

### Formule de calcul du débit moyen (cas d'un arc de parabole)

$$Q_{moyen} = \frac{2(Q_e^2 + Q_e Q_d + Q_d^2)}{3(Q_e + Q_d)}$$

- Q<sub>e</sub> = débit au niveau d'enclenchement en m<sup>3</sup>/h
- Q<sub>d</sub> = débit au niveau de déclenchement en m<sup>3</sup>/h

A titre indicatif le nombre d'enclenchements par heure est de l'ordre de 10 pour des installations ≤ 7,5 kW et 6 au-delà (valeur à faire confirmer par le fabricant).

D'autres considérations sont à prendre en compte cas par cas, par exemple :

- stockage temporaire pour intervention (éventuellement compartimentage),
- réserve d'eau pour assurer le remplissage et l'auto-curage des conduites dans le cas de réseaux partiellement descendants.



## 3. SECTIONS DE PASSAGE – DIAMÈTRE DE RACCORDEMENT

A ce sujet, deux critères sont, à considérer :

- les sections de passage des pompes,
- les sections de passage des tuyauteries.

### 3.1 SECTION DE PASSAGE DES POMPES

Dans l'état actuel de la technique et compte tenu des informations recueillies auprès des fabricants, les sections admissibles des corps solides pouvant transiter dans les pompes d'assainissement sans risque d'obstruction sont, pour diverses conceptions de roue, en adéquation avec le dégrillage placé en amont.

### 3.2 SECTION DE PASSAGE DES TUYAUTERIES

A titre indicatif, le diamètre minimum est fixé à 80 mm.

L'emploi de pompes dilacératrices permet de diminuer ce diamètre jusqu'à 32 mm.

Par ailleurs, la vitesse d'écoulement ne doit pas être inférieure à 0,7 m/s afin d'éviter tout phénomène de formation de biofilm (autocurage).

En conséquence, il en résulte pour les stations de pompage un débit horaire minimum.

Certaines limites sont à envisager pour les vitesses d'écoulement, car les pertes de charge variant sensiblement comme le carré des vitesses, il pourrait en résulter des hauteurs manométriques trop importantes et une forte consommation d'énergie.

### 3.3 DIAMÈTRE DE RACCORDEMENT

Il semble donc raisonnable de fixer la vitesse d'écoulement dans une fourchette comprise entre 0,7 m/s et 1,5 m/s ce qui donne les débits suivants pour les tuyauteries habituellement utilisées :

Diamètre intérieur mm	Débit mini m <sup>3</sup> /h	Débit maxi m <sup>3</sup> /h
80	13	27
100	20	42
125	31	65
150	45	95
200	80	170
250	125	265
300	180	380

# CHAPITRE 2

## 4. RECOMMANDATIONS PARTICULIÈRES ET INCOMPATIBILITÉS

### 4.1 GÉNÉRALITES

L'utilisation de pompes centrifuges multicellulaires pour le pompage d'eaux chargées est contre indiquée.

La recherche d'utilisation de pompes à vitesse de rotation plus faible est préférable pour des raisons d'usure, de couple et de NPSH.

### 4.2 PLAGES DE FONCTIONNEMENT

- Pour les grandes hauteurs manométriques, s'il n'est pas possible de multiplier les stations de relèvement, on peut quelquefois envisager le refoulement de pompes en série montées dans une même station.

Ceci est souvent préférable à la solution qui consiste à faire travailler une pompe à gauche de sa courbe, ce qui conduit souvent à des dysfonctionnements hydrauliques diminuant la pérennité du matériel.

Dans le cas de fonctionnement de deux pompes en série, il faut s'assurer que le corps de pompe ainsi que la garniture mécanique de la deuxième pompe puissent travailler sous une pression relativement supérieure à la charge habituelle pour ce genre de matériel.

- Pour le choix des pompes, l'utilisateur doit respecter les zones de fonctionnement préconisées par les fabricants.

- Dans le cas de fonctionnement impliquant de fortes variations de hauteur manométrique, d'élévation de la température du liquide pompé ou d'installation en altitude, une attention toute particulière doit être apportée au respect de la condition :  
NPSH disponible > NPSH requis + marge de sécurité (voir annexe 2).

- Dans le cas d'installation impliquant la marche de plusieurs pompes en parallèle, veiller à ce que la courbe du réseau et les courbes-pompes permettent le fonctionnement correct de ces pompes.

### 4.3 PRÉCAUTIONS D'INSTALLATION

- L'emploi de joints de démontage autobutés est indispensable sur tous les éléments de tuyauterie et de robinetterie.

- L'emploi de manchons anti vibratoires à l'aspiration et au refoulement nécessite le montage avec tirants limiteurs d'élongation et points fixes sur la tuyauterie, et ancrage adéquate.

- La mise en place de butée est à prévoir systématiquement.

- La robinetterie devra être facilement accessible et démontable.

Il faut veiller à ce que les accessoires et auxiliaires tels que la robinetterie et tous équipements de :

- mesure,
- commande,
- contrôle et de régulation,
- protection,

soient compatibles avec le matériel principal de pompage retenu.



### 4.4 ÉQUIPEMENTS

Il est nécessaire de mettre en place en complément aux pompes et aux accessoires hydrauliques, aux matériels spécifiques qui ont toujours pour objectif une amélioration de la qualité et de la fiabilité de l'installation concernée :

- un dispositif de dégrillage,
- un débitmètre (avec les longueurs droites de tuyauterie à respecter),
- une pompe de secours,
- et dans certains cas :
  - un variateur de vitesse électronique,
  - un groupe électrogène,
  - des systèmes de remise en suspension et/ou de nettoyage.

### 4.5 TÉLÉTRANSMISSION (voir annexe 7)

La télétransmission permet le paramétrage à distance, la gestion des alarmes et l'acquisition de données (mesures de débit, de pression,...).

### 4.6 MAINTENANCE

Il est nécessaire de prévoir :

- l'espace suffisant pour toute opération d'entretien,
- la maîtrise des effluents lors des opérations de maintenance,
- une prise d'eau claire (hygiène),
- une prise de pression pour régimes permanent/transitoires
- une prise de courant pour baladeuse ou outillage électrique.
- un moyen de levage ou sa possibilité d'installation,
- une vidange de la conduite de refoulement.

Retrouvez notre site : [www.snecorep.fr](http://www.snecorep.fr)  
et accédez à toutes nos actualités, publications, informations  
ainsi qu'à notre annuaire professionnel en ligne



**SNECOREP**  
*Les professionnels du pompage*

- Accueil
- Conseil d'administration
- Conditions d'admission
- Qualification des entreprises
- Publications
- Galerie photo et vidéo
- Téléchargements
- Trouver une entreprise
- Contact
- Liens utiles

**News**

- > Assemblée Générale 2010 du Snecorep...  
[Lire la suite...](#)

**Qu'est-ce que le SNECOREP ?**

Le *Syndicat National des Entrepreneurs, Concepteurs et Réalisateurs de Stations de Pompage* dénommé SNECOREP regroupe une trentaine d'entreprises de Travaux Publics qualifiées dans le pompage et les travaux hydrauliques.

Le SNECOREP, créé en 1986, est issu de la 8<sup>e</sup> section de la chambre Syndicale Nationale des Entreprises et Industries de l'Hygiène Publique qui regroupait les entreprises assurant la conception des stations de pompage depuis 1964.

Il compte, parmi ses membres correspondants, des fournisseurs ou des formateurs en équipements de stations de pompage et ouvrages associés.

**Ses objectifs :**

- représenter ses adhérents auprès des pouvoirs publics et défendre leurs intérêts.
- apporter aux entrepreneurs adhérents des informations économiques, sociales, administratives, juridiques, techniques intéressant la profession.
- promouvoir les métiers du SNECOREP auprès des jeunes.

Le SNECOREP est adhérent de la Fédération Nationale des Travaux Publics - FNTF depuis 2007. Une nouvelle signature accompagne désormais tous les adhérents au syndicat : *les professionnels du pompage*. Il est **présidé par Benoît Poinot depuis 2007**.

> Syndicat national des entrepreneurs, concepteurs et réalisateurs de stations de pompage  
3 rue de Berni - 75008 Paris - Tél. 01 44 13 32 24 - Fax : 01 44 13 98 79  
> [Nous contacter par E-mail](#)

Mentions légales / Plan du site



## ASPECTS ÉNERGÉTIQUE ET ÉCONOMIQUE

### 1. COUT GLOBAL DU CYCLE DE VIE D'UNE POMPE

L'analyse du coût global est une méthode de calcul permettant d'évaluer précisément les coûts inhérents à tout type d'équipement. Il est traité ici des installations de pompage pour eaux claires et chargées. Ces coûts comprennent : l'investissement initial, l'installation, la maintenance, la consommation d'énergie, qui sont parmi les plus importants.

L'intérêt fondamental de l'analyse du coût global est double. D'abord et surtout c'est une analyse économique qui permet d'évaluer la meilleure solution de pompage en termes de coûts. Deuxièmement, cette analyse est bénéfique pour l'environnement car elle concourt à éviter le gaspillage énergétique.

#### Calcul du coût global = LCC\*

La formule de calcul suivante est un standard établi et reconnu par de grandes institutions au niveau international.

$$LCC = C_{ic} + C_{in} + C_e + C_o + C_m + C_s + C_{env} + C_d$$

$C_{ic}$  = coût d'achat initial du matériel nécessaire (pompe, systèmes divers, tuyauterie, équipements auxiliaires, supervision, etc.)

$C_{in}$  = coût d'installation et de mise en route (formation comprise)

$C_e$  = coût énergétique (coûts calculés de fonctionnement normal du système, variateur et divers accessoires auxiliaires compris)

$C_o$  = coût de main-d'œuvre d'une exploitation normale du système y compris de la supervision

$C_m$  = coût de maintenance et de réparation (interventions préventives et curatives)

$C_s$  = coût de l'indisponibilité du système

$C_{env}$  = coût environnemental (contamination par le liquide pompé, émission de gaz à effet de serre, autres impacts sur l'environnement)

$C_d$  = coût de recyclage et de gestion en fin de vie (comprenant les divers équipements auxiliaires et la restauration du site d'installation).

➔ Une analyse de coût global porte sur la durée prévisionnelle d'amortissement des pompes, en général sur dix ans.

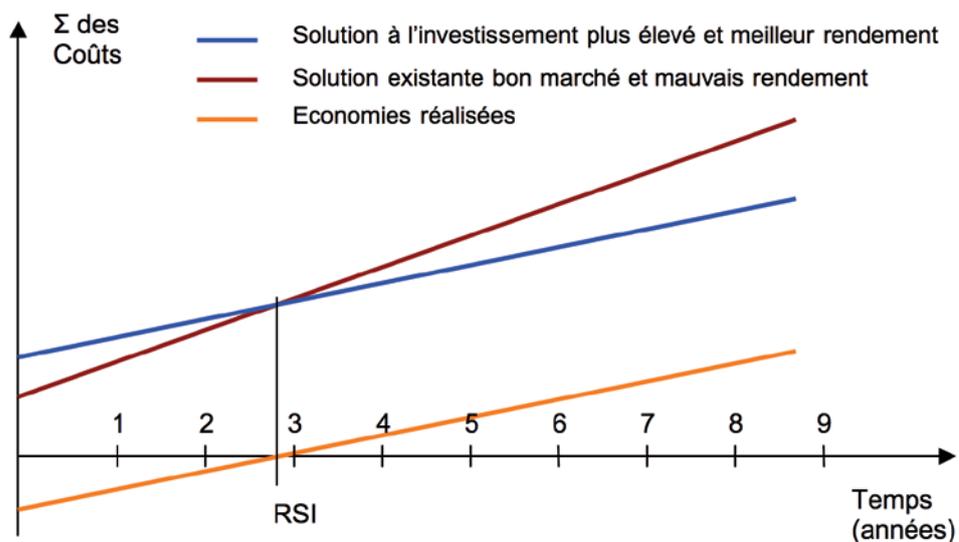
---

\* Life Cycle Cost = LCC

# CHAPITRE 3

## 2. DUREE D'AMORTISSEMENT/RETOUR SUR INVESTISSEMENT (RSI)

Il est alors possible de calculer le coût global de cycle de vie d'un nouveau système par rapport à celui déjà en place. On peut comparer leurs évolutions dans le temps et trouver la date de retour sur investissement qui se trouve à l'intersection des deux courbes.





## 3. USURE DE L'HYDRAULIQUE - MATERIAUX OU REVETEMENTS SPECIAUX

L'usure de l'hydraulique (roue et volute) entraîne une chute du rendement hydraulique de la pompe, cette chute étant d'autant plus rapide que l'effluent transporté est corrosif et/ou abrasif. Cette partie hydraulique doit alors être remplacée régulièrement afin que la pompe puisse conserver les performances demandées (débit, HMT) et afin de retrouver un rendement énergétique global optimum.

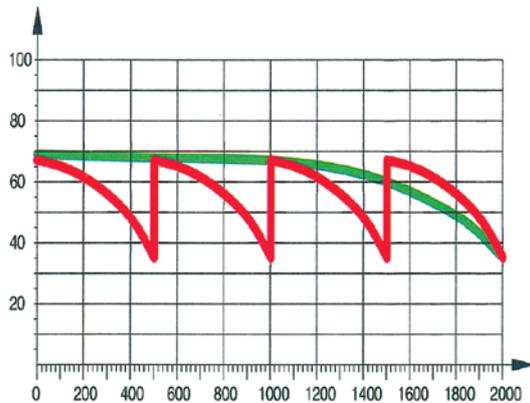
Or, de nombreuses solutions existent chez les constructeurs pour augmenter la durée de vie de la partie hydraulique et donc pour espacer les opérations de changement d'hydraulique. Une solution commune à tous les usages (eau claire et eaux chargées) est de recourir à des métallurgies nobles pour la roue et/ou la volute.

En eaux usées et chargées on peut spécifiquement recourir à :

- des revêtements spéciaux sur roue et/ou volute (revêtements céramique liquide, plus ou moins chargés en billes céramique),
- un système de rattrapage de jeu (pour certaines pompes de relevage notamment).

En fonction de la nature de l'effluent, on comprend qu'il est important de choisir une hydraulique appropriée dès l'achat.

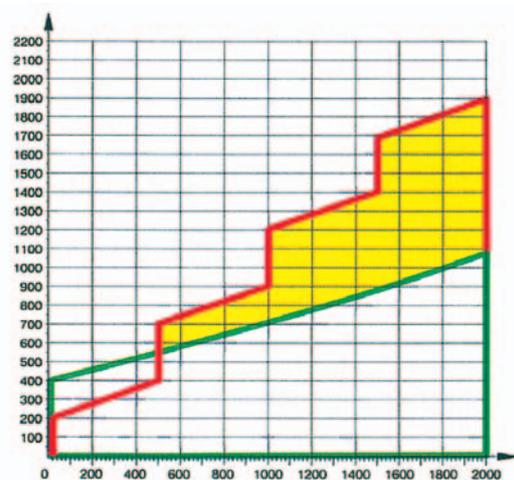
Les graphiques ci-dessous montrent clairement l'intérêt technique et financier de telles solutions. Evolution du rendement hydraulique dans le temps :



Evolution du rendement hydraulique dans le temps :

En rouge : en fonte grise  
En vert : matériaux adaptés

Un seul changement d'hydraulique à prévoir au lieu de 4, grâce aux matériaux adaptés



Evolution des frais engagés dans le temps :

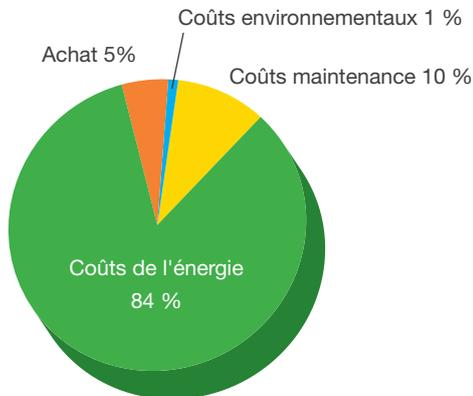
En rouge : fonte grise  
En vert : matériaux adaptés

A l'achat, l'hydraulique avec matériaux adaptés est plus chère, mais les économies interviennent rapidement après un certain nombre de remplacements.

# CHAPITRE 3

## 4. EFFICACITE ENERGETIQUE

### 4.1 OPTIMISATION DU RENDEMENT

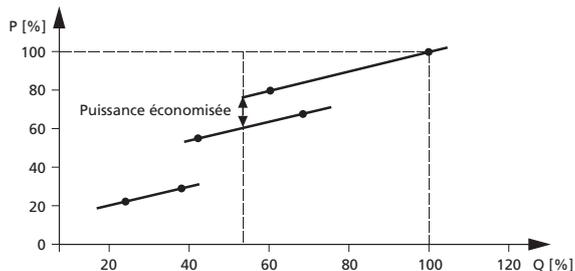
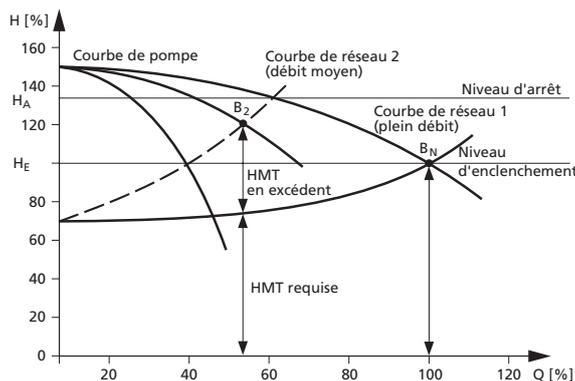


Exemple de répartition des coûts pour une station de pompage de forte puissance ( $\geq 11\text{kW}$ ) sur dix ans.

L'énergie étant le principal poste de dépense au long du cycle de vie d'un système de pompage, c'est donc le point sur lequel des efforts d'amélioration sont les plus efficaces.

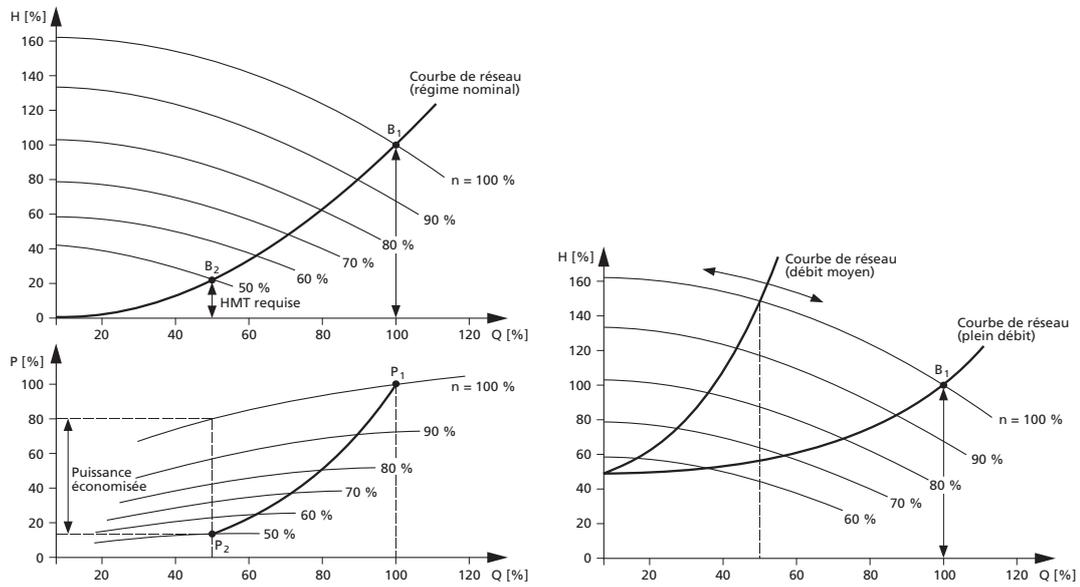
Le profil de charge (suivi des variations de la demande hydraulique) de l'installation est très important et son étude doit permettre d'opter pour le meilleur système de pompage et de le dimensionner en conséquence. L'objectif recherché est de faire fonctionner le système à son meilleur rendement hydraulique et électrique possible. Pour cela on dispose de plusieurs leviers :

#### 1. Régulation de débit par cascade de pompes

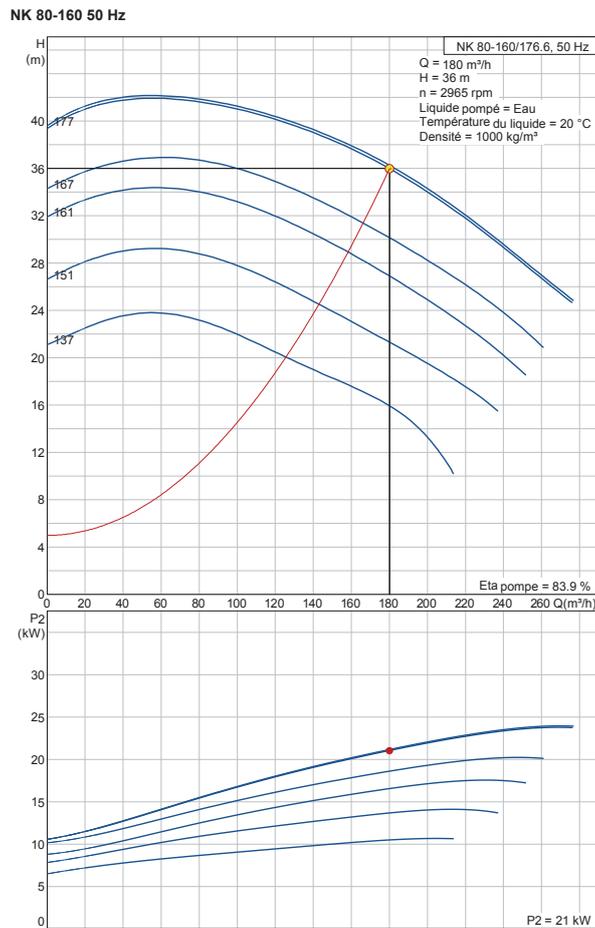




## 2. Régulation de débit par variation de vitesse



## 3. Rognage de roue au plus juste pour les systèmes avec un point de fonctionnement fixe.



Imprimé depuis le logiciel  
Grundfos WinCAPS

# CHAPITRE 3

## 4.2 NOTE DE CALCUL AVEC VARIATION ÉLECTRONIQUE DE VITESSE (VEV)

Les trois facteurs principaux d'une courbe de pompe sont le débit, la pression ou hauteur manométrique totale et la puissance absorbée. En variation de vitesse ils suivent les règles d'évolutions suivantes :

- Le débit Q est **proportionnel** à la vitesse de rotation de la pompe.
- La hauteur manométrique totale H est proportionnelle **au carré** de la vitesse de rotation.
- La puissance absorbée P d'une pompe est la puissance mécanique absorbée, en kW ou en W, au niveau de l'arbre ou de l'accouplement de la pompe. Elle est proportionnelle **au cube** de la vitesse de rotation et est déterminée à l'aide de la formule suivante :

$$P = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta}$$

P : puissance en watts,  
 $\rho$  : masse volumique en kg/m<sup>3</sup>,  
g : accélération de la pesanteur = 9,81 m/s<sup>2</sup>,  
Q : débit refoulé, en m<sup>3</sup>/s,  
H : hauteur manométrique totale, en m,  
 $\eta$  : rendement, compris entre 0 et <1 (non en %).

## 4.3 AVANTAGES DE LA VARIATION DE VITESSE

### Des équipements préservés

Le variateur électronique de vitesse demande peu d'entretien. Son intégration permet de diminuer les sollicitations dynamiques (desserrage de la boulonnerie, augmentation des jeux, érosion, usure des joints, dérive des capteurs...) lors des phases de démarrage et d'arrêt commandés sous réserve d'un temps d'action suffisamment long. Par contre la variation de vitesse ne dispense pas d'une protection anti-bélier lors d'une disjonction électrique et d'une surveillance accrue de la partie électrique.

### Une fiabilité accrue

La réduction des contraintes mécaniques (marche/arrêt) augmente la fiabilité des installations et assure une durée de vie prolongée des pompes et accessoires (garniture mécanique, roulements, manomètre, capteur de pression, débitmètre...).

Le système de pompage ne tourne plus en permanence à sa vitesse maximale.

### Une réduction du bruit

Lorsqu'on diminue la vitesse de rotation d'une pompe, son niveau sonore diminue. Pour une pompe équipée d'une VEV, on estime à seulement 20 % le temps de fonctionnement à sa vitesse maximale.

### Un gain de place

Dans le cadre d'une installation de surpression, la technologie du variateur embarqué directement sur le moteur permet de diminuer la taille du réservoir de régulation.



## 4.4 PRECAUTIONS D'INSTALLATION

La VEV, facteur important d'économies, nécessite quelques précautions d'installation pour se prémunir de risques annexes :

Risque	Cause	Solution
<ul style="list-style-type: none"> <li>Perturbations électromagnétiques et électriques indésirables sur le réseau</li> </ul>	Le découpage de la fréquence par le convertisseur de fréquence	<i>Apposer des filtres proprement dimensionnés pour assurer une meilleure compatibilité électromagnétique (mise en œuvre compliquée en régime de neutre IT) Prévoir des câbles électriques blindés</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>En pompage d'eaux usées, canalisations mal nettoyées</li> </ul>	Non respect des vitesses d'auto-curage	<i>Ne pas descendre en-dessous du débit minimum correspondant à la vitesse d'auto-curage. A défaut, programmer des phases de marche forcée à pleine vitesse au moins trois fois par jour (toutes les 8 heures)</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>A partir d'une certaine puissance, roulements endommagés sur les moteurs électriques d'entraînement</li> </ul>	Un courant parasite peut être induit dans les roulements moteur et provoquer leur échauffement et la perte de lubrifiant	<i>S'assurer que les roulements du moteur électrique sont isolés</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pour les moteurs ventilés ; une vitesse minimum de rotation est à respecter pour évacuer les calories</li> </ul>	Echauffement du moteur par mauvaise ventilation	<i>2 solutions : respecter la fréquence minimum indiquée par le constructeur ou recourir à un autre mode de refroidissement</i>

Sur une installation existante, il faut vérifier la compatibilité des moteurs à une utilisation en VEV.

Il convient de manière générale de s'assurer de la conformité des systèmes de pompage à la Directive 2004/108/CE relative à la compatibilité électromagnétique et aux normes harmonisées en résultant, notamment la norme NF EN 61800-3.

Retrouvez notre site : [www.snecorep.fr](http://www.snecorep.fr)  
et accédez à toutes nos actualités, publications, informations  
ainsi qu'à notre annuaire professionnel en ligne



**SNECOREP**  
*Les professionnels du pompage*

- Accueil
- Conseil d'administration
- Conditions d'admission
- Qualification des entreprises
- Publications
- Galerie photo et vidéo
- Téléchargements
- Trouver une entreprise
- Contact
- Liens utiles

**News**

> Assemblée Générale 2010 du Snecorep...  
[Lire la suite...](#)

**Qu'est-ce que le SNECOREP ?**

Le *Syndicat National des Entrepreneurs, Concepteurs et Réalisateurs de Stations de Pompage* dénommé SNECOREP regroupe une trentaine d'entreprises de Travaux Publics qualifiées dans le pompage et les travaux hydrauliques.

Le SNECOREP, créé en 1986, est issu de la 8<sup>e</sup> section de la chambre Syndicale Nationale des Entreprises et Industries de l'Hygiène Publique qui regroupait les entreprises assurant la conception des stations de pompage depuis 1964.

Il compte, parmi ses membres correspondants, des fournisseurs ou des formateurs en équipements de stations de pompage et ouvrages associés.

**Ses objectifs :**

- représenter ses adhérents auprès des pouvoirs publics et défendre leurs intérêts.
- apporter aux entrepreneurs adhérents des informations économiques, sociales, administratives, juridiques, techniques intéressant la profession.
- promouvoir les métiers du SNECOREP auprès des jeunes.

Le SNECOREP est adhérent de la Fédération Nationale des Travaux Publics - FNTF depuis 2007. Une nouvelle signature accompagne désormais tous les adhérents au syndicat : *les professionnels du pompage*. Il est **présidé par Benoît Poinot depuis 2007**.

> Syndicat national des entrepreneurs, concepteurs et réalisateurs de stations de pompage  
3 rue de Berré - 75008 Paris - Tél. 01 44 13 32 24 - Fax : 01 44 13 98 79  
> [Nous contacter par E-mail](#)

Mentions légales / Plan du site



## DOCUMENTS CONTRACTUELS

Les marchés publics sont soumis au Code des marchés publics.

Les marchés privés peuvent se référer aux normes NFP 03 001 pour les travaux de bâtiment ou NFP 03 002 pour les travaux de Génie civil ou encore, s'agissant d'entités parapubliques (EDF, GDF France Telecom ...) à des cahiers des charges spécifiques.

Selon les cas, les maîtres d'ouvrage peuvent rendre contractuels les documents suivants, notamment :

- le Cahier des Clauses Administratives Générales applicables aux marchés de travaux (CCAG 2009 ou CCAG 1976),
- le Cahier des Clauses Techniques Générales (CCTG) et ses fascicules applicables aux prestations objet du marché, par exemple :
  - le fascicule 73 pour les eaux claires
  - le fascicule 81-1 pour les eaux chargées
- toute norme ou tout document technique unifié (DTU) spécifique en plus de certaines normes françaises homologuées et de certains DTU qui sont d'application obligatoires

La liste des documents contractuels et leur ordre de priorité sont fixés dans le CCAG Travaux pour les marchés publics qui s'y réfèrent et pour les marchés privés dans le CCAP de chaque marché ou à défaut de précisions dans les normes NFP 03 001 et NFP03 002.

- ▶ Les normes françaises sont listées dans les fascicules désignés ci-dessus (voir bibliographie et sites Internet).

# ANNEXE 2

## RISQUE DE CAVITATION DES POMPES

Il y a cavitation dans une pompe lorsque la pression y atteint la tension de vapeur, ce qui provoque l'ouverture de « poches de cavitation » (poches de vapeur) qui implosent ensuite. Ce phénomène, générateur de bruit et de destruction mécanique, doit être absolument évité.

### Détermination du risque de cavitation d'une pompe (P)

Se reporter à un livre d'hydraulique générale ou, plus simplement et efficacement, procéder à une construction graphique indiquée ci-dessous :

- tracer, à partir d'une origine située à  $p_a - t_v$  sous l'axe de la pompe, la courbe du NPSH requis ( $NPSH_r$ ) fournie par le fabricant de pompe. Cette courbe est très généralement celle qui correspond à une chute de 3 % de la hauteur manométrique,
- reporter, avec comme origine le plan d'eau à l'amont de la pompe, la courbe  $j_{cp}$  représentant toutes les pertes de charge (linéaires et singulières) à l'amont de cette pompe. Cette courbe peut être confondue avec le NPSH disponible ( $NPSH_d$ ) de l'installation.

$$NPSH_d = p_a - t_v - H_{ga} - \Delta H_a$$

Il n'y a pas de risque de cavitation de la pompe si son point de fonctionnement  $M_o$  (au débit  $Q_o$ ) est situé en deçà de l'intersection  $A$  de  $j_{cp}$  avec la courbe  $NPSH_r$  + marge de sécurité  $m$ , ce qui peut s'exprimer ainsi :

- pas de cavitation si  $NPSH_d \geq NPSH_r + \text{marge } m$  au point de fonctionnement considéré.

Pour calculer la marge  $m$ , on se réfère à la norme **ANSI-HI. 9.6.1** :

$m = 0,1 NPSH_r$  sans être inférieur à 0,6 mCE pour les pompes centrifuges

$m = 0,3 NPSH_r$  sans être inférieur à 0,9 mCE pour les pompes hélico-centrifuges

### **Grandeurs physiques :**

$p_a$  = pression atmosphérique en mCE à l'altitude de la pompe

Au niveau de la mer  $P_a = 10,33$  mCE

Diminution de 0,12 mCE pour 100 m d'altitude

$t_v$  = tension de vapeur (en mCE) de l'eau pompée

Pour l'eau entre 10 et 20° C :  $t_v \approx 0,20$  mCE

$$m \geq NPSH_{r1} - NPSH_r$$

$NPSH_{r1}$  correspond à un degré de cavitation moins dangereux que  $NPSH_r$  (pour lequel une chute de 3 % de  $H_{mano}$  est observée). Ainsi  $NPSH_{r1}$  peut correspondre à un accroissement du niveau sonore dû à l'implosion de poches de vapeur (niveau conventionnel à fixer).

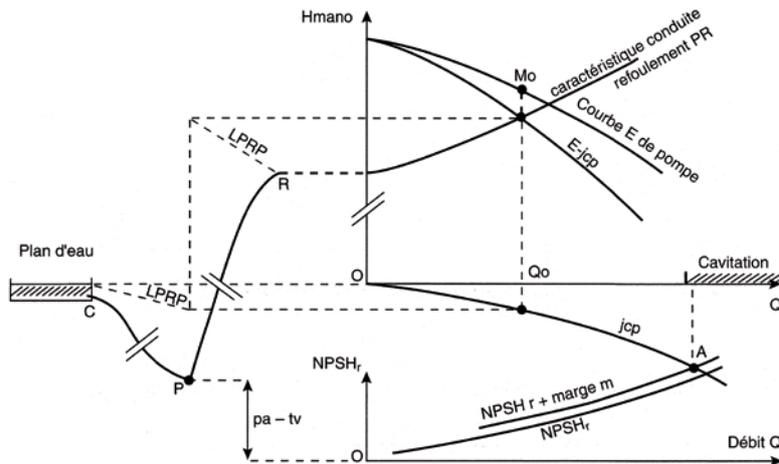
**Exemples :**

Sur les deux figures ci-après la courbe caractéristique de pompe  $H_{mano} = f(Q)$ , notée E, est évidemment tracée avec le plan d'eau comme origine.

**EXEMPLE 1 POMPE EN CHARGE (chapitre 1 § 2.1)**

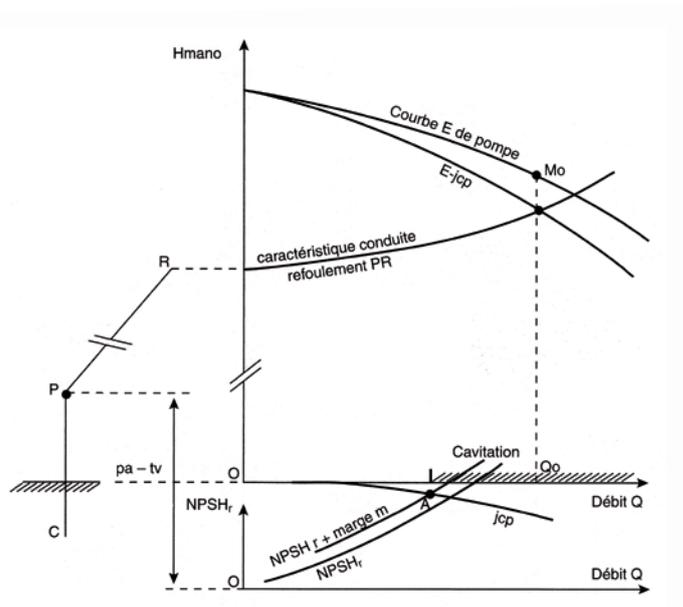
La pompe ne cavite pas.

LPRP = ligne piézométrique du régime permanent

**EXEMPLE 2 POMPE EN ASPIRATION (chapitre 1 § 2.2)**

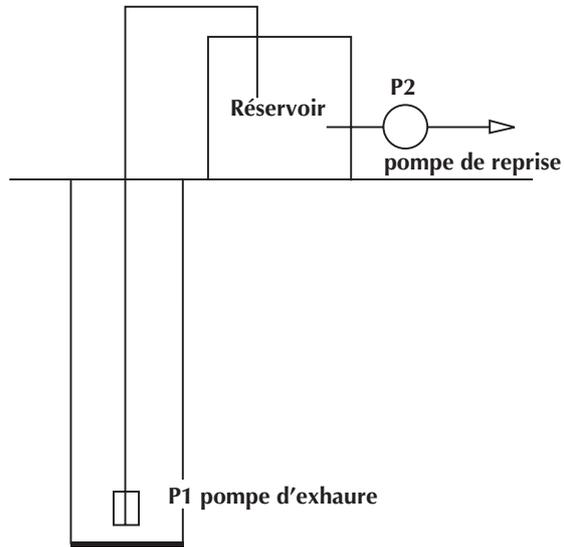
La pompe cavite.

Pour y remédier il faudrait rapprocher la pompe du plan d'eau, si possible, diminuer les pertes de charge dans l'aspiration  $j_{cp}$ , ou à défaut réduire le débit (plus de pertes de charge au refoulement ou réduction de la vitesse de rotation).

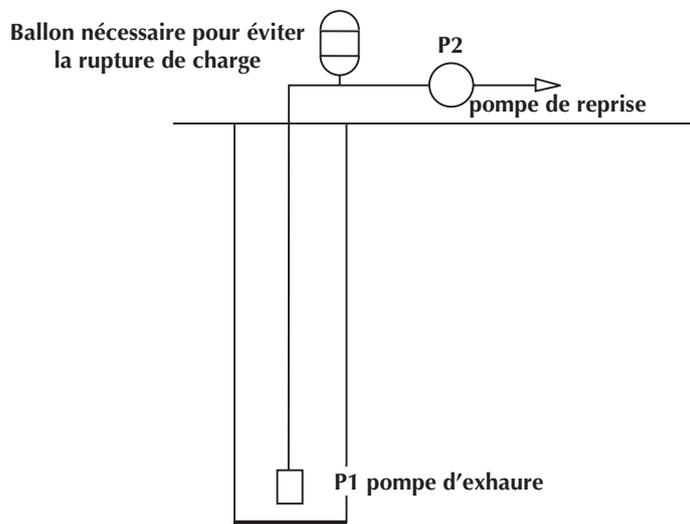


# ANNEXE 3

## DOUBLE POMPAGE



Montage en série  
avec rupture de charge



Montage en série  
sans rupture de charge



## RÉGIMES TRANSITOIRES OU COUPS DE BÉLIER

Les régimes transitoires sont des phénomènes complexes qu'il n'est pas possible de traiter de façon détaillée dans le cadre restreint de cette annexe.

Les régimes transitoires dépendent directement de variations brutales de la vitesse d'écoulement dans la conduite. Ces variations de vitesse sont à l'origine de variations de pression (également appelées coups de bélier) qui peuvent être positives ou négatives.

### Origines des coups de bélier

Les régimes transitoires ou coups de bélier ont des causes très diverses, à titre d'exemple on peut citer :

- disjonction électrique,
- manœuvre rapide d'ouverture ou de fermeture d'un robinet-vanne
- fin de remplissage d'une conduite,
- implosion d'une poche de cavitation,
- arrêt et démarrage d'une pompe.

Dans le cas d'une station de pompage, les régimes transitoires les plus dangereux sont consécutifs à une disjonction électrique (ou panne de courant).

👉 Il est rappelé que, dans le cas d'une disjonction électrique, la présence d'une variation de vitesse électronique ou de démarreur-ralentisseur électronique est **sans effet** sur les régimes transitoires et ne dispense pas, en conséquence, de l'étude et de l'installation de la protection anti-bélier.

### Amplitude des coups de bélier

L'amplitude maximale des coups de bélier,  $\Delta H$ , en absence de protection, est donnée par la formule d'Allievi (comptée à partir du niveau statique) :  $\Delta H = a \cdot \Delta V_o / g$

Avec  $a$  : célérité des ondes,  $\Delta V_o$  : variation de vitesse et  $\Delta H$  : surpression en mCE.

$g$  accélération de la pesanteur = 9,81 m/s<sup>2</sup>

Exemple : Conduite en fonte :  $a = 1100$  m/s,  $\Delta V_o = 1$  m/s,

La variation maximale de pression est alors de  $\Delta H = 112$  mCE soit 11 bar.

Cette formulation est valable si le temps  $T$  de la variation de vitesse est suffisamment court pour une longueur de conduite  $L$  ( $T < T_o$  avec  $T_o = 2 L/a$  temps d'aller-retour des ondes).

*NOTA* : La valeur maximale des coups de bélier est ainsi directement proportionnelle, d'une part à la variation de vitesse et d'autre part à la célérité des ondes (elles-mêmes dépendantes du type de matériaux de la conduite). Par ailleurs, plus la conduite est longue, plus celle-ci sera sensible au coup de bélier.

Dans le cas de manœuvre lente ( $T > 2 L/a$ ), l'amplitude des coups de bélier est toujours proportionnelle à la variation de vitesse, mais inversement proportionnelle au temps de coupure du débit (ou au temps de manœuvre des équipements).

D'une manière générale, plus la vitesse d'écoulement est faible, moins important est le coup de bélier.

# ANNEXE 4

## Risques pour un refoulement

En cas d'arrêt brutal d'une station de pompage, l'alimentation de la conduite n'est plus assurée, alors que l'eau, contenue dans celle-ci, continue à se déplacer par son inertie propre (à titre indicatif il y a 500 tonnes d'eau par km dans une conduite de DN 800).

La masse d'eau en mouvement s'arrêtant beaucoup moins vite que les pompes, la conduite en amont du refoulement est alors soumise à une surpression, tandis que la conduite en aval est soumise à une dépression.

Si la protection anti-bélier est absente ou insuffisante, les risques pour l'installation sont principalement :

- dégradation des conduites (décollement du revêtement intérieur, ...),
- perte d'étanchéité (aspiration des joints, ..),
- ovalisation ou aplatissement des conduites (conduites en inox, plastiques, ..),
- sollicitation des butées (variations des contraintes, ..),
- rupture des conduites (implosion de poche de cavitation, ..),
- aspiration d'eaux polluées par les fuites.

Compte tenu des masses respectives d'eau en mouvement à l'aspiration et au refoulement, la protection concerne principalement la conduite en aval des stations de pompage (sauf pour les surpresseurs en réseaux).

## Exemple de dispositifs de protection

Les dispositifs de protection sont spécifiques pour une sollicitation donnée, les plus courants sont :

- ballon hydropneumatique (cas d'une dépression en aval d'une station de pompage),
- soupape anti-bélier (cas d'une surpression à l'aspiration d'un surpresseur),
- volant d'inertie (cas d'une conduite de faible longueur),
- cheminée d'équilibre (cas de faible hauteur manométrique de refoulement),
- clapet d'aspiration auxiliaire (cas d'une bêche d'aspiration en charge sur la pompe),
- clapet en by-pass des pompes (cas d'un surpresseur notamment en irrigation),
- réservoir à régulation d'air automatique (cas d'un refoulement en assainissement),
- clapet d'entrée d'air (cas de faible hauteur géométrique en assainissement).

Une protection combinée avec plusieurs dispositifs peut permettre une optimisation des équipements.

## Observations sur les ballons

Les ballons hydropneumatiques sont très répandus et il existe presque toujours une solution ballon pour une protection de conduite lors d'une disjonction électrique.

Les ballons hydropneumatiques sont de type avec ou sans vessie (ou membrane).

Il est assez fréquent d'équiper les ballons hydropneumatiques d'un organe dissymétrique (tuyère, clapet percé ou échanuré en eaux usées) ou d'une soupape anti-bélier pour lutter contre les surpressions consécutives aux retours d'eaux en masse.

Les ballons anti-bélier à vessie seront préférentiellement de type vertical. Lors des régimes transitoires un volume résiduel suffisant d'eau doit être respecté.

## Observations sur les clapets d'entrée d'air

Ce type de protection permet des solutions alternatives dans le cas de certains transferts d'eaux usées ou pluviales. Les clapets d'entrée d'air doivent être spécifiques et de très faible inertie.

La protection par entrée d'air est généralement moins performante que celle d'un ballon, en raison de variations de pression plus brutales et de dépressions plus fortes. Il est fréquent de devoir installer un clapet d'entrée d'air supplémentaire en cours de réseau (suivant profil en long de la conduite). Ce type de protection nécessite des sorties d'air adaptées.

Dans le cas de profil en long de conduite comportant un point haut, la combinaison d'un ballon et d'une entrée d'air en réseau permet, dans certain cas de réduire le volume du ballon.



## Règles diverses

### R1 : Pression minimale admissible

En présence d'eau potable ou d'eau destinée à la consommation humaine (avant traitement), aucune dépression de la conduite n'est admise. La pression intérieure de la conduite doit être supérieure à la pression extérieure (niveau maxi de la nappe ou des inondations). Dans le cas de l'assainissement, la dépression maximale admissible pour les conduites est de 5 mCE (en absence d'indication du fournisseur de la conduite).

### R2 : Maintenance

La maintenance régulière des équipements de protection est indispensable.

Lors d'une opération de maintenance sur un appareil de protection anti-bélier, la station de pompage **n'est plus protégée**, elle est alors indisponible.

Un fonctionnement en mode dégradé de l'installation (à débit réduit) est souvent possible mais nécessite une étude préalable (cas des relevages d'eaux usées avec arrivée permanente d'effluents). Dans certains cas, notamment en zone urbaine, les équipements de protection sont doublés ou dédoublés.

Des moyens de vidange des organes de protection sont à prévoir avec, en assainissement, la récupération des eaux usées.

### R3 : Positionnement des dispositifs de protection

Les dispositifs de protection doivent être au plus près de la conduite à protéger pour éviter tout retard lié au temps de réponse. Le raccordement sera conçu avec le minimum de perte de charge, les robinets d'isolement à passage intégral de type robinet-vanne seront à ce titre préféré aux robinets à papillon. L'accès et les moyens de levage (pour maintenance et/ou remplacement) sont à prévoir.

### R4 : Recommandations diverses

- ▶ Pour la fourniture d'eau potable, les matériaux constitutifs des dispositifs de protection doivent être conformes à la réglementation.
- ▶ Les équipements exposés au gel doivent comporter une protection spécifique.
- ▶ Les compresseurs d'air doivent refouler de l'air non pollué.
- ▶ Les temporisations de redémarrage des pompes suite à une disjonction doivent être adaptées au temps d'amortissement des régimes transitoires.
- ▶ Une prise de pression pour la vérification de l'efficacité de la protection est à prévoir.
- ▶ Dans le cas de l'installation d'un surpresseur en aval d'un disconnecteur, la conduite d'aspiration peut être soumise à une pression supérieure à la pression de l'alimentation en eau.

# ANNEXE 4

## Documents pour une étude de protection

Les principaux documents à fournir pour une étude anti-bélier sont :

- profil en long du réseau,
- courbes de pompe et inertie des groupes moteur et pompe,
- type de conduites, diamètres intérieurs et pressions admissibles,
- hauteurs altimétriques de l'aspiration et de l'exutoire,
- singularités particulières (type de robinet de réservoir, stabilisateur, ventouse, ...).

👉 **L'étude des régimes transitoires se fait sur conduite neuve, au débit maxi de l'installation.**

## Conclusion

Dans tout projet de station de pompage, la protection anti-bélier doit donc être sérieusement prise en compte afin d'éviter des incidents aux conséquences graves.

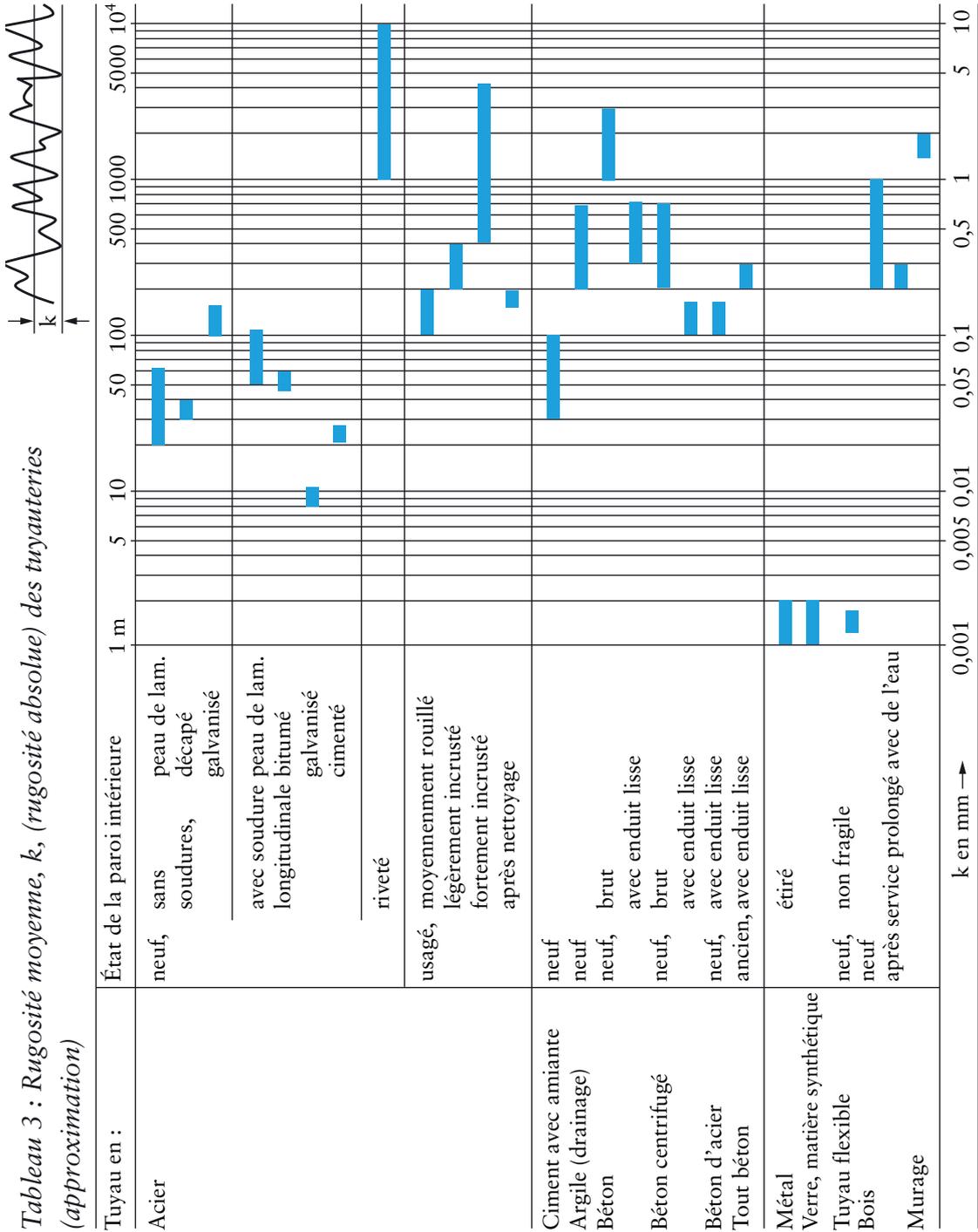
Ceci impose des obligations au maître d'œuvre (voir ci-dessus) et à l'entrepreneur.



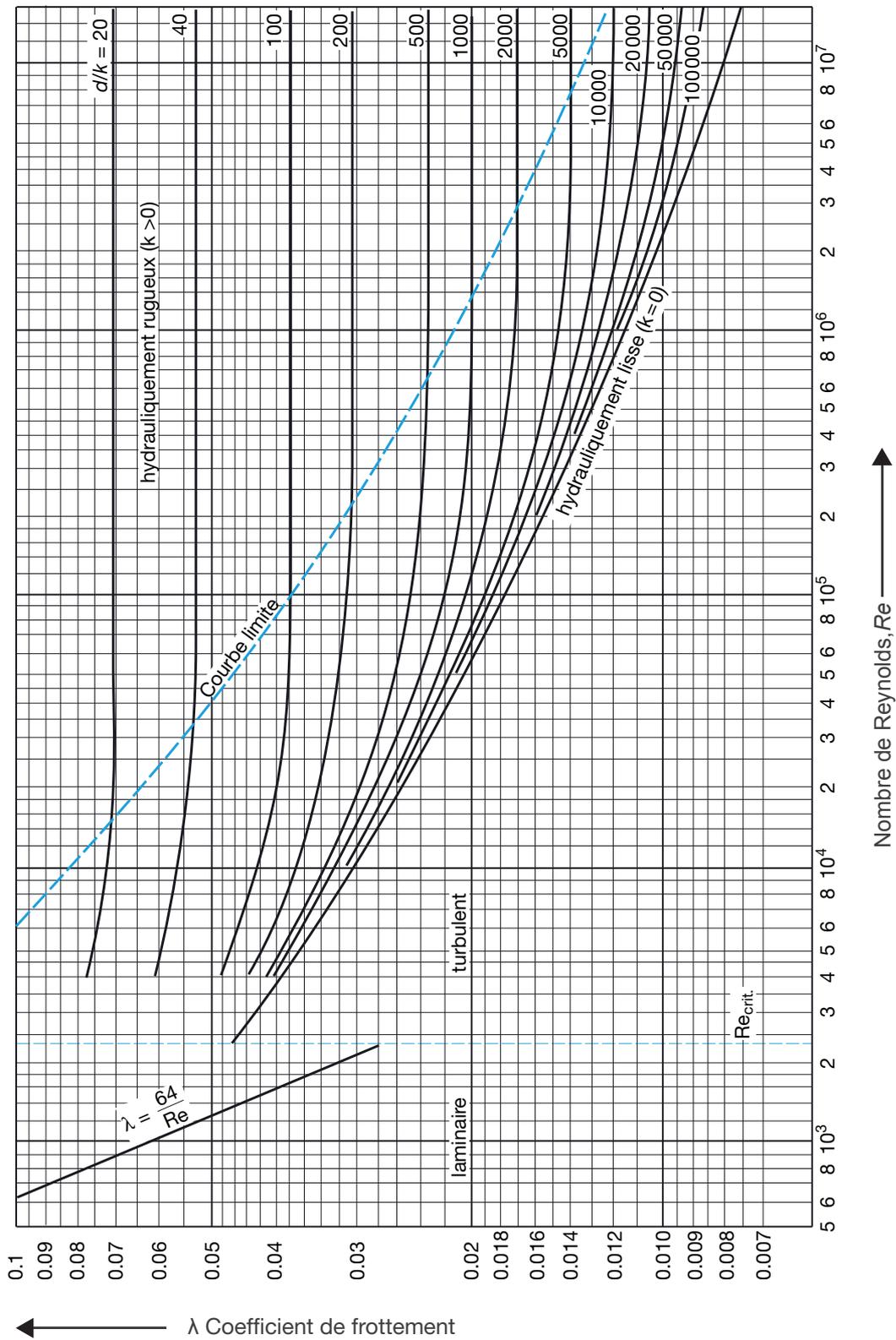
*Anti-bélier avec ballon vertical*



### ABAQUE POUR LE CALCUL DES PERTES DE CHARGE LINÉAIRES



# ANNEXE 5



Abaque de calcul du coefficient de frottement dans les tuyauteries en fonction du nombre de Reynolds et de la rugosité relative



## PRINCIPAUX PARAMETRES D'ANALYSES D'EAUX BRUTES

On précise ici les paramètres essentiels utiles aux constructeurs de pompes, aux installateurs et aux exploitants.

**Bactériologie** : La qualité bactériologique d'une eau est appréciée par la recherche de germes bactériens indicateurs de la présence de matières fécales. Ces germes ne sont généralement pas pathogènes mais leur présence laisse suspecter la présence d'autres germes qui, eux, peuvent avoir une incidence sur la santé des consommateurs.

**Turbidité** : La turbidité d'une eau a pour origine la présence de matières en suspension qui donnent un aspect trouble à l'eau. Ces matières en suspension peuvent provenir de la ressource. C'est le cas des nappes d'eau naturellement chargées en fer ou manganèse, mais aussi des nappes peu profondes influencées par la pluviométrie ou les inondations. Des turbidités importantes peuvent aussi survenir dans les réseaux du fait de dépôts dans les canalisations, de phénomènes de corrosion, de travaux, ou de perturbations dans le traitement.

Les risques sanitaires ne sont pas directement liés à la présence des particules en suspension, mais plutôt aux organismes microbiologiques qui s'y fixent et sont ainsi protégés des désinfectants.

**pH** : Il caractérise l'acidité ou la basicité d'une eau. Il a une grande influence sur les réactions chimiques. La maîtrise du pH permet de limiter les phénomènes de corrosion et d'optimiser les traitements de l'eau, notamment la désinfection.

**Fer et Manganèse** : Ces deux éléments se rencontrent naturellement dans les eaux souterraines privées d'oxygène. A des concentrations élevées, ils peuvent entraîner des effets gênants pour l'usager : dépôts dans les canalisations, coloration rouille ou noire, goût métallique ... Ces éléments n'ont pas d'effet toxique direct, mais ils peuvent constituer des « niches » à bactéries et perturber l'efficacité de la désinfection.

**Conductivité** : Elle reflète la concentration de l'ensemble des minéraux dissous. Une faible minéralisation peut entraîner une accélération de la corrosion, alors qu'une minéralisation importante peut entraîner des dépôts dans les tuyauteries.

**Arsenic** : La présence naturelle de l'arsenic dans l'eau provient de la dissolution de roches et de minerais. Compte tenu de son incidence sur la survenue de cancers cutanés suite à une absorption répétée de faibles doses, la concentration maximale admissible dans l'eau distribuée sera prochainement abaissée de 50 à 10 µg/l.

**Fluor** : C'est un élément naturellement présent dans les eaux. Il est utile à l'organisme à des doses modérées mais ne doit pas être absorbé en excès. C'est pourquoi une concentration limite a été fixée à 1500 µg/l. pour tenir compte des risques de fluorose dentaire ou osseuse.

**Sélénium** : C'est un élément naturellement répandu dans la nature. C'est à la fois un oligo-élément essentiel à faible dose et un toxique à forte dose.

**Nitrates** : L'enrichissement des eaux en nitrates a pour origine essentielle les engrais et les rejets d'eaux usées domestiques. Une concentration maximale a été fixée à 50 mg/l pour protéger les nourrissons vis-à-vis du risque de méthémoglobinémie. A noter que les nitrates sont aussi très présents dans certains légumes, les salades et la charcuterie.

# ANNEXE 6

**Pesticides :** Appelés aussi phytosanitaires, ils sont utilisés comme herbicide, insecticide, fongicide... Leur utilisation se fait en zone agricole mais aussi pour l'entretien des voies de communication (y compris les voies ferrées) et des espaces verts. Les principales molécules retrouvées sont de la famille des triazines, notamment l'**atrazine**. Une teneur maximale a été fixée à 0,1 µg/l pour chaque substance et à 0,5 µg/l pour le total des substances analysées.

**Dureté :** la dureté d'une eau correspond à la présence de **calcium** et de **magnésium**. les eaux très dures ou très calcaires (dureté > 35°F) favorisent la formation de tartre, alors que les eaux très douces (dureté < 10°F) risquent de devenir agressives et détériorer les canalisations par des phénomènes de corrosion pouvant entraîner des teneurs importantes en fer, en cuivre et plus grave, en plomb, selon la nature des matériaux utilisés dans les canalisations.

## Exemple d'analyse chimique de type C3

### Paramètres organoleptiques

- Aspect
- Couleur mg/l de Pt-Co
- Odeur-saveur (seuil de goût) à 25°C
- Odeur-saveur (seuil de goût) à 12°C
- Turbidité NTU

### Paramètres physico-chimiques

- |                           |            |  |      |
|---------------------------|------------|--|------|
| • Température             | °C         | • Oxygène dissous                      | mg/l |
| • Ph                      |            | • CO <sub>2</sub> libre                | mg/l |
| • Conductivité            | µS/cm      | • Matières oxydables KMnO <sub>4</sub> | mg/l |
| • Silice SiO <sub>2</sub> | mg/l       | • Chlore résiduel libre                | mg/l |
| • Résidu se               | 180°C mg/l | • Chlore résiduel total                | mg/l |

### Balance ionique : anions mg/l

- Chlorures Cl<sup>-</sup>
- Sulfates SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>
- Nitrates NO<sub>3</sub><sup>-</sup>
- Nitrites NO<sub>2</sub><sup>-</sup>
- Phosphore total P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>
- Carbonates CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>
- Hydrogénocarbonates HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>
- Fluor F<sup>-</sup>

### Balance ionique : cations mg/l

- Calcium Ca<sup>2+</sup>
- Magnésium Mg<sup>2+</sup>
- Sodium Na<sup>+</sup>
- Potassium K<sup>+</sup>
- Aluminium Al<sup>3+</sup>
- Ammonium NH<sub>4</sub><sup>+</sup>
- Fer Fe<sup>2+</sup>
- Manganèse Mn<sup>2+</sup>
- Cuivre Cu<sup>2+</sup>
- Zinc Zn<sup>2+</sup>



## TÉLÉTRANSMISSION

La télétransmission comprend : la télésurveillance, la télégestion et la supervision qui représentent des niveaux différents de contrôle, de gestion et d'automatisme à distance des ouvrages constituant les réseaux d'eau potable et d'assainissement. Les fonctions qu'ils proposent sont complémentaires.

### La télésurveillance

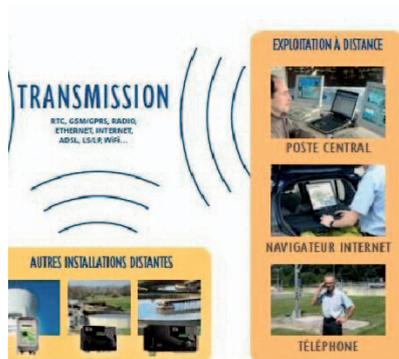
Les systèmes de télésurveillance permettent de contrôler en permanence le fonctionnement des ouvrages hydrauliques (pompes, vannes, mesures de niveaux, de débits, de pressions, de qualité d'eau, disjonctions, intrusions...) afin d'être alerté immédiatement en cas de détection de problème (alarme de débordement, défaut pompe, disjonction...) et de pouvoir déclencher les interventions au plus vite. Les équipements installés sur les sites à surveiller sont des transmetteurs d'informations ou d'alarmes. Ils communiquent généralement par Réseau Téléphonique Commuté ou GSM afin de transmettre les alertes vers le personnel d'astreinte par messages d'alarme vocaux ou SMS.

### La télégestion

Les systèmes de télégestion intègrent les fonctions de télésurveillance en allant au delà de l'alerte puisqu'ils permettent d'enregistrer le fonctionnement des équipements surveillés (pompes, vannes, mesures diverses...). Cela permet de suivre en permanence le fonctionnement du réseau, d'analyser son comportement et d'en optimiser la gestion (économie d'énergie, d'eau, réduction des déplacements...). Les informations acquises et contrôlées par les équipements de télégestion, que l'on dénomme généralement postes locaux ou automates de télégestion, sont archivées localement sous forme d'historiques et de bilans (relevés de valeurs minimum, maximum, moyennes...) pour être transmises périodiquement vers un système de centralisation (poste central de télégestion ou de supervision). Selon les contraintes géographiques ou d'exploitation, les communications à distance peuvent se faire par RTC, Radio, LS, GSM, GPRS, Ethernet...

### La supervision

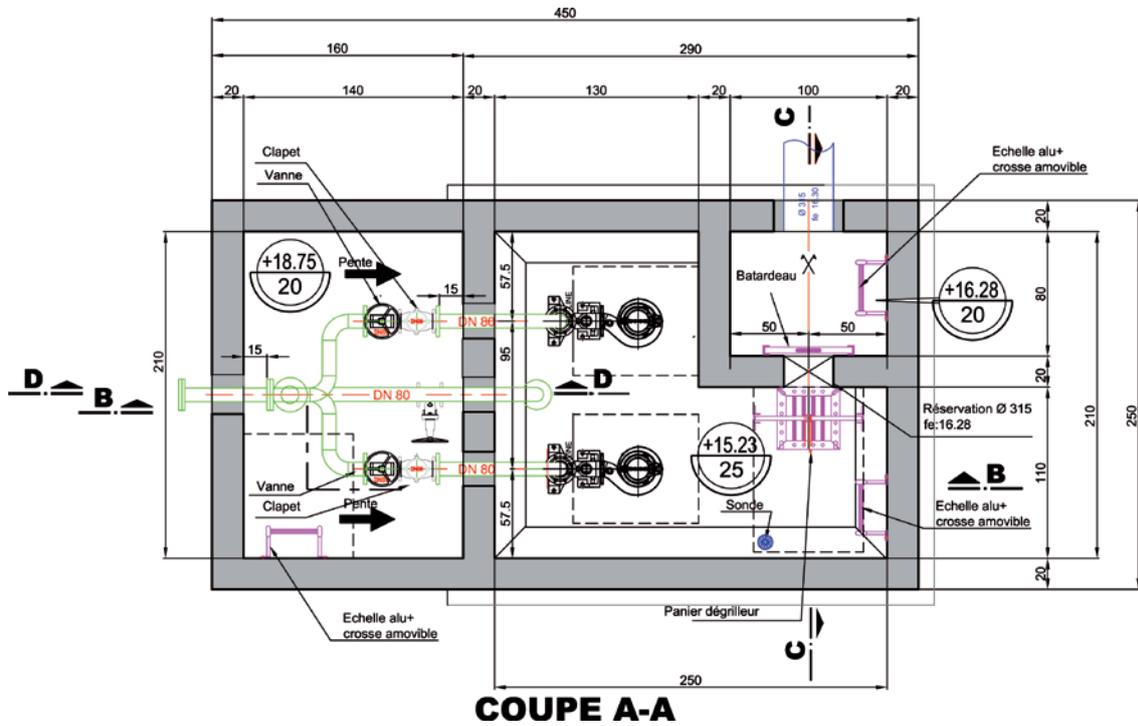
La supervision se situe au niveau du poste central de contrôle et/ou de gestion d'un réseau. Elle permet de restituer et de visualiser les informations provenant des équipements de télésurveillance, de télégestion ou d'automatisme, sous forme de synoptiques graphiques, de rapports d'exploitation et de courbes. On parle généralement de logiciels de supervision (SCADA en anglais) ou de superviseurs industriels. La fonction de supervision est souvent intégrée au poste central de télégestion.



# ANNEXE 8

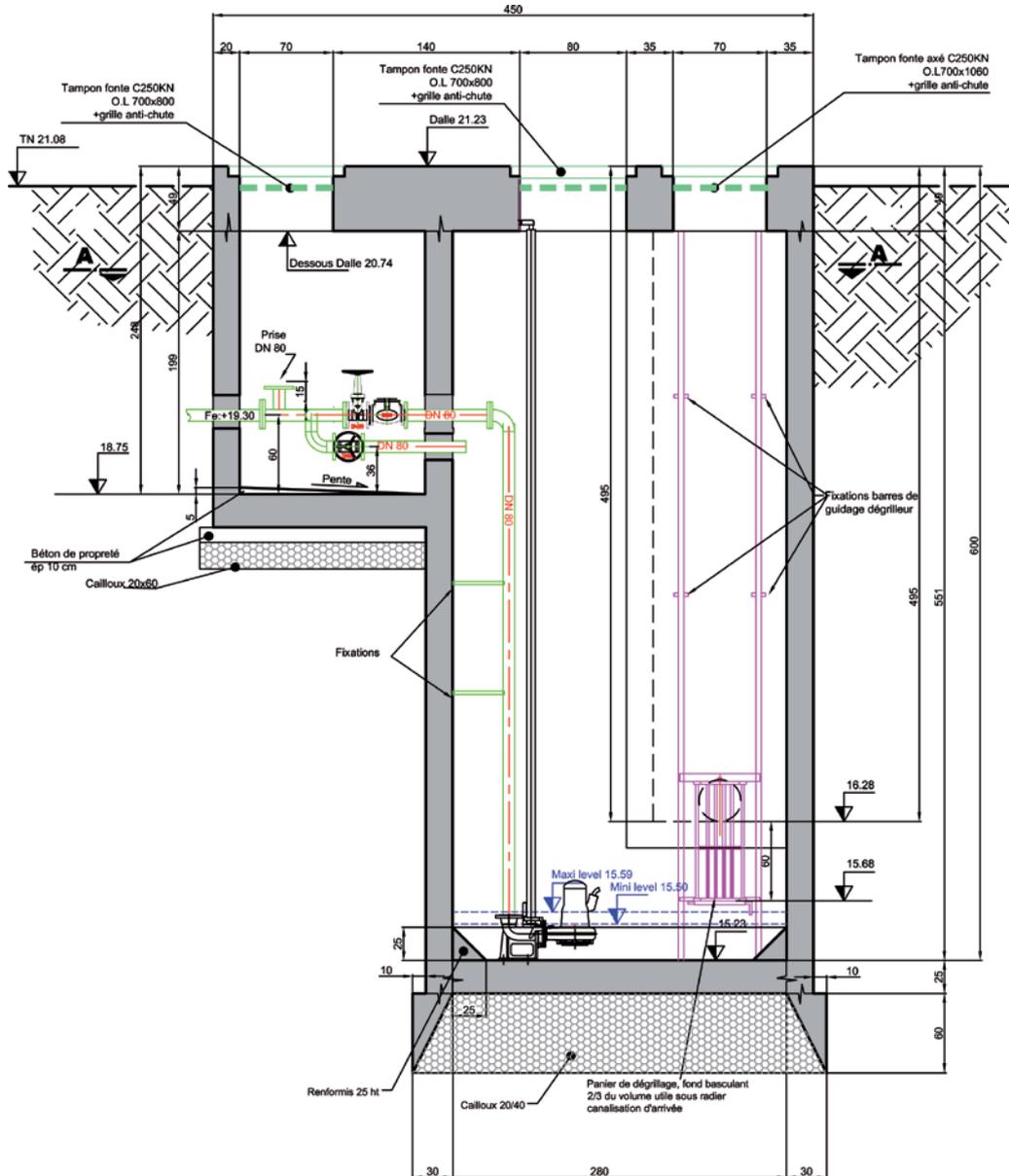
## EXEMPLES DE PLANS D'INSTALLATION DE STATIONS DE POMPAGE

Station vue de dessus (coupe A-A)



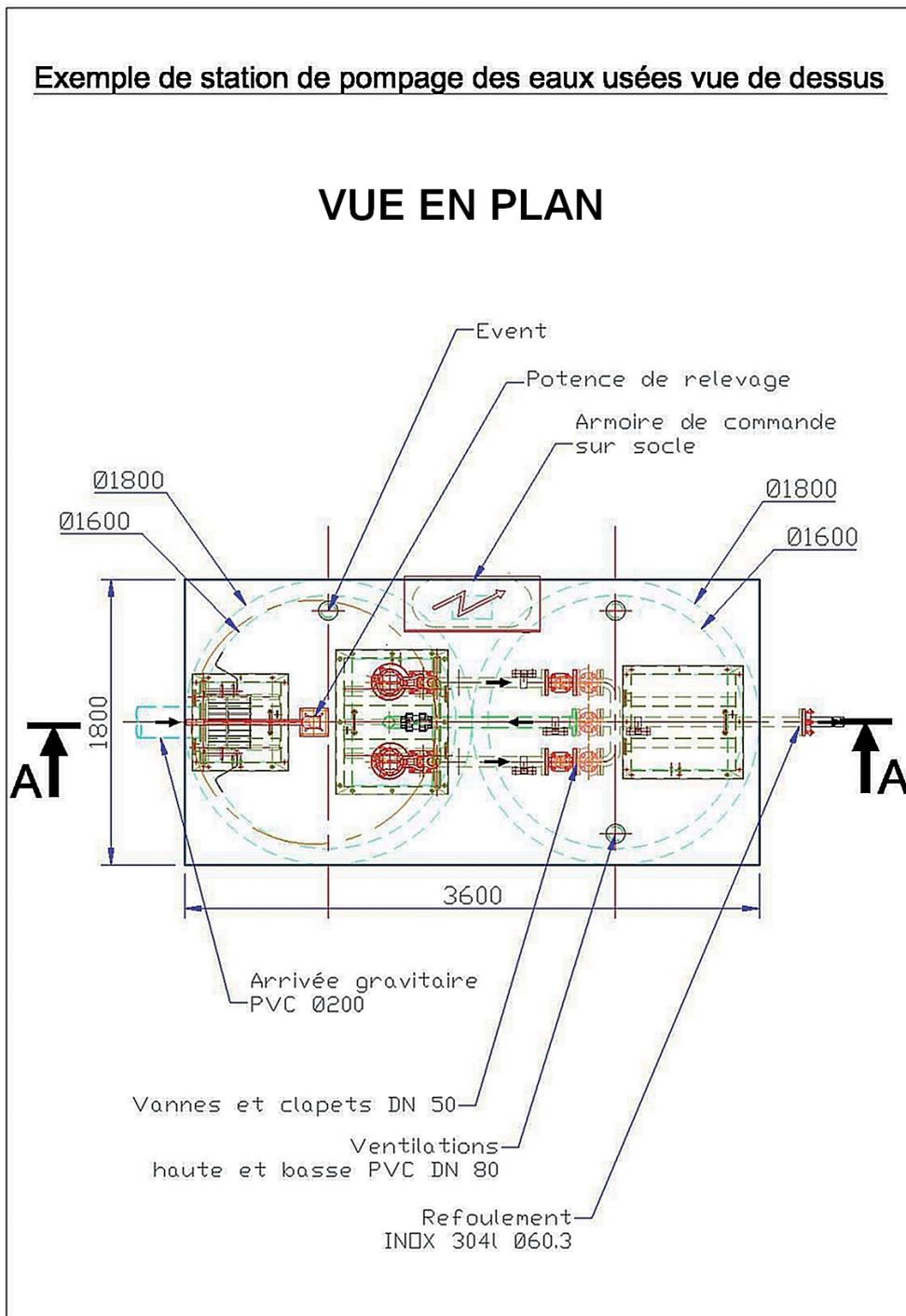


### Station en coupe B-B



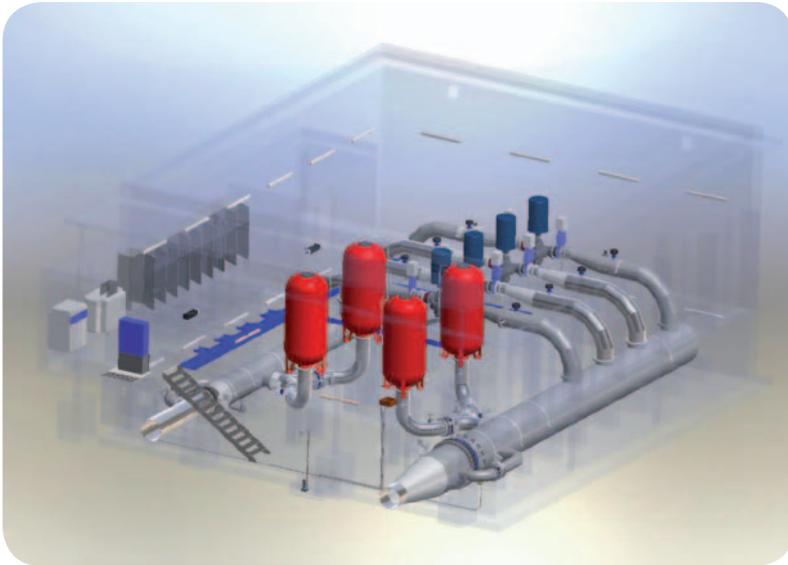
**COUPE B-B**



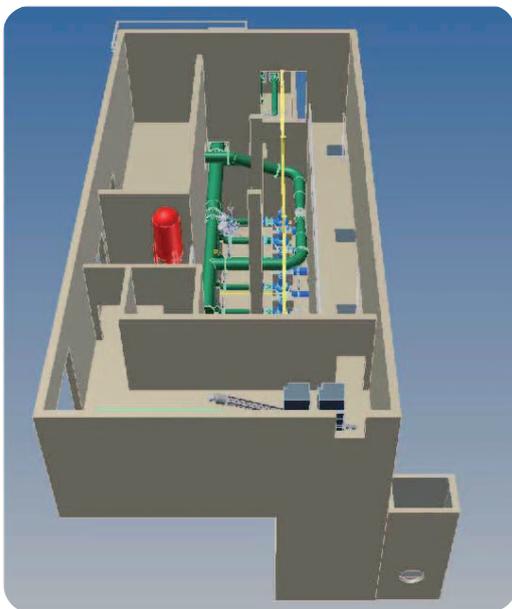


# ANNEXE 8

Station de surpression vue en 3 D



Plan d'équipements hydrauliques



- ▶ Fascicule 73 Equipement hydraulique, mécanique et électrique des stations de pompage d'eau, du Cahier des Clauses Techniques Générales (CCTG). Avril 2003.
  
- ▶ Fascicule 81 Titre 1<sup>er</sup> – Construction d'installations de pompage pour le relèvement ou le refoulement d'eaux usées domestiques, d'effluents industriels ou d'eaux de ruissellement de surface du Cahier des Clauses Techniques Générales (CCTG). Avril 2003.
  
- ▶ Collectif - *Les stations de pompage d'eau* – Paris 6<sup>e</sup> édition ASTEE, Lavoisier, 2005
- ▶ Collectif - *Guide acoustique des installations de pompage* - Editions CETIM, 1997.
- ▶ Collectif - *Guide d'installation des systèmes de pompage* - édition PROFLUID.
- ▶ Maurice MEUNIER- *Les coups de bélier et la protection des réseaux d'eau sous pression* – 1980.
- ▶ Louis BERGERON - *Du coup de bélier en hydraulique au coup de foudre en électricité* - Paris, Dunod, 1950.
- ▶ L'ensemble des éditions sur Les techniques d'installation de matériels de pompage d'eau, SNECOREP – 1986, 1996, 2002.

Egalement téléchargeables sur Internet :

- Fascicules : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Fascicules-du-CCTG.html>
  
- « Guide méthodologique d'études anti-bélier pour les réseaux d'eau » Brochure n°27 du FNDAE :  
<http://www.fndae.fr/documentation/PDF/Fndae27.pdf>

## SNECOREP

### Animateur du groupe de travail : Jean-Pierre ARTIÈRE

Pierre BERRUYER .....	SNECOREP / Président fondateur
Patrice COLINEAU .....	GRUNDFOS
Jean-Baptiste DERIEUX .....	PROFLUID
Claude FRANGIN .....	EAU SERVICE PROJET
Dominique GAUTIER .....	GRUNDFOS
Guillaume GRENIER .....	SALMSON
François MAUVAIS .....	ASTEE
Bernard MELON .....	EUREKA INDUSTRIES
Denis VEDEL .....	KSB
Frédéric WATTEBLED .....	CLAISSE ASSAINISSEMENT DU NORD

### Le groupe de travail remercie pour leur aide et leurs précieux conseils :

Joseph COURAPIED, Edmond DELTOUR, Dominique DEVILDER,  
Pierre EYSSERIC, Thomas FAUVEL, Thierry GAXIEU, Claude TURREL.

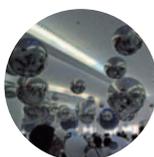
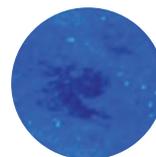
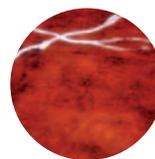
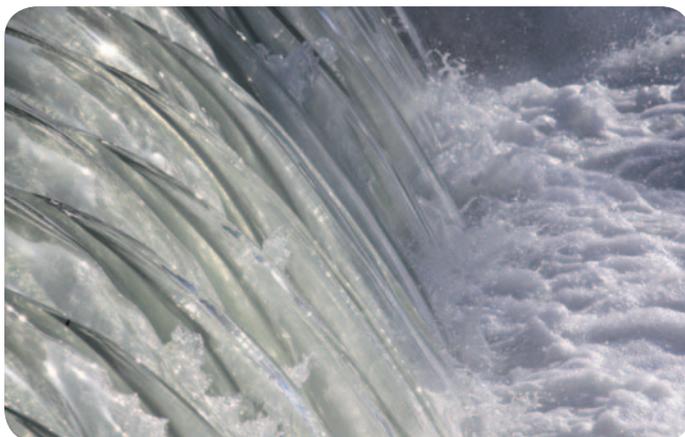


Ce document a été réalisé avec le concours  
de la Fédération Nationale des Travaux Publics.

*Photo de couverture:*

*Carré d'Eau®*

*La petite cascade  
du bassin sur la Marne de l'usine  
élevatoire de Villers-les-Rigault.  
Prise de vue lors de la visite  
organisée par l'Association  
**L'eau à Lyon et la pompe  
de Cornouailles**  
avec le SNECOREP en 2009.*



## **Marqueurs graphiques**

*Photos prises lors de la visite du SNECOREP  
à l'exposition internationale de Saragosse (Espagne),  
visite organisée par les Pompes GRUNDFOS :*

*Expo Zaragoza 2008  
Eau et Développement Durable*



Création:  
ImmoD Imagination modèle Durable - [www.immod.org](http://www.immod.org)

Crédits images : Entreprises SNECOREP, AEIC, CLASSE ASSAINISSEMENT DU NORD, DLE SPÉCIALITÉS,  
ERE, FELJAS ET MASSON, SOC, CAPRARI, EAU SERVICE PROJET, EUREKA INDUSTRIES, GRUNDFOS,  
KSB, LOWARA, SALMSON, E. CRIVAT, B. MELON

Réalisation & édition :  
Média contacts création  
Espace Besançon  
25115 POUILLEY-LES-VIGNES  
Tél. 03 81 55 44 44 - Fax 03 81 55 45 95  
Courriel : [mcceditons@wanadoo.fr](mailto:mcceditons@wanadoo.fr) - [www.mcc-editions.com](http://www.mcc-editions.com)

Dépot légal : Août 2010

Toute reproduction intégrale ou partielle des pages publiées dans le présent ouvrage sans l'autorisation  
de l'éditeur est interdite, sauf dans les cas prévus par les articles 40 et suivants de la loi du 11 mars 1957.

© 2010 Snecorep  
3 rue de Berri - 75008 PARIS - Tél. 01 44 13 32 24 - Fax : 01 44 13 98 79  
Courriel : [crivatm@fnntp.fr](mailto:crivatm@fnntp.fr) - [www.snecorep.fr](http://www.snecorep.fr)





SYNDICAT NATIONAL DES ENTREPRENEURS, CONCEPTEURS ET RÉALISATEURS DE STATIONS DE POMPAGE  
Affilié à la Fédération Nationale des Travaux Publics

3 rue de Berri - 75008 Paris - Tél. 01 44 13 32 24 - Fax : 01 44 13 98 79 - Courriel : crivatm@fntp.fr - www.snecorep.fr