

Note technique EauServiceProjet

Régimes transitoires (coups de bélier)

Extrait Guide Technique 2010 du SNECOREP

Rédaction de l'annexe par CFr

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

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
- 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'un variateur de vitesse ou de démarreur-ralentisseur électronique est **sans effet** sur les 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, ΔH , en absence de protection, est donnée par la formule d'Alliévi (comptée à partir du niveau statique) : $\Delta H = a \cdot \Delta V_0 / g$

Avec a : célérité des ondes, ΔV_0 : variation de vitesse et ΔH : surpression en mCE.

G : accélération de la pesanteur $9,81 \text{ m/s}^2$.

Exemple : Conduite en fonte : $a = 1100 \text{ m/s}$, $\Delta V_0 = 1 \text{ m/s}$,

La variation maximale de pression est alors de $\Delta H = 112 \text{ mCE}$ 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 ($T < T_0$ avec $T_0 = 2 \cdot L / a$, temps d'aller-retour des ondes).

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 ($T > 2 \cdot L / a$), 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.

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 pour 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 ou d'air pollués 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 échancré 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 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'eaux destinées à la consommation humaine (avant traitement), aucune dépressurisation de la conduite n'est admise. La pression intérieure de la conduite doit être supérieure à la pression extérieure (niveau maxi nappe ou 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 : Opération et 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 permanent d'effluents). Dans certain 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 préférés aux robinets à papillon. L'accès et les moyens de levage (pour maintenance et/ou remplacement) sont à prévoir.

R5 : 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 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.

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 transitoires se fait sur conduite neuve, au débit maxi de l'installation.

Documents de référence

« *Les coups de bélier et la protection des réseaux d'eau sous pression* »
de M. Maurice Meunier (1980).

« *Guide méthodologique d'études anti-bélier pour les réseaux d'eau* »
Brochure n°27 du FNDEA.

Conclusion

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

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

Source : Annexe 4 du Guide Technique 2010 du SNECOREP

Syndicat National des Entrepreneurs, concepteurs et Réalisateurs de Station de Pompage
www.snecorep.fr

Rédaction de l'annexe par

Claude FRANGIN

Eau-Service-Projet

8, rue Pdt Kruger 69008 LYON

Ingénierie hydraulique eau et assainissement

Etude des régimes transitoires

www.eauserviceprojet.fr

Tél./Fax : 04 78 00 93 88

Port. : 06 07 37 40 25

Mail : claudefrangin@gmail.com