

FASCICULE 73 – ANNEXE 2
Protection du réseau en régimes transitoires
(cf. 2.8 du fascicule 73 du CCTG)

Commentaires	Texte
<p><i>Le CCTP peut ne pas exiger l'étude de protection du réseau, ainsi que les essais prévus à l'article 52 du CCTG, pour une simple conduite de refoulement enterrée et de faible débit, sans appareils autres que les clapets à l'aval des pompes, de pente régulière et de longueur L, telle que L/a est inférieur ou égal à 0,25 seconde (L en mètres et a (célérité des ondes) en m/s).</i></p> <p><i>Dans tous les cas, l'avis d'un expert en hydraulique doit être sollicité pour décider de réaliser ou non une étude en régimes transitoires.</i></p> <p><i>Il convient de ne pas confondre « coup de béliet » et « coup de clapet ».</i></p> <p><i>La valeur 'p' peut varier sur le réseau.</i></p> <p><i>Seule l'inertie des masses tournantes peut être prise en compte et non tout dispositif électrique d'action progressive, ou groupe à vitesse variable</i></p>	<p>L'entrepreneur doit réaliser une étude hydraulique en régimes transitoires utilisant les caractéristiques des équipements qu'il propose d'installer.</p> <p>L'étude est faite à partir des données suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • profil en long complet du réseau de conduites comprenant cotes du sol, de la génératrice supérieure des conduites et éventuellement des crues, caractéristiques des conduites (longueurs, matériaux, diamètres, rugosités, etc.), • appareils équipant le réseau (ventouses, clapets éventuels, appareils de régulation hydraulique, ballons de régulation, etc.) avec leurs emplacements, caractéristiques et valeurs de réglage, • enveloppe des piézométries minimales de calcul, ou encore limite de la pression minimale qui correspond à l'abaissement maximum tolérable de cote piézométrique, en tout point du réseau. Cet abaissement est : <ul style="list-style-type: none"> – pour les conduites d'eau potable enterrées, nul et compté à partir du niveau du sol ou du niveau des crues en zone inondable, – pour les conduites d'eau potable non ou partiellement enterrées, égal à la valeur d'abaissement maximum tolérable de cote piézométrique qui serait retenue au (3) ci-après pour une conduite de mêmes caractéristiques, mais limité au niveau du sol ou au niveau des crues en zone inondable, – pour les conduites d'eau non potable, compté à partir de la génératrice supérieure de la conduite, et égal à la valeur d'abaissement 'p' indiquée dans un rapport d'essai de type fourni au maître d'œuvre et à l'entrepreneur par le fabricant de l'élément constitutif du réseau au point considéré. En standard une conduite doit être apte à supporter une

(risque de panne de courant à forte vitesse par exemple).

Pour tenir compte d'impératifs particuliers (dessertes sur le parcours du réseau à pression suffisante), le CCTP peut prescrire des valeurs plus sévères.

La signification de la MDP figure en commentaire du 2.2 du présent fascicule.

Il est essentiel que ces données soient fournies dans le CCTP.

Il est recommandé que les études des régimes transitoires se fassent sur la base du document « Données de conception pour les études des régimes transitoires » édité par le SNECOREP.

Sur un réseau d'eau potable les ventouses ne doivent pas être sollicitées lors des régimes transitoires.

Sur d'autres types de réseau d'eau et en cas de sollicitation des ventouses lors des régimes transitoires, l'étude doit tenir compte de leur présence, avec examen de la remise en pression de la conduite, par exemple avec redémarrage des pompes.

La norme de référence est NF EN ISO 9906.

Les conditions les plus défavorables sont généralement celles des points les plus à droite (lutte contre la dépression), mais parfois les points les plus à gauche sont à prendre en compte (lutte contre la surpression).

dépression d'au moins 5 mCE.

Ce rapport d'essais, dont la fourniture est obligatoire quel que soit le cas (1), (2) ou (3), est établi conformément aux normes en vigueur.

- pression maximale de calcul MDP du réseau :
- débit de pompage c'est-à-dire :
 - hors pompage à la demande : débit d'objectif demandé en régime permanent.
 - en pompage à la demande : débit maximal à la pression (ou cote piézométrique) minimale fixée.

L'étude est faite par l'entrepreneur pour les conditions les plus défavorables résultant de ses propositions, en tenant compte d'une part d'une tolérance de variation des pertes de charges de $\pm 25 \%$ (sauf prescription contraire du CCTP) provenant d'un écart éventuel sur la rugosité fournie, et d'autre part d'une disjonction simultanée de tous les groupes de pompage. L'étude doit également prendre en compte l'inertie des groupes hydrauliques et des moteurs.

L'étude précise l'emplacement du ou des points du réseau, situés loin de la station de pompage, qui pourront être utilisés lors des essais, épreuves et mesures préalables à la réception..

Les éventuelles conséquences de l'étude sur le dimensionnement du génie civil de la station de pompage sont précisées par l'entrepreneur (dimensions, accès, ...) et sont chiffrées dans son offre.

Essais et épreuves

(cf.4.2 du fascicule 73 du CCTG)

D'après la norme NF EN 805, la PMA (pression maximale admissible) est la pression maximale, y compris le coup de bélier, à laquelle un composant est capable de résister lorsqu'il y est soumis de façon intermittente en service.

Pour mémoire 1 kPa = 0,01 bar soit environ 0,1 mCE.

La fréquence d'acquisition prend en compte le fait qu'une protection anti-bélier est existante. En cas de mesures de régimes transitoires sévères, cas d'un coup de bélier à front raide, une fréquence de l'ordre de 200 à 500 acquisitions par seconde au minimum est nécessaire (cas des coups de clapet).

Il est rappelé qu'un anti-bélier avec réserve d'énergie (ballon, inertie, ..) vise à protéger l'ensemble de la conduite contre les dépressions. Le point de pression la plus faible se trouve sur le réseau et non au départ de la conduite. Tout point de mesure à la station n'est donc pas représentatif de la pression minimale dans la conduite, ce qui conduit à devoir interpréter la mesure en absence de point de mesure sur le réseau.

Pour un refoulement protégé uniquement par une pompe en turbine, une aspiration auxiliaire ou une charge sur la pompe (et en supposant l'inertie nulle), l'enveloppe de pression minimale (théorique) est sensiblement parallèle à la ligne piézométrique du régime permanent de pompage, donc plongeante. En conséquence, s'il n'y a aucun point de mesure sur le réseau, ce tracé d'enveloppe pourra être retenu. Il partira de la valeur minimale relevée à la prise de pression située à la station.

La vérification des régimes transitoires suite à une disjonction nécessite des moyens de vérification autonomes.

Il est essentiel que ces données soient fournies dans le CCTP.

Cette vérification imposant des mesures précises et des calculs souvent complexes nécessite une compétence certaine et une grande expérience dans les régimes transitoires, faute de quoi elle n'aurait

La vérification de l'efficacité du dispositif de protection du réseau en régimes transitoires comprend :

- des mesures par capteurs (précision de mesure inférieure à 10 kPa pour des pressions n'excédant pas 2 500 kPa et 25 kPa si des pressions peuvent atteindre des valeurs supérieures). Dans le cas de faible valeur de pression, un capteur en pression absolue est nécessaire avec un minimum de 25 acquisitions par seconde, à partir des prises de pression prévues à cet effet, et situées :
 - aux points de mesure sur le réseau, dont le nombre peut être réduit à un dans le cas général et à zéro si le réseau est considéré comme protégé uniquement (inertie des groupes électro-pompes supposée nulle) par pompe en turbine, aspiration auxiliaire ou charge sur la pompe,
 - sur l'éventuel ballon anti-bélier à la station de pompage ou/et sur le réseau : avant la tubulure de raccordement et immédiatement à l'aval au départ du réseau,
 - en l'absence de ballon anti-bélier à la station de pompage : après le raccordement des différentes pompes et aspirations auxiliaires sur le réseau.

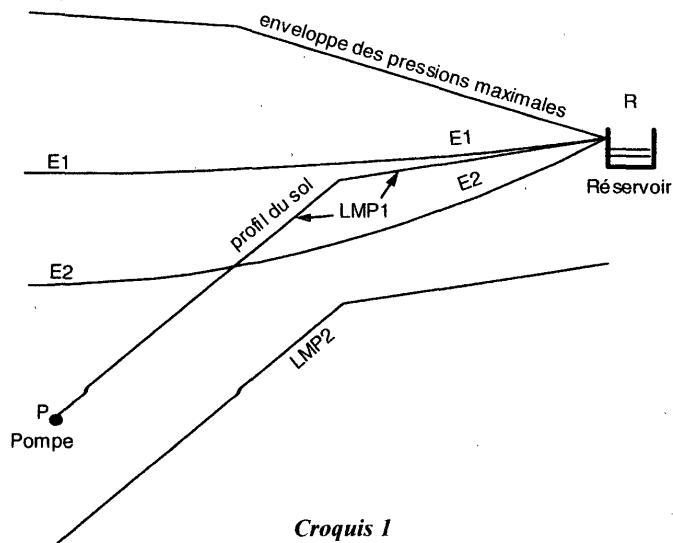
Note : Si le débit de pompage lors de ces mesures diffère du débit maximal proposé sur lequel l'entrepreneur s'est engagé, les valeurs de pression obtenues servent à déterminer, par le calcul, les valeurs correspondant à ce dernier débit.

- le contrôle de l'efficacité de la protection à partir de toutes les données fournies ainsi que par les mesures, calculs et observations faits.

Les valeurs de pressions minimales et maximales obtenues ou déterminées par le calcul doivent satisfaire aux conditions imposées dans le présent document et dans le CCTP.

S'il n'en est pas ainsi, la responsabilité de l'entrepreneur est engagée, sauf si les causes du dépassement proviennent de valeurs erronées ou incomplètes, ou encore non précisées dans le CCTP.

<p><i>aucune valeur.</i></p> <p><i>Il est souhaitable que ce prestataire soit choisi avant tout début d'exécution des travaux afin qu'il puisse indiquer si les points de mesure (prises de pression) prévus par l'entrepreneur conviennent et comment ils doivent être équipés.</i></p> <p><i>En effet les points les plus critiques vis-à-vis des régimes transitoires se situent très généralement sur la conduite et non à la station de pompage.</i></p>	<p>Par référence au 2^e alinéa de l'article 38 du CCAG, cette vérification est confiée par le maître d'ouvrage et à ses frais à un prestataire de service qu'il choisit. Le prestataire lui adresse un rapport écrit précisant si l'installation convient ou non.</p> <p>L'étude anti-bélier devra être remise au prestataire, en vue notamment de prendre en compte le positionnement optimal du point de mesure.</p>
<p align="center">Justification des prescriptions imposées au présent document</p>	
<p><i>Toutes les données demandées sont indispensables pour calculer le comportement du réseau en régimes transitoires et vérifier si la protection anti- bélier est suffisante.</i></p> <p><i>En chacun des points judicieusement répartis le long du réseau, sont déterminées les pressions minimales et maximales obtenues pendant les régimes transitoires (enveloppes des piézométries minimales et maximales calculées).</i></p> <p><i>L'enveloppe des pressions minimales (maximales) est obtenue en joignant toutes ces valeurs minimales (maximales).</i></p> <p><i>La ligne de pression minimale (LPM), qui est l'enveloppe des limites de pression minimale qui correspond à l'abaissement maximum tolérable de cote piézométrique en tout point du réseau est tracée.</i></p> <p><i>Ainsi, dans l'exemple d'une conduite de refoulement PR aboutissant au réservoir R (cf. croquis 1), nous avons :</i></p>	



Croquis 1

- Pour un transport d'eau potable dans une conduite totalement enterrée (cas (1)) et sur un terrain non inondable, la LPM1 est confondue avec le profil en long du sol.
- Pour un transport d'eau non potable (cas(3)) LPM2 remplace LPM1.

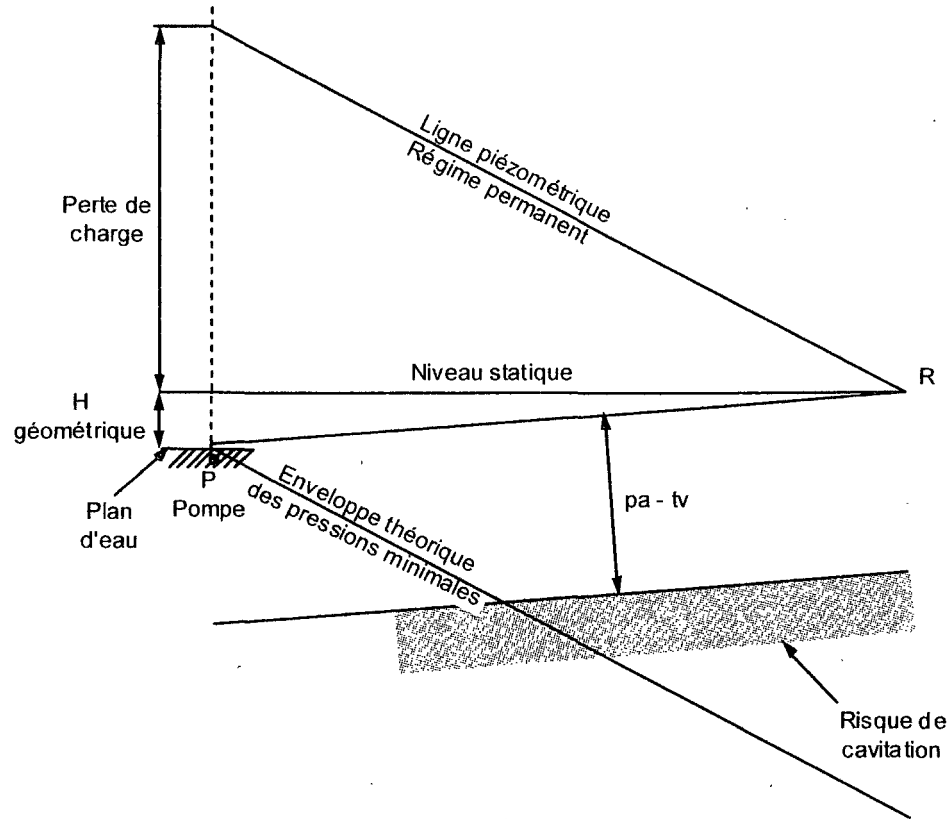
En conséquence une protection anti-bélier ne convient que si :

- L'enveloppe des pressions minimales est toujours au-dessus de (ou, à la limite, tangente) LPM1 dans le cas (1) ou LPM2 dans le cas (2), ce que font respectivement E1 et E2.
- L'enveloppe des pressions maximales est telle que la pression maximale de calcul MDP n'est nulle part dépassée.

Une protection anti-bélier insuffisante, voire absente, fatigue le réseau et provoque des casses, généralement aussitôt détectées, ou plus fréquemment des pertes d'eau diffuses (érosion ou aspiration des joints), des entrées d'eau polluée, etc., qui ne sont pas toujours décelées, tout au moins au début. Ceci n'est pas admissible car :

- Les éléments constitutifs de ces réseaux sont généralement de bonne qualité, ont subi avec succès les essais prescrits par le fascicule 71 et ils étaient donc étanches à l'origine.
- Les pertes diminuent le rendement, ce qui constitue un gaspillage et peut nécessiter des renforcements anticipés. Quant à l'entrée d'eau en phase de dépression il est inutile d'insister sur les risques sanitaires qu'elle peut provoquer.

Illustrons ce dernier point en prenant l'exemple d'une installation de faible importance (cf. croquis 2) :



Croquis 2

- Refoulement PR en diamètre \varnothing 100 et de 1000 m de long.
Débit de régime permanent : 9 l/s.
Perte de charge totale : 17 à 20 m suivant la rugosité.
Hauteur géométrique : 4 m (donc faible).
- Aucune protection anti-bélier n'est prévue, à part la pompe en turbine ou une aspiration auxiliaire dans la bache de pompage qui fonctionneront tout à fait dans ce cas mais sont très insuffisantes puisque l'enveloppe théorique des pressions minimales est sensiblement parallèle à la ligne piézométrique du régime permanent (tant qu'il n'y a pas cavitation).

- Conséquences :
 - ✓ La condition du cas (1) est évidemment loin d'être satisfaite.
 - ✓ Celle du cas (3) ne l'est pas non plus, quelle que soit la conduite et un risque de cavitation apparaît nettement sur une bonne partie du tracé en s'éloignant de la station de pompage.
 - ✓ Mais il n'y aura aucune perturbation constatée à la station de pompage et à proximité d'elle, aucun bruit non plus lors des arrêts car le clapet anti-retour se fermera très progressivement compte tenu de l'aspiration s'effectuant à travers la pompe en turbine ou à l'aspiration auxiliaire.
 - ✓ S'il n'est procédé à aucune investigation complémentaire l'installation peut paraître satisfaisante alors que si la conduite était protégée correctement, l'offre de l'entreprise serait moins intéressante financièrement.
 - ✓ De plus, une critique peut être formulée compte tenu du bruit engendré par le coup de clapet. C'est à une telle situation, difficilement tolérable, qu'il convient de mettre fin.