Point de vue de l'Expert :

ETANCHEITE DES CANALISATIONS

Laurent BLONDEAUX
Chef de la Subdivision des Contrôles Techniques
DRIRE Ile-de-France

Journée Technique AFIAP du 22/05/2007

Une enveloppe est étanche si la quantité de matière qu'elle contient est invariable.

Le moyen le plus rigoureux de vérifier cette étanchéité serait donc de peser contenant et contenu, et d'observer la constance du poids ou sa variation : c'est évidemment chose impossible pour une conduite …

Il faut par conséquent trouver une autre relation entre la quantité de matière contenue et une grandeur physique mesurable. Or, pour mettre sous pression une conduite, il faut y injecter du fluide « en trop », que ce soit du liquide ou du gaz (Nota : dans la suite, et pour simplifier, on considérera d'abord les épreuves faites avec un liquide ; ensuite, et pour choisir une classe d'étanchéité de joint, on se basera sur les épreuves faites avec un gaz).

Le niveau de pression atteint étant fonction du volume injecté, une correspondance peut être établie entre ces deux grandeurs. Mais celle-ci n'est pas univoque : en effet, les variations de température font également varier la pression de façon très importante ; tellement même, qu'une canalisation peut parfaitement fuir, alors que la pression appliquée augmente, parce que la température fait de même. Notons ΔP la variation de pression totale :

$$\Delta P = \Delta P\left(q\right) + \Delta P\left(T\right)$$

avec :

$\Delta P\left(q\right)$: variation de pression due à une fuite éventuelle ;

$\Delta P\left(T\right)$: variation de pression due à une variation de température.

L'on démontre que l'on a :

* $\Delta P\left(q\right) = \dfrac{-q}{V \times \chi_{\mathrm{a}}}$

avec :

- ** q : débit de fuite ;
- ** V : volume de l'ouvrage ;
- ** χ_{a} : compressibilité apparente de l'ensemble tube/fluide d'épreuve ;

et :

* $\Delta P\left(T\right) = \dfrac{dP}{dT} \times \Delta T = K \times \Delta T$

avec :

- ** ΔT : variation de température du fluide d'épreuve (rarement mesurable ; on détermine donc ΔT_{S}, variation de température dans le sol, et on applique ensuite un facteur d'atténuation expérimental : f ; d'où : $\Delta T = f \times \Delta T_{\mathrm{S}}$).

Si l'on suppose qu'une conduite est étanche, $q = 0$ l/h, et donc :

$$\Delta P\left(q\right) = 0\,\text{bar}$$

soit : $$\Delta P = \Delta P\left(T\right)$$

et par suite : $$\Delta P - \Delta P\left(T\right) = \Delta P - K \times \Delta T = 0\,\text{bar}\,.$$

Faire cette soustraction, c'est calculer une variation de pression corrigée de la variation de température … Mais doit-on s'attendre à trouver exactement 0 bar ? Bien sûr que non : les mesures effectuées (P et T) ne sont exactes qu'à une incertitude près ; elles peuvent, d'autre part, n'être que partiellement représentatives de la grandeur mesurée – c'est le cas de la température – et les modélisations adoptées sont en outre forcément simplificatrices ; enfin des paramètres physiques sont employés (χ : compressibilité ; A_p : dilatabilité ; E : module d'élasticité) qui ne sont bien connus que dans le cas de canalisations en acier éprouvées à l'eau, et d'autres sont utilisés qui ne sont pas très bien connus (cas de f ; par ex : $\frac{\delta f}{f} \cong 1{,}00$ si DN = 900 mm) … Or l'on doit également éprouver des conduites en résine armée remplies avec du pétrole brut …

Il faut donc calculer une incertitude : $I\left(\Delta P_{\text{corr}}\right)$, et ne tirer de conclusion d'étanchéité qu'en s'appuyant sur celle-ci. Le pôle « canalisations » de la DRIRE d'Ile-de-France a proposé de raisonner comme suit :

comme l'espérance mathématique de ΔP_{corr}, en l'absence de fluide, vaut 0 bar,

* si : $\Delta P_{\text{corr}} < -1{,}5 \times I\left(\Delta P_{\text{corr}}\right)$

ou : $\Delta P_{\text{corr}} > +1{,}5 \times I\left(\Delta P_{\text{corr}}\right)$,

l'on considérera que l'ouvrage en épreuve est fuyard, ou qu'une erreur de report ou de calcul a été commise ;

* si : $-I\left(\Delta P_{\text{corr}}\right) \leq \Delta P_{\text{corr}} \leq +I\left(\Delta P_{\text{corr}}\right)$,

l'écart est explicable par l'incertitude, et donc l'ouvrage peut raisonnablement être considéré comme étanche, <u>dans la mesure où il n'est pas possible d'affirmer qu'il est fuyard</u> ;

* si enfin : $-1{,}5 \times I\left(\Delta P_{\text{corr}}\right) \leq \Delta P_{\text{corr}} \leq -I\left(\Delta P_{\text{corr}}\right)$

ou : $+I\left(\Delta P_{\text{corr}}\right) < \Delta P_{\text{corr}} \leq +1{,}5 \times I\left(\Delta P_{\text{corr}}\right)$,

le résultat est incertain, et l'épreuve sera prolongée.

Et que disent les textes réglementaires ?

Ils exigent l'étanchéité. <u>Aucune fuite n'est par principe tolérable</u>. L'Arrêté du 06/12/82 ne va pas plus loin. Il indique :

« La canalisation est réputée avoir subi l'épreuve avec succès en l'absence de fuite et de déformation rémanente des parties visibles et de toute chute de pression anormale pendant la durée précitée » (Art. 21 de l'Arrêté).

Les Arrêtés « Transport » des 11/05/70 et 21/04/89, plus familiers des épreuves « en aveugle » - mais qui maintiennent toutefois la même exigence – fixent des critères d'appréciation relatifs aux résultats des contrôles d'étanchéité (circulaires « gaz » des 23/06/70 et 21/12/76, et annexes II et III du Règlement Technique « Hydrocarbures » du 21/04/89) : la circulaire du 23/06/70 est très proche, dans sa démarche, de celle du pôle « canalisations », mais les modalités d'évaluation de l'incertitude globale sont assez archaïques, et la circulaire est plus qu'optimiste quant aux capacités des instruments de mesure ; la circulaire du 21/12/76 (grands volumes : 5 000 à 25 000 m^3) essaie louablement, quant à elle, d'introduire le déphasage : variation de la pression dans la conduite / variation de la température dans le sol, mais oublie quasi tout le contenu de la circulaire de juin 1970. Enfin, et quant à l'Annexe III du Règlement « Hydrocarbures », c'est une simplification hâtive de cette circulaire …

Mais, dira-t-on, si l'épreuve du tronçon ou de l'équipement préfabriqué est faite à paroi visible, à quoi servent ces considérations et ces calculs ? A rien, bien sûr, pour autant que ce type de contrôle soit possible …

Car il convient de rester très modeste quant à la possibilité effective d'un contrôle de l'étanchéité lors d'un tel essai : si l'épreuve est faite à l'eau, il faudra préalablement s'assurer de l'absence d'air aux points hauts de l'ouvrage, ou le long de la génératrice supérieure de la conduite (d'où la nécessité, ici encore, du test dit « de présence d'air »), parce que repérer une petite fuite d'air, même avec du produit moussant, par exemple sur un tronçon de DN 600, dans les conditions d'un chantier, n'est pas chose évidente … A contrario, et si le temps est sec, le suintement d'eau provoqué par le même défaut, même s'il est très faible, pourra être détecté bien plus facilement qu'une fuite d'air pourtant déjà sensible.

Par temps de pluie actuel ou récent, fuite d'eau ou fuite d'air, le repérage est illusoire …

Ceci nous amène aux assemblages à brides, puisque ceux-ci sont, de manière très générale, toujours visibles en épreuve (au moins en théorie, puisque l'on peut douter, lors de la ré-épreuve de 100 km de ligne, que tous ces assemblages pourront être examinés individuellement, avec tout le soin requis). De plus, une petite fuite d'un gaz ou un très petit suintement de liquide sont nettement plus difficiles à détecter sur un joint à brides que sur un joint soudé. Mais le même niveau d'étanchéité est-il requis ?

On remarquera que les règlements – très logiquement d'ailleurs – ne font sur ce thème aucune différence entre ces deux types d'assemblages. Le critère d'étanchéité applicable aux joints à brides doit donc être celui appliqué aux joints soudés : fuite détectée, épreuve refusée … Les joints étant fournis avec un niveau d'étanchéité garanti, on pourra donc raisonner comme suit :

soit un ouvrage de volume *V*, équipé de X joints ; le maximum du débit de fuite massique journalière, pour un diamètre D_{i} et une classe d'étanchéité « *j* », étant :

$$T_{\mathrm{m}}\left(i,j\right),$$

convertissons ce débit massique, vérifié à l'hélium, sous une pression P_{u} et une température θ_{u}, en débit volumique :

$$T_{\mathrm{v}}\left(i,j\right)=\frac{T_{\mathrm{m}}\left(i,j\right)}{\rho\left(H_{\mathrm{e}};P_{\mathrm{u}};\theta_{\mathrm{u}}\right)}$$

Les épreuves sur le terrain étant effectuées, lorsqu'elles sont réalisées au gaz, sous 6 à 8 bar effectifs, et pendant 8 jours, il vient :

$$T'_{\mathrm{v}}\left(i,j\right)\cong T_{\mathrm{v}}\left(i,j\right)\times\sqrt{\frac{7\,\mathrm{bar}}{P_{\mathrm{u}}}}$$

et : $$\Delta_{\mathrm{v}}\left(i,j\right)=T'_{\mathrm{v}}\left(i,j\right)\times 8\,\mathrm{jours}$$

$\Rightarrow$ $$\Delta_{\mathrm{v}}\left(i,j\right)\cong T_{\mathrm{m}}\left(i,j\right)\times\frac{8\,\mathrm{jours}}{\rho\left(H_{\mathrm{e}};P_{\mathrm{u}};\theta_{\mathrm{u}}\right)}\times\sqrt{\frac{7\,\mathrm{bar}}{P_{\mathrm{u}}}}$$

Ecrivons que la somme des pertes doit être inférieure à l'incertitude sur la détermination du volume ayant fui en cours d'épreuve :

$$\sum_{\mathrm{i}} X_{\mathrm{i}}\times\Delta_{\mathrm{v}}\left(i,j\right)<I\left(\Delta_{\mathrm{v}}\right)\qquad\text{(Nota 1)}$$

où : $$I\left(\Delta_{\mathrm{v}}\right)=\frac{I\left(\delta n\right)}{n}\times V=\sqrt{2}\cdot 10^{-3}\times\sqrt{1+\frac{6}{\mu}}\times V$$

avec :

* n : nombre de moles de gaz contenues dans V ;

* μ : nombre de thermomesureurs installés (4 au minimum) ;

il vient donc :

$$\left\{\sum_{\mathrm{i}} X_{\mathrm{i}}\times T_{\mathrm{m}}\left(i,j\right)\right\}\times\frac{8\text{ jours}}{\rho\left(H_{\mathrm{e}};P_{\mathrm{u}};\theta_{\mathrm{u}}\right)}\times\sqrt{\frac{7\text{ bar}}{P_{\mathrm{u}}}}<\sqrt{2}\cdot 10^{-3}\times\sqrt{1+\frac{6}{\mu}}\times V$$

Par tâtonnements, on trouve nécessairement un jeu de couples : $\left\{\left(D_{\mathrm{i}};\text{classe de joints}\right)\right\}$ qui permet de vérifier cette inégalité.

On peut toutefois rappeler la répartition suivante, fondée sur les classes d'étanchéité du PVRC (cf. art. C2-A2-2-1-*a*1 du CODETI) :

* T_1 : eau potable ;

* T_2 : produits dangereux par leurs seules caractéristiques physiques (vapeur d'eau, eau surchauffée), ou produits chimiques ni toxiques (saumures, soudes), ni facilement inflammables (huiles) ;

* T_3 : gaz combustibles, hydrocarbures liquides, bruts ou raffinés légers ou semi-légers, produits chimiques toxiques et/ou facilement inflammables ;

* T_4 et plus : hydrocarbures liquéfiés, produits chimiques très toxiques ou extrêmement inflammables, fluides de l'industrie nucléaire.

(Nota 1) – Il parait judicieux de poser, non :

$$\sum_{\mathrm{i}} X_{\mathrm{i}}\times\Delta_{\mathrm{v}}\left(i,j\right)<I\left(\Delta_{\mathrm{v}}\right)$$

mais plutôt :

$$\sum_{\mathrm{i}} X_{\mathrm{i}}\times\Delta_{\mathrm{v}}\left(i,j\right)<\frac{2}{3}\times I\left(\Delta_{\mathrm{v}}\right)$$

toutefois, des contraintes plus sévères – ou différentes – peuvent également proposées ou prescrites : par exemple, lors de l'épreuve « Oetting-Bettancourt » de l'Artère Gazière de l'Est, l'Ingénieur en chef des Mines Poullain avait fixé le maximum de la fuite admissible à un joint au centième de l'incertitude opératoire …

Remarque : un calcul plus détaillé figure dans le cahier technique de la Revue du SNCT ($4^{\text{ème}}$ trimestre 2006), en annexe 6.