

# Écoulement non stationnaire dans les tuyauteries et les cheminées d'équilibre

## Écoulement non stationnaire

Les écoulements caractérisés par une variation temporelle de l'état en un point défini sont désignés comme étant non stationnaires. Seules les variations causées par des turbulences font exception à la règle. Sur les écoulements à surface libre, l'écoulement non stationnaire se présente sous la forme de variation temporelle du niveau d'eau.

Les écoulements non stationnaires apparaissent sur tous les processus de démarrage et d'arrêt des turbomachines, dans les appareils et les tuyauteries, ainsi que dans les processus d'écoulement hors de réservoirs caractérisés par un niveau de liquide variable, sans oublier les vibrations du liquide (cheminées d'équilibre), les coups de bélier observés dans les tuyauteries et les canaux ouverts (houle et onde négative).

En pratique, la compréhension des écoulements non stationnaires est nécessaire à la conception économique des tuyauteries (réserve en cas de risque de coup de bélier) dans les systèmes de distribution de l'eau, les installations technologiques et les centrales hydro-électriques.

GUNT vous propose des appareils d'essai bien conçus pour examiner les écoulements non stationnaires des tuyauteries, représenter les coups de bélier et le principe du fonctionnement des cheminées d'équilibre, utilisées comme éléments de sécurité dans les centrales hydro-électriques.

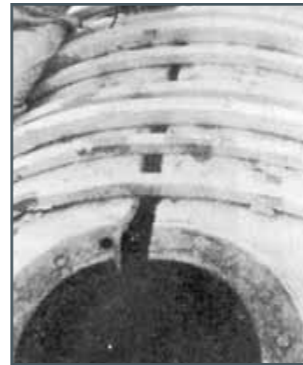
Nous présentons l'effet profitable du coup de bélier dans le refoulement de l'eau en expliquant le principe du bélier hydraulique.



Écroulement du réservoir suite à un coup de bélier



Tuyauterie et fixations détruites après un coup de bélier



Destruction d'une tuyauterie causée par un coup de bélier

## Coups de bélier dans les tuyauteries

L'apparition de coups de bélier dans les tuyauteries est un phénomène fréquent observé sur les écoulements non stationnaires. Les variations de la pression et du débit peuvent entraîner une nette augmentation ou diminution de la pression définie dans des tuyaux donnés.

Les coups de bélier sont causés par la:

- fermeture ou ouverture d'organes d'obturation dans un tuyau
- mise en marche et arrêt de pompes ou de turbines
- remise en marche d'installations
- modification du niveau d'arrivée d'eau

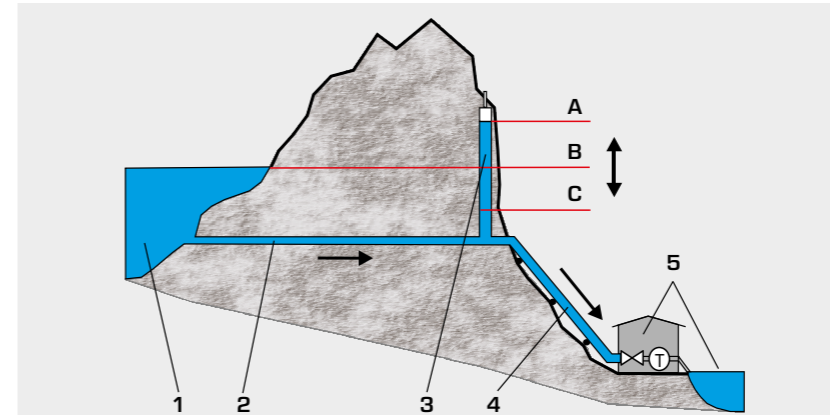
## Effet des coups de bélier

Les coups de bélier causent des dommages sur l'installation concernée. Les tuyaux peuvent éclater, les fixations risquent d'être endommagées. Par ailleurs, les robinetteries, les pompes, les fondations ou tout autre élément des tuyauteries (par ex. échangeurs thermiques) sont également en danger. Dans les conduites d'eau potable, un coup de bélier peut entraîner l'aspiration d'eau sale en provenance de l'extérieur. Comme un endommagement des tuyauteries n'est pas toujours immédiatement décelé (par ex. détérioration de la bride), il est nécessaire de calculer l'apparition éventuelle des coups de bélier dès la conception des tuyauteries.

## Réduction des coups de bélier

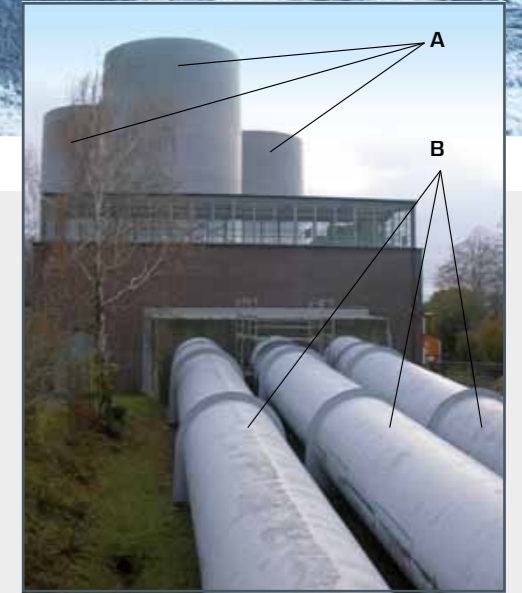
Sur les petites sections nominales, la mise en place d'un réservoir compensateur ou le choix de la robinetterie peut influencer l'apparition des coups de bélier. En raison des temps de fermeture plus longs, les vannes et les vannes à obturateur sont moins concernées que les vannes ou les robinets d'arrêt. Il est possible de protéger les tuyauteries des coups de bélier en montant des soupapes de sûreté.

Dans les tuyauteries à grande section ou à grande hauteur de refoulement, l'effet des coups de bélier peut être réduit ou éliminé en commandant lentement la vanne à obturateur ou en installant des cheminées d'équilibre à l'entrée des conduites forcées (comparable aux bassins de compensation).



Centrale hydro-électrique avec cheminée d'équilibre, exploitante les conditions géologiques naturelles

1 retenue d'eau, 2 conduites forcées, 3 cheminée d'équilibre avec niveau d'eau variable, 4 conduite forcée, 5 bâtiment à turbine avec écoulement d'eau; A arrêt de la turbine, B position immobile, C démarrage de la turbine



Aménagement hydraulique à accumulation par pompage Nieder-wartha, Dresde (Allemagne). À l'entrée des trois conduites forcées, on a trois cheminées d'équilibre qui se présentent sous forme de réservoirs ouverts. A cheminées d'équilibre, B conduites forcées

## Principe de la cheminée d'équilibre

Pour réduire les variations de la pression dans les centrales hydro-hydrauliques, on recourt à des cheminées d'équilibre. L'eau qui circule dans la conduite forcée, est déviée dans la cheminée d'équilibre à la fermeture des robinetteries. Le niveau d'eau peut augmenter ou diminuer jusqu'à ce qu'il se stabilise

à nouveau. L'énergie cinétique de l'eau en circulation dans la conduite forcée est ainsi transformée en énergie potentielle du niveau d'eau supérieur dans la cheminées d'équilibre et non en énergie de pression destructive.

Le tableau montre un extrait du programme pédagogique classique en école d'ingénieur. Les appareils GUNT couvrent dans une très large mesure ces contenus didactiques.

Contenus didactiques de l'écoulement non stationnaire	Produits GUNT
Écoulement des réservoirs à niveau d'eau variable: vitesse d'écoulement	HM 150.09, HM 150.12
Coups de pression: étude des coups de bélier et des ondes de pression dans les tuyauteries, représentation des variations du coup de bélier, détermination de la vitesse du son dans l'eau, détermination du temps de réflexion, détermination du coup de bélier (le coup de bélier de Joukowski), influence du débit / la vitesse de fermeture des robinetteries sur le coup de bélier	HM 155, HM 156, HM 143
Bélier hydraulique: exploitation des coups de bélier pour le refoulement de l'eau	HM 150.15
Vibration d'une cheminée d'équilibre: principe du fonctionnement d'une cheminée d'équilibre, Fréquence propre des vibrations	HM 143, HM 156
Houle et onde négative: écoulement non stationnaire, par ex. dans les canaux ouverts	HM 160 à HM 163
Processus d'écoulement non stationnaires: écoulement, processus d'écoulement différés (rétention)	HM 143
Onde de crue	
Processus d'écoulements non stationnaires dans les turbomachines hydrauliques: cavitation	HM 380, ST 250