

Annexe technique

Mouvements et forces appliqués aux compensateurs

Mouvements

Avant de déterminer le type de compensateur à utiliser, il faut décider de la façon dont les changements de longueur d'un système de tuyauterie doivent être compensés.

Le choix du compensateur est essentiellement déterminé par la dilatation engendrée, par le tracé de la tuyauterie et les données spatiales.

La dilatation des tuyaux peut être compensée par le déplacement et l'élongation d'un certain type de compensateur.

On distingue, pour le choix du compensateur:

- le mouvement axial,
- le mouvement latéral,
- le mouvement angulaire.

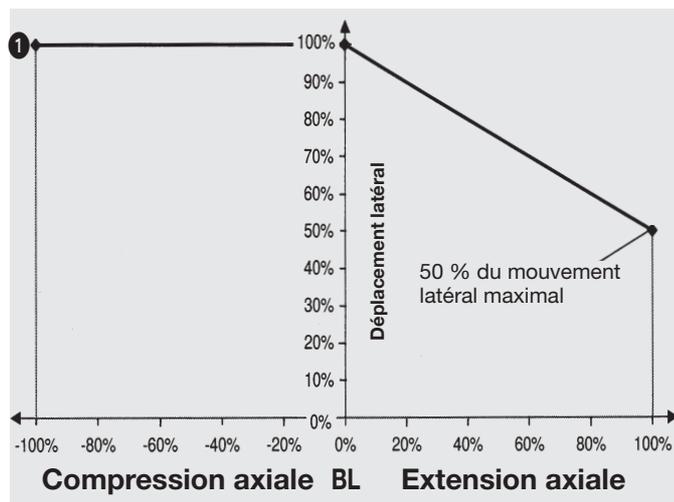
Compensateurs en élastomère

Si on transmet à un compensateur en élastomère à la fois des mouvements axiaux et latéraux (superposition de mouvements), dans le cas d'une extension axiale, le mouvement maximal pouvant être compensé est réduit (voir le diagramme ①).

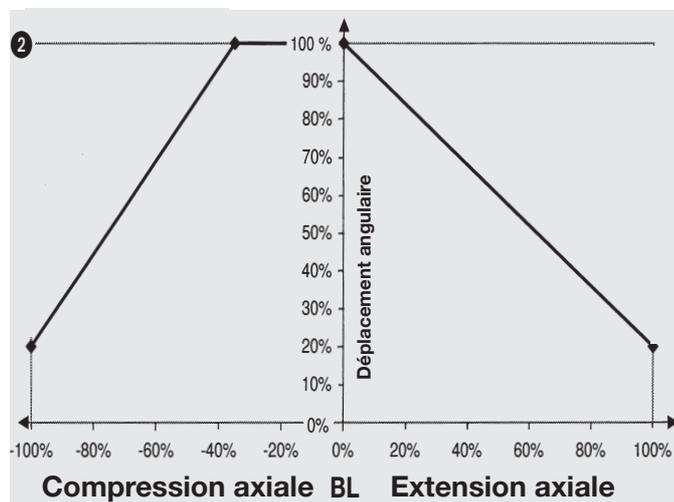
La relation entre les mouvements angulaires et axiaux d'un compensateur en élastomère sont représentés (sur le diagramme ②).

Compensateurs en acier

Si on transmet à un compensateur en acier à la fois des mouvements axiaux et latéraux (superposition de mouvements), la composante latérale ramenée à un déplacement axial équivalent est calculée à partir d'une égalité et ne doit pas dépasser plus de 100%. N'hésitez pas à contacter notre service technique.



Superposition admissible des mouvements axiaux et latéraux des compensateurs en élastomère



Superposition admissible des mouvements axiaux et angulaires des compensateurs en élastomère

Compensateurs en élastomère: Influence de la température sur la pression intérieure

Les pressions de service indiquées dans les fiches techniques des compensateurs en élastomère sont données pour une température de 20°C. Etant donné que la résistance des soufflets diminue lorsque la température augmente, la pression doit donc être réduite si la température augmente (voir tableau).

pression de service maximum (bar)

Temperature °C	gammes de modèles				
	A, AG, B, R bar	AS, RS bar	AR bar	GR-SAE bar	E, G bar
20	16	16	25	16	10 16
30	16	16	25	16	10 16
40	16	16	25	16	10 16
50	16	16	25	16	10 16
60	15	16	24	16	9,5 15
70	14	15	22	15	9 14
80	11	14	20	14	7 11
90	6	12	16	12	4 6
100	6*	10	11	10	4* 6*
110		6	6	6	
120		6*	6*	6*	
130		6*	6*	6*	

Temperature °C	gammes de modèles					
	C bar			W bar		
20	2,5	4	6	10	1	2,5
30	2,5	4	6	10	1	2,5
40	2,5	4	6	10	1	2,5
50	2,5	4	6	10	1	2,5
60	2,2	3,8	5,5	9,5	0,9	2,2
70	2	3,5	5	9	0,9	2
80	1,7	2,8	4	7	0,7	1,7
90	1	1,5	2,5	4	0,4	1
100	1*	1,5*	2,5*	4*	0,4*	1*

*temporaire (maximum 100 heures)

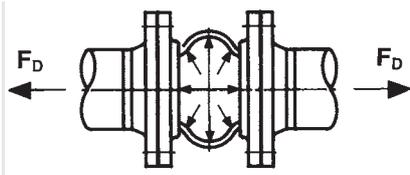
Annexe technique

Mouvements et forces appliqués aux compensateurs

Forces des compensateurs axiaux et universels

Force de l'effet de fond F_D en fonction de la longueur de l'installation (Effet de fond)

La force de l'effet de fond est l'effort longitudinal résultant de la pression interne.

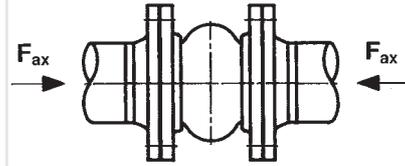


$$F_D = A \cdot p \cdot 10$$

F_D = La force de l'effet de fond (N)
 A = Section active du soufflet (cm²)
 (voir les tableaux des fiches dimensionnelles)
 p = Pression interne (bar)

Force axiale de déplacement du soufflet F_{ax}

La force axiale de déplacement du soufflet est l'effort nécessaire au mouvement axial du soufflet. Elle résulte de la combinaison de la raideur du soufflet et du mouvement.



$$F_{ax} = c_{ax} \cdot \Delta_{ax}$$

c_{ax} = c_{ax} = Constante de raideur axiale du soufflet (N/mm)
 Δ_{ax} = Course axiale (mm)
 + = Signe en cas de compression
 - = Signe en cas d'extension

Force totale axiale du soufflet F_{axB}

Somme de la force de l'effet de fond et de la force axiale de déplacement

F_{axB} = Force axiale totale du soufflet (N)
 + = Force de compression sur la tuyauterie
 - = Force de traction sur la tuyauterie

$$F_{axB} = F_D + F_{ax}$$

Forces des compensateurs latéraux

Force latérale de déplacement du soufflet F_{latB}

La force latérale de déplacement du soufflet est l'effort nécessaire au mouvement latéral de déplacement du soufflet. Elle résulte de la combinaison de la raideur du soufflet et du mouvement.

$$F_{latB} = c_{lat} \cdot \Delta_{lat}$$

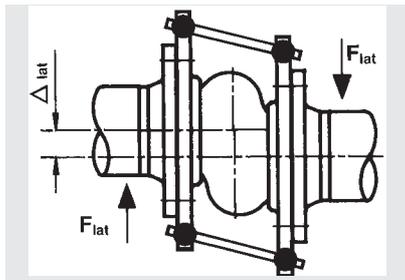
F_{latB} = Effort latéral de déplacement du soufflet (N)
 c_{lat} = Constante de raideur latérale du soufflet (N/mm)
 Δ_{lat} = Déplacement latéral de réglage (mm)

Force totale latérale de déplacement F_{lat}

Les compensateurs latéraux STENFLEX sont équipés de tirants. Les tirants absorbent l'effort axial de com-

pression décrit dans le cas de compensateurs axiaux.

Cette force de compression engendre cependant sur les articulations du tirant des forces de frottement qui doivent être supportées dans le cas du mouvement latéral de déplacement. La force de déplacement des compensateurs latéraux se calcule à partir de l'égalité suivante:



$$F_{lat} = F_{latB} + F_{fric}$$

F_{lat} = Force latérale totale de déplacement (N)

F_{Reib} = Force de frottement des articulations du tirant (N)

Les forces de déplacement auxquelles les compensateurs latéraux sont soumis ne sont certes pas aussi élevés que dans le cas des compensateurs axiaux non précontraints, mais elles sont transmises à la tuyauterie et doivent être prises en compte pour le dimensionnement des points fixes.

Moments des compensateurs angulaires

Moment angulaire de déplacement du soufflet M_{angB}

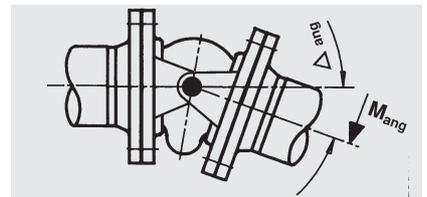
Le moment angulaire de déplacement du soufflet est le moment nécessaire au mouvement angulaire de déplacement du soufflet. Il résulte de la combinaison de la raideur du soufflet et du mouvement.

$$M_{angB} = c_{ang} \cdot \Delta_{ang}$$

M_{angB} = Moment angulaire de déplacement du soufflet (Nm)
 c_{ang} = Coefficient angulaire de déplacement du soufflet (Nm/deg)
 Δ_{ang} = Déplacement angulaire de réglage (deg)

Moment angulaire total de déplacement M_{ang}

Les compensateurs angulaires STENFLEX sont équipés d'articulations angulaires. Les limiteurs articulés supportent la force axiale de compression décrite dans le cas de compensateurs axiaux. Cette force de compression engendre cependant des efforts de frottement sur les articulations angulaires qui doivent être compensées dans le cas du mouvement angulaire de réglage. Le moment de déplacement des compensateurs angulaires précontraints se calcule à partir de l'égalité suivante:



$$M_{ang} = M_{angB} + M_{Reib}$$

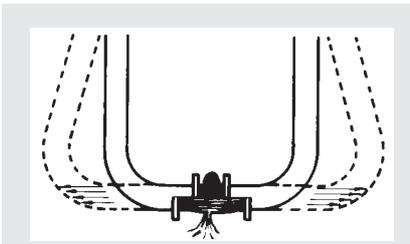
M_{ang} = Moment angulaire total de déplacement (Nm)

M_{Reib} = Moment de frottement dans les articulations (Nm)

La section active du soufflet, le coefficient de déplacement et les forces ou les moments de friction sont spécifiques au type ou au fabricant et dépendent des conditions de fonctionnement. N'hésitez pas à nous consulter.

Points fixes de la tuyauterie pour les compensateurs et les raccords de tuyauterie

En tant qu'élément flexible de tuyauterie, un compensateur ou un raccordement de tuyauterie divise le système rigide et rend la tuyauterie instable si aucun point fixe n'est prévu. La pression interne engendre des forces dans la tuyauterie. Le sens et l'amplitude de la force dépendent du diamètre nominal, de la pression interne dans la tuyauterie, du mouvement devant être compensé et du guidage de la tuyauterie. S'il manque des points fixes, la tuyauterie se déplace. L'élément flexible s'allongerait jusqu'à sa limite de charge, et finalement jusqu'à la rupture de la liaison élastique.

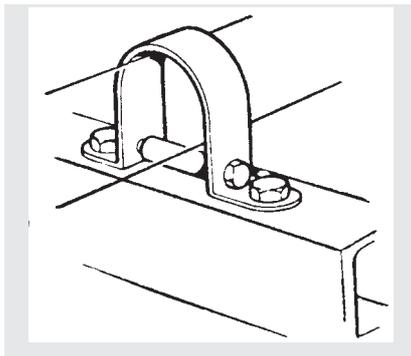


Points fixes manquants

Il faut prendre en compte les forces suivantes pour le dimensionnement des points fixes:

- F_D = Force axiale de compression (due à la surpression interne dans la tuyauterie)
- F_{axB} = Force axiale totale du compensateur
- F_{lat} = Force latérale totale de déplacement du compensateur
- M_{ang} = Moment angulaire total de déplacement du compensateur
- F_{ReibFL} = Forces de frottement sur les paliers-guides
- F_{zent} = Forces centrifuges des coudes de la tuyauterie (en cas de vitesses d'écoulement élevées)

Un fonctionnement en toute sécurité des compensateurs et des raccords de tuyauterie suppose en plus de la présence de points fixes, un guidage parfait de la tuyauterie. Les paliers de guidage permettent d'éviter le flambage de la tuyauterie.



Paliers de guidage de tuyauterie avec rouleau

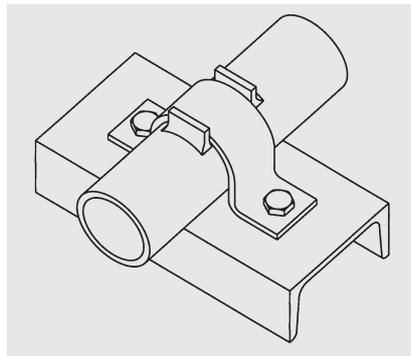
On distingue les points fixes et les guidages suivants:

- HFP = Point fixe principal
- ZFP = Point fixe intermédiaire
- KFP = Point fixe coudé
- FL = Palier-guide (palier lisse)

Les tuyauteries avec compensateurs ou raccords non précontraints doivent être équipés de points fixes et de guides stables. Les forces F_{axB} et F_{ReibFL} doivent être compensées par les points fixes principaux.

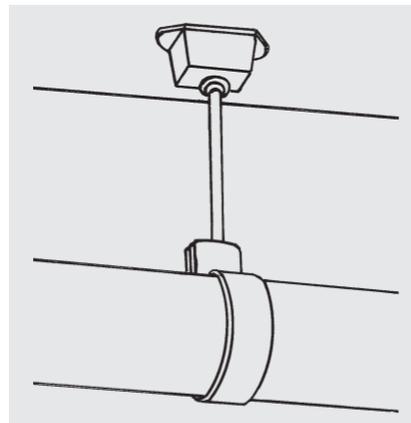
Il faut particulièrement veiller aux points fixes au moment de la conception technique. Ils doivent être tels que les forces de la tuyauterie puisse s'appliquer sans problèmes sur les supports prévus (mur et plafond du bâtiment ou construction en acier).

Les points fixes sont également nécessaires au cours d'un fonctionnement sans pression, quand les oscillations doivent être compensées et la tuyauterie soulagée ou quand plusieurs compensateurs ou raccords sont intégrés au système de tuyauterie.

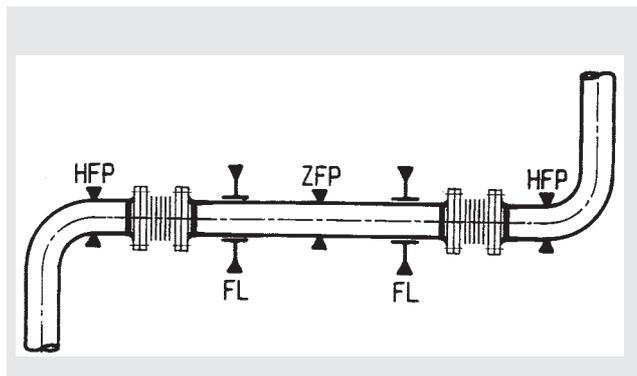
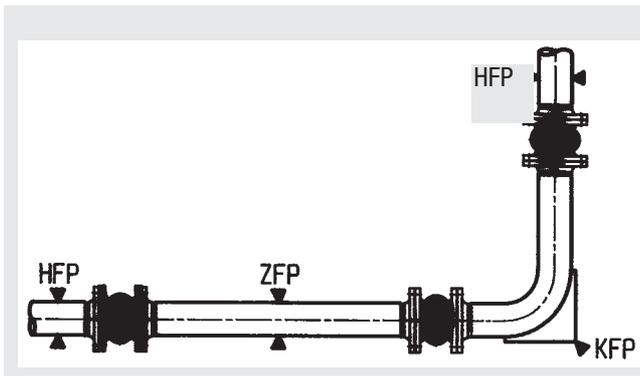


Configuration d'un point fixe

Un compensateur ou raccordement ne peut pas remplir sa fonction dans un système de tuyauterie instable; les forces de la tuyauterie ne peuvent pas être compensées.



Les suspensions oscillantes de tuyauterie ne sont pas des points fixes

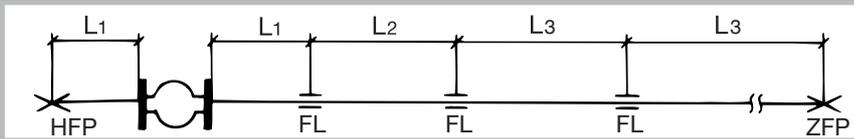


Dans le cas de tuyauteries coudées, les points fixes principaux (HFP) et les points fixes coudés (KFP) compensent toute la force de réaction. Les points fixes intermédiaires (ZFP). Ne subissent pratiquement pas la pression.

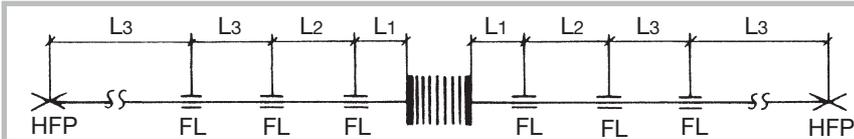
Annexe technique

Points fixes de tuyauterie pour les compensateurs et les raccords

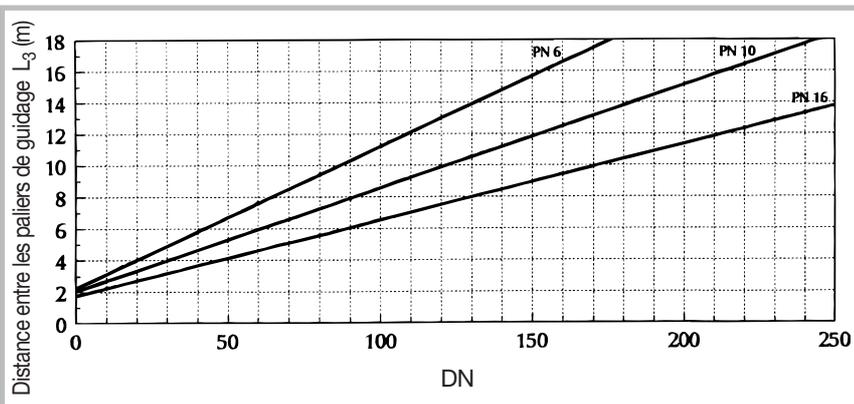
Agencement des points fixes et des palier-guides pour les compensateurs axiaux et les raccords de tuyauterie



Agencement d'un compensateur près d'un point fixe principal



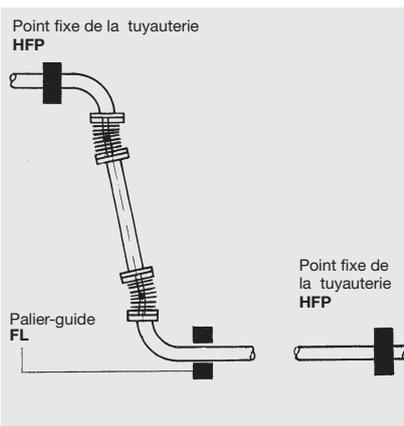
Agencement d'un compensateur entre deux paliers de guidage



Distance entre les paliers de guidage

Agencement de points fixes pour les compensateurs latéraux et angulaires

Les tuyauteries à compensateurs latéraux et angulaires doivent être munies dans tous les cas de points fixes bien que la force de pression axiale FD soit compensée par les limiteurs d'élongation. Seule la force latérale de déplacement F_{lat} ou le moment angulaire de déplacement M_{ang} doivent alors être compensés.



Un seul système de compensation doit être prévu entre deux points fixes. Une tuyauterie comportant plusieurs systèmes de compensation doit être munie de points fixes répartis.

Les compensateurs articulés ont un axe de rotation tout à fait particulier autour desquels ils peuvent pivoter. Il faut veiller à bien diriger les axes de rotation lors de l'installation.

Système de compensation à deux compensateurs angulaires pour la compensation des mouvements de grande amplitude de la tuyauterie. Équiper la tuyauterie de points fixes pour compenser les moments angulaires de déplacement.

L_1 = Distance entre le compensateur ou le raccordement et le point fixe ou distance entre le compensateur ou le raccordement et le 1^{er} palier de guidage ($L_1 \leq 3 \times DN$)

L_2 = Distance entre le 1^{er} et le 2^e palier de guidage ($L_2 = 0,5 \times L_3$)

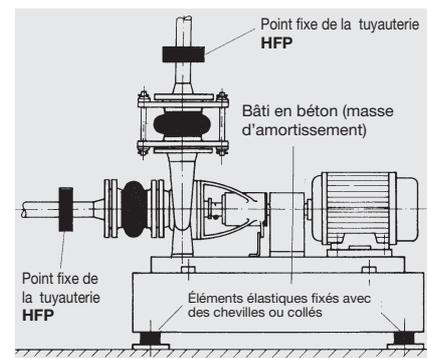
L_3 = Distance normale entre deux paliers de guidage

L_3 dépend du poids et du diamètre nominal de la tuyauterie ainsi que de la surpression interne (valeurs approximatives sur le diagramme)

La tuyauterie doit être guidée de façon précise par des paliers. En plus du compensateur, il faut répartir les paliers de guidage. Un point fixe remplace un palier de guidage. Les tubes de guidage internes ne conviennent pas pour le guidage de la tuyauterie.

Agencement de points fixes sur les pompes

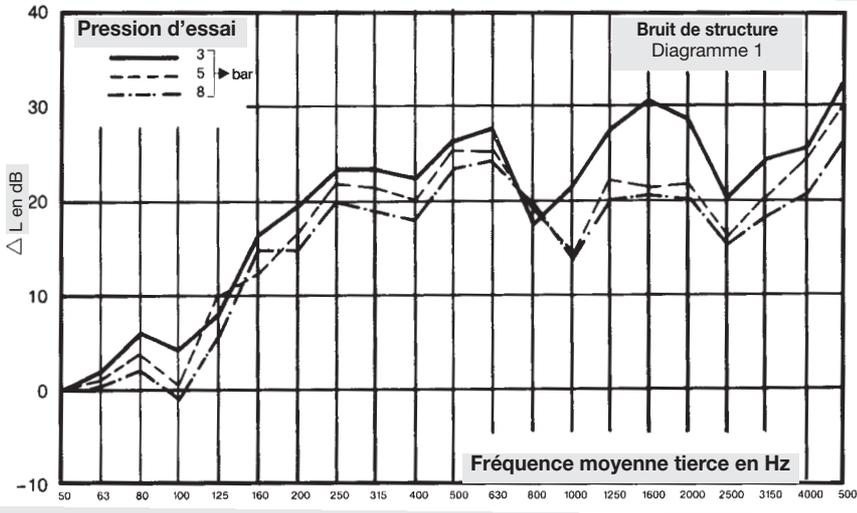
Les groupes comme les pompes p. ex. sont découplés par des compensateurs ou des raccords de tuyauteries. Le corps de pompe est ainsi soulagé des efforts et des contraintes. Les forces sont compensées par des points fixes de tuyauterie spécifiquement répartis.



Groupe de pompes configuré de façon élastique, la tuyauterie est raccordée par des compensateurs en élastomère qui atténuent le bruit.

Réduction du niveau de bruit par les compensateurs en élastomère

Réduction du niveau de bruit – exemple du compensateur du type AS



Diagrammes 1 et 2

Les deux diagrammes présentent le degré d'atténuation du bruit de structure et du bruit transmis par l'eau en fonction de la pression de fonctionnement dans le cas de l'utilisation de compensateurs en élastomère de type AS.

Les valeurs de l'atténuation de ce compensateur diffèrent un peu de celles des compensateurs équipés de trames en fibres synthétiques (p. ex. de type A).

Il faut tenir compte du fait que les valeurs de l'atténuation recherchées de 20 dBA correspondent à un rendement d'isolation d'env. 90%.

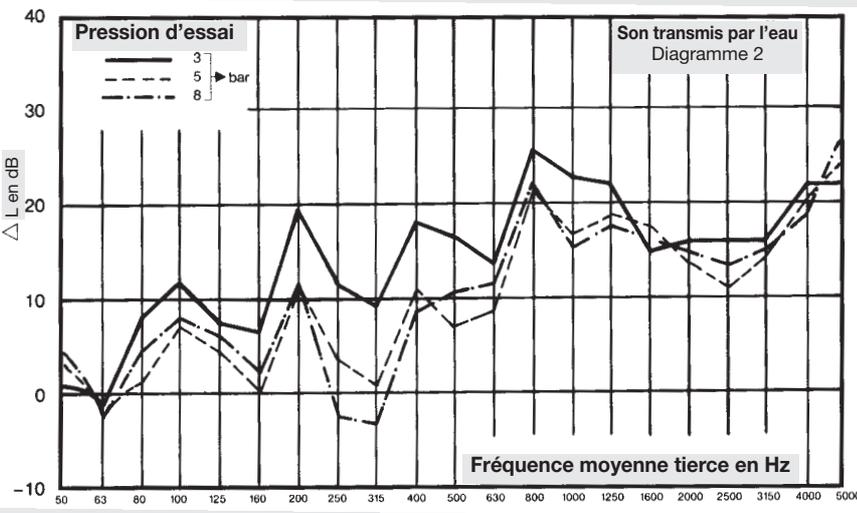
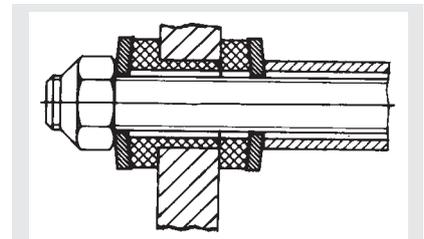


Diagramme 3

En raison de leur conception spécifique, les tirants (types AS-2 et AS-4) atténuent le bruit, l'atténuation est presque identique à celle des compensateurs sans tirants.

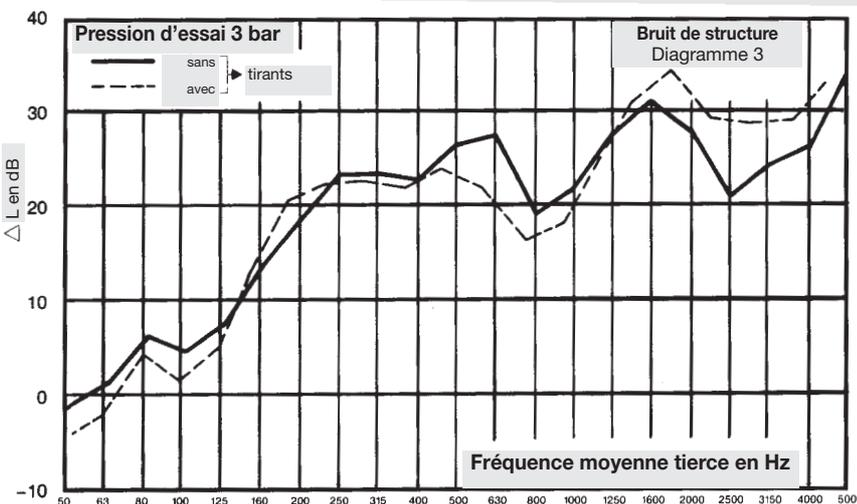


Les tirants qui permettent une atténuation du bruit sont équipés en série de coussinets en élastomère jusqu'au DN 150

- Type AS-2: Extérieur
- Type AS-4: Extérieur et intérieur

Le bruit de structure transmis par les tirants est absorbé de façon optimale par les coussinets en élastomère.

Les essais ont été réalisés d'après les exigences d'isolation acoustique de la norme DIN 4109.



Annexe technique

Compensation de la dilatation par les compensateurs en acier

La dilatation thermique des tuyauteries

Les mouvements des tuyauteries devant être compensés se calculent à partir des dilatations thermiques provoquées par les changements de température. La variation de longueur de la tuyauterie a ici un rôle dominant. Le calcul est réalisé à partir de l'égalité:

$$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

ΔL = Variation de longueur de la tuyauterie (mm)

L = Longueur de la tuyauterie (mm)

α = Coefficient de dilatation thermique linéaire

$$\left(\frac{1}{K}\right)$$

ΔT = Variation de température (K)

La variation de longueur ainsi obtenue peut être compensée aussi bien axialement et latéralement qu'angulairement. Le compensateur approprié est déterminé à partir des fiches de mesure en fonction de la variation de longueur calculée.

Matériau de la tuyauterie	Coefficient de dilatation longitudinale α sous une température de +20 °C (K)
1.0038 (S235JR)	11,1 · 10 ⁻⁶
1.0305 (St 35.8)	12,3 · 10 ⁻⁶
1.4541	16,0 · 10 ⁻⁶
1.4404	16,5 · 10 ⁻⁶
Cuivre	16,8 · 10 ⁻⁶
Aluminium	23,8 · 10 ⁻⁶
Polypropylène	110,0 · 10 ⁻⁶

Dilatation thermique par des compensateurs non précontraints

Les compensateurs STENFLEX sont livrés de série en position neutre. Les compensateurs peuvent donc bouger dans les deux directions (axiale, latérale et angulaire). Les mouvements admissibles sont donnés dans les fiches techniques pour chaque diamètre nominal. Dans le cas de compensateurs angulaires des systèmes à deux ou trois articulations, le mouvement global du système dépend des valeurs angulaires du mouvement du compensateur mais aussi de la longueur des tuyaux entre les compensateurs.

Dilatation par compensateurs précontraints

Pour la variation de longueur de la tuyauterie dans une seule direction, un compensateur peut être précontraint. On exploite ainsi efficacement les mouvements globaux donnés dans les fiches techniques.

La longueur d'installation d'un compensateur en acier précontraint doit être calculé à partir de l'égalité suivante:

$$EBL_t = BL + \frac{\Delta L}{2} - \Delta L \cdot \frac{t_e - t_{min}}{t_{max} - t_{min}}$$

EBL_t = Longueur max. d'installation dépendant de la température du compensateur précontraint à la livraison (mm)

BL = Longueur d'installation du compensateur en acier (mm)

ΔL = Variation de longueur de la tuyauterie (mm)

t_e = Température au cours de l'installation (°C)

t_{min} = Température minimale dans la tuyauterie (°C)

t_{max} = Température maximale dans la tuyauterie (°C)

Les compensateurs devraient être installés autant que possible en position neutre puis être mis sous contrainte par déplacement du tuyau ou par démontage des pièces ajustées.

Les compensateurs axiaux en acier peuvent être fabriqués comme des compensateurs précontraints. Ces compensateurs sont déjà précontraints en usine à EBL.

Une fois que le montage est réalisé,

l'élément de sécurité de précontrainte (étrier) est retiré.

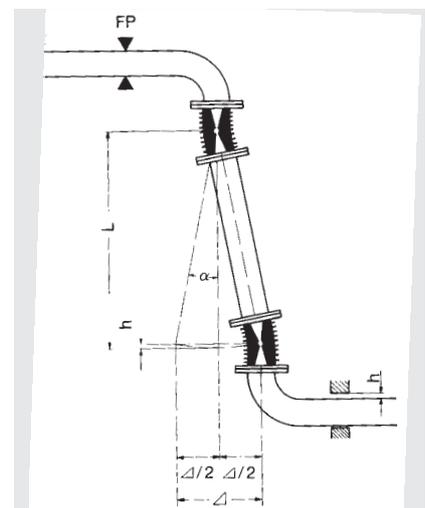
La compensation de la dilatation (Δ) dépend de la distance moyenne (L) des compensateurs et de l'angle d'élongation maximal admissible (α). Le calcul sera réalisé d'après l'égalité suivante:

$$L = \frac{\Delta/2}{\sin \alpha}$$

$$\Delta/2 = L \cdot \sin \alpha$$

La tuyauterie qui se dilate doit posséder un jeu dans le palier-guide pour la mesure d'arc. Cette grandeur se calcule comme suit:

$$h = L(1 - \cos \alpha)$$



50%.

Dilatation thermique

Processus de réduction dépendant du fonctionnement pour les compensateurs en acier

Les valeurs données dans les tableaux des fiches dimensionnelles sont liées au matériau du soufflet 1.4541 pour une température de +20 °C et un cycle d'effort de 1000.

La température, la pression interne, le

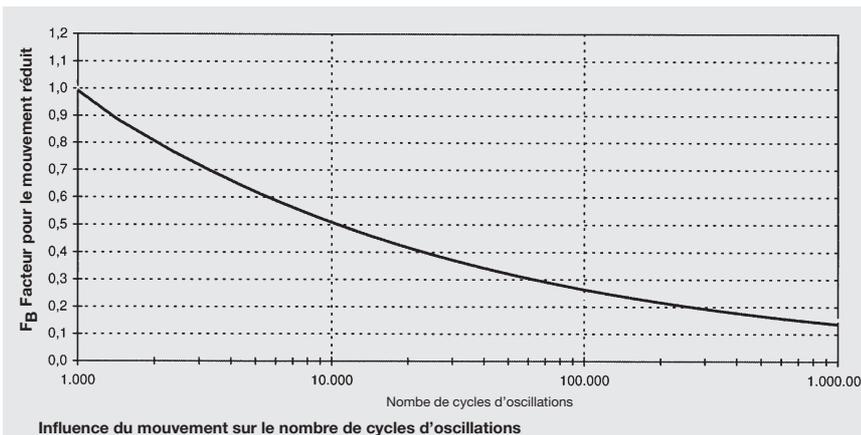
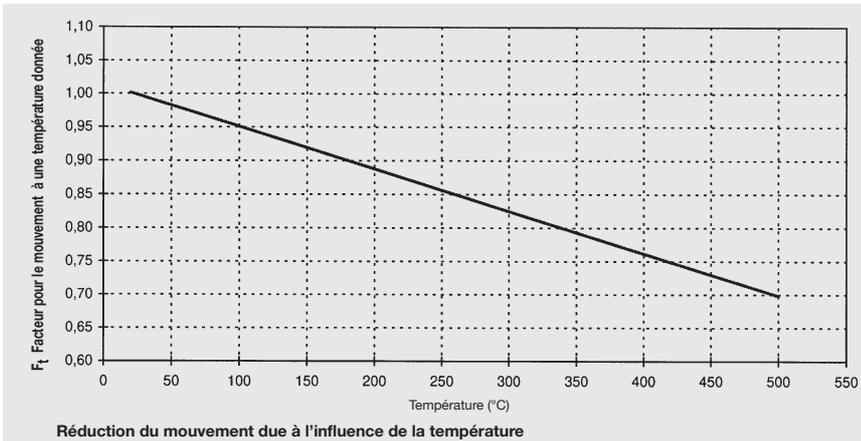
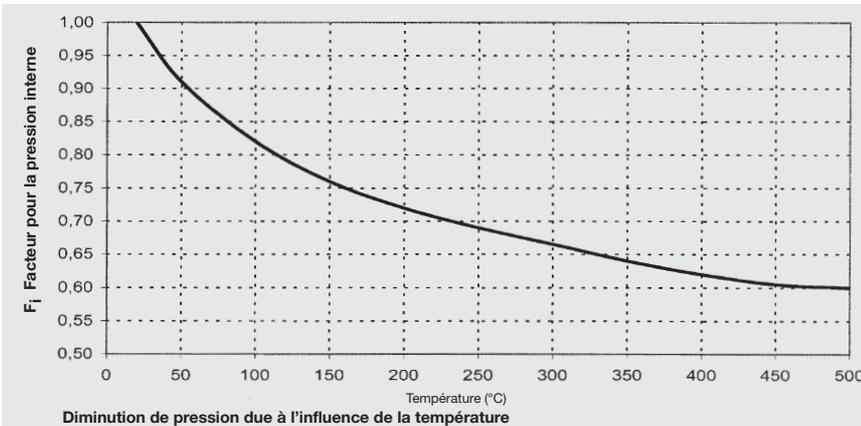
mouvement et le cycle d'effort d'un compensateur sont directement liés. Si les conditions de fonctionnement s'écartent des valeurs mentionnées ci-dessus.

Les facteurs de diminution donnés dans les diagrammes suivants peuvent servir de valeurs indicatives.

Comme la résistance des matériaux

du soufflet diminue avec la température, la pression donnée dans les fiches dimensionnelles et le mouvement admissible en cas de température plus élevée sont réduits.

Une configuration exacte ne peut cependant être obtenue qu'à l'aide des programmes de calcul correspondants.



Influence de la température sur la pression interne admissible

$$P_{zul} = PN \cdot F_i$$

- P_{zul} = Pression maximale admissible pour une température donnée
 PN = Pression nominale
 F_i = Facteur pour la pression interne (à partir du diagramme)

Influence de la température sur le mouvement admissible

$$\Delta B_{zul} = \Delta B_{tab} \cdot F_t$$

- ΔB_{zul} = Mouvement maximal admissible du compensateur
 ΔB_{tab} = Compensation du mouvement à partir des fiches dimensionnelles
 F_t = Facteur pour le mouvement à une température donnée (à partir du diagramme)

Influence du mouvement sur le nombre des cycles d'oscillation

$$F_B = \frac{\Delta B_{tats.}}{\Delta B_{tab.}}$$

- F_B = Facteur pour le mouvement réduit
 $\Delta B_{tats.}$ = Mouvement réel
 $\Delta B_{tab.}$ = Mouvement admissible à partir des fiches dimensionnelles

On peut obtenir le nombre de cycles d'oscillations admissible à partir de F_B et du diagramme ci-contre. Si le mouvement réel du compensateur est de moindre amplitude que le mouvement admissible, le nombre de cycles d'oscillations du compensateur augmente.