

## LA COMPRESSIBILITÉ

La compressibilité est une caractéristique de l'huile qui quantifie sa variation de volume sous l'effet de la pression et de la température. Dans un circuit hydraulique, on considère en première approximation que l'huile est incompressible, contrairement à l'air, c'est-à-dire que son volume ne varie pas avec la pression et la température. Mais dans certains cas, l'effet de la compressibilité peut devenir non négligeable.

### 1- LA VARIATION DE VOLUME AVEC LA PRESSION

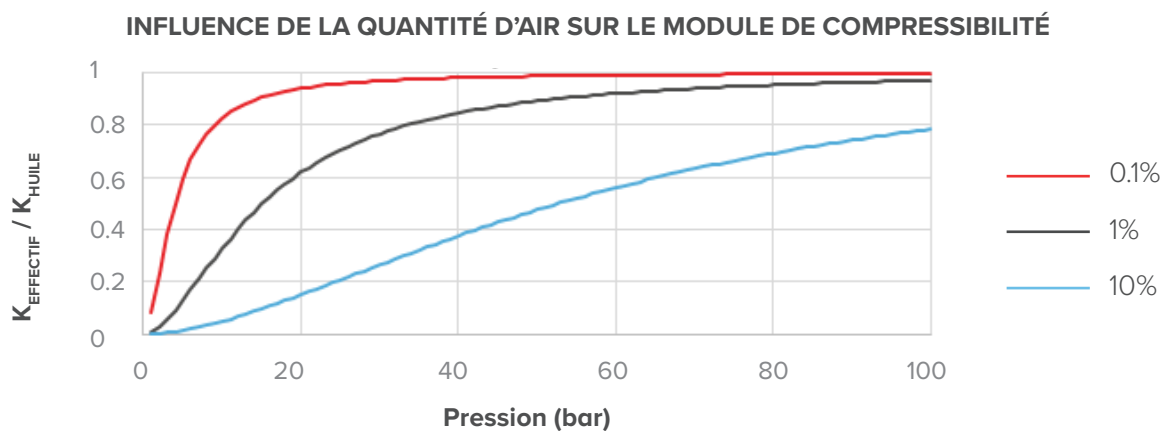
Lors d'une variation de pression, l'huile subit une variation de volume : si on comprime l'huile (augmentation de pression), le volume va diminuer. La variation de pression et de volume sont reliées par le module de Bulk ou module de compressibilité K (en bar) par la formule ci-contre :

$$\frac{\Delta V}{V_0} = - \frac{\Delta P}{K}$$

**ΔV** la variation de volume  
**V<sub>0</sub>** le volume initial  
**K** le module de compressibilité (en bar)  
**ΔP** la variation de pression (en bar)

Lorsqu'on augmente la pression, l'huile se comprime. Cela signifie qu'il faut fournir un surplus d'huile (ΔV) pour faire augmenter la pression (ΔP) d'une quantité d'huile contenue dans un volume (V<sub>0</sub>). Pour de l'huile, on peut considérer un module de compressibilité de 15000bar.

Le coefficient de compressibilité diminue fortement lors de la présence d'air dans le système, en particulier à basse pression :



#### Exemple de calcul :

Augmentation de la pression de 0 à 200bar, tuyauterie 1/2" longueur 3m

Diamètre tuyauterie	12.7 mm	Module de compressibilité K	15000 bar
Longueur tuyauterie	3 m	Volume d'huile V	0.38 L
Variation de pression ΔP	200 bar	Variation de volume ΔV	5.1 mL

Dans ce cas, pour faire augmenter la pression de 0 à 200bar, il faut fournir 5.1ml d'huile.

La compressibilité peut devenir non négligeable dans certains cas, notamment pour les systèmes hydrauliques avec des débits faibles (augmentation du temps pour le cycle), ou lorsque la précision du système est importante.

Pour limiter son impact, plusieurs solutions sont possibles :

- Privilégier les **tuyauteries rigides**
- Placer la **régulation de débit / pression au plus près de l'actionneur**
- **Limiter la présence d'air dans le circuit**. Pour cela, il faut prendre en compte de :
  - La **désaération de l'huile** dans le réservoir (lors du remplissage et lors des retours)
  - **L'étanchéité des actionneurs** et à l'aspiration des pompes pour éviter l'introduction d'air

La compressibilité de l'huile donne lieu à des ondes de choc liées à des détentes ou compressions rapides d'un volume d'huile (Coups de bélier). Les surpressions ou dépressions engendrées peuvent détériorer les conduites ou les composants hydrauliques.

### 2- LA VARIATION DE VOLUME AVEC LA TEMPÉRATURE

Sous l'effet de la température, le volume d'huile va aussi varier : une augmentation de température entraîne une dilatation de l'huile et donc une augmentation du volume. La variation de volume se calcule avec la formule suivante :

$$\Delta V = V_0 \times B \times \Delta T$$

$\Delta V$  la variation de volume

$V_0$  le volume initial

$B$  le coefficient de dilatation thermique  
(généralement 0.00075)

$\Delta P$  la variation de température (en °C)

Par exemple, une augmentation de 20°C pour un volume d'huile de 200L entraîne une augmentation de volume de 3L.

La dilatation de l'huile peut donc entraîner des surpressions dans le circuit amenant à la rupture des composants. La diminution du volume d'huile lors du refroidissement peut faire chuter la pression et amener un mouvement de récepteur incontrôlé, la perte d'un serrage... La variation de pression peut ensuite être calculée à partir de la variation de volume, en fonction de la compressibilité du système.

Ces phénomènes doivent être pris en compte lors de la conception, pour mettre en place les dispositifs nécessaires : limiteur de pression, accumulateur de compensation de dilatation...

## CONCLUSION

La compressibilité dans les systèmes hydrauliques est en général négligée dans une première approche. Mais ce paramètre doit être pris en compte, par exemple quand le système nécessite une grande précision ou des temps de réponse courts, ou lorsque des grands volumes d'huile (longueur de tuyauterie, vérins) ou des débits faibles sont mis en jeu.