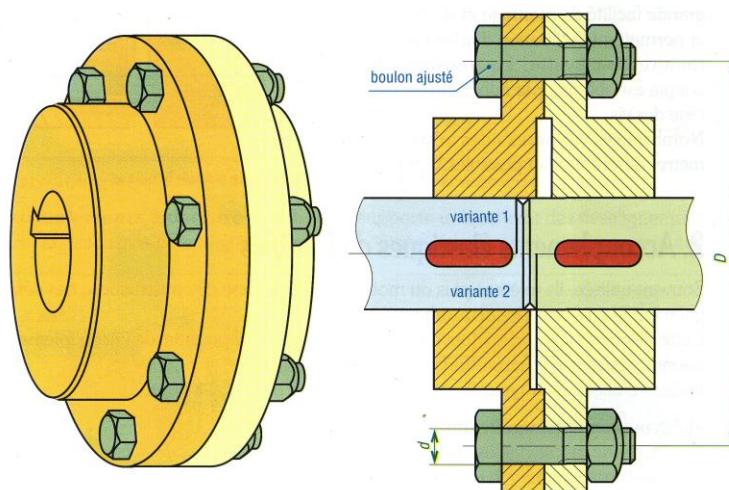


Exercices semaine 3 – énoncé

Exercice 1

Soit un accouplement rigide à plateaux destiné à transmettre le couple d'un moteur électrique à une machine réceptrice, comme illustré dans l'exemple ci-dessous, tiré du Guide des Sciences et Technologies Industrielles (J.-L. Fanchon) : les vis à tête hexagonale servent à serrer les deux plateaux l'un contre l'autre pour assurer la transmission du couple par frottement statique.



La conception prévoit 6 vis périphériques destinées à transmettre un couple maximum C_M de 288 Nm. Les vis sont réparties uniformément sur un cercle de diamètre $D = 106$ mm centré sur l'axe de rotation.

On souhaite obtenir un facteur de sécurité contre le glissement S_G égal à 1,8, et un facteur de sécurité sur la traction des vis S_V égal à 1,5. Les vis utilisées sont de type métrique à pas normal et leur classe de qualité est 8.8.

Pour les calculs, on fera les hypothèses suivante :

- i. Le couple est transmis sur le diamètre D d'implantation des vis ;
- ii. Aucune force axiale extérieure ne vient solliciter l'accouplement.

Par ailleurs, on admet les coefficients de frottement suivants :

- Entre les plateaux $\mu_{0pp} = 0,15$
- Sous la tête de la vis $\mu_A = 0,15$
- Entre les filets $\mu = 0,15$

Questions :

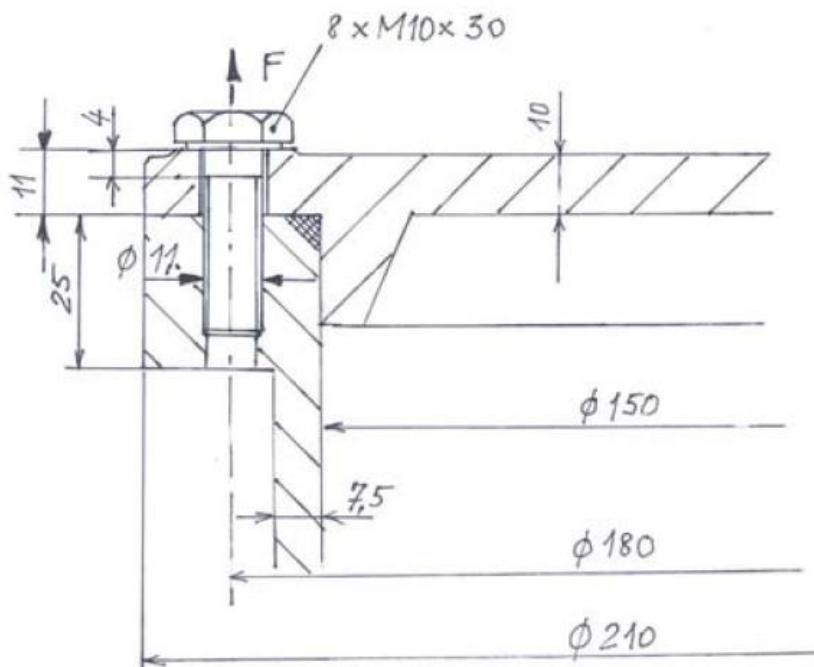
1. En prenant en compte le facteur de sécurité S_G contre le glissement, calculer la force tangentielle que chaque vis devrait être capable de transmettre. En déduire la force de précontrainte minimale à appliquer à chaque vis.
2. En prenant en compte le facteur de sécurité S_V sur la traction des vis, en déduire la section résistante A_S minimale que doit avoir la vis. On considérera ici que les vis doivent travailler uniquement dans leur domaine de déformation élastique.

3. En déduire le diamètre nominal de filetage minimal à utiliser, puis le facteur de sécurité effectivement S'_V obtenu sur la traction des vis pour le diamètre choisi et la force de précontrainte minimale calculée précédemment.
4. Calculer le couple de serrage à appliquer aux vis lors du montage.

Objectif : Comprendre le calcul d'un système vissé sous précontrainte tout en satisfaisant un cahier de charges pour transmettre un moment avec une certaine marge de sécurité.

Exercice 2

On considère le couvercle vissé avec 8 vis M10×30 représenté sur la Figure ci-dessous. Il s'agit d'un couvercle de cuve pour l'industrie chimique. La cuve est pressurisée à une pression nominale p_C égale à 100 Bar.



Le couvercle et la cuve sont en fonte EN-GJL-200 ($E_C = 100 \text{ GPa}$) tandis que les 8 vis M10 sont de qualité 10.9 pour un module d'Young $E_V = 210 \text{ GPa}$. Le diamètre d'appui de la tête de vis vaut 16 mm. L'objectif est d'analyser le serrage de ce couvercle en supposant un serrage initial correspondant à 70% de la limite élastique de la vis. Pour cela, on procède en adoptant les étapes suivantes :

1. Calcul de la rigidité équivalente de la vis.
2. Calcul de la rigidité équivalente de l'empilement de pièces. Pour cela, on considérera pour le calcul de la section équivalente une valeur de D_A égale à la distance entre la paroi extérieure et la paroi intérieure de la cuve.
3. Calcul de la force de traction à la limite élastique dans les vis et de la force de serrage initiale.
4. Tracé du diagramme de précontrainte de l'assemblage boulonné.

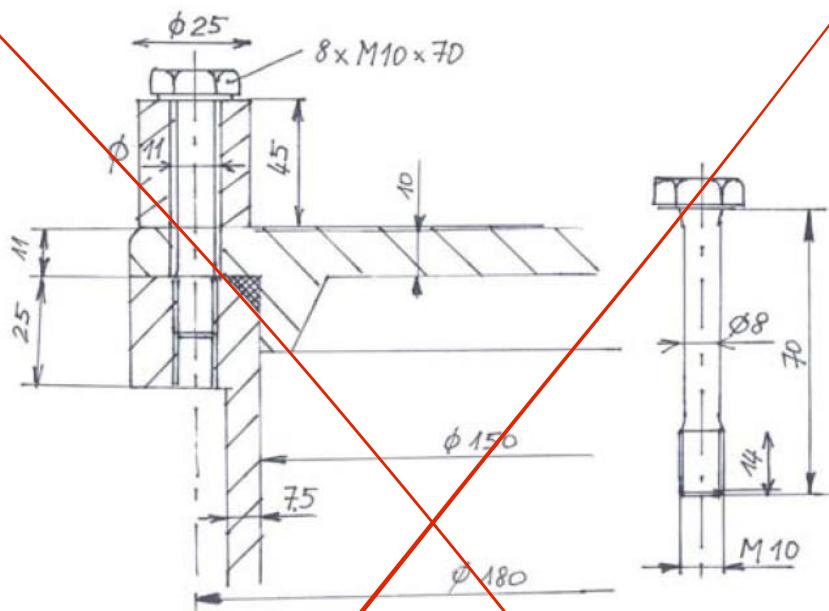
5. Calcul de la force de traction exercée sur chaque vis sous chargement extérieur (pression nominale dans la cuve), puis calcul de la contrainte de traction correspondante et du coefficient de sécurité en traction sur la vis (en considérant la valeur maximale admissible comme étant la contrainte à la limite d'élasticité de la vis). On supposera ici un facteur d'application de charge $n = 0,5$.
6. Calcul de la force de contact sous charge entre le couvercle et la cuve.

Objectif : Comprendre un système vissé précontraint puis chargé, et mettre en application les relations vues au cours.

Exercice 3

Exercice pas valable → À ne pas faire.

On considère le même énoncé que celui de l'exercice précédent mais avec une modification de la conception au niveau du couvercle par l'ajout d'une entretoise en acier ($E_E = 210 \text{ GPa}$) et par l'utilisation de vis à rigidité diminuée, comme représenté sur la Figure ci-dessous :



L'objectif est d'analyser le serrage du couvercle en supposant une précontrainte initiale sur les vis qui soit identique à celle de l'exercice précédent, à savoir 70% de la limite élastique.

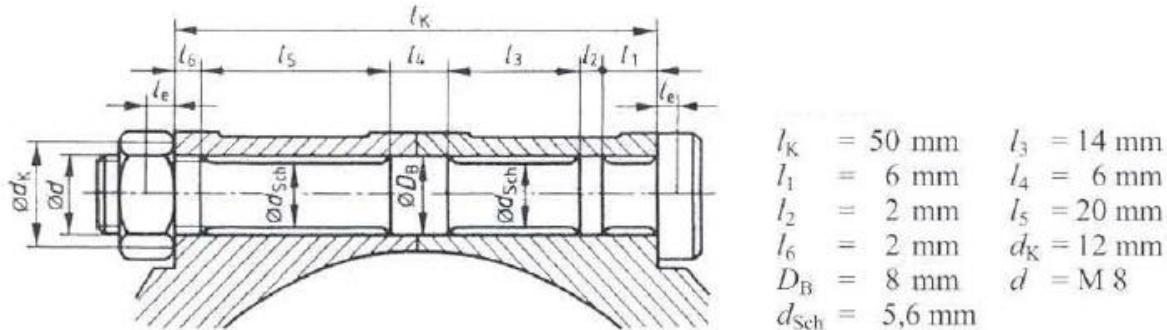
Questions :

1. Calculer les rigidités équivalentes de la vis et de l'empilement de pièces.
2. Calculer la force de traction exercée sur chaque vis sous chargement extérieur (pression nominale de 100 Bar dans la cuve), puis calcul de la contrainte de traction correspondante et du coefficient de sécurité sur la vis (en considérant la valeur maximale admissible comme étant la contrainte à la limite d'élasticité de la vis). On supposera ici un facteur d'application de charge $n = 0,3$. Calculer la force de contact entre les brides sous charge et comparer les résultats avec les valeurs de l'exercice précédent.

Objectif : Comprendre un système vissé précontraint et chargé, comprendre l'effet du coefficient d'application de charge et l'effet d'un assouplissement de la pièce précontrainte.

Exercice 4

L'assemblage d'une bielle de moteur est réalisé selon la Figure ci-dessous :



La bielle et les vis sont en acier ($E_B = E_V = 210 \text{ GPa}$). La bielle est soumise à une force de 10 kN par vis, qui tend à écarter les deux demi-bielles, et que l'on considère comme constante dans un premier temps. Le facteur d'application de charge est supposé égale à $n = 0,75$. La vis a une classe de qualité 8.8. On suppose, pour le calcul de la surface de substitution, que :

- $d_h = D_B$
- $D_A = 12 \text{ mm}$
- $d_w > D_A$

Questions :

1. Calculer les rigidités de la vis et des pièces serrées.
2. Calculer la force de serrage initial pour garantir une force d'appui sous charge de 2 kN.
3. Calculer la contrainte sous charge qui s'exerce dans les vis et déterminer si le montage va résister.

Objectif : Comprendre un système vissé précontraint et chargé avec une vis ayant une géométrie plus compliquée.