

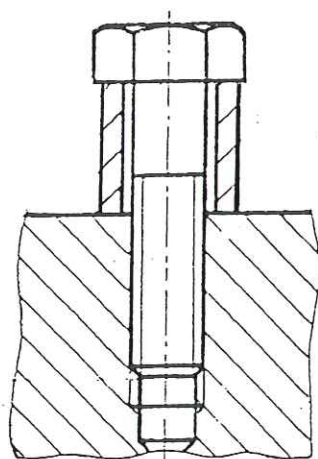
PARTIEL MC51 du 28/4/2010

Serrage contrôlé d'une vis

Il existe trois manières de serrer correctement une vis ou un écrou :

- serrage jusqu'à une valeur de couple prédéterminée,
- serrage en imposant un angle donné à la vis ou à l'écrou à partir du moment où les pièces à assembler sont en contact,
- serrage en mesurant l'allongement du corps de la vis (technique utilisant les ultra-sons).

Soit l'assemblage suivant constitué d'une vis, d'un tube et d'un carter. Le fait de serrer la vis provoque une compression du tube et une traction sur le corps de la vis. La stabilité du vissage est garantie lorsque $\varphi > \alpha$ ($\text{tg } \varphi = f$: coefficient de frottement au niveau du filet, $\alpha =$ inclinaison du filet). Dans le cas d'assemblages soumis à des vibrations ou à des variations cycliques de température, il est indispensable que le serrage introduise sur le corps de la vis une contrainte de traction σ_{vis} élevée. Cette contrainte σ_{vis} doit cependant toujours rester inférieure à $\sigma_{\text{é vis}}$ (contrainte élastique limite de la vis).



Hypothèses :

Pour simplifier le problème, on suppose que la tête de la vis est infiniment rigide de même que toute la partie vissée dans le carter (pour un calcul plus affiné, il faut en tenir compte et notamment s'assurer que les filets en prise ne risquent pas d'être cisailés).

De plus, on négligera le frottement entre la tête de vis et le tube. Dans ce cas, la relation liant le couple exercé sur la tête de vis en fonction de la force de traction induite sur le corps de vis s'écrit :

$$C = r \cdot F \cdot \text{tg}(\alpha + \varphi)$$

$$\text{Avec } \text{tg } \alpha = \text{Pas} / \pi \cdot \varnothing_{\text{vis}} \quad \text{et} \quad r = (\varnothing_{\text{intérieur filet}} + \varnothing_{\text{extérieur filet}}) / 4$$

Données :

	Vis	Tube
$\sigma_{\acute{e}}$ (daN/mm ²)	70	60
E (daN/mm ²)	21 000	19 000
Section (mm ²)	113	181
Longueur totale (mm)	120	60

$f_{\text{vis/écrou}} = \text{tg } \varphi = 0,12$ $r = 5,5 \text{ mm}$ Pas du filet = 1,25 mm

I) SERRAGE AU COUPLE.

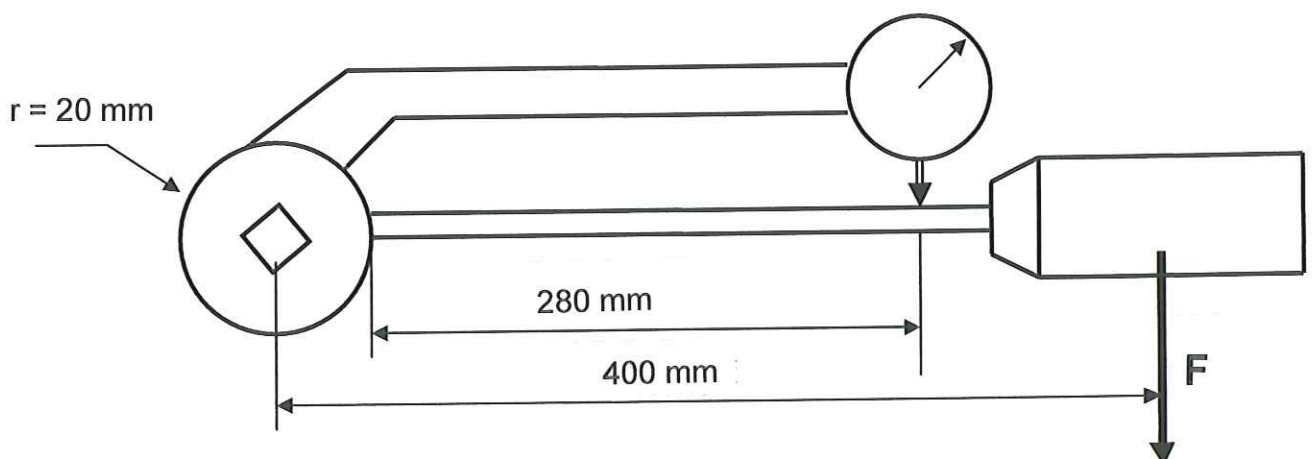
On souhaite induire une contrainte de traction sur le corps de vis telle que :

$$\sigma_{\text{vis}} = \sigma_{\acute{e} \text{ vis}} / 3.$$

a) Exprimez puis calculez le couple de serrage à exercer sur la vis pour satisfaire à cette condition de contrainte.

Pour appliquer correctement le couple précédent à la vis, on utilise **une clé dynamométrique**. Cette clé se compose d'un carré 1 sur lequel peut se fixer la douille de serrage six pans correspondant à la tête de vis utilisée. Le carré 1 et le bras 2 sont solidaires et supposés infiniment rigides. 3 est une "poutre" élastique solidaire de 1 et 2 soumise à flexion au moment du serrage lorsque l'opérateur tire sur la poignée 4. Le micromètre 5 fixé sur 2 comporte un cadran gradué dont la rotation de l'aiguille indique directement la flèche à l'extrémité de 3 (1 tour de cadran = 100 graduations de 0,01 mm).

Soit un couple de serrage C à exercer sur la vis.



b) Donnez à partir des caractéristiques géométriques et mécaniques de la clé ci-avant, l'expression de la flèche f produite au moment du serrage en fonction du couple C imposé.

c) Calculez le moment quadratique de cette poutre pour que la flèche soit de 7 mm pour le couple C déterminé à la question a.

$$(E_{\text{poutre clé}} = 21\,000 \text{ daN/mm}^2).$$

II) SERRAGE A L'ANGLE.

On souhaite toujours induire une contrainte de traction dans le corps de vis telle que :

$$\sigma_{\text{vis}} = \sigma_{\text{é vis}} / 3.$$

d) Exprimez et calculez l'allongement de la vis et le raccourcissement du tube. (Attention, alors que le corps de vis s'allonge, le tube se raccourcit)

e) De quelle valeur d'angle, faut-il faire tourner la tête de vis à partir du moment où le tube est parfaitement en contact avec la tête de vis et le carter ?

Rappel : pas du filet = 1,25 mm

On estime un écart possible sur la contrainte de traction imposée à la vis de $\pm 5\%$

f) Quelle incertitude peut-on accepter sur l'angle à imposer à la tête de vis ?

Pratiquement, le serrage s'effectue en deux temps. Les pièces sont d'abord assemblées en serrant la vis au couple avec une clé dynamométrique. On se contente de serrer avec couple relativement faible pour être sûr du bon accostage des pièces. Une fois ce préserrage effectué, on fait tourner la vis d'un angle connu généralement préconisé par le constructeur de la machine (Cet angle a été calculé en fonction des caractéristiques à la fois géométriques et mécaniques des différentes pièces à assembler pour induire suffisamment de compression entre elles, c'est notamment le cas des culasses de moteurs thermiques).

On souhaite concevoir une clé dont la douille est entraînée par un moteur électrique couplé à un réducteur. Cette clé devra aussi posséder un capteur de déplacement angulaire servant à couper l'alimentation du moteur une fois l'angle de vissage atteint.

g) Proposez un type de moteur adapté et éventuellement un type de capteur ou codeur angulaire qui permettrait de contrôler l'angle de serrage. Montrez à l'aide d'un schéma simple, comment pourraient être montés le moteur, le réducteur ainsi que le capteur de déplacement angulaire sur la clé.

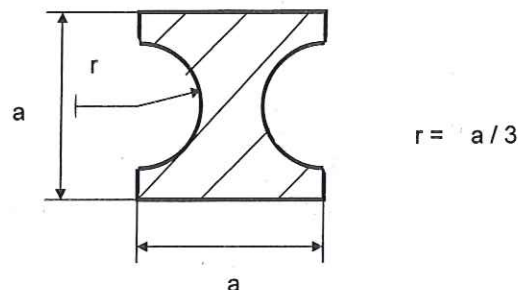
III) ETUDE D'UNE CLE DYNAMOMETRIQUE INSTRUMENTEE :

Un fabricant d'outillage souhaite perfectionner la clé schématisée page 2 de manière à pouvoir mesurer en continu le couple de serrage et au besoin l'enregistrer. Il décide pour ce faire d'utiliser des jauges de déformation.

h) Expliquez comment et avec quelles précautions doivent être implantées ces jauges de déformation sur la clé pour mesurer correctement le couple de serrage.

Les jauges sont collées sur la poutre 3 de la clé à une distance $d = 80$ mm de l'axe de serrage.

Le cahier des charges stipule que la déformation subie par la jauge doit être de 10^{-3} pour un couple appliqué de 10 daN.m et que la poutre (bras 3) supportant la jauge a la section suivante :



i) Déterminez les dimensions de la section de cette poutre compte tenu des spécifications du cahier des charges ($E_3 = 21000$ daN/mm²)

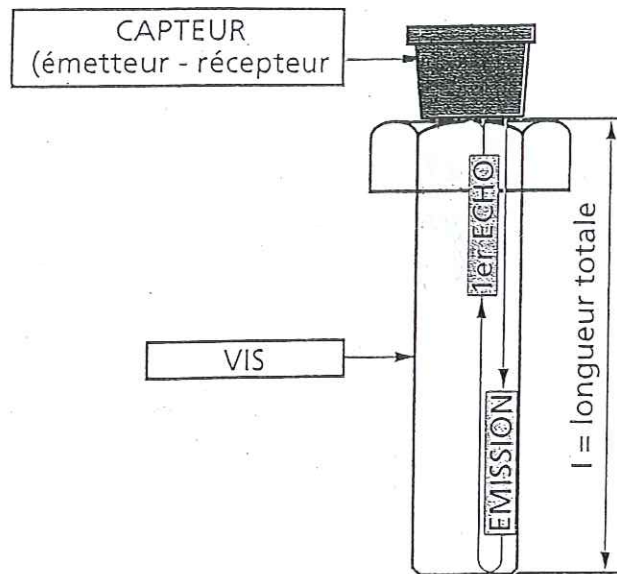
La jauge de déformation ne doit pas subir une déformation supérieure à 0,2 %.

j) Quel artifice mécanique sur la clé peut permettre de ne pas endommager la jauge ? Dimensionnez.

k) Imaginez et dessinez à main levée un dispositif ou un montage simple permettant d'étalonner avec une assez bonne précision cette clé.

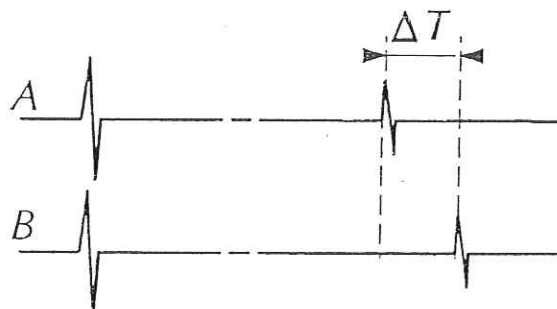
IV) MESURE DU SERRAGE PAR ULTRA-SONS.

Un capteur (émetteur-récepteur piézo-électrique), plaqué sur la tête de vis, envoie des ultra-sons par salves à intervalles de temps réguliers dans la vis. Ces ultra-sons traversent la tête puis le corps de vis et sont réfléchis vers le récepteur par l'extrémité de la vis. Le temps de parcours du signal ultra-sonore est lié à la longueur de la vis. Une mesure du temps de parcours, réalisée entre l'émission du signal et le premier écho sans qu'il y ait serrage, sert de référence. Une mesure identique en cours de serrage permet de connaître l'allongement subi par la vis et par conséquent la contrainte induite.



Données :

Vitesse du son dans l'acier = 5850 m/s



l) Déterminez le temps de transit du signal entre son émission et son premier écho lorsque la mesure est effectuée sur la vis non serrée (signal A).

Dans ce cas encore, on souhaite induire une contrainte sur le corps de la vis telle que $\sigma_{vis} = \sigma_{é vis} / 3$

m) Quel temps de transit devra-t-on mesurer entre le l'émission et le premier écho du signal pour atteindre cette contrainte (signal B)?

n) Compte tenu de l'écart ΔT à mesurer, de quelle fréquence minimale d'horloge faut-il disposer ?