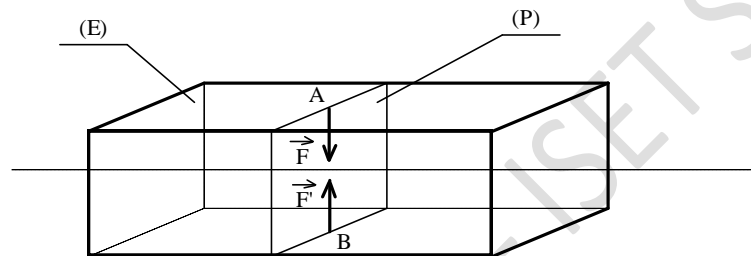


## Chapitre 4

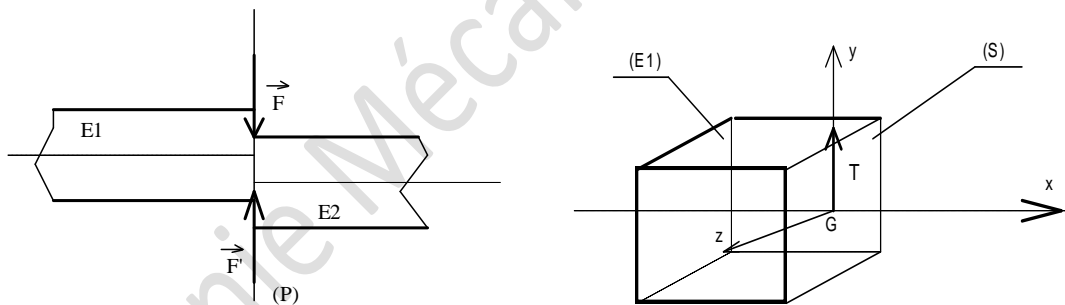
## CISAILLEMENT Simple

## 4.1 Définition

Une poutre subit une sollicitation de cisaillement simple lorsqu'elle est soumise à deux systèmes d'action de liaison qui se réduisent dans un plan (P) perpendiculaire à la ligne moyenne à deux forces directement opposées.



Sous l'action de ces deux forces la poutre tend à se séparer en deux tronçons E1 et E2 glissant l'un par rapport à l'autre dans le plan de section droite (P).

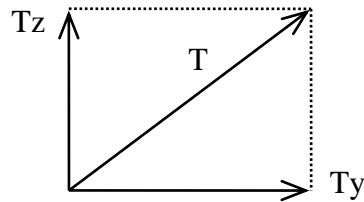


Les éléments de réduction en G du torseur des efforts de cohésion s'expriment par :

$$\{ Cohésion \}_G = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ T_y & 0 \\ T_z & 0 \end{Bmatrix}_{(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})}$$

remarques :

- \* on peut toujours remplacer les composantes d'effort tranchant ( $T_y$  et  $T_z$ ) par une unique composante  $T$  en réalisant un changement de repère.



- \* le cisaillement pur n'existe pas, il subsiste toujours de la flexion...

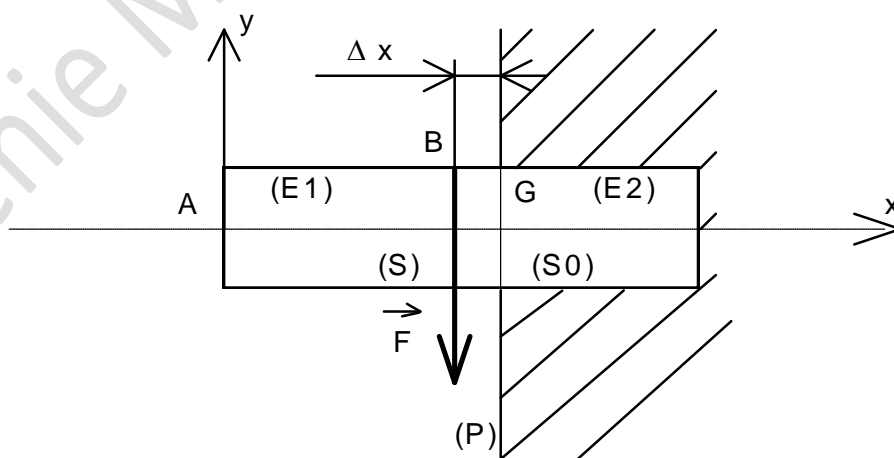
## 4.2 Essai de cisaillement

Il est physiquement impossible de réaliser du cisaillement pur au sens de la définition précédente. Les essais et résultats qui suivent permettent toutefois de rendre compte des actions tangentielles dans une section droite et serviront ainsi dans le calcul de pièces soumises au cisaillement.

On se gardera cependant le droit d'adopter des coefficients de sécurités majorés pour tenir compte de l'imperfection de la modélisation.

Considérons une poutre (E) parfaitement encastree et appliquons-lui un effort de cisaillement  $\bar{F}$  uniformément réparti dans le plan (P) de la section droite (S) distante de  $\Delta x$  du plan (S<sub>0</sub>) d'encastrement (voir fig.).

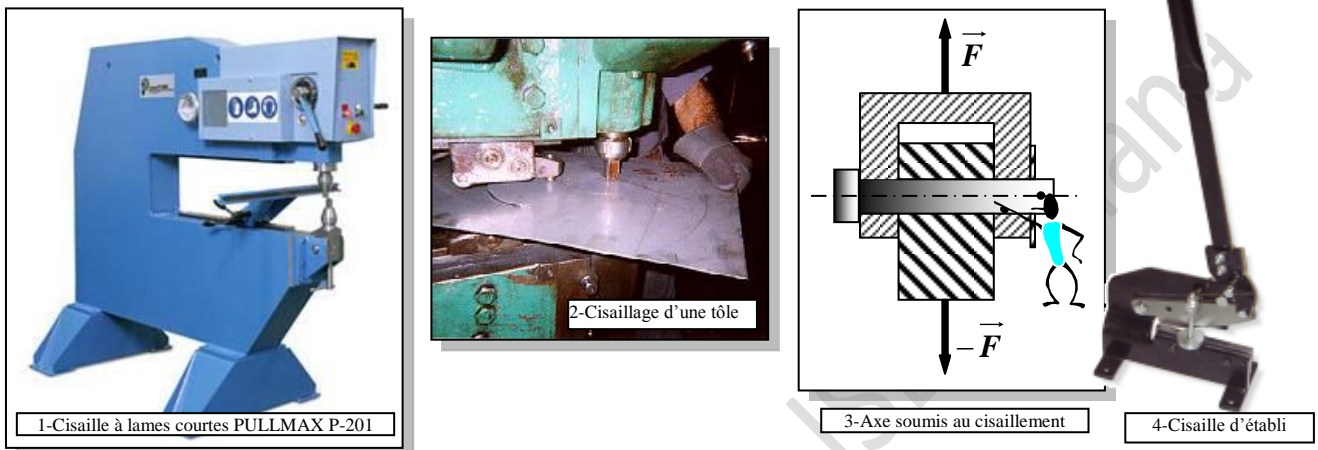
On se rapproche des conditions du cisaillement réel, à condition de vérifier que  $\Delta x \ll$ .



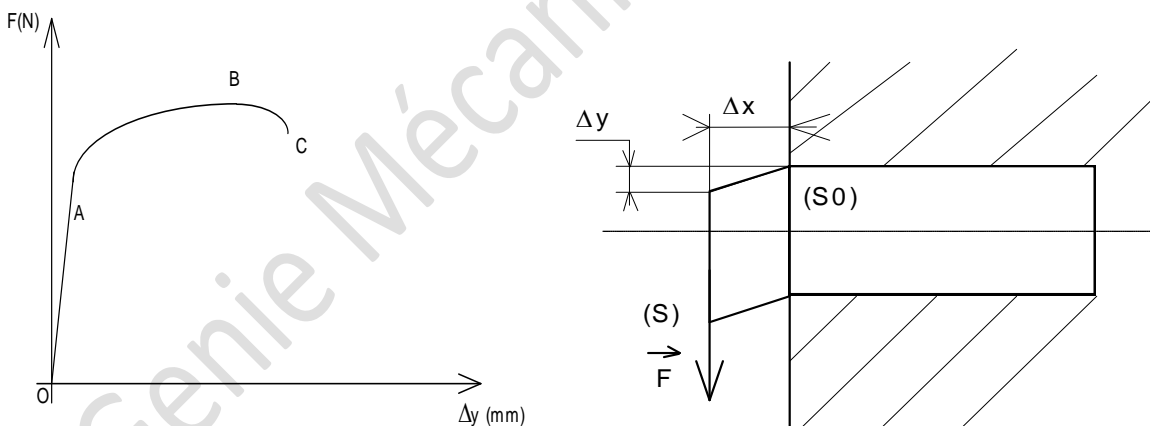
Si l'on isole (E1), on trouve alors le torseur de cohésion suivant :

$$\{Cohésion\}_G = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ -F & 0 \\ 0 & F.\Delta x \end{Bmatrix}_{(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})}$$

Lorsque  $\Delta x$  tend vers 0, on retrouve alors le torseur de cohésion du cisaillement pur.



### 4.3 Analyse de la courbe obtenue



- ◇ **Zone OA** : c'est la zone des déformations élastiques. Si l'on réduit la valeur de F jusqu'à une valeur nulle, l'éprouvette retrouve sa forme initiale.
- ◇ **Zone ABC** : c'est la zone des déformations permanentes. Si l'on réduit la valeur de F jusqu'à une valeur nulle, l'éprouvette ne retrouve pas sa forme initiale. (déformations plastiques)

#### 4.4 Déformations élastiques

L'essai précédent a permis pour différents matériaux d'établir la relation :

$$\frac{F}{S} = G \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

Unités : F en Newton  
S en mm<sup>2</sup>  
G en MPa  
 $\Delta y$  et  $\Delta x$  en mm.

G est une caractéristique appelée **module d'élasticité transversal** ou **module de Coulomb**.

Matériau	Fontes	Aciers	Laiton	Duralumin	Plexiglas
G (MPa)	40000	80000	34000	32000	11000

#### 4.4 Contraintes

On définit la contrainte  $\tau$  dans une section droite (S) par la relation :

$$\tau = \frac{T}{S}$$

avec :  $\tau$  : contrainte tangentielle de cisaillement en MPa (valeur moyenne).

T : effort tranchant en Newton.

S : aire de la section droite (S) en mm<sup>2</sup>.

#### 4.5 Relation entre contrainte et déformation

Nous avons déjà vu que  $\tau = \frac{T}{S}$ , que  $\frac{F}{S} = G \frac{\Delta y}{\Delta x}$  et nous savons que  $F=T$ .

On en déduit que :

$$\tau = G \frac{\Delta y}{\Delta x} = G \cdot \gamma$$

$\gamma = \frac{\Delta y}{\Delta x}$  est appelé glissement relatif.

#### 4.6 Caractéristiques mécaniques d'un matériau

◇ **Contrainte tangentielle limite élastique  $\tau_e$**

C'est la valeur limite de la contrainte dans le domaine élastique.

Pour l'acier, cette valeur est comprise entre 250 MPa et 600 MPa.

◇ **Contrainte tangentielle de rupture  $\tau_r$**

C'est la valeur limite de la contrainte avant rupture de l'éprouvette.

#### 4.7 Condition de résistance

Pour des raisons de sécurité, la contrainte tangentielle  $\tau$  doit rester inférieure à une valeur limite appelée contrainte pratique de cisaillement  $\tau_p$ .

On a :

$$\tau_p = \frac{\tau_e}{S}$$

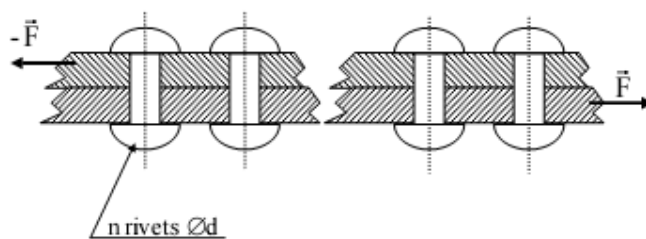
s est un coefficient de sécurité qui varie de 1,1 à 10 selon les domaines d'application.

La condition de résistance traduit simplement le fait que la contrainte réelle ne doit pas dépasser le seuil précédent, soit :

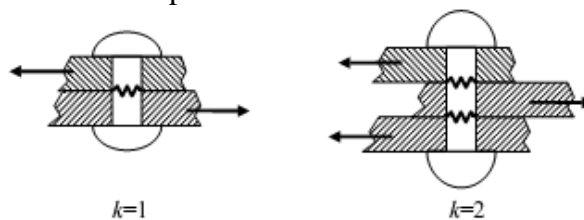
$$\tau_{réelle} = \frac{T}{S} < \tau_p$$

#### Exemples de calcul

➤ Calcul de rivets :



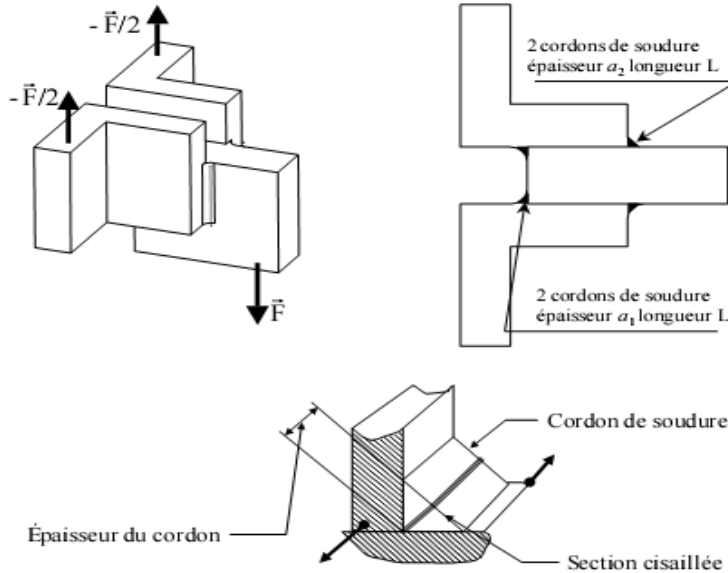
k : nombre de sections cisillées par rivets.



Section cisailée :  $S_c = n.k. \frac{\pi d^2}{4}$

Condition de résistance :  $\tau = \frac{F}{S_c} = \frac{4F}{n.k.\pi d^2} \leq R_{ps}$

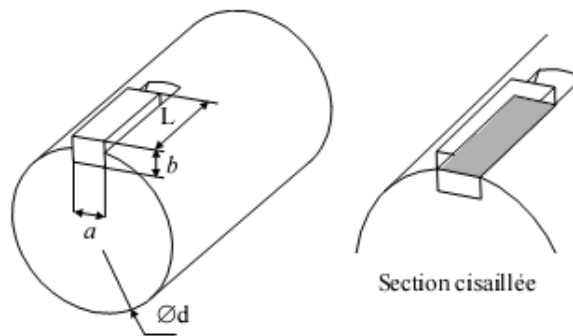
➤ Assemblage soudé : cordons de soudure :



Section cisailée :  $S_c = 2a_1L + 2a_2L$

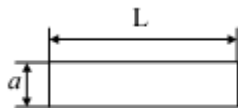
Condition de résistance :  $\tau = \frac{F}{S_c} = \frac{F}{2(a_1 + a_2)L} \leq R_{ps}$

➤ Clavette d'arbre de transmission :



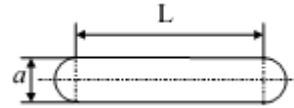
Section cisailée :

Clavette à bouts droits



$S_c = a \times L$

Clavette à bouts ronds

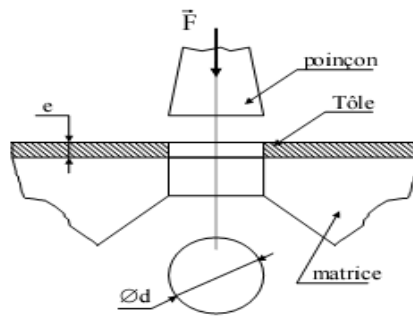


$S_c = a \times L + \frac{\pi a^2}{4}$

Si  $C_m$  est le couple transmis par l'arbre l'effort tranchant vaut :  $F = \frac{2C_m}{d}$

Condition de résistance :  $\tau = \frac{F}{S_c} \leq R_{pg}$

➤ Calcul de rupture au cisaillement :



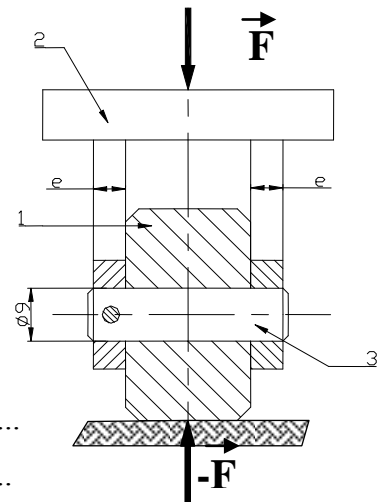
Section cisailée :  $S_c = \pi.d.e$

Condition de rupture :  $\tau = \frac{F}{S_c} \geq R_{pg}$

Application :

La roulette proposée ci contre, se compose d'un support [2] et d'une roue [1]. La liaison pivot est assurée par un axe [3] de 9 mm de diamètre.

Calculer les contraintes de cisaillement dans l'axe 3. Le module de F égal 400 daN.



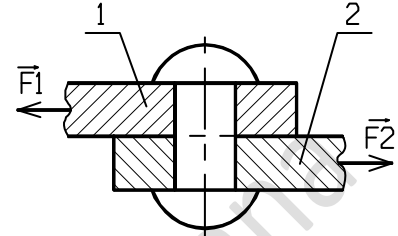
- 1) Déterminez le nombre de surfaces cisillées : .....
- 2) Déterminez la contrainte de cisaillement dans l'axe [3].  
 .....  
 .....  
 .....

- 3) Si l'axe est en acier E335, vérifiez si la condition de résistance est respectée.  
 .....  
 .....

## TD Cisaillement

### Exercice 1 : Rivetage

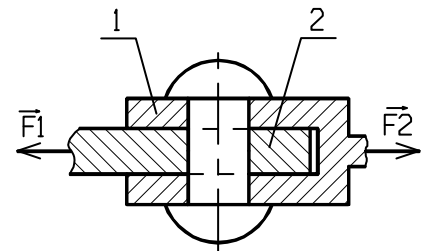
Soit l'assemblage ci-dessous des pièces 1 et 2, à l'aide de 2 rivets cylindriques pleins à têtes rondes en acier S275, supportant les efforts  $F_1 = F_2 = 100\text{daN}$ , la sécurité sur cette installation sera de 4, on demande:



- La résistance élastique  $R_e$  de ces rivets.
- La résistance élastique  $R_g$ .
- La résistance pratique au cisaillement.
- La contrainte de cisaillement possible.
- La surface minimale de la section des rivets
- Le diamètre minimal d'un rivet

### Exercice 2 : Axe d'articulation rivetée

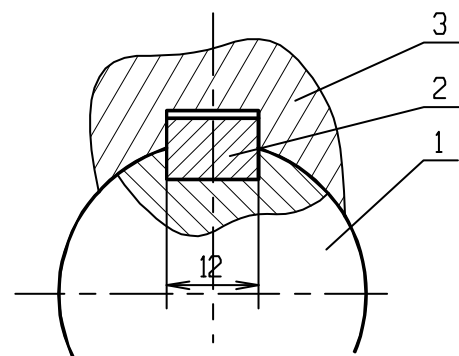
Soit l'articulation à chape ci-dessous dont l'axe a pour diamètre 8mm, supportant les efforts  $F_1 = F_2 = 180\text{daN}$ , l'axe d'articulation étant en acier E335 on demande:



- La résistance élastique  $R_e$  de cet axe.
- La résistance  $R_g$ .
- La surface des parties cisailées de l'axe.
- La contrainte de cisaillement sur cet axe.
- Le coefficient de sécurité de cette articulation.

### Exercice 3 : Clavetage

La liaison en rotation entre l'arbre 1 et l'alésage 3 ci-dessous est obtenu par une clavette parallèle de forme B. L'effort de cisaillement étant de 650daN. La clavette étant en acier C35 et de largeur 12mm. La sécurité sur ce montage devant être de 6, on demande:



- La résistance  $R_g$  de cette clavette.
- La résistance pratique au cisaillement.
- La surface minimale de la section de la clavette.
- La longueur minimale de la clavette.
- L'angle de glissement maximal de la section cisailée.

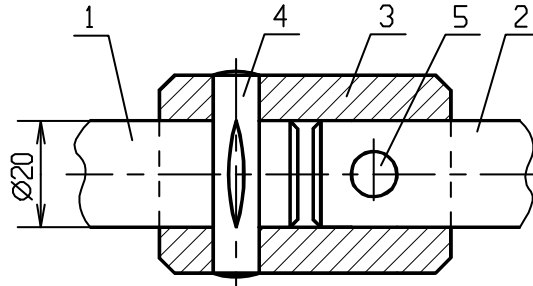
### Exercice 4 : Manchon de sécurité

Pour protéger une chaîne de transmission agricole on utilise un dispositif de sécurité qui comprend un manchon 3 et 2 goupilles 4 et 5, qui doivent se cisailer si le couple à transmettre dépasse la



valeur maximale prévue. Le diamètre de l'arbre 1 est de 20mm. La valeur maximale du couple à transmettre est fixée à 60N.m. Les goupilles ont le même diamètre  $d$ , elles sont en acier S185.

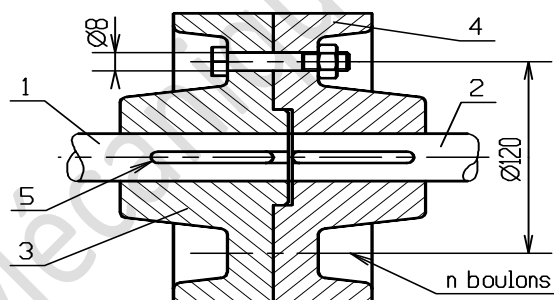
- Calculer l'effort de cisaillement sur les goupilles dû au couple.
- Calculer le diamètre des goupilles.



**Exercice 5 : Accouplement**

La transmission de puissance entre deux arbres coaxiaux 1 et 2 s'effectue par l'intermédiaire d'un accouplement rigide à plateaux. La liaison entre les deux plateaux s'effectue par des boulons ajustés dans 3, dont la tige à un diamètre de 8mm. Le couple transmis par cet accouplement est de 240N.m.

- Calculer l'effort de cisaillement sur l'ensemble des sections cisillées des  $n$  boulons.
- L'acier des boulons est un S235, le coefficient de sécurité sur cette installation sera de 3, calculer le nombre de boulons nécessaires.



**Exercice 6 Maillon de chaîne**

Le système proposé ci-contre représente un maillon de chaîne de transmission. Le maillon se compose de 2 flasques 1 et 2 dont la liaison est assurée par 2 axes de diamètre chacun 5mm. L'effort de tension admissible par la chaîne  $F$  est de 400 daN.

1. Isoler l'axe 3 en le dessinant seul et faites apparaître les sections cisillées en plaçant les efforts.
2. Calculer la contrainte de cisaillement  $\tau$  dans une section.

