



LYCÉE GUSTAVE EIFFEL DE DIJON

CLASSE PRÉPARATOIRE P.T.S.I.

ANNÉE 2012 - 2013

DÉMARCHE DE CONCEPTION

2 - Dimensionnement des clavettes

Table des matières

I	Problématique	1
II	Conception de l'assemblage	1
1	Types de clavette	2
2	Rainures de clavette	2
	a) Rainure sur l'arbre	2
	b) Rainure sur le moyeu	3
3	Conditions de montage	3
	a) Exemple d'ajustements pour une liaison encastrement :	3
	b) Exemple d'ajustements pour une liaison glissière :	3
III	Dimensionnement des clavettes	3
1	Mise en évidence de la rupture	3
2	Calcul de l'effort transmis par la clavette	4
3	Pression de matage	4
	a) Calcul des surfaces de contact avec clavette	4
	b) Calcul de la pression de matage	5
4	Pression admissible : P_{adm}	5
5	Annexe : Calcul de la pression de cisaillement τ	5
IV	Exemple	6

Objectif :

- Connaître les conditions d'utilisations d'une clavette en vue de sa conception.
- Savoir dimensionner une clavette à partir d'un critère simple de matage.

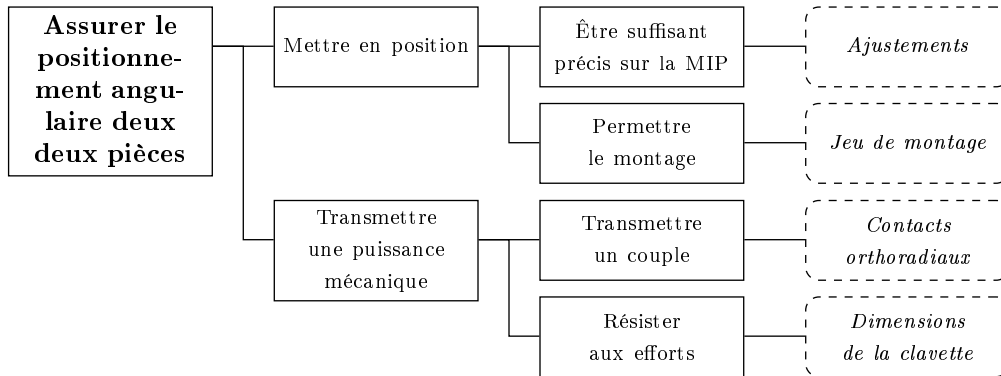
28 janvier 2013

I. Problématique

Un **assemblage par clavette** permet la **mise en position angulaire** de deux pièces l'une par rapport à l'autre, en vue de réaliser :

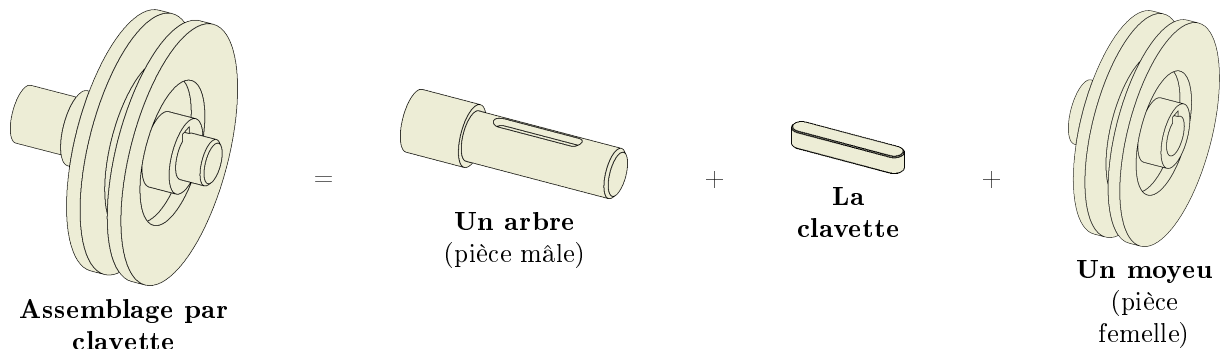
- soit une liaison encastrement, en l'associant à d'autres MIP. Dans ce cas, la clavette est fixe par rapport aux deux pièces,
- soit une liaison glissière. Dans ce cas, la clavette est fixe par rapport à une pièce, et mobile par rapport à l'autre.

La fonction principale de la clavette peut-être décomposée hiérarchiquement comme ceci :



II. Conception de l'assemblage

Les éléments principaux d'un assemblage par clavette sont :



Dans la suite du cours, on se donnera les dimensions caractéristiques décrites sur la figure 1.

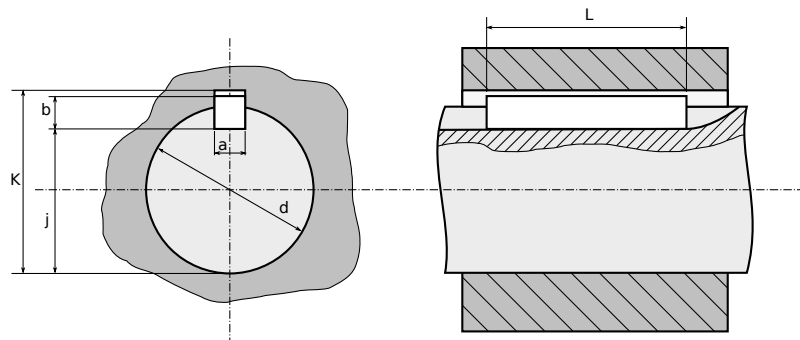
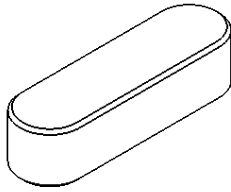


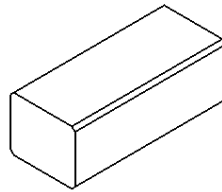
FIGURE 1 – Dimensions caractéristiques d'un assemblage par clavette.

1 Types de clavette

Les clavettes peuvent avoir plusieurs formes, selon les rainures dans lesquelles elles doivent se loger. On note principalement :



Parallèle
Type A
(oblong)



Parallèle
Type B
(parallélépipédique)



Type "Disque"

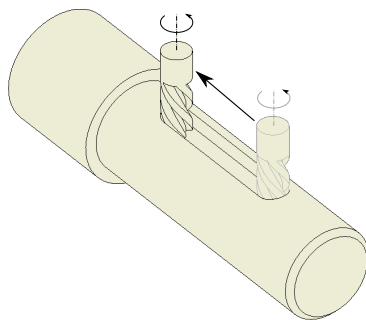
2 Rainures de clavette

Les rainures de clavettes sont usinées respectivement dans l'arbre et le moyeu.

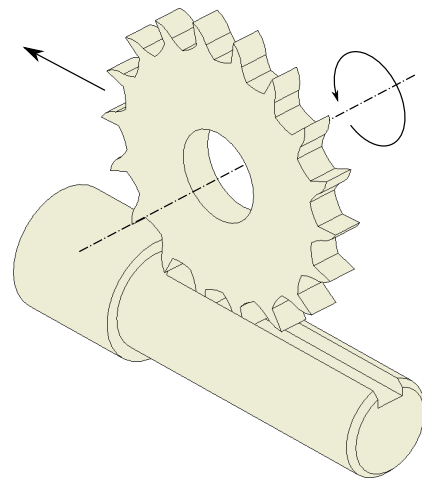
a) Rainure sur l'arbre

La rainure de clavette est généralement fraisée de deux manières :

- **fraisage 2 tailles** : l'axe de la fraise coupe l'axe de l'arbre.
- **fraisage 3 tailles** : l'axe de la fraise est orthoradiale.



Rainure oblong



Rainure arrondie

i Remarques 1 :

- Dans le cas d'un fraisage 2 tailles, le trou obtenu est oblong et peut accueillir les clavettes type A. On n'oubliera pas de mettre les traits d'axe aux extrémités cylindriques.
- Dans le cas du fraisage 3 tailles, si la rainure n'est pas débouchante, elle se termine en arrondi, du fait du rayon de l'outil.

b) Rainure sur le moyeu

La rainure est généralement obtenue par **brochage** (voir cours sur les usinages). Une importante contrainte est à prévoir dans ce cas : laisser passer la clavette dans le sens de sa hauteur. Pour cela, on majore la profondeur h de la rainure d'environ 1 mm. (Voir figure 1)



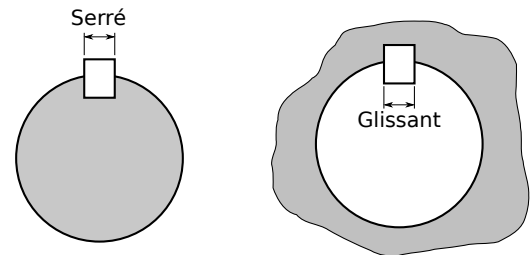
Remarque 2 :

De manière générale, $h < a$. En d'autres termes, la clavette est toujours plus "enfoncée" dans l'arbre que dans l'alésage.

3 Conditions de montage

L'assemblage "arbre-clavette-alésage" doit assurer une MIP angulaire précise, tout en permettant un montage/démontage, voir le déplacement dans le cas de liaison glissière. Le choix des ajustements est généralement défini de la manière suivante :

- la clavette est montée **serrée sur l'arbre** ;
- la clavette est montée **glissante sur l'alésage**.



Chacun des deux ajustements précédent est défini selon la fonctions à réaliser.

a) Exemple d'ajustements pour une liaison encastrement :

- Cotation *arbre/alésage* : ajustement glissant : $H7h6$
- Liaison *arbre/clavette* : ajustement serré : $P9h9$
- Liaison *clavette/alésage* : ajustement libre : $D10h9$

b) Exemple d'ajustements pour une liaison glissière :

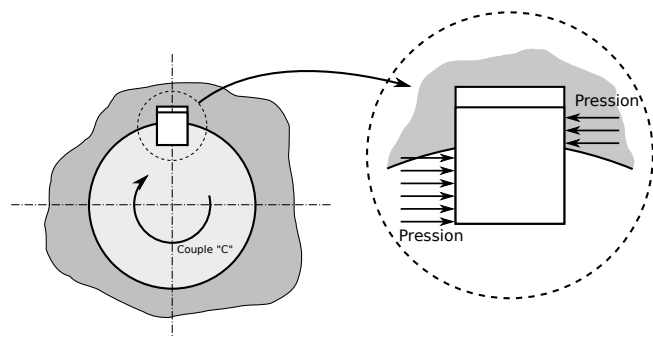
- Cotation *arbre/alésage* : ajustement glissant $H7g6$
- Liaison *arbre/clavette* : ajustement serré : $P9h9$
- Liaison *clavette/alésage* : ajustement libre : $D10h9$

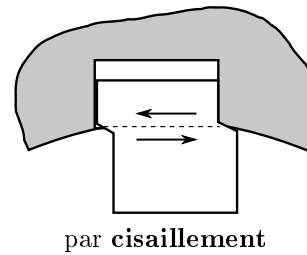
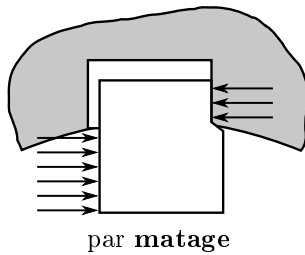
III. Dimensionnement des clavettes

1 Mise en évidence de la rupture

La clavette a pour fonction de transférer un couple entre l'arbre et l'alésage. (Appelons ce couple C). Des efforts affluent au travers de ses surfaces de contact.

Il en résulte que la clavette peut être dégradée de deux manières :





Définitions 1 :

- le **matage** correspond à un *écrasement plastique local* de la surface en contact.
- le **cisaillement** est la déformation de *glissement* des plans d'un corps, tangentiellement aux efforts appliqués.

Si l'une de ces sollicitations est trop forte au regard de la résistance des matériaux, alors la clavette risque d'être endommagée, voir de casser.



Objectif 1 :

Pour définir la résistance de la clavette, le principal paramètre mis en jeu est **la longueur L de la clavette** (les autres dimensions étant normalisées). L'objet de ce paragraphe est de savoir dimensionner la longueur de la clavette pour résister à un couple donné.



Remarque 3 :

Dans la grande majorité des cas, **le matage est prépondérant sur le cisaillement**. On ne se contente donc de dimensionner les clavettes que par rapport à cette sollicitation.

2 Calcul de l'effort transmis par la clavette

Le lien entre le couple et l'effort transmis par la clavette sera vu ultérieurement dans le cours sur les **actions mécaniques**.



Propriété 1 :

Dans les hypothèses où les dimensions de la clavette sont petites devant le diamètre, l'effort transmis est donné par :

$$F = \frac{C}{R} = \frac{2C}{d} \quad (1)$$

3 Pression de matage



Définition 2 : *Pression de matage*

On appelle **pression de matage** la pression exercée par chacune des pièces sur la portion de clavette qui est en contact.

Ici, cette pression est supposée uniforme sur toute la surface de contact. Généralement, du fait de la remarque 2, c'est le contact *clavette/moyeu* qui est le plus contraignant. On va donc calculer la pression de matage sur ce contact.

a) Calcul des surfaces de contact avec clavette

La surface latérale S de la clavette peut se décomposer en deux surfaces S_1 et S_2 , respectivement en contact avec l'arbre et le moyeu (fig.2).

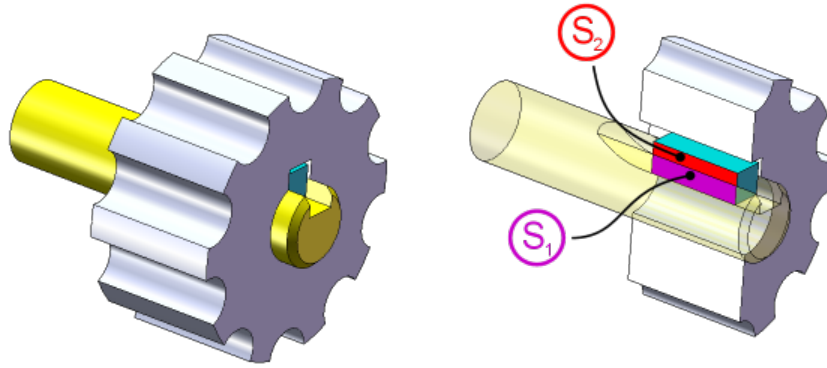


FIGURE 2 – Surfaces de contact de la clavette.

Pour calculer la pression de matage, il est nécessaire de calculer S_1 et S_2 en fonction de L . Avec les notations précédentes, il vient :

$$\begin{aligned} S &= b \times L \\ S_1 &= (d - j) \times L \\ S_2 &= (j + b - d) \times L \end{aligned}$$

b) Calcul de la pression de matage

En général, $S_2 < S_1$. On calcule donc principalement la pression de matage sur S_2 :

$$p = \frac{F}{S_2} = \frac{2C}{Ld(j + b - d)} \quad (2)$$

4 Pression admissible : P_{adm}

Pour ne pas endommager la clavette, des essais de matériaux (voir le cours sur les matériaux) permettent de définir un critère : la pièce résistera si $p < p_{adm}$, où p_{adm} est appelé “**pression admissible**”.

Le tableau qui suit donne la pression admissible dans un cas moyen d’utilisation avec un matériau ayant une limite à la rupture $R_p = 600 \text{ MPa}$.

Conditions de fonctionnement	Encastrement	Glissière sans charge	Glissière avec charge
Mauvaises : chocs, vibrations, tolérances larges	30 à 55 MPa	12 à 24 MPa	3 à 8 MPa
Moyennes	45 à 75 MPa	16 à 32 MPa	4 à 12 MPa
Bonnes	60 à 115 MPa	24 à 48 MPa	8 à 15 MPa

5 Annexe : Calcul de la pression de cisaillement τ



Définition 3 :

La pression de cisaillement (ou *contrainte* de cisaillement) correspond à la force répartie sur la section de clavette tangentielle aux efforts (donc perpendiculaire au rayon) :

$$\tau = \frac{F}{aL} \quad (3)$$

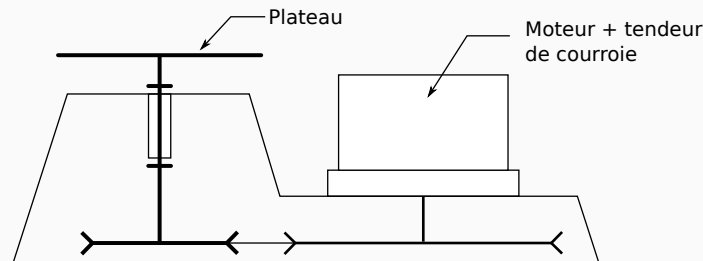
Dans ce cas, le critère de résistance est cette fois donné par : $\tau < 0.5 \times p_{adm}$

IV. Exemple



Exemple 1 : Touret de Polissage

Soit un touret de polissage, dont une partie du mécanisme est représenté sur le dessin d'ensemble ci-après.



On se propose de réaliser la liaison encastrement de la poulie réceptrice de la courroie. La solution retenue est une liaison par clavette. Une étude a montré que le couple maximal à transmettre était de $C = 20 \text{ N m}$ (on se place dans ce cas). La clavette est usinée dans un acier doux dont la pression admissible en fonctionnement est : $P_{adm} = 70 \text{ MPa}$.

L'objectif de cette étude est de déterminer la longueur de la clavette.

Q1. Calculer l'effort transmis par la clavette.

La clavette doit transmettre un couple de 20 N m . Le rayon de l'arbre est de $\varnothing d = 16 \text{ mm}$. On en déduit que :

$$F = C \frac{2}{d} = 20 \frac{2}{16 \cdot 10^{-3}} = \boxed{2500 \text{ N}}$$

Q2. Déterminer les dimensions de la section de la clavette. Exprimer les surfaces de contact entre la clavette, l'arbre et le moyeu en fonction de la longueur L .

D'après le guide, pour un diamètre $13 \text{ mm} < \varnothing 16 \text{ mm} < 17 \text{ mm}$, la clavette a une section carrée de côté : $a = b = 5 \text{ mm}$.

La profondeur de rainure dans l'arbre est : $h_1 = d - J = 3 \text{ mm}$. La hauteur de clavette sortant de l'arbre est donc : $h_2 = 5 - 3 = 2 \text{ mm}$.

Les deux sections ont donc une aire : $S_1 = 3L \text{ mm}$ et $S_2 = 2L \text{ mm}$. C'est donc S_2 qui est la plus sensible aux efforts.

Q3. Exprimer la pression de matage en fonction de L . En déduire la longueur minimale de la clavette.

On a : $p = \frac{F}{S_1} = \frac{2500}{L \times 2}$ (en MPa)

Or cette pression ne doit pas dépasser la pression admissible :

$$\begin{aligned} p &< P_{adm} \\ \frac{2500}{L \times 2} &< 70 \\ L &> \frac{2500}{2 \times 70} = \boxed{17.9 \text{ mm}} \end{aligned}$$

Q4. Dessiner la clavette sur le dessin d'ensemble ci-après.

