Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV©

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
www.formav.co/explorer

CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

MOTEURS À COMBUSTION INTERNE

SESSION 2009

E 4 - ÉTUDE DES CONSTRUCTIONS

Durée : 6 heures – Coefficient : 4

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

CORRIGÉ

CODE ÉPREUVE : 0906MOEDC		EXAMEN BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR	SPÉCIALITÉ : MOTEURS À COMBUSTION INTERNE
SESSION : 2009	CORRIGÉ	*ÉPREUVE* : E4 - ÉTUDE DES CONSTRUCTIONS	
Durée : 6h	Coefficient : 4	Corrigé N°03EM08	9 pages

1ère partie: DETERMINATION DE LA COURBE DE DEBIT DE LA POMPE

1-1- déterminer par dérivation graphique pour la position θ=90° la vitesse du piston 23-3

La vitesse en un point correspond à la pente de la tangente à la courbe de position en ce point.

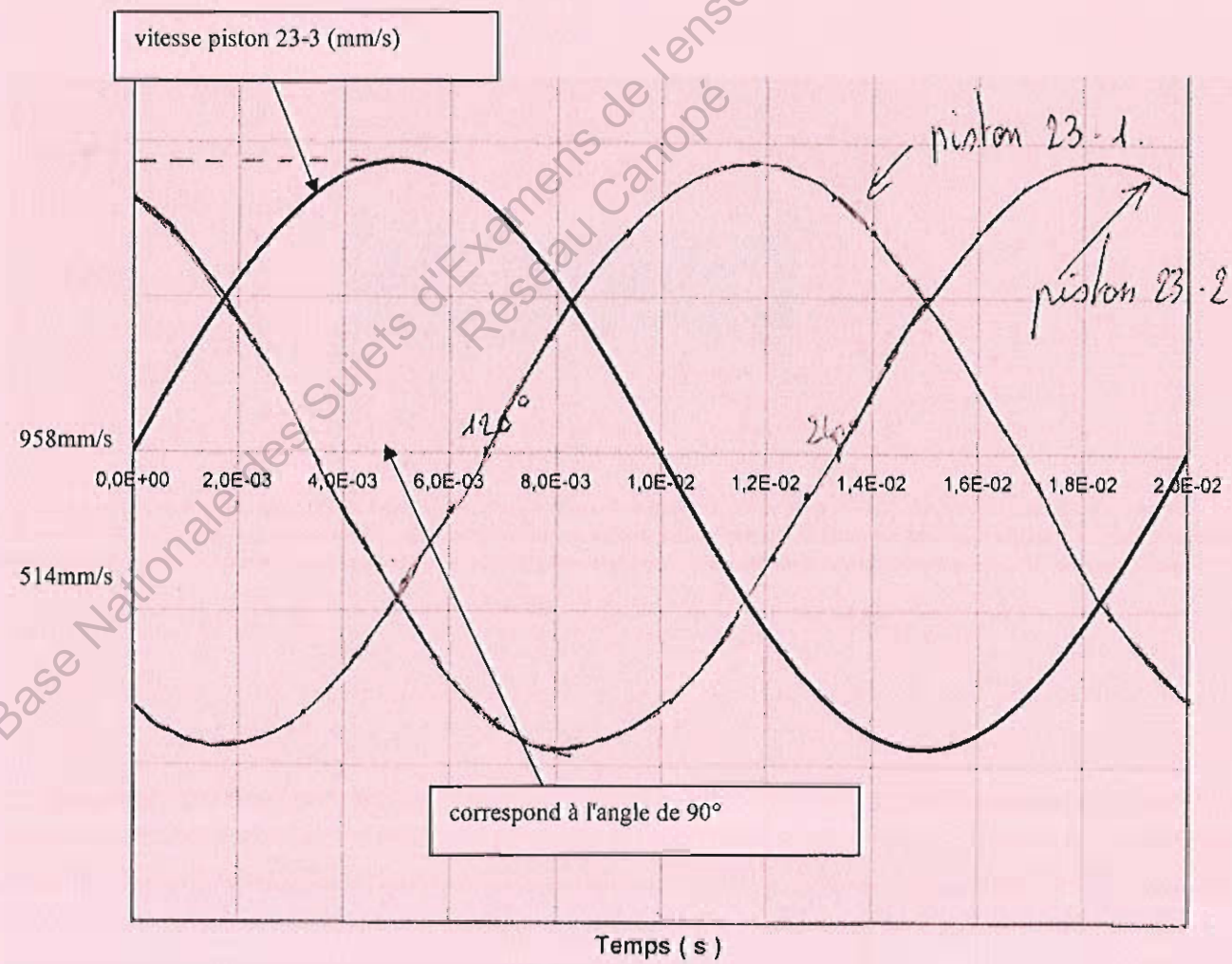
$$V_{90°} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{X_{(t=1.10^{-2})} - X_{(t=0)}}{1.10^{-2}} = \frac{4,9}{7,65} \times 15 \times \frac{1}{1.10^{-2}}$$ soit $V_{90°}$=960 mm/s

1-2- En déduire la graduation (en mm/s) de la courbe de vitesse du piston 23-3- sur le document DR1

1 graduation correspond à 23 mm avec 43 mm pour 960 mm/s. On a donc 514 mm/s par graduation

1-3- tracer à main levée sur DR1 l'allure des courbes de vitesse des pistons 23-2 23-1

Ayant 3 pistons à 120°, il y a un décalage des courbes de vitesse de 120° et de 240° par rapport à la 1ère courbe. (cf.DR1)



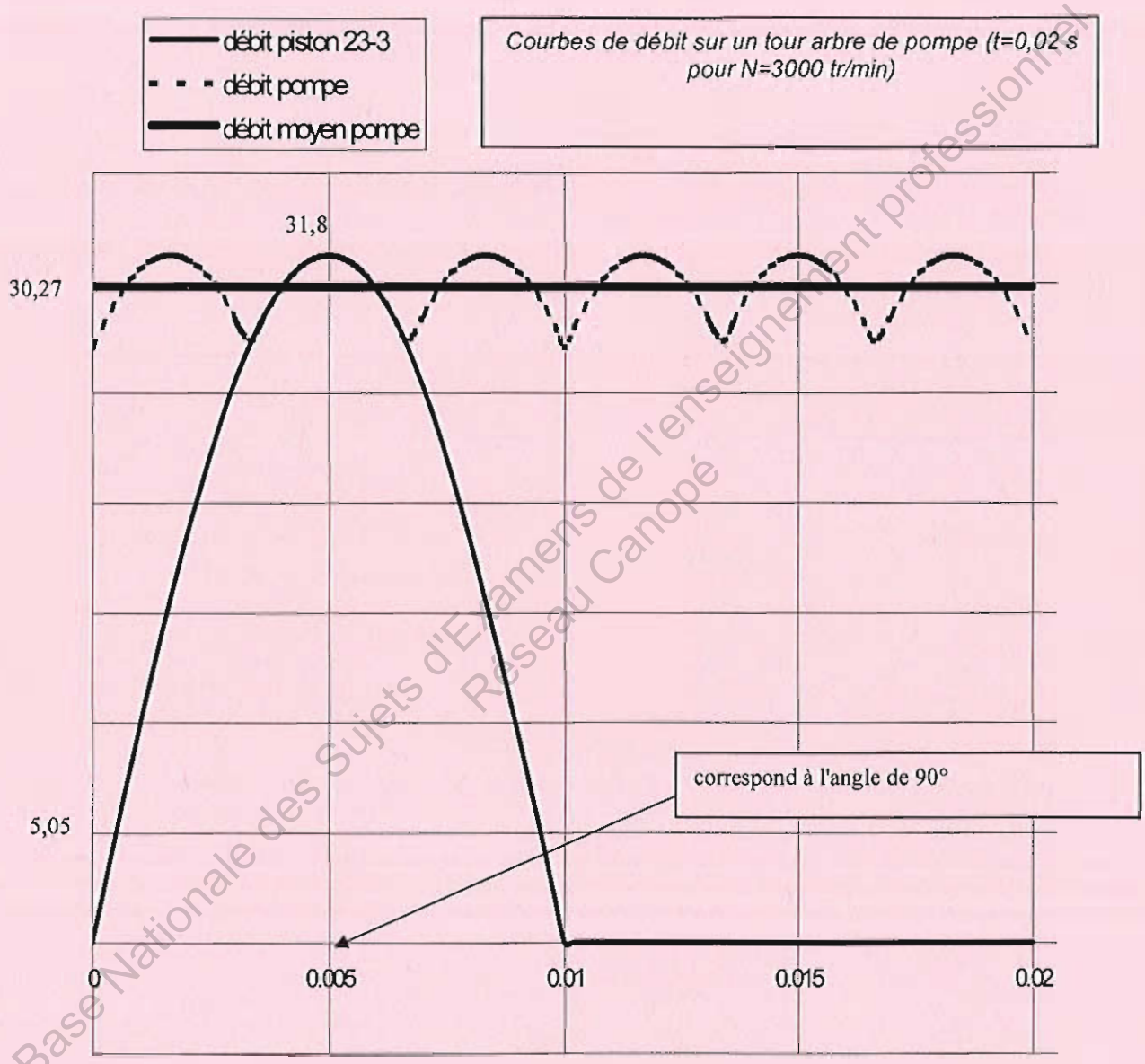
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

1-4- On s'intéresse à la courbe de débit instantané du piston 23-3 (voir DR2)

Déterminer pour la position θ=60° la valeur du débit (en cm^3/s). Graduer l'axe des ordonnées.

$$Q_{90°} = S.V_{90°} = \frac{\pi.d^2}{4}.V_{90°} = \frac{\pi.0{,}65^2}{4}.96 \quad \text{soit} \quad \boxed{Q_{90°}=31{,}8\ cm^3/s}$$

Graduation: 1 graduation correspond à 16,5 mm avec 104 mm pour 31,8 cm^3/s. On a donc 5,05 cm^3/s par graduation



Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

1-5- La courbe de débit total et moyen de la pompe étant donnée sur le document DR2, déterminer la valeur du débit moyen (en cm^3/s).

$$Qmoy = \frac{9{,}9}{10{,}4}.Q_{90°} \quad \text{soit} \quad \boxed{Qmoy=30{,}27\ cm^3/s}$$

1-6- Validation des résultats

1-6-1- Déterminer la cylindrée totale de la pompe

$$Cyl = n.\frac{\pi.d^2}{4}.C$$ *avec C: course tel que C=2e=6 mm et n=nbre de pistons=3*

On a donc: $Cyl = 3.\frac{\pi.0{,}65^2}{4}.0{,}6$ *soit* **Cyl=0,597 cm³**

1-6-2- En déduire le débit moyen de la pompe au régime maxi de 3000 tr/min. Comparez

$$Q_{moy} = Cyl.N.\frac{1}{60} = 0{,}597.\frac{3000}{60}$$ *soit* **Qmoy=29,86 cm³/s**

Q_{moy} : cm³/s ; Cyl : cm³ ; N : tr/min ; $\frac{1}{60}$: s/min

1-6-3- Déterminer la puissance hydraulique correspondante

$$P_H = Q_{moy}.\Delta P = 29{,}86.10^{-6} \times 1356.10^5$$ soit $\boxed{P_H = 4049W}$

2ème partie: DETERMINATION DU COUPLE D'ENTRAINEMENT DE LA POMPE

A- Etude dynamique de la came 14

2-1- déterminer dans la base R_0 la forme du torseur de l'action mécanique transmissible entre l'arbre d'entrée 1 et la came 14.

$$\rightarrow \{T_{(1/14)}\} = \left\{\begin{matrix}\overrightarrow{F_{1/14}} \\ \vec{0}\end{matrix}\right\}_A = \begin{Bmatrix} X_A & 0 \\ Y_A & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_A$$

2-2- déterminer l'expression du vecteur accélération du point A : $\overrightarrow{\Gamma_{A,14/0}}$ vous exprimerez dans un 1er temps ce vecteur dans la base R_1, puis dans la base R_0.

Vecteur accélération du point A : $\overrightarrow{\Gamma_{A,14/0}} = \left[\frac{d\overrightarrow{V_{A,14/0}}}{dt}\right]_{R_0}$

avec $\overrightarrow{V_{A,14/0}} = \left[\frac{d\overrightarrow{OA}}{dt}\right]_{R_0} = \left[\frac{d(e.\overrightarrow{x_1})}{dt}\right]_{R_0} = \omega.\vec{z} \wedge e.\overrightarrow{x_1} = e\omega.\overrightarrow{y_1}$

d'où $\overrightarrow{\Gamma_{A,14/0}} = \left[\frac{d(e\omega.\overrightarrow{y_1})}{dt}\right]_{R_0} = \omega.\vec{z} \wedge e.\overrightarrow{y_1} = -e\omega^2.\overrightarrow{x_1}$

Soit $\boxed{\overrightarrow{\Gamma_{A,14/0}} = -e\omega^2.\overrightarrow{x_1} = -e\omega^2.\cos\theta\overrightarrow{x_0} - e\omega^2.\sin\theta\overrightarrow{y_0}}$

accélération normale car ω est constant

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel Réseau Canopé

2-3- En appliquant le thèorème de la résultante dynamique, dèterminer dans la base R_0 les composantes de l'action mécaniques entre 1 et 14 notée $\overrightarrow{F_{1/14}}$

th. résultante dynamique: $\overrightarrow{F_{1/14}} + \overrightarrow{F_{23-1/14}} + \overrightarrow{F_{23-2/14}} + \overrightarrow{F_{23-3/14}} = m_{14}.\overrightarrow{\Gamma_{A,14/0}}$

$$\text{projection } /\overrightarrow{x_0} : X_A + p_3.S - \frac{p_2 S}{2} - \frac{p_1.S}{2} = -m_{14}.e\omega^2.\cos\theta$$

$$\text{projection } /\overrightarrow{y_0} : Y_A + \frac{p_2.S\sqrt{3}}{2} - \frac{p_1.S\sqrt{3}}{2} = -m_{14}.e\omega^2.\sin\theta$$

soit

$$\boxed{\overrightarrow{F_{1/14}} = (-p_3.S + \frac{p_2 S}{2} + \frac{p_1.S}{2} - m_{14}.e\omega^2.\cos\theta).\overrightarrow{x_0} + (\frac{p_1.S\sqrt{3}}{2} - \frac{p_2.S\sqrt{3}}{2} - m_{14}.e\omega^2.\sin\theta).\overrightarrow{y_0}}$$

B- Etude dynamique de l'arbre d'entrée 1

On isole l'arbre d'entrée 1

2-4- Faire le bilan des actions mécaniques extérieures sur 1. Vous écrirez tous vos torseurs au point O dans la base R_0

on a

$$\overrightarrow{F_{1/14}} = (-p_3.S + \frac{p_2 S}{2} + \frac{p_1.S}{2} - m_{14}.e\omega^2.\cos\theta).\overrightarrow{x_0} + (\frac{p_1.S\sqrt{3}}{2} - \frac{p_2.S\sqrt{3}}{2} - m_{14}.e\omega^2.\sin\theta).\overrightarrow{y_0}$$

soit $\overrightarrow{F_{1/14}} = = X_A.\overrightarrow{x_0} + Y_A.\overrightarrow{y_0}$

$$\rightarrow \{T_{(14/1)}\} = \left\{\begin{matrix}\overrightarrow{F_{14/1}} \\ \vec{0}\end{matrix}\right\}_A = \begin{Bmatrix}-X_A & 0 \\ -Y_A & 0 \\ 0 & 0\end{Bmatrix}_A = \begin{Bmatrix}-X_A \\ -Y_A \\ 0\end{Bmatrix}_O$$

$$\begin{matrix}0 \\ 0 \\ -Y_A.e.\cos\theta + X_A.e.\sin\theta\end{matrix}\Bigg\}$$

avec

$$\overrightarrow{M_{O_{14/1}}} = \overrightarrow{OA} \wedge \overrightarrow{F_{14/1}} = \begin{pmatrix} e\cos\theta \\ e.\sin\theta \\ 0 \end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix} -X_A \\ -Y_A \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\rightarrow \{T_{(0/1)}\} = \left\{\begin{matrix}\overrightarrow{F_{0/1}} \\ \vec{0}\end{matrix}\right\}_O = \begin{Bmatrix}X_O & 0 \\ Y_O & 0 \\ 0 & 0\end{Bmatrix}_O$$

$$\rightarrow \{T_{(moteur/1)}\} = \left\{\begin{matrix}\vec{0} \\ \overrightarrow{C_m}\end{matrix}\right\}_O = \begin{Bmatrix}0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & C_m\end{Bmatrix}_O$$

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

2-5- déterminer l'expression du moment dynamique $\overrightarrow{\delta_{O,1/0}}$

$$\overrightarrow{\delta_{O,1/0}} = \left[\frac{d}{dt}\overrightarrow{\sigma_{O,1/0}} \right]_{R_0} = \left[\frac{d}{dt}(-E.\omega.\vec{x}_1 + C.\omega.\vec{z}_0) \right]_{R_0} \text{ soit}$$

$$\boxed{\overrightarrow{\delta_{O,1/0}} = -E.\omega^2.\vec{y}_1}$$

2-6- En appliquant le théorème du moment dynamique en projection sur l'axe $\vec{Oz}$, déterminer l'expression du couple moteur Cm en fonction de p_1, p_2, p_3, S, e, θ

$$Cm + \overrightarrow{M_{O_{14/1}}}.\vec{z}_0 = \overrightarrow{\delta_{O,1/0}}.\vec{z}_0 \Rightarrow C_m - Y_A.e.\cos\theta + X_A.e.\sin\theta = 0 \Rightarrow$$

$$C_m = Y_A.e.\cos\theta - X_A.e.\sin\theta$$

en reprenant les expressions de XA et YA dans l'expression à la question

$$Cm = (p_3.S - \frac{p_2 S}{2} - \frac{p_1.S}{2} + m_{14}.e\omega^2.\cos\theta).e.\sin\theta + (\frac{p_1.S\sqrt{3}}{2} - \frac{p_2.S\sqrt{3}}{2}$$

$$- m_{14}.e\omega^2.\sin\theta).e.\cos\theta$$

$$\boxed{Cm = (p_3.S - \frac{p_2 S}{2} - \frac{p_1.S}{2}).e.\sin\theta + (\frac{p_1.S\sqrt{3}}{2} - \frac{p_2.S\sqrt{3}}{2}).e.\cos\theta}$$

En vous aidant du tableau d'état des pistons, faire l'application numérique pour θ=130°.
AN: à θ=130°, p_1=0, p_2=p_3=1356ars

$$Cm = (p_3.S - \frac{p_2 S}{2}).e.\sin\theta - \frac{p_2.S\sqrt{3}}{2}.e.\cos\theta =$$

$$p_2 \frac{\pi.d^2}{8} e(\sin\theta - \sqrt{3}.\cos\theta)$$

$$Cm = 1356.10^5 \times \frac{\pi.0{,}0065^2}{8} \times 0{,}003 \times (\sin 130 - \sqrt{3}.\cos 130) \text{ soit}$$

$$\boxed{Cm = 12{,}68\ N.m}$$

Comparaison avec les courbes du document DT6: si θ=130°, $t = \frac{\theta}{\omega}$ soit t=7,22ms. D'après DT6: à t=7,22ms on trouve Cm=12,9 N.m. On retrouve bien le résultat précédent.

2-7- A partir de la valeur du couple moyen de la pompe (DT6), déterminer la puissance mécanique moyenne nécessaire à l'entraînement de l'arbre 1. Comparez ce résultat à celui de la question 1-6-3 et conclure.

$$P_m = C_{moy}.\omega = 12{,}87 \times \pi \times \frac{3000}{30} \text{ soit } \boxed{P_m = 4043W}$$

On retrouve bien une valeur proche de celle définie à la question 1-6-3-

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

3ème partie: DETERMINATION DU COUPLE DE SERRAGE DE L'ECROU - CONTRAINTE DANS LE FILETAGE

3-1- Déterminer l'effort axial (entre le pignon et l'arbre 1) nécessaire à la transmission du couple Cm maxi.

$$C = \frac{2}{3}.\frac{f.F}{\sin\alpha}\left(\frac{r_2^3 - r_1^3}{r_2^2 - r_1^2}\right) \text{ soit } \boxed{F = \frac{3}{2}.C.\frac{\sin\alpha}{f}\left(\frac{r_2^2 - r_1^2}{r_2^3 - r_1^3}\right)}$$

avec $\tan\alpha = \frac{(r_2 - r_1)}{L}$

soit α=5,71°

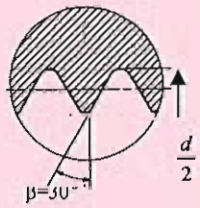
AN $F = \frac{3}{2}.16.\frac{\sin 5,71}{0,1}\left(\frac{0,01^2 - 0,008^2}{0,01^3 - 0,008^3}\right)$ *soit* **F=1762 N**

3-2- Déterminer les couples C_1, C_2 et Cs. Ordre de grandeur de ce dernier ?
- Le serrage est assuré par un écrou à frein incorporé (HFR) M14 NF EN-ISO7719

- Ce couple de serrage Cs est tel que: $Cs = C_1 + C_2$ avec:
C_1: couple de frottement des filets
C_2: couple de serrage de l'écrou sur la rondelle

avec:

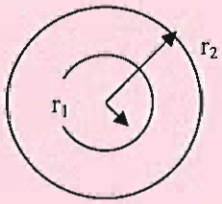
$$C_1 = \left(0,16p + 0,583.f.\frac{d_{écrou}}{\cos\beta}\right).F$$



F=1762 N
p =1,5mm
d=14 mm
coefficient de frottement vis/écrou: $f = 0,16$

A.N: **C_1= 3,1 N.m**

$$C_2 = \frac{2}{3}.f.F.\left(\frac{r_2^3 - r_1^3}{r_2^2 - r_1^2}\right)$$



formule d'un embrayage plan
(formule démontrée précédement avec un angle α de 90°)
coefficient de frottement écrou/rondelle: $f = 0,16$
r_2=21mm et r_1=14mm d'après DT8

A.N. **C_2= 5 N.m**

Soit un couple de serrage minimum de **C_S=8,1 N.m** *, ce qui représente une valeur compatible avec les serrages usuels.*

3-3- Déterminer la contrainte maximale de traction dans la partie filetée en tenant compte des concentrations de contrainte engendrées par le filetage

$$\sigma_{max} = K_t.\frac{N}{S}$$ *avec N=F(effort normal dans la vis) et $S=S_{éq}$=125mm² (Cf DT8)*

soit $\sigma_{max} = 3,2.\frac{1762}{125}$ *soit* $\boxed{\sigma_{max} = 45,1MPa}$

3-4- La limite élastique du matériau constituant l'arbre de pompe est de: Re=640 MPa. Déterminer le coefficient de sécurité

$$s = \frac{Re}{\sigma max} = \frac{640}{45,1}$$ *soit* **s=14,1** *donc pas de problème de résistance*

Base Nationale des Sujets d'Examen de l'enseignement professionnel Réseau Canopé

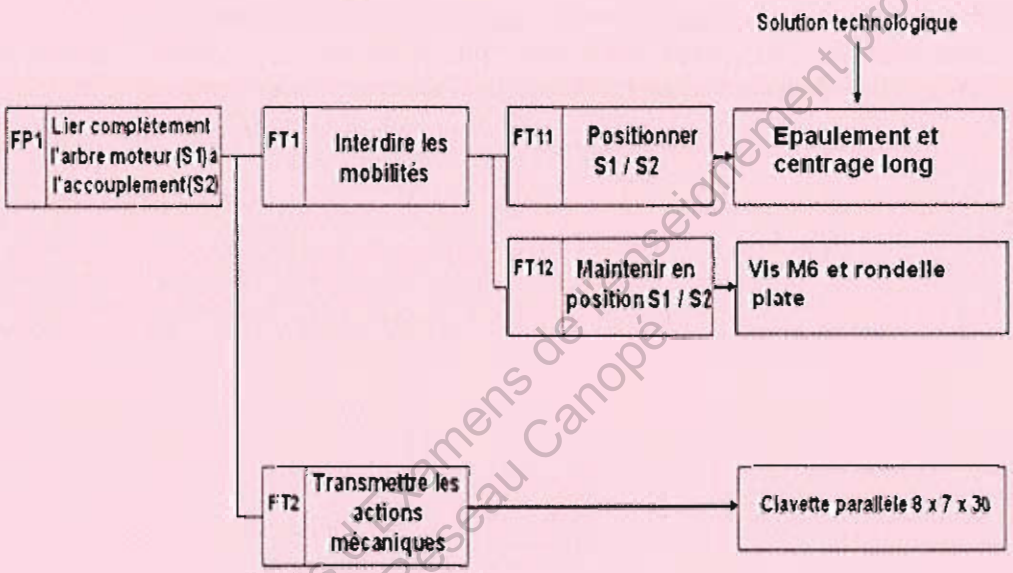
4ème partie: ETUDE DU BANC D'ESSAI

4.1- Choix de l'accouplement

On prendra l'accouplement type C qui est le plus petit capable de transmettre le couple de la pompe.

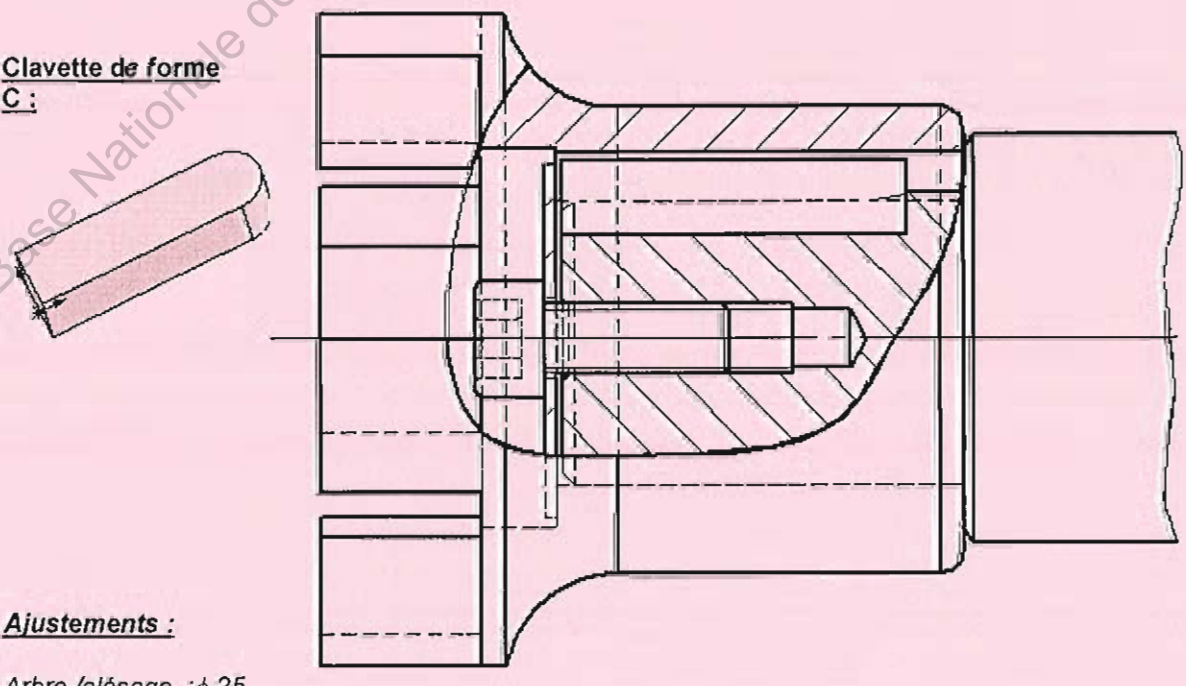
4.2- Montage de l'accouplement sur l'arbre

Diagramme FAST de la liaison arbre moteur / accouplement (sur DR3) :



Dessin de la liaison complète arbre moteur / accouplement :

Clavette de forme C :



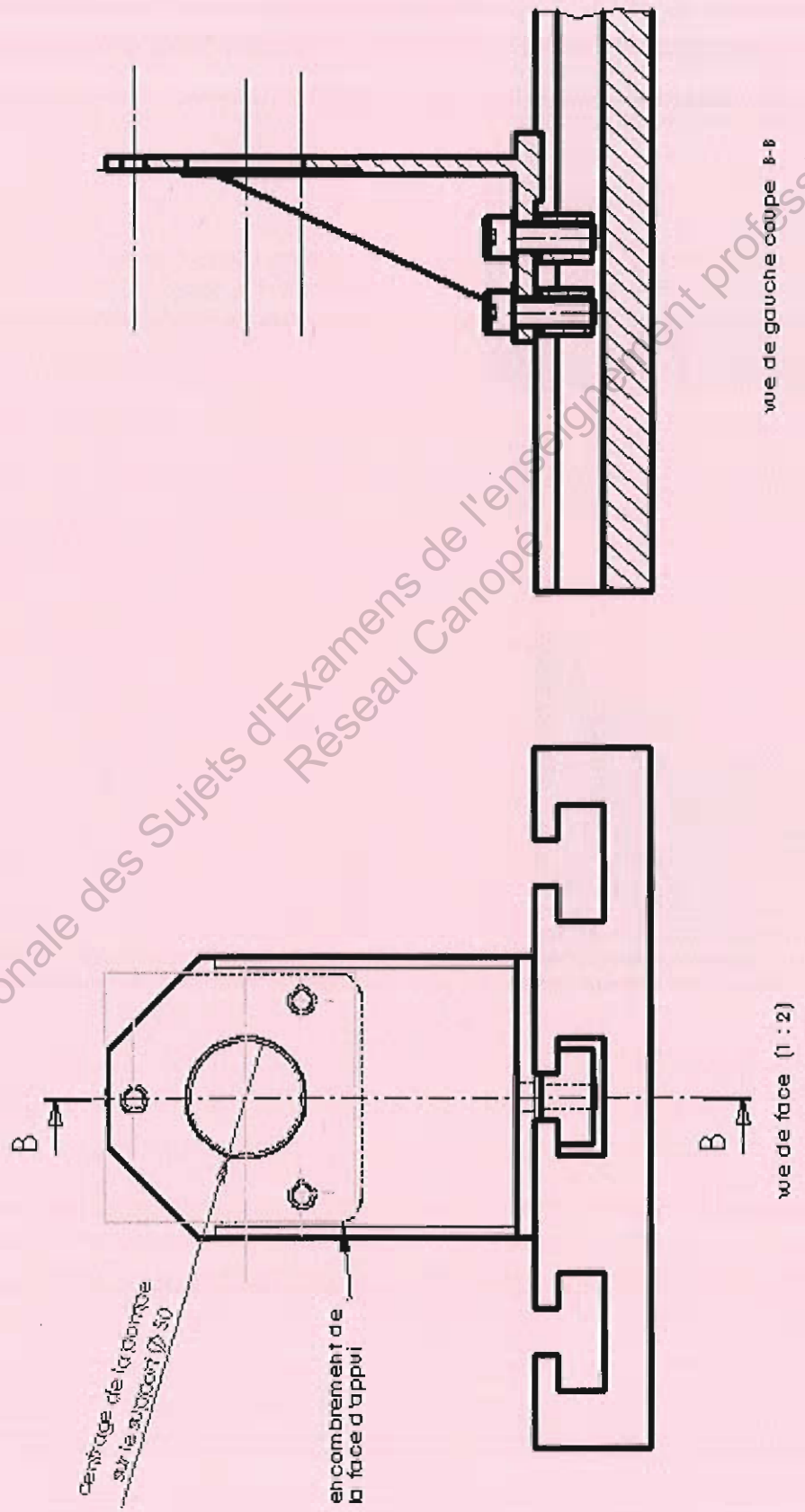
Ajustements :

Arbre /alésage : ϕ *25*

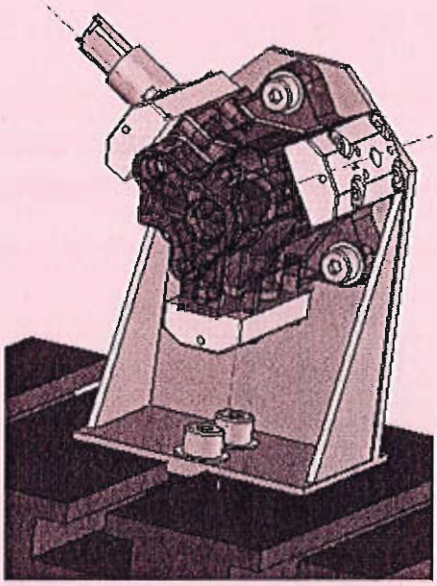
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

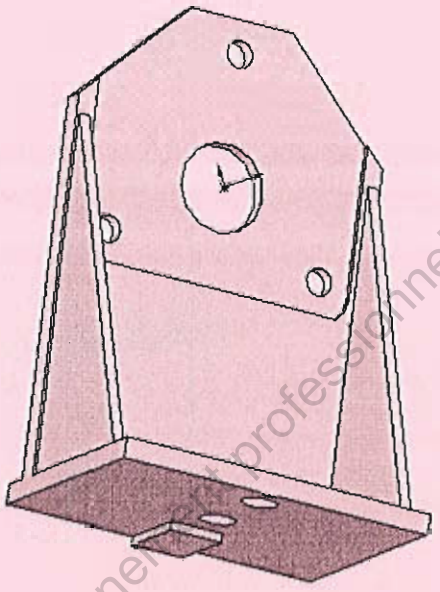
H7 g6
Rainure de clavetage ; moyeu/clavette : JS9 h9
Hauteur de la rainure dans le moyeu : K = 28, 3 $_{0}^{0,2}$

4.3- Conception du support de la pompe (sur DR4)



Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

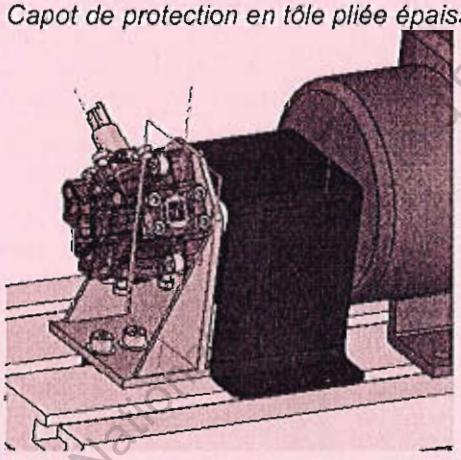


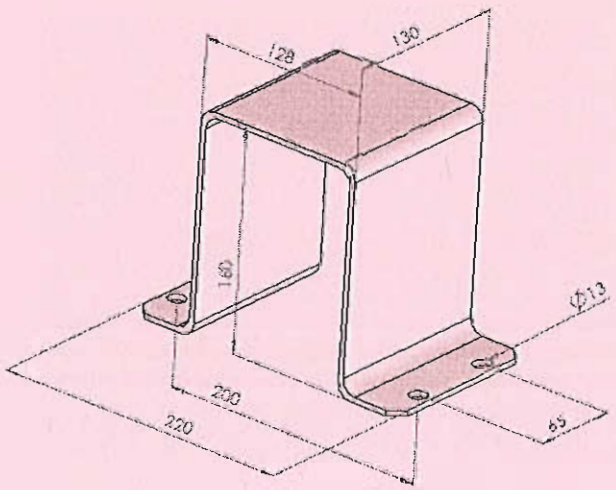


Conditions fonctionnelles :
- Localisation de l'axe de pompe par rapport à la table (en hauteur et latéralement),
- Diamètre du centrage court pompe support (H7 g6),
- Perpendicularité entre face d'appui du support sur la pompe et face d'appui du support sur la table.

4.4- Conception d'une protection de l'accouplement.

Capot de protection en tôle pliée épaisseur 4 mm





Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Barême approximatif:

1ère partie:	*15 points*		
2ème partie:	*18 points*		
3ème partie:	*11 points*		
4ème partie:	*36 points*	*4-1-*	*1 points*
		4-2-	*11 points*
		4-3-	*16 points*
		4-4-	*8 points*

TOTAL: 80 points

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.