

SOUS EPREUVE 41 :

DIMENSIONNEMENT ET VALIDATION DES PARTIES OPERATIVES

LIGNE DE PRODUCTION DE BRIQUES EN TERRE CUITE

Aucun document autorisé

Documents :

- **PRESENTATION DE L'ETUDE :**
Le module de coupe page 1 et 2 / 10
- **PREMIERE PARTIE :**
Valider le choix d'un vérin page 3 et 4 / 10
- **DEUXIEME PARTIE :**
Calculer la valeur des paramètres de choix
d'un moto-réducteur page 5 et 6 / 10
- **TROISIEME PARTIE :**
Choisir le moto-réducteur : page 7 et 8 / 10
- **QUATRIEME PARTIE :**
Vérifier la tenue d'un transmetteur d'effort page 9 et 10 / 10

Nota :

- *Chaque partie est indépendante.*
- *Vous répondrez sur feuille(s) de copie en prenant soin de numérotter les feuilles (exemple pour 3 feuilles : 1/3, 2/3, 3/3)*

PRESENTATION DE L'ETUDE : Le module de coupe

Présentation du module de coupe : (voir fig.1, page 2/10)

Le module de coupe présenté page 2/10 équipe deux lignes de production similaires

En fonction de la production, il est équipé :

- d'un fil : l'ébauche est découpée à la volée (coupe biaisée), les briques sont mises à longueur sur le poste suivant ;
- de deux fils : les briques sont directement mises à longueur.

L'étude porte sur la découpe à deux fils. Dans ce cas, le système de coupe est embarqué à la même vitesse que l'ébauche.

Cycle de coupe :

Lorsque l'ébauche arrive au niveau du capteur Cp, le cycle de coupe commence :

- La pince lie la table mobile à l'ébauche, tout le système se déplace alors à la vitesse de l'ébauche. Dans cette phase, le vérin VR n'est pas alimenté.
- Le moto-réducteur MR est alimenté. L'arbre de sortie du moto-réducteur effectue une rotation de 1 tour pour réaliser la coupe.
- La pince est relâchée.
- La table mobile est ramenée en position initiale par le vérin VR alimenté en sortie de tige.

Hypothèses communes aux trois parties :

- Un cycle de coupe est défini par un tour de manivelle.
- Pendant la phase de coupe, le repère lié à l'ébauche est supposé Galiléen.
- On prendra pour l'accélération de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

Objectifs de l'étude :

L'étude porte sur la table mobile, sur le chariot de coupe et sa motorisation.

Il s'agit :

- de valider le choix de l'actionneur de la table mobile,
- de déterminer la motorisation capable de réaliser la coupe dans un temps imparti,
- de vérifier la résistance d'un élément de la transmission de puissance.

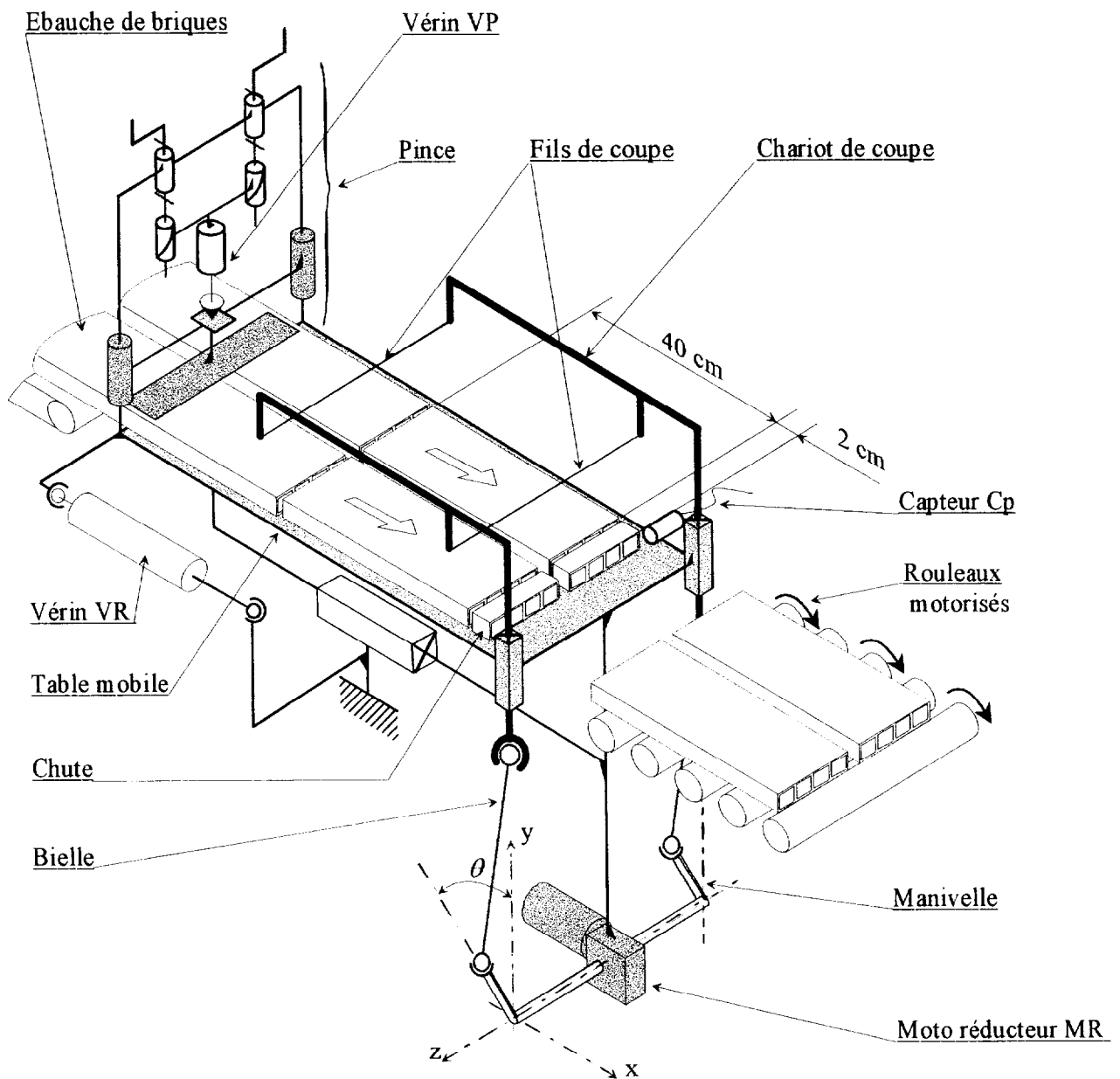


Figure 1 : Le module de coupe

1 PREMIERE PARTIE :

Objectif : Valider le choix du vérin VR pour la phase retour de la table.

1.1 Etude des vitesses dans la phase de retour de la table mobile :

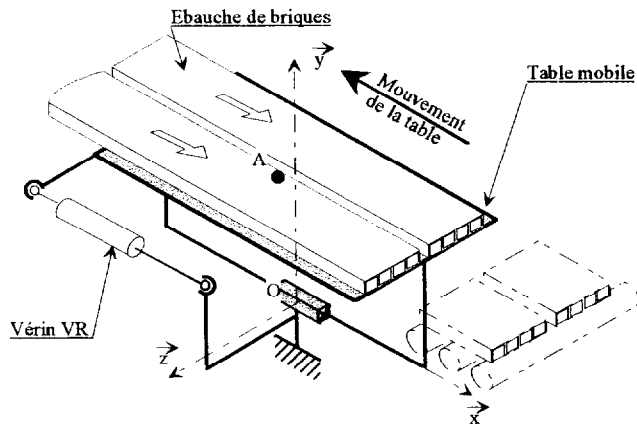


Figure 2 : Représentation simplifiée de la table

Données - Hypothèses :

- La cadence de production de la ligne à partir de deux ébauches est de 2800 briques / heure ;
- Pour ce type de production, la longueur de la brique est de 40 cm, la longueur de la chute est de 2 cm ;
- Le point A est le centre géométrique de la surface de contact entre l'ébauche et la table ;
- Le repère galiléen $R_0 : (O; \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ est fixe par rapport au bâti.

Questions :

- ⇒ 1.1.1 Calculer la vitesse de défilement de l'ébauche notée $v_{éb.}$ (en m/s).
- ⇒ 1.1.2 Définir le vecteur vitesse (sens, direction, norme) d'un point A de l'ébauche en contact avec la table mobile par rapport au repère fixe R_0 (notée $\vec{V}_{A, éb / R_0}$).
- ⇒ 1.1.3 Définir le vecteur vitesse du point A de la table par rapport au repère fixe R_0 pendant le retour en mouvement uniforme (on donne $\|\vec{V}_{A, Table / R_0}\| = 0,3$ m/s).
- ⇒ 1.1.4 Déterminer le vecteur vitesse du point A de l'ébauche par rapport à la table.

1.2 Etude de l'action mécanique de la table sur les portions d'ébauches de brique :

Données - Hypothèses :

- Facteur de glissement entre la table et l'ébauche : $f = 0,4$;
- L'action mécanique entre la table et les ébauches est modélisée au point A par un glisseur.

Questions :

- ⇒ 1.2.1 Représenter les 3 vecteurs vitesses définis précédemment dans le repère R_0 . Préciser l'échelle des vitesses choisie.
- ⇒ 1.2.2 Sur votre précédente figure, mettre en place la résultante de l'action mécanique exercée par la table sur les ébauches.

1.3 Etude de l'action mécanique du vérin sur la table :

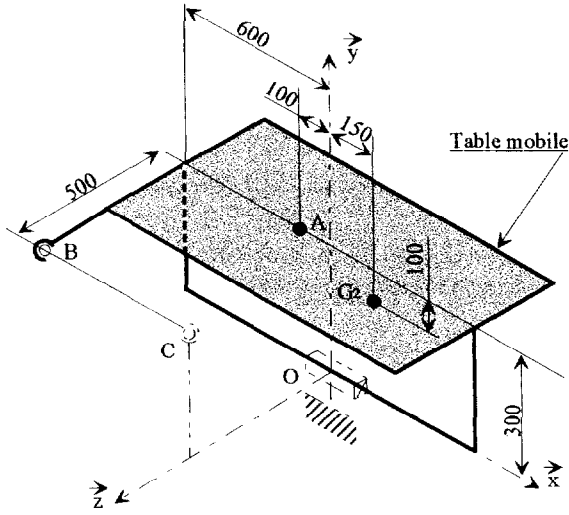


Figure 4 : La table mobile

Données - Hypothèses :

- Cette étude se situe en phase d'accélération du mouvement de retour ;
- Vecteur accélération de la table par rapport à R_0 : $\vec{a}_{G_2, Table / R_0} = -4 \vec{x}$ (m/s²) ;
- La table mobile est constituée de la table, du moteur-réducteur et des chariots de coupe ;
- La liaison glissière entre la table et le châssis est supposée parfaite ;
- La masse de la table mobile : $M = 65$ kg ;
- Le centre de gravité de la table mobile est noté G_2 ;
- La résultante de l'action mécanique du vérin sur la table, portée par BC, est parallèle à \vec{x} ;
- L'action mécanique des portions d'ébauches sur la table est représentable au point A par :

$$\left\{ \begin{array}{c} T_{Eb/Table} \\ R \end{array} \right\}_A = \left\{ \begin{array}{cc} 60 & 0 \\ -150 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}_A \quad (\text{en N et Nm})$$

Questions :

- ⇒ 1.3.1 Isoler la table mobile et faire le bilan des actions mécaniques qui lui sont appliquées.
- ⇒ 1.3.2 Appliquer le principe fondamental de la dynamique à la table mobile en G_2 .
En déduire les 6 équations algébriques traduisant ce principe.
- ⇒ 1.3.3 En utilisant le théorème de la résultante dynamique en projection sur \vec{x} , déterminer l'action mécanique exercée par le vérin VR sur la table mobile.
- ⇒ 1.3.4 En dynamique, le vérin VR choisi développe un effort de 52 daN en sortie de tige. Ce choix vous paraît-il judicieux ?

2 DEUXIEME PARTIE :

Objectif : Calculer la valeur des paramètres de choix du moto-réducteur de coupe

Le moto-réducteur est constitué d'un réducteur roue et vis sans fin associé à un moteur incorporant un frein à manque de courant (voir fig. 5).

Hypothèses :

- Les liaisons sont parfaites ;
- Le repère $R : (F; \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ lié à la table est galiléen ;
- Le repère $R_1 : (E; \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$ est lié à la manivelle ;
- Notations :
 - Cr : moment du couple disponible en sortie de réducteur ;
 - ω_r : vitesse angulaire de l'arbre du motoréducteur ;
 - J_{mani} : moment d'inertie de la manivelle autour de l'axe $F\vec{z}$.

2.1 Détermination des puissances mises en jeu :

Données :

- On donne le bilan partiel des actions mécaniques extérieures exercées sur la manivelle :

$$\left\{ T_{\text{Réduc./Manivelle}} \right\}_F = \begin{matrix} \begin{matrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & Cr \end{matrix} \\ R \end{matrix} \quad \left\{ T_{\text{Bielles/Manivelle}} \right\}_E = \begin{matrix} \begin{matrix} Ex & 0 \\ Ey & 0 \\ 0 & 0 \end{matrix} \\ R \end{matrix} \quad E$$

Questions :

- ⇒ 2.1.1 Calculer sous forme littérale la puissance $P_{\text{Réduc}}$ développée par le couple en sortie de réducteur sur la manivelle par rapport à R en fonction de Cr et ω_r .
- ⇒ 2.1.2 Exprimer dans R , les composantes du vecteur vitesse $\overrightarrow{V_{E, Mani/R}}$ en fonction de ω_r , β et R_{Mani} . (voir fig. 5).
- ⇒ 2.1.3 Calculer sous forme littérale la puissance P_{Bielles} développée par l'action mécanique des bielles sur la manivelle en E par rapport à R .

2.2 Détermination du couple en sortie du réducteur :

Hypothèses :

- La vitesse ω_r dépend du temps ;
- Les seules actions mécaniques extérieures exercées sur la manivelle développant une puissance dans R sont celles du bilan partiel.

Questions :

- ⇒ 2.2.1 Donner l'expression littérale de l'énergie cinétique de la manivelle en fonction de ω_r et J_{mani} .
- ⇒ 2.2.2 En appliquant le théorème de l'énergie cinétique à la manivelle, donner l'expression littérale du couple Cr nécessaire en sortie de réducteur.

On appliquera le théorème de l'énergie cinétique sous la forme suivante :

$$\frac{d}{dt} Ec_{/R} = P_{\text{ext}/R} + P_{\text{int}} \quad \text{ici } P_{\text{int}} = 0 : \text{frottements négligés.}$$

⇒ 2.2.3 Si ω_r est constant, justifier que $P_{Bielles} + P_{Réduc} = 0$

2.3 Application numérique :

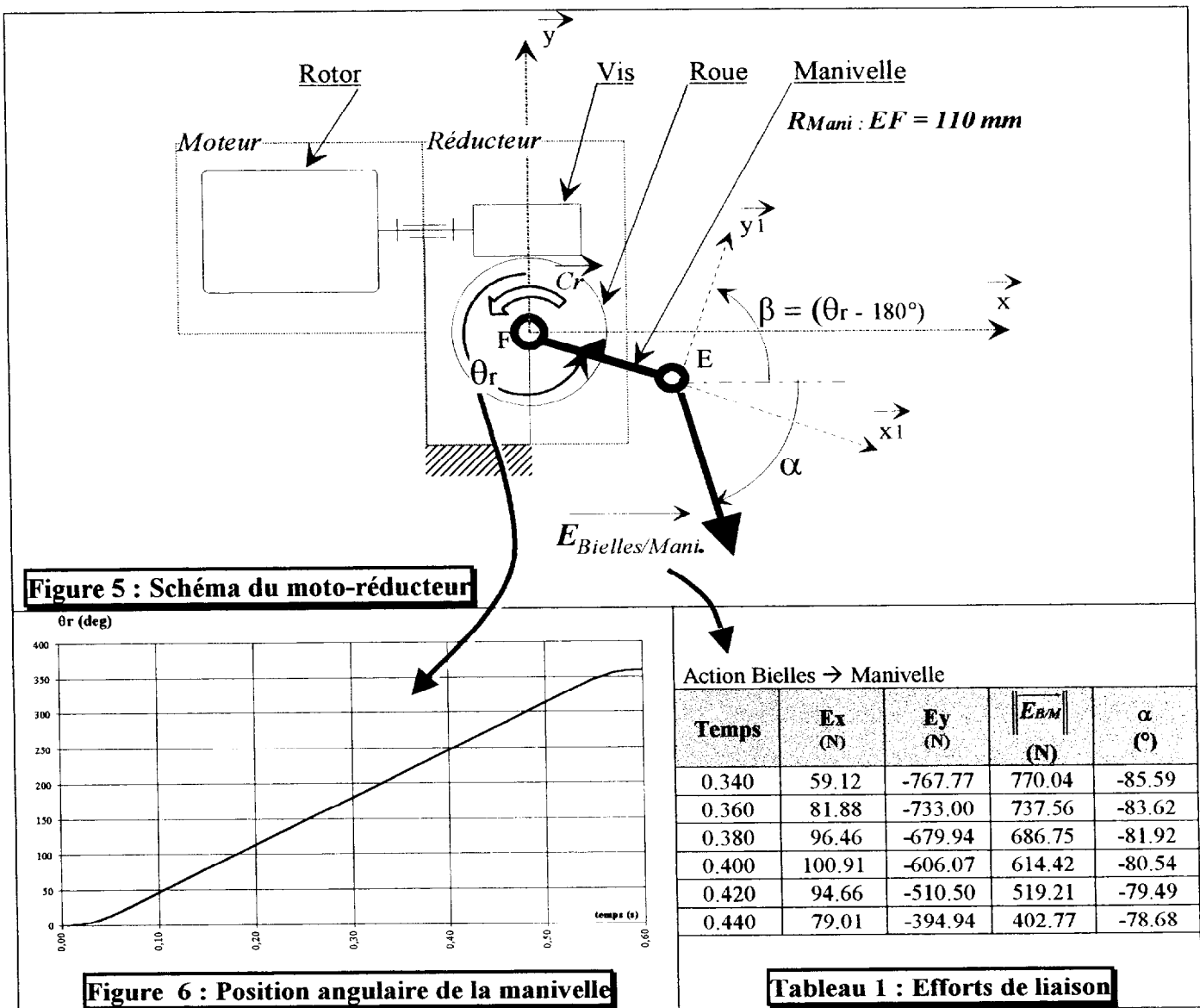
La puissance maximale développée par le moto-réducteur se situe en phase de remontée du chariot à la date $t = 0,4$ s pour laquelle la fréquence de rotation est supposée constante en sortie de réducteur, soit $N_r = 110$ tr/min. (la position initiale correspondant au point mort haut).

Questions :

A l'aide de la courbe figure 6 et du tableau 1 ci-dessous :

⇒ 2.3.1 Déterminer, dans R, la valeur des composantes de $\overline{V_{E, Mani/R}}$ en m/s.

⇒ 2.3.2 Déterminer la valeur du moment C_r du couple nécessaire sur l'arbre de sortie du moto-réducteur.



3 TROISIEME PARTIE :

Objectif : Choisir le moto-réducteur

Données - Hypothèses :

- La ligne fonctionne 6 jours sur 7, en deux équipes, soit 16 heures par jour ;
- La cadence impose 1400 démarrages par heure au moteur ;
- Le couple nécessaire à la sortie du moto-réducteur est de 60 Nm ;
- La fréquence de rotation en sortie de réducteur est de 110 tr/min ;
- Les conditions de fonctionnement produisent des chocs modérés.

Questions :

- ⇒ 3.1.1 Définir le facteur de service f_s de l'installation (fig. 7, page 8)
- ⇒ 3.1.2 Choisir et référencer un moto-réducteur convenant à cette installation (voir tableau 2, page 8). Expliquer votre démarche.

Figure 7 : Facteur de service

Permet de prendre en compte, pour la détermination de la puissance ou du couple, la variation de charge et les éventuels chocs auxquels est soumis le moto-réducteur :

$$P_m = P_{calcul} \cdot f_s \quad \text{ou} \quad C_m = C_{calcul} \cdot f_s$$

h/d : Taux de fonctionnement journalier (heure)

K : Facteur de fonctionnement :

- K1 : charge uniforme
- K2 : charge avec chocs modérés
- K3 : charge avec chocs importants

Zr : Nombre de démarrage par heure.

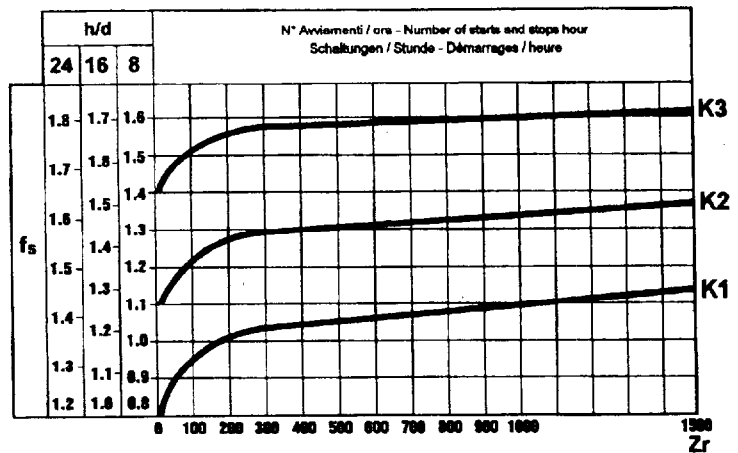


Tableau 2: Caractéristiques techniques des moto-réducteurs : D'après documentation BONFIGLIOLI

| P_m kW | n_2 tr/min | M_2 Nm | i | η_r % | Référence Réducteur | Référence moteur |
|-------------|-----------------|-------------|-----|---------------|---------------------|------------------|
| 0.75 | 70 | 82 | 20 | 80 | VF 72_20 | P80 BN80B4 |
| | 70 | 85 | 20 | 83 | VF 86_20 | P80 BN80B4 |
| | 74 | 78 | 19 | 80 | VF 63_19 | P80 BN80B4 |
| | 93 | 63 | 15 | 82 | VF 63_15 | P80 BN80B4 |
| | 93 | 64 | 15 | 83 | VF 72_15 | P80 BN80B4 |
| | 100 | 58 | 14 | 81 | VF 49_14 | P80 BN80B4 |
| | 113 | 51 | 25 | 81 | VF 72_25 | P80 BN80A2 |
| | 118 | 48 | 24 | 79 | VF 49_24 | P80 BN80A2 |
| | 118 | 49 | 24 | 77 | VF 63_24 | P80 BN80A4 |
| | 140 | 43 | 10 | 84 | VF 49_10 | P80 BN80B4 |
| 1.1 | 70 | 125 | 20 | 83 | VF 86_20 | P90 BN90S4 |
| | 74 | 114 | 19 | 80 | VF 63_19 | P90 BN90S4 |
| | 93 | 92 | 15 | 82 | VF 63_15 | P90 BN90S4 |
| | 93 | 93 | 15 | 80 | VF 72_15 | P90 BN90S4 |
| | 93 | 95 | 15 | 84 | VF 86_15 | P90 BN90S4 |
| | 112 | 76 | 25 | 81 | VF 72_25 | P80 BN80B2 |
| | 117 | 73 | 24 | 81 | VF 63_24 | P80 BN80B2 |
| | 122 | 72 | 23 | 84 | VF 86_23 | P80 BN80B2 |
| | 140 | 64 | 10 | 85 | VF 63_10 | P90 BN90S4 |
| | 140 | 65 | 10 | 86 | VF 72_10 | P90 BN90S4 |
| 1.5 | 70 | 165 | 20 | 80 | VF 72_20 | P90 BN90LA4 |
| | 70 | 171 | 20 | 83 | VF 86_20 | P90 BN90LA4 |
| | 70 | 173 | 20 | 84 | VF 110_20 | P90 BN90LA4 |
| | 93 | 127 | 15 | 82 | VF 63_15 | P90 BN90LA4 |
| | 93 | 128 | 15 | 83 | VF 72_15 | P90 BN90LA4 |
| | 93 | 130 | 15 | 84 | VF 86_15 | P90 BN90LA4 |
| | 114 | 102 | 25 | 81 | VF 72_25 | P90 BN90SA2 |
| | 124 | 97 | 23 | 84 | VF 86_23 | P90 BN90SA2 |
| | 139 | 88 | 10 | 85 | VF 63_10 | P90 BN90LA4 |
| | 139 | 89 | 10 | 86 | VF 72_10 | P90 BN90LA4 |

P_m : Puissance moteur

n_2 : Fréquence de rotation en sortie réducteur

M_2 : Couple max. en sortie réducteur

i : Rapport de réduction

η_r : rendement du réducteur

Référence réducteur :

Exemple : VF ... 20

VF : réducteur roue et vis, sortie à arbre creux

20 : rapport de réduction

Référence moteur :

Exemple : BN80B4

BN : Type de moteur triphasé

80B : taille du moteur

4 : nombre de pôles.

4 QUATRIEME PARTIE :

Objectif : Vérifier la tenue d'un transmetteur d'effort .

En cas d'arrêt d'urgence, le mouvement de coupe est stoppé par un frein à manque de courant installé à l'arrière du moteur.

Lors d'un arrêt, le couple de freinage provoque dans la bielle des efforts de compression importants.

Données - Hypothèses :

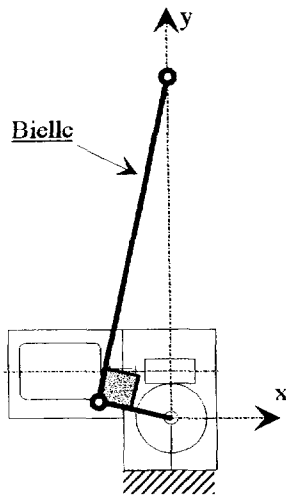


Figure 8 : Système bielle-manivelle

- Le cas le plus défavorable se situe quand la bielle est perpendiculaire à la manivelle ;
- Pendant la phase de freinage, la bielle est soumise à deux actions mécaniques représentées par des glisseurs opposés de norme 2100 N ;
- La bielle est constituée d'un tube en acier et de deux rotules vissées à ses extrémités ;
- Pour le calcul, la bielle est modélisée par un tube :
 - Diamètre extérieur : $D = 25 \text{ mm}$
 - épaisseur : $e = 3,5 \text{ mm}$
 - section du tube : $S = 236,4 \text{ mm}^2$
 - longueur : $l = 700 \text{ mm}$
 - en acier de résistance élastique : $R_e = 215 \text{ MPa}$, de module d'élasticité longitudinal : $E = 210\,000 \text{ MPa}$
 - Coefficient de sécurité : $s = 5$.

Questions :

- ⇒ 4.1.1 A partir de la méthode proposée document page 10/10, déterminer la valeur de la charge admissible par une bielle. Préciser la longueur libre et l'élançement retenus.
- ⇒ 4.1.2 Conclure quant au dimensionnement de la bielle.

Formulaire de résistance des matériaux :

VERIFICATION D'UNE POUTRE AU FLAMBAGE

La méthode proposée permet de vérifier la charge axiale maximale que peut subir une poutre sans risque de flambage.

Longueur libre de flambage :

| Types de liaisons : | En A et B : articulations | En A : libre en B : encastrement | En A et en B : encastrement | En A : articulation en B : encastrement |
|---------------------|---------------------------|----------------------------------|-----------------------------|---|
| | | | | |
| Longueur libre L : | $L = l$ | $L = 2l$ | $L = 0.5 l$ | $L = 0.7 l$ |

Elancement :

Elancement critique :

| | | | |
|--------|----------------------------------|--|--|
| avec : | $\lambda = \frac{L}{\rho}$ | λ : élancement d'une poutre (sans unité) | λ_c : élancement critique (sans unité) |
| | | L : longueur libre de flambage (mm) | E : module d'élasticité longitudinal (MPa) |
| | $\rho = \sqrt{\frac{I_{Gz}}{S}}$ | ρ : rayon de giration (mm) | Re : résistance élastique du matériau |
| | | S : section de la poutre (mm ²) | |
| | | $\lambda_c^2 = \frac{\pi^2 \cdot E}{Re}$ | |

Charge axiale admissible par une poutre :

| Poutres courtes $\lambda < 20$ | Poutres moyennes $20 < \lambda < 100$ | Poutres élancées $100 < \lambda$ |
|-----------------------------------|---|---|
| Compression simple : | Formule expérimentale de Rankine : | Formule d'Euler : |
| $F_{adm} = R_{pc} \cdot S$ | $F_{adm} = \frac{R_{pc} \cdot S}{1 + \left(\frac{\lambda}{\lambda_c}\right)^2}$ | $F_{adm} = \frac{R_{pc} \cdot S}{2 \left(\frac{\lambda}{\lambda_c}\right)^2}$ |

Avec R_{pc} : Résistance pratique à la compression (Mpa)

Valeur des moments quadratiques :

| Section | Moment quadratique | Moment quadratique polaire |
|---------|---|--|
| | $I_{Gy} = I_{Gz} = \frac{\pi D^4}{64}$ | $I_G = \frac{\pi D^4}{32}$ |
| | $I_{Gy} = \frac{b \cdot h^3}{12}$; $I_{Gz} = \frac{b^3 \cdot h}{12}$ | $I_G = \frac{b \cdot h \cdot (b^2 + h^2)}{12}$ |