

Session 2001

B.T.S. MÉCANIQUE ET AUTOMATISMES INDUSTRIELS

**CONCEPTION DÉTAILLÉE DE LA
PARTIE OPÉRATIVE**

Sous épreuve U41 :

Dimensionnement et validation des parties opératives

Coefficient : 2 Durée : 3 h

**LIGNE DE PRODUCTION
DE BRIQUES EN TERRE CUITÉ**

Calculatrice autorisée

Constitution du dossier :

- Présentation générale pages blanches
- Texte du sujet pages jaunes

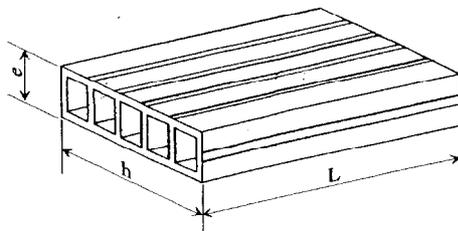
LIGNE DE PRODUCTION DE BRIQUES EN TERRE CUITTE

1 Présentation du produit :

La fonction de la ligne de production est de fabriquer des briques de cloison en terre cuite et de les conditionner sur des palettes.

Ces briques de cloison sont traversées d'alvéoles qui permettent une diminution du poids et une augmentation de l'isolation phonique et thermique.

Les principales caractéristiques sont définies dans le tableau ci-dessous :

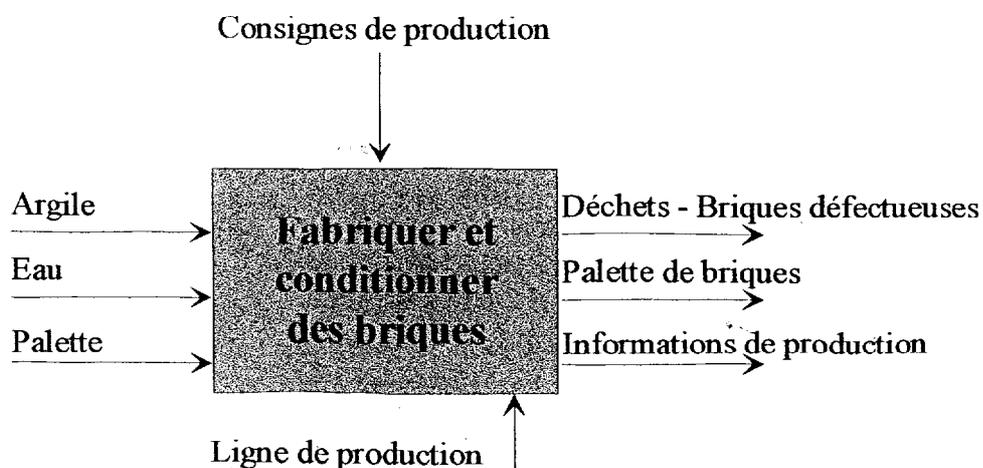


| | Epaisseur e (cm) | Longueur L (cm) | Hauteur h (cm) | Masse (kg) |
|---------------------|------------------|-----------------|----------------|------------|
| Brique de plafond | 3 | 40 | 20 | 2,2 |
| Brique standard | 4 | 40 | 20 | 2,5 |
| | 5 | | | 3,5 |
| | 7 | | | 5 |
| Brique grand format | 5 | 66 | 50 | 14 |
| | 7 | | | 20 |

2 Présentation de la ligne de production :

2.1 La ligne et son environnement :

L'étude porte sur les différents modules de l'unité de production qui se situe à la sortie de l'unité de préparation de la terre.



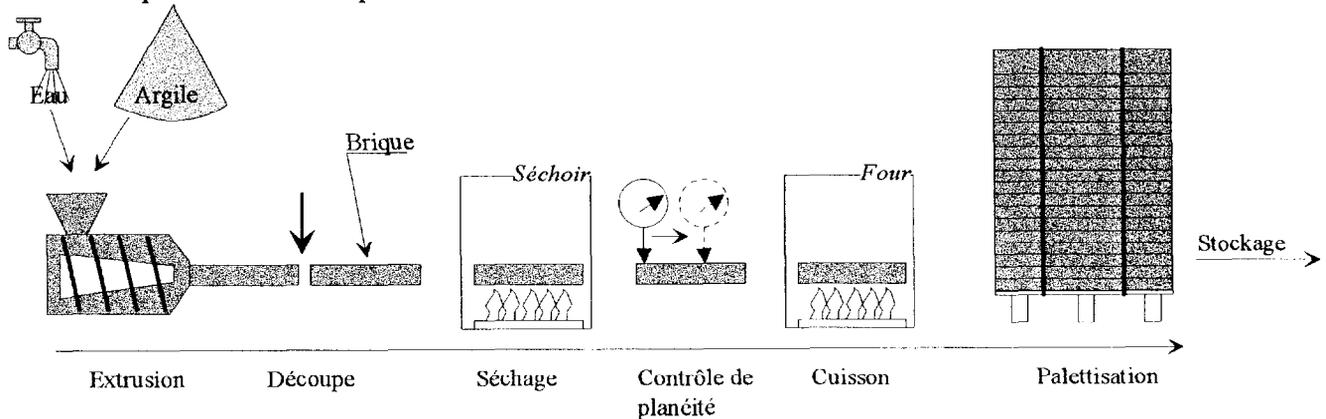
2.2 Description du processus :

Les briques sont formées dans une extrudeuse à vis qui malaxe l'argile et l'eau.

L'ébauche de la brique obtenue est découpée à longueur puis évacuée vers le four de séchage. Les briques crues sont stockées dans des chariots qui circulent à travers le séchoir. (*Un stock tampon permet l'accumulation de la production de l'extrudeuse pendant les changements de chariots*).

Les briques sèches sont transférées vers un poste de contrôle de planéité avant d'être cuites dans un four à la température maximale de 900°.

Les briques sont ensuite palettisées et stockées à l'extérieur de l'unité.



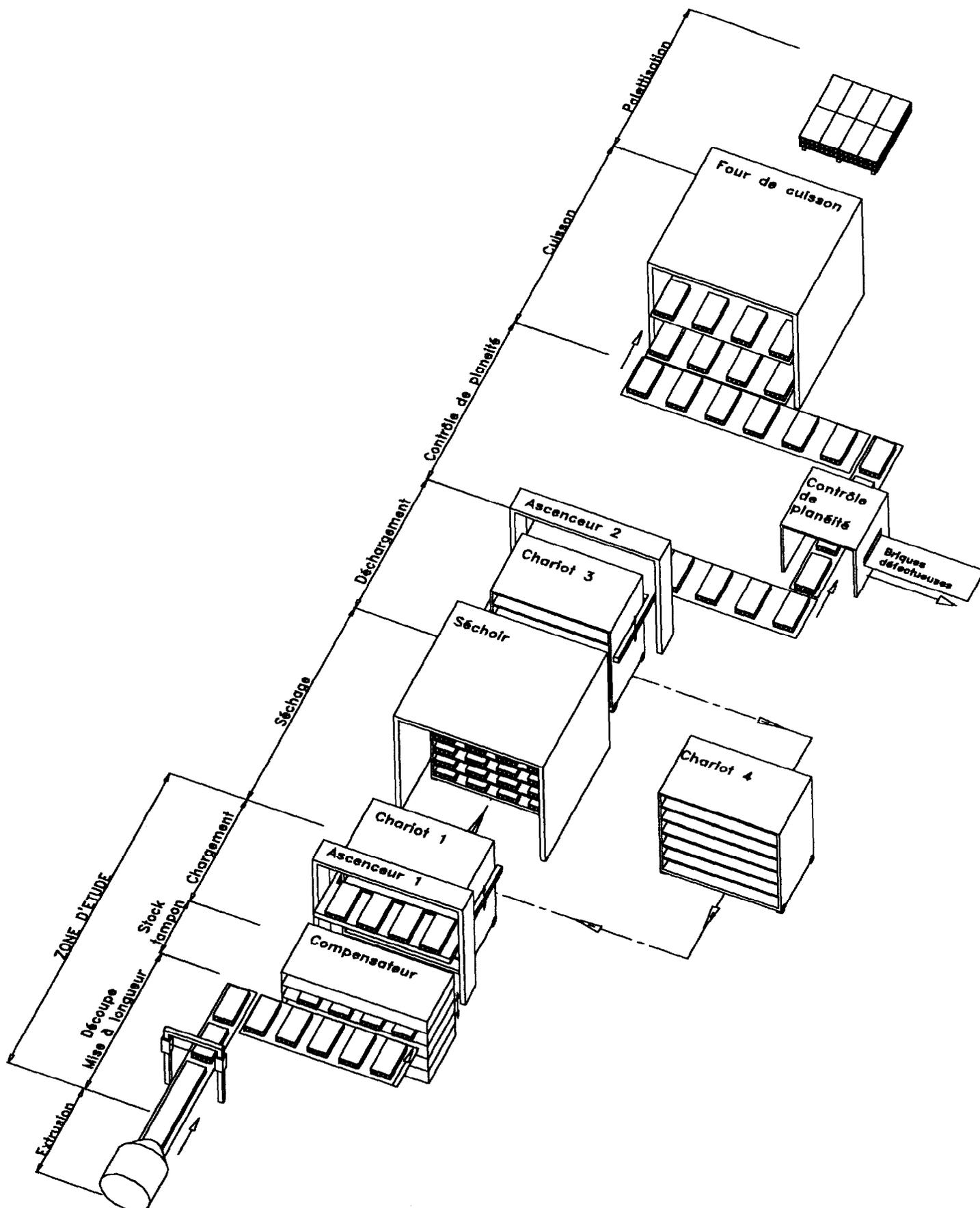
2.3 Description de la ligne de production :

Voir page suivante

3 Eléments du cahier des charges fonctionnel :

| Fonction | Critères | Niveau | Flexibilité |
|--|--|--|----------------------|
| FS1 : Former l'ébauche de briques | Cadence nombre d'ébauches pression d'extrusion | 100 t /jour soit 500 à 2800 produits/heure 1 à 2 en parallèle de 20 à 25 bars | |
| FS 2 : Mettre à longueur les briques | Principe Tolérance de longueur Perpendicularité des faces Qualité de la face découpée | fil d'acier Entre 0 et -0,2 cm Défaut < 1/100 de la longueur Affaissement de la face supérieure < 3 mm | F0 F1 F1 F0 |
| FS 3 : Gérer un stock tampon | Capacité Cadence de déchargement | 3 min. d'extrusion > Cadence de l'extrudeuse +20% | F0 F1 |
| FS 4 : Sécher | Fissure Taux d'humidité de la brique | Pas de fissure tolérée en surface 40 % max. | F0 F1 |
| FS 5 : Cuire | Fissure Taux d'humidité de la brique Résistance à la compression | 1 fissure tolérée en surface à l'intérieur d'un cercle de 20 mm de rayon 10 % max. $R_c > 120 \text{ kN/m}^2$ | F0 F1 F0 |
| FS 6 : Permettre une exploitation sûre et aisée | Accès aux zones « travail » | Uniquement en phase maintenance pour le personnel autorisé | F0 |

Synoptique de la ligne de production



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.

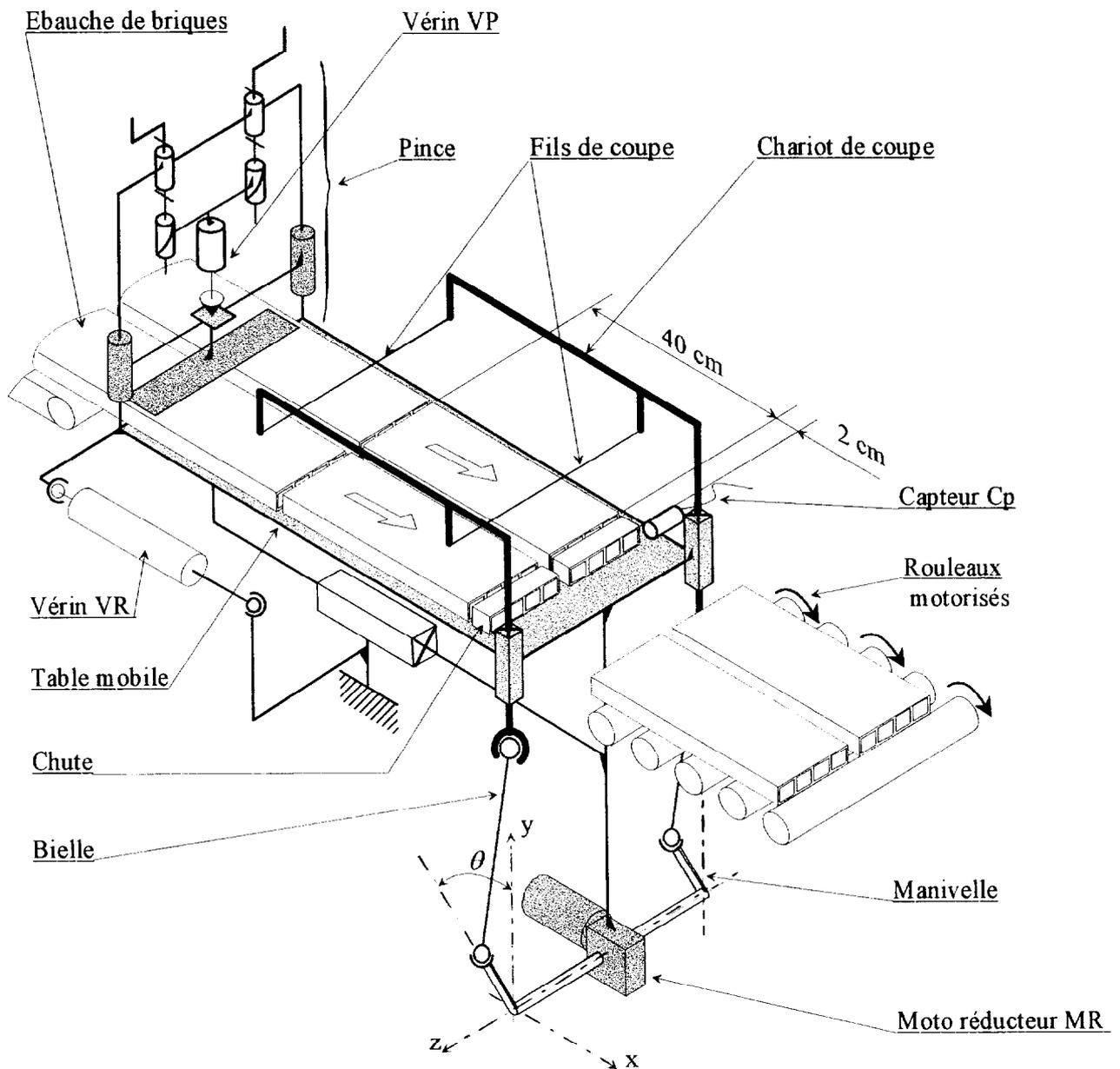


Figure 1 : Le module de coupe

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 :

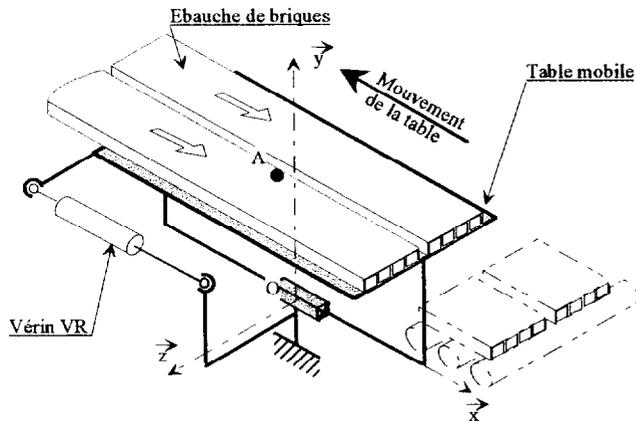


Figure 2 : Représentation simplifiée de la table

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 :

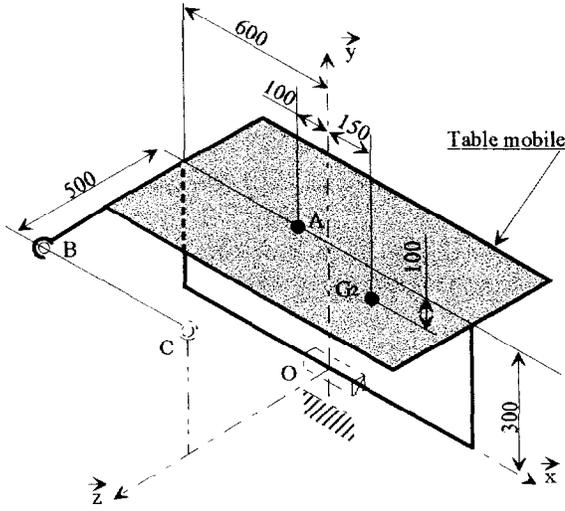


Figure 4 : La table mobile

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 :

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

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 :

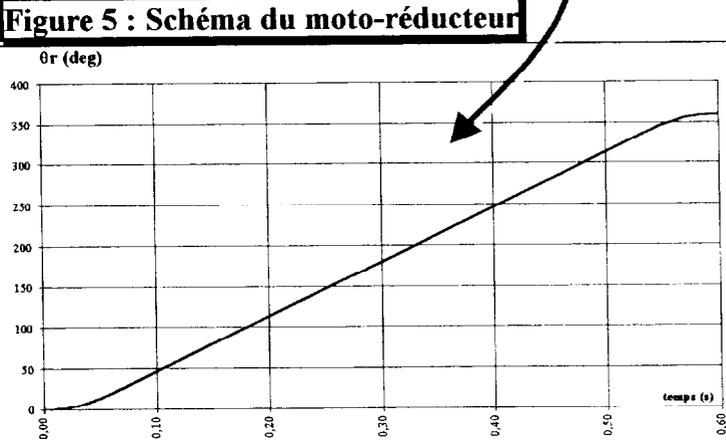
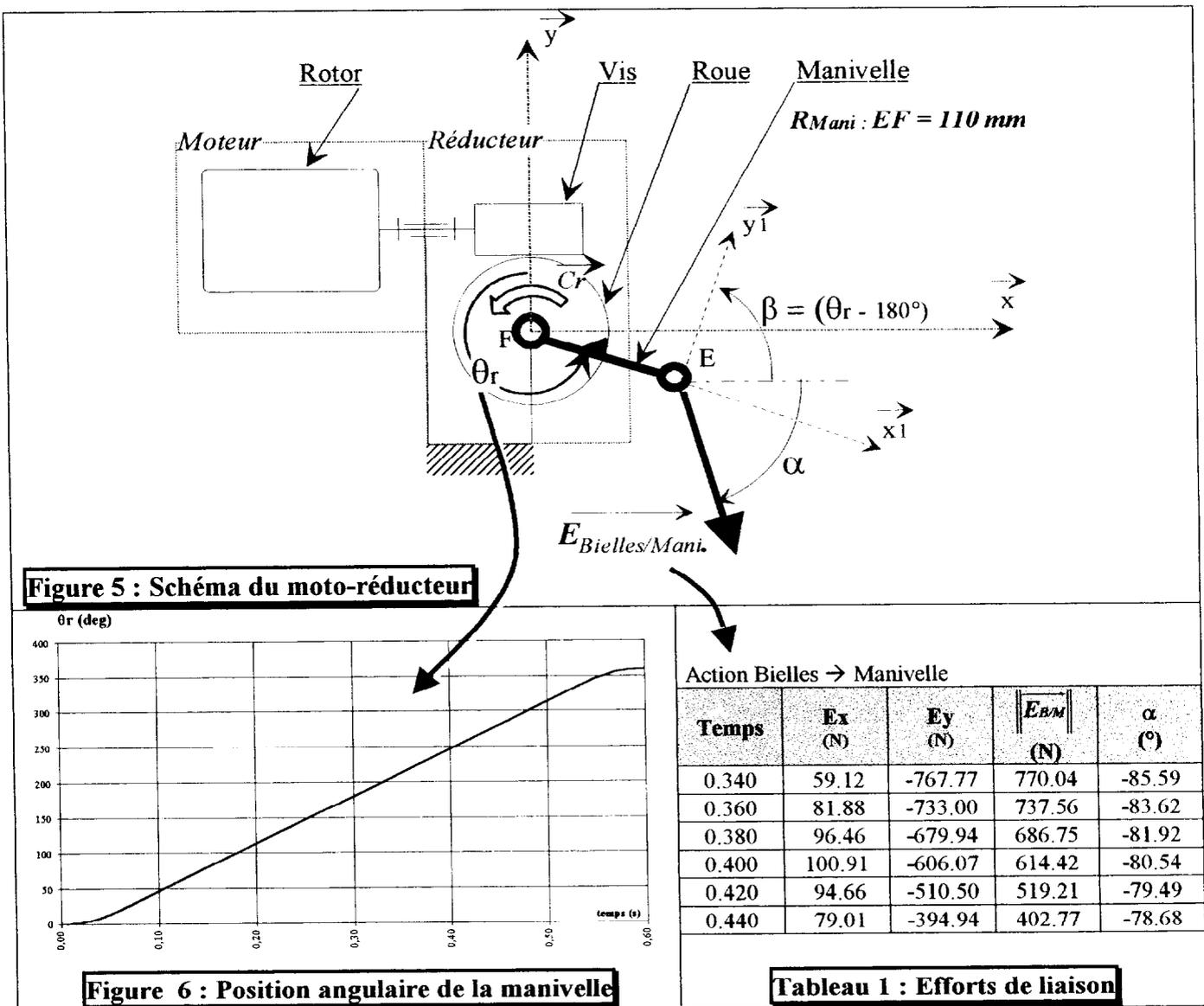
La puissance maximale développée par le moto-réducteur se situe en phase de remontée du chariot à la date $t = 0,4$ s pour laquelle la fréquence de rotation est supposée constante en sortie de réducteur, soit $N_r = 110$ tr/min. (la position initiale correspondant au point mort haut).

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 $\overrightarrow{V_{E, Mani/R}}$ en m/s.

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



Action Bielles → Manivelle

| Temps | E_x (N) | E_y (N) | $\ E_{BM}\ $ (N) | α (°) |
|-------|-----------|-----------|------------------|--------------|
| 0.340 | 59.12 | -767.77 | 770.04 | -85.59 |
| 0.360 | 81.88 | -733.00 | 737.56 | -83.62 |
| 0.380 | 96.46 | -679.94 | 686.75 | -81.92 |
| 0.400 | 100.91 | -606.07 | 614.42 | -80.54 |
| 0.420 | 94.66 | -510.50 | 519.21 | -79.49 |
| 0.440 | 79.01 | -394.94 | 402.77 | -78.68 |

Figure 6 : Position angulaire de la manivelle

Tableau 1 : Efforts de liaison

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 :

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

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.

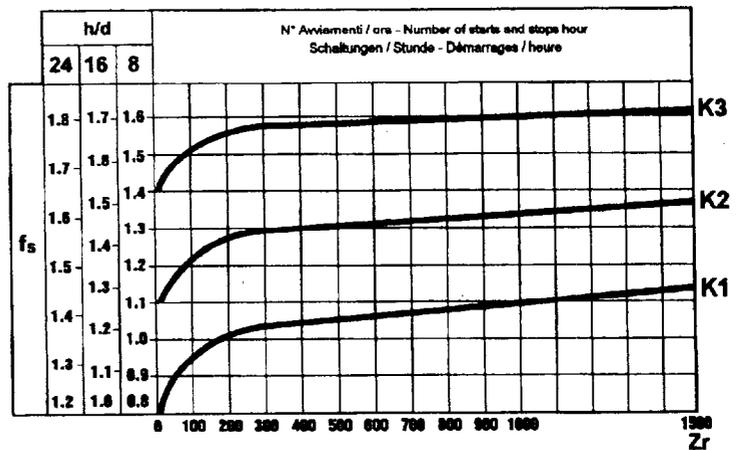


Tableau 2: Caractéristiques techniques des moto-réducteurs : D'après documentation BONFIGLIOLI

| 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

n₂ : Fréquence de rotation en sortie réducteur

M₂ : 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 :

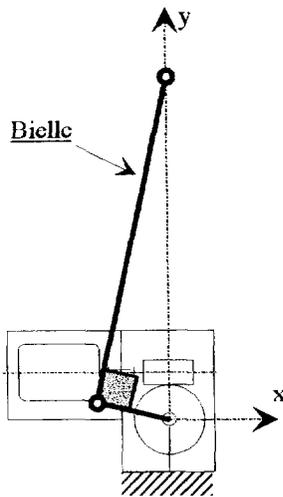


Figure 8 : Système bielle-manivelle

- 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 :

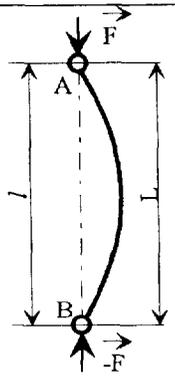
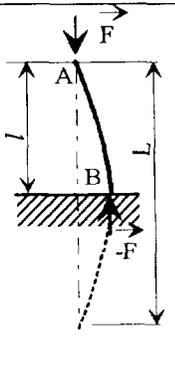
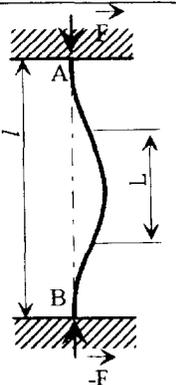
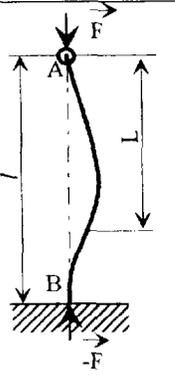
- ⇒ 4.1.1 A partir de la méthode proposée document page 10/10, déterminer la valeur de la charge admissible par une bielle. Préciser la longueur libre et l'élançement retenus.
- ⇒ 4.1.2 Conclure quant au dimensionnement de la bielle.

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 :

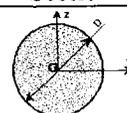
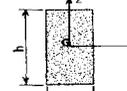
| | | | |
|--------|----------------------------------|--|--|
| avec : | $\lambda = \frac{L}{\rho}$ | λ : élancement d'une poutre (sans unité) | λ_c : élancement critique (sans unité) |
| | | L : longueur libre de flambage (mm) | E : module d'élasticité longitudinal (MPa) |
| | $\rho = \sqrt{\frac{I_{Gz}}{S}}$ | 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 |
|---|---|--|
|  | $I_{Gy} = I_{Gz} = \frac{\pi D^4}{64}$ | $I_G = \frac{\pi D^4}{32}$ |
|  | $I_{Gy} = \frac{b \cdot h^3}{12}$; $I_{Gz} = \frac{b^3 \cdot h}{12}$ | $I_G = \frac{b \cdot h \cdot (b^2 + h^2)}{12}$ |