

EPREUVE E4

**CONCEPTION DETAILLEE DE LA
PARTIE OPERATIVE**

Sous-épreuve 41

Dimensionnement et validation des parties opératives

Durée : 3 h

Coefficient : 2

UNITÉ DE MARQUAGE ET DE CONTRÔLE

AUCUN DOCUMENT N'EST AUTORISÉ

Documents remis au candidat :

- **PRESENTATION GENERALE** (feuilles blanches) pages 1 à 3
- **TRAVAIL DEMANDE** (feuilles jaunes) pages 4 à 8
- **DOCUMENTS RESSOURCES** (feuilles vertes) pages 9 à 17

IMPORTANT : il est demandé de vérifier que le sujet est complet dès sa mise à disposition.

UNITÉ DE MARQUAGE ET DE CONTRÔLE

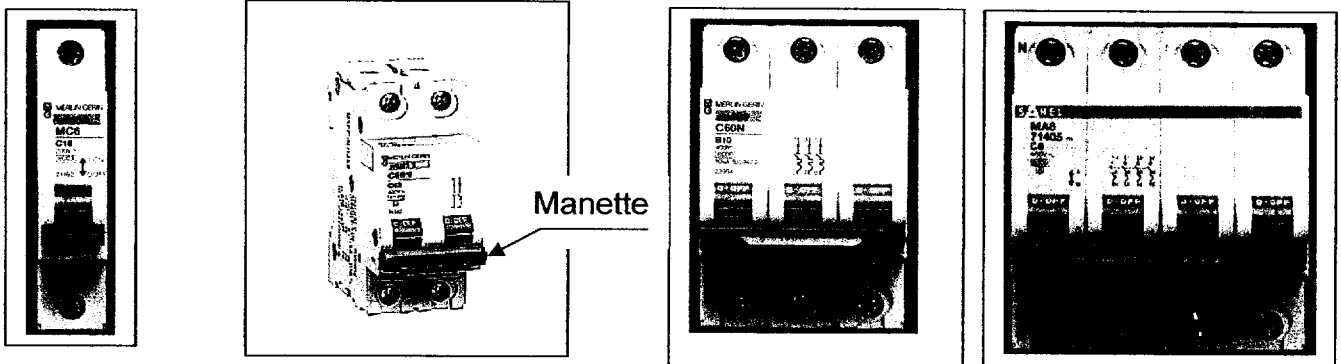
Support de l'étude : ligne de production de disjoncteur C60 de la société MERLIN GERIN.

LE PRODUIT

Le disjoncteur C60 est un disjoncteur modulaire utilisé pour la protection des circuits dans l'industrie et le tertiaire. Il assure les fonctions suivantes :

- protection contre les courants de court-circuit et de surcharge,
- sectionnement.

Le produit est commercialisé sous quatre formes :



Unipolaire
1 pôle

Bipolaire
2 pôles

Tripolaire
3 pôles

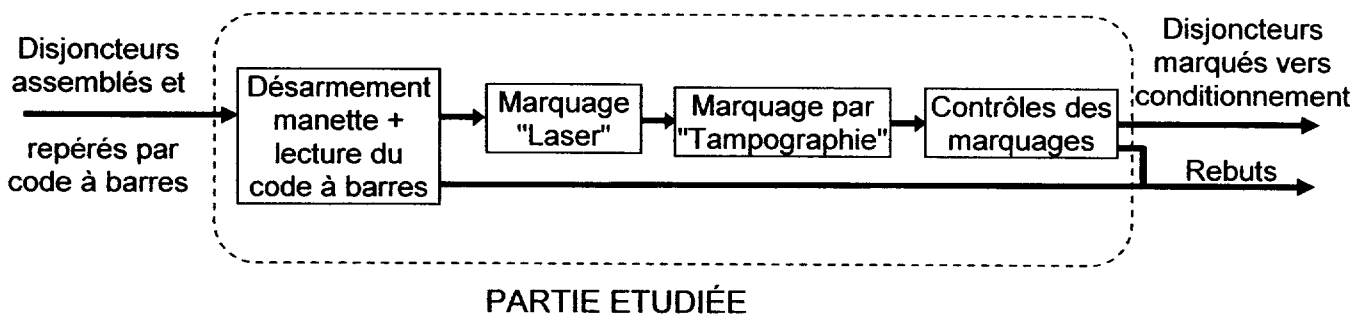
Tétrapolaire
4 pôles

Le pôle est le module de base contenant un contact.

Le disjoncteur (ou produit) est l'appareil composé de 1 à 4 pôles.

Tous les pôles constitutifs de l'appareil sont liés mécaniquement par une manette de manœuvre manuelle. Le désarmement correspond au sectionnement du circuit électrique passant au travers des pôles.

STRUCTURE FONCTIONNELLE DE L'UNITÉ DE MARQUAGE ET DE CONTRÔLE

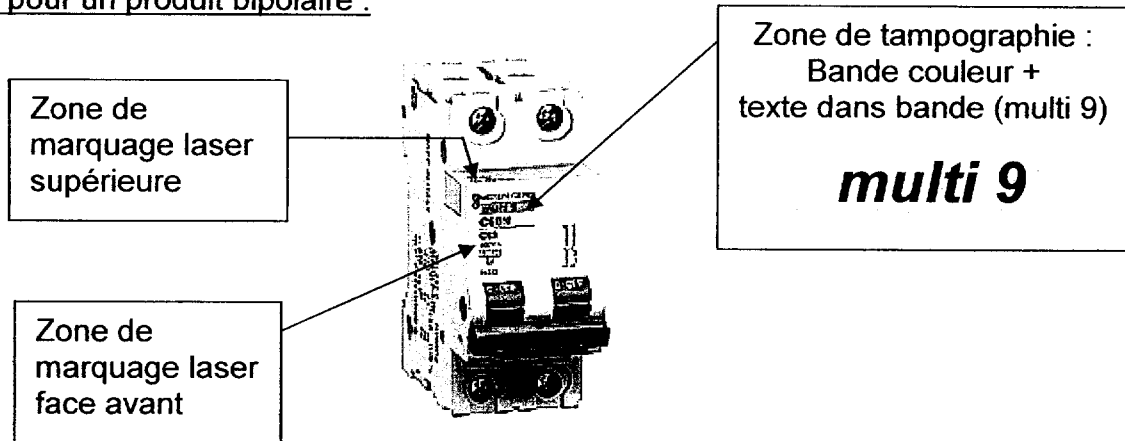


ZONES DE MARQUAGE LASER ET DE TAMPOGRAPHIE SUR LE PRODUIT

Tous les produits de la gamme sont repérés à l'aide de trois zones de marquage. Deux marquages sont réalisés à l'aide d'imprimantes laser noir et blanc et le dernier par tampographie couleur.

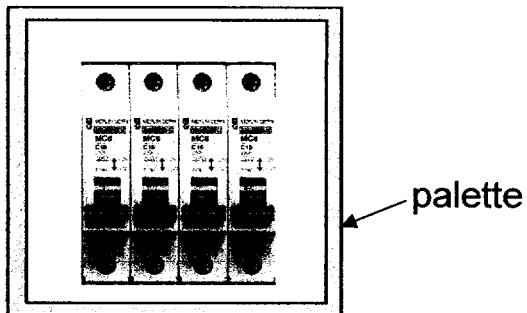
Tampographie : procédé d'impression permettant le report d'encre sur des formes régulières ou irrégulières au moyen d'un tampon en caoutchouc.

Exemple pour un produit bipolaire :

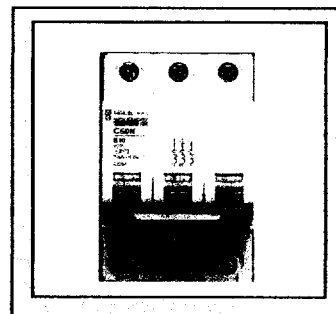


Une fois assemblé, serti et riveté, le produit (composé de 1 à 4 pôles) est acheminé par convoyeur jusqu'au poste de chargement P1 (voir synoptique page 3) d'où il sera chargé par lot sur une palette qui assurera la transitique entre les autres postes du système étudié. Une palette ne pouvant recevoir que 4 pôles au maximum, en fonction du type de produit fabriqué, 4 lots différents existent :

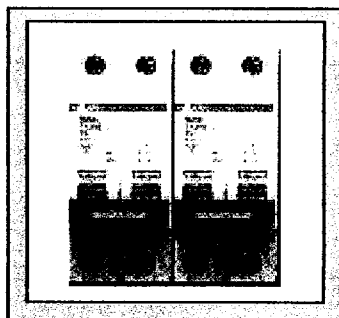
- 4 unipolaires (soit 4 produits)



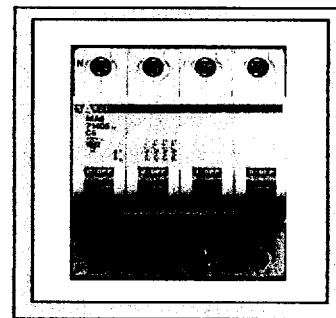
- 1 tripolaire (soit 1 produit)



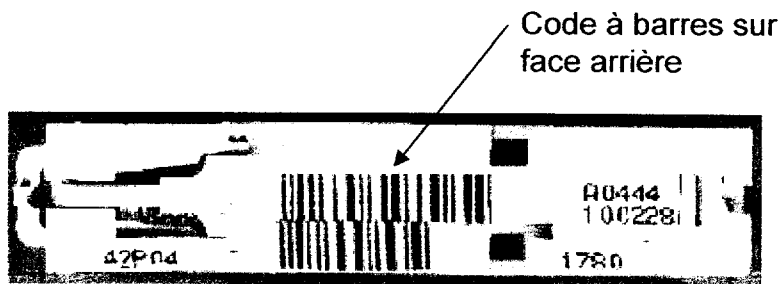
- 2 bipolaires (soit 2 produits)



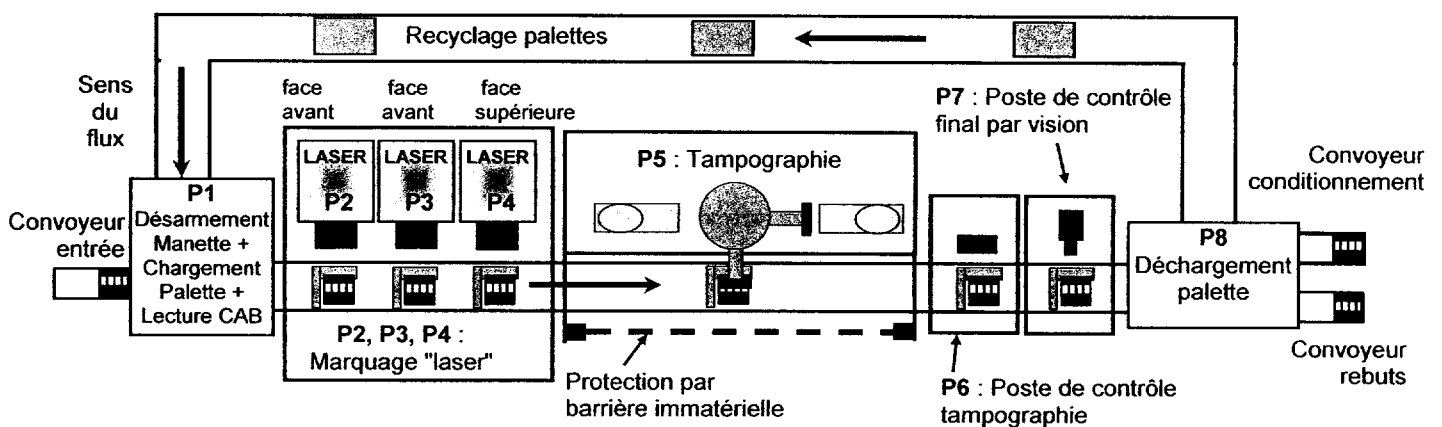
- 1 tétrapolaire (soit 1 produit)



Lors du chargement d'un lot sur la palette, la lecture d'un code à barres (CAB) situé sur la face arrière du produit permet d'identifier la série en cours et par conséquent le marquage à réaliser.



SYNOPTIQUE DE L'UNITÉ DE MARQUAGE ET DE CONTRÔLE



Poste P1 : Création et chargement d'un lot sur une palette + lecture CAB + désarmement manette

Poste P2 : Marquage laser face avant

- Unipolaire : marquage des 2 premiers produits du lot
- Bipolaire : marquage du premier produit du lot
- Tripolaire : marquage du produit
- Tétrapolaire : marquage du produit

Poste P3 : Marquage laser face avant

- Unipolaire : marquage des 2 derniers produits du lot
- Bipolaire : marquage du deuxième produit du lot
- Tripolaire : pas de marquage
- Tétrapolaire : pas de marquage

Poste P4 : Marquage laser face supérieure

- marquage de tous les produits

Poste P5 : Marquage tampographie (rectangle couleur + texte)

- marquage de tous les produits

Poste P6 : Contrôle tampographie

Poste P7 : Contrôle des produits par vision

Poste P8 : Déchargement des produits

- produits conformes sur le convoyeur « conditionnement »
- produits non-conformes sur le convoyeur « rebuts ».

ETUDE DU POSTE DE CHARGEMENT P1

A : Etude du sous-ensemble « séparateur - formateur de lot »

Les produits arrivent sur le convoyeur d'entrée (voir schématisation du poste de chargement page 9). Ils sont chargés sur une palette par lot. L'étude se limitera au chargement d'un lot de 4 produits (disjoncteurs unipolaires).

Les produits s'accumulent contre la butée escamotable. Dès que 8 produits sont accumulés derrière cette butée, le dispositif de blocage serre les quatre derniers. Les quatre premiers sont alors libérés grâce à la butée escamotable et entraînés par le convoyeur contre la butée fixe. Ils sont prêts pour le chargement sur la palette.

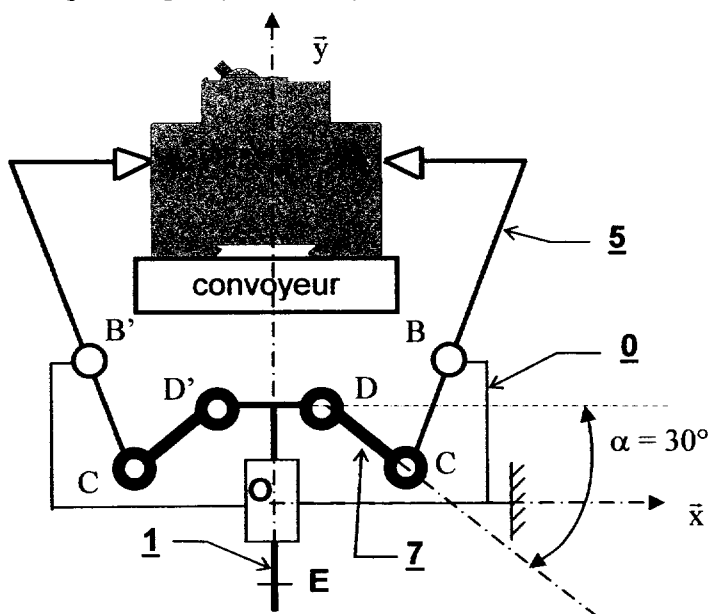
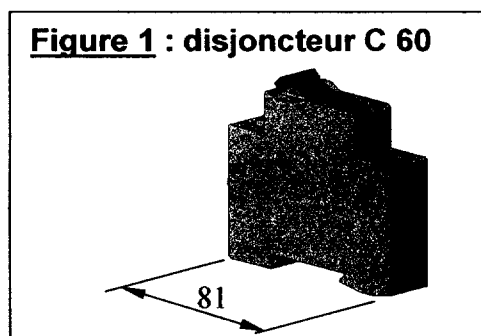
La butée escamotable et le dispositif de blocage sont actionnés, chacun, par un vérin.

PROBLEME TECHNIQUE 1 : Choix du vérin du « dispositif de blocage »

Hypothèses et données :

- On se place dans le cas où :
 - le produit (unipolaire) est de type C 60 (figure 1),
 - le chargement sur la palette s'effectue par lot de 4.
- Le convoyeur d'entrée est toujours en mouvement.
- Soit F_s l'effort normal de serrage en A et A' (voir figure 2) sur un produit :
 - pour éviter l'entraînement par le convoyeur F_s vaut au minimum 2 N,
 - pour éviter d'être endommagé F_s vaut au maximum 10 N.
- L'étude sera faite dans le plan (O, \bar{x}, \bar{y}) de la figure 2.
- Les liaisons seront supposées parfaites.
- Les masses des différentes pièces seront négligées.
- Pour assurer une bonne durée de vie du vérin, le choix s'est porté sur un vérin à guidage intégré (FESTO type ADVUL) modélisé par une liaison glissière en O.

Figure 1 : disjoncteur C 60



$$\overrightarrow{BC} \begin{vmatrix} -3 \\ -66 \\ 0 \end{vmatrix}$$

$$\overrightarrow{BA} \begin{vmatrix} -42 \\ 136 \\ 0 \end{vmatrix}$$

$$\overrightarrow{BD} \begin{vmatrix} -69 \\ -28 \\ 0 \end{vmatrix}$$

Figure 2 : schéma cinématique (position serrage)

Question A 1 :

- Déterminer $\|\vec{F}_a\|$ l'effort axial à développer par le vérin en fonction de F_s l'effort de serrage en A (respectivement A') sur le produit. Pour cela, vous pourrez isoler successivement les pièces 7, 5 et 1.
- En déduire les valeurs mini et maxi de $\|\vec{F}_a\|$.

La simulation du mouvement des différentes pièces constituant le sous-ensemble **séparateur-formateur de lot** à l'aide d'un logiciel de mécanique, a permis d'éditer les courbes des coordonnées des points F et F' sur l'axe \bar{x} en fonction des coordonnées du point E (appartenant à la tige du vérin) sur l'axe \bar{y} (voir paramétrage et courbes sur le document ressource page 10) ; les points F et F' étant les centres des joncs solidaires des deux bras 5 venant assurer le contact avec les produits au moment du serrage.

Question A 2 :

Déterminer, à l'aide du graphe des coordonnées des points F et F' fourni page 10, la course utile du vérin pour obtenir le serrage des produits. Justifier la démarche.

Question A 3 :

Choisir à l'aide du document ressource page 11 et des données ci-dessous la référence (type) d'un vérin répondant au problème technique posé.

Données :

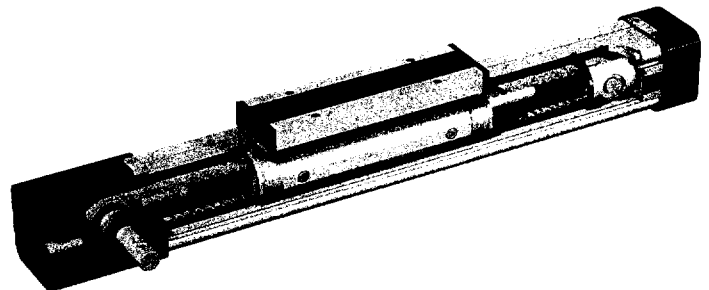
- Effort axial à développer par le vérin $19 \leq \|\vec{F}_a\| \leq 92$ N.
- Course mini 13 mm.
- Pression d'alimentation 0,6 MPa.
- Taux de charge $\tau = 0,9$.
- Course standard.

B : Etude du mouvement horizontal du sous-ensemble « bras de chargement »

Les produits positionnés contre la butée fixe sont prêts pour le chargement sur une palette. Le système de préhension vient saisir les produits pour les positionner sur la palette. Deux unités de translation sont nécessaires : l'une horizontale et l'autre verticale (voir schématisation du poste bras de chargement page 9).

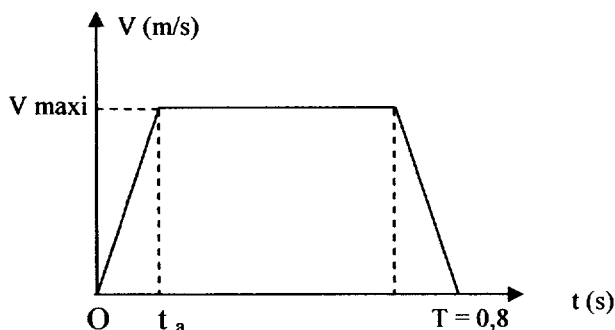
PROBLEME TECHNIQUE 2 : Choix de la motorisation de l'unité de translation horizontale

L'unité de translation est constituée d'une unité de guidage (ci-contre) et d'un servomoteur (moteur + variateur).



Hypothèses et données :

- Soit le système Σ composé :
 - des parties mobiles de l'unité de guidage (les deux poulies crantées, la courroie et le chariot),
 - du système de préhension + 4 produits,
 - du rotor du moteur (qui entraîne directement une des poulies).
- Le repère $R(O, \bar{x}, \bar{y}, \bar{z})$ lié au bâti de la machine est galiléen.
- Notations :
 - ω_m : vitesse angulaire de l'arbre du moteur en rd/s
 - N_m : fréquence de rotation de l'arbre du moteur en tr/min
 - $\dot{\omega}_m$: accélération angulaire de l'arbre du moteur en rd/s²
 - C_m : moment du couple disponible en sortie du servomoteur en N.m
 - V : vitesse linéaire du chariot de l'unité de guidage en m/s
 - C_r : moment du couple résistant dû aux frottements, supposé constant, ramené sur l'arbre moteur : $C_r = 0,02$ N.m
 - D_p : diamètre primitif des deux poulies crantées P : 31,83 mm
 - M_C : masse du système de préhension C : 3,6 kg
 - M_p : masse des 4 produits : 400 g
 - M_{ch} : masse du chariot de l'unité de guidage A : 1,9 kg
 - J_p : moment d'inertie d'une poulie crantée P de l'unité de guidage par rapport à son axe : $1,05 \cdot 10^{-4}$ kg.m²
- Le facteur d'inertie (rapport entre le moment d'inertie de la charge et de celui du rotor moteur) conseillé est tel que $J_{\text{éq}} / J_m \leq 15$ avec :
 - $J_{\text{éq}}$ caractérisant le moment d'inertie de toutes les pièces en mouvement ramené sur l'arbre moteur
 - J_m caractérisant le moment d'inertie du rotor du moteur
- La loi de vitesse pour la translation horizontale du chariot chargé est la suivante :



La lecture du CAB durant la translation se fera pendant la phase à vitesse constante. Ceci impose les valeurs suivantes :

- Course pour les phases d'accélération et décélération identiques et de valeur c_a .
- Course pour la phase de régime permanent : c_p .

Détermination des caractéristiques cinématiques du mouvement du rotor du moteur.

Question B 1 :

Déterminer V_{max} la vitesse linéaire maxi du chariot en fonction des courses c_a et c_p . En déduire a , l'accélération linéaire du chariot en fonction des courses c_a et c_p .

Question B 2 :

Établir la relation entre V et ω_m ainsi que celle entre a et $\dot{\omega}_m$.

Question B 3 :

Application numérique : déterminer V_{max} , a , ω_m maxi, N_m maxi et $\dot{\omega}_m$ en prenant $c_a = 25$ et $c_p = 210$ mm.

Choix du servomoteur.

Question B 4 :

Déterminer le moteur nécessaire pour la mise en mouvement du système Σ , en utilisant le principe de détermination du moteur exposé ci-après.

Rappels de mécanique :

L'application du théorème de l'énergie cinétique au système matériel Σ composé de toutes les pièces en mouvement par rapport au repère R aboutit à l'expression (en phase d'accélération) :

$$\Sigma M_{m/\Delta} - \Sigma M_{r/\Delta} = \Sigma J_{/\Delta} \cdot \dot{\omega}_m \quad (\text{tous les termes sont positifs})$$

- $\Sigma M_{m/\Delta}$: somme des moments moteurs ramenés sur l'axe Δ du rotor
- $\Sigma M_{r/\Delta}$: somme des moments résistants ramenés sur l'axe Δ du rotor
- $\Sigma J_{/\Delta}$: somme des moments d'inertie des pièces en mouvement ramenés sur l'axe Δ du rotor comprenant :
 - $J_{eq/\Delta}$ le moment de toutes les inerties extérieures (autres que le rotor)
 - $J_{m/\Delta}$ le moment d'inertie du rotor
- $\dot{\omega}_m$: l'accélération angulaire du rotor par rapport au repère R.

Principe de détermination de la taille moteur en fonction de l'application (selon constructeur)

Étape 1 : Calculer le couple moteur nécessaire à l'application en négligeant le moment d'inertie du rotor.

- Conseils** :
- calculer $J_{eq/\Delta}$
 - en utilisant l'expression ci-dessus calculer C_m en prenant $\dot{\omega}_m = 190 \text{ rd/s}^2$
- Par prudence, prendre un coefficient de sécurité de 2 pour C_m .

Étape 2 : Choisir un moteur dont le couple de démarrage soit supérieur à celui calculé à l'étape 1. En déduire le moment d'inertie du rotor.

Ressource : voir document ressource page 14. Le couple de démarrage est à comparer au couple maximal.

On admet que $N_{m \text{ maxi}} < 1000 \text{ tr/min}$

Étape 3 : Vérifier la valeur du facteur d'inertie J_{eq} / J_m . Sinon retourner à l'étape 2.

Aide : considérer que $J_{eq/\Delta} = 18 \text{ kg.cm}^2$.

Étape 4 : Recalculer le couple moteur en tenant compte du moment d'inertie du rotor.

Vérifier que le moteur choisi fournit un couple de démarrage suffisant sinon retourner à l'étape 2.

Étape 5 : Vérifier que le moteur résiste d'un point de vue thermique :

- calculer la vitesse moyenne V_{moy} (en tr/min) et le couple thermique équivalent C_{eq} .
 - Le point défini par V_{moy} et C_{eq} doit se situer en dessous de la courbe "couple constant" dans la plage d'utilisation du moteur.
- Sinon retourner à l'étape 2.

Ressource : voir documents ressources page 12,13 et 14.

**C : Etude de l'amortissement du mouvement vertical du sous-ensemble
« bras de chargement ».**

PROBLEME TECHNIQUE 3 : Choix de l'amortisseur de fin de course bas (page 9).

Hypothèses et données :

- Le repère R (O, \bar{x} , \bar{y} , \bar{z}) lié au bâti de la machine est galiléen.
- La masse de l'ensemble en mouvement à amortir est de 25 kg.
- L'action du ressort de traction est supposée constante pendant la phase d'amortissement et égale à 123 N.
- L'action du vérin en rentrée de tige est de 420 N, elle reste constante lors du mouvement.
- Prendre pour l'accélération de la pesanteur $g = 10 \text{ m/s}^2$.
- Le bras de chargement atteint une vitesse maxi de 364 mm/s au moment de l'impact.
- La fréquence C à laquelle l'amortisseur va travailler est de 1600 cycles / heure.

Question C 1 :

Choisir, à l'aide de la documentation technique pages 16 et 17 et en suivant la démarche de détermination fournie page 15, l'amortisseur de fin de course bas nécessaire.