Concours Commun INP (CCINP), France

Session 2009, filière TSI

Sciences industrielles de l'ingénieur

Ce que traite le sujet

- Partie I : fonctionnement global du système
- Partie II : poinçonner une tôle
- Partie III : faire avancer la tôle pas à pas
- Partie IV : évacuer une tôle
- Partie V : acquérir et communiquer

Copie non officielle du sujet, à partir de la page suivante.

Copie du sujet officiel dont l'en-tête du concours a été effacé ; le contenu de l'énoncé est intact.

Résumé des parties, chapitres de cours liés et autres années : prepahelp.com/annales/ccinp/tsi/2009/si

Prepa Help ne revendique aucun droit sur le sujet, propriété de l'organisateur du concours.

Calculatrice autorisée

N.B. : Si un candidat est amené à repérer ce qui peut lui sembler être une erreur d'énoncé, il le signalera sur sa copie et devra poursuivre sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.

(Début du sujet)

PRESSE MULTI POINÇONNAGE



<u>Sujet</u> : page 1/30 à 20 /30

Partie I : Étude du fonctionnement global du système
Partie II : Étude de FT1 : « Poinçonner une Tôle »
Partie III : Étude de FT21 : « Faire avancer la Tôle pas à pas »
Partie IV : Étude de FT22 : « Évacuer une Tôle »
Partie V : Étude de FT31 : « Acquérir et communiquer »

<u>Annexes</u> : page 21/30 à 25/30

<u>Documents réponses</u> : page 26/30 à 30/30

Partie I : Étude du fonctionnement global du système

La presse multi-poinçonnage permet la fabrication de couvercles de boîtes de conserves.
Elle peut s'adapter à de nombreux types de production, on peut modifier :

- Le nombre et le diamètre des outils.
- La taille, l'épaisseur et le matériau des tôles à poinçonner.

La presse est constituée de quatre grandes parties (Fig. 1) :

- Armoire de commande.
- Dispositif d'avancement des tôles.
- La presse.
- Dispositif d'évacuation.

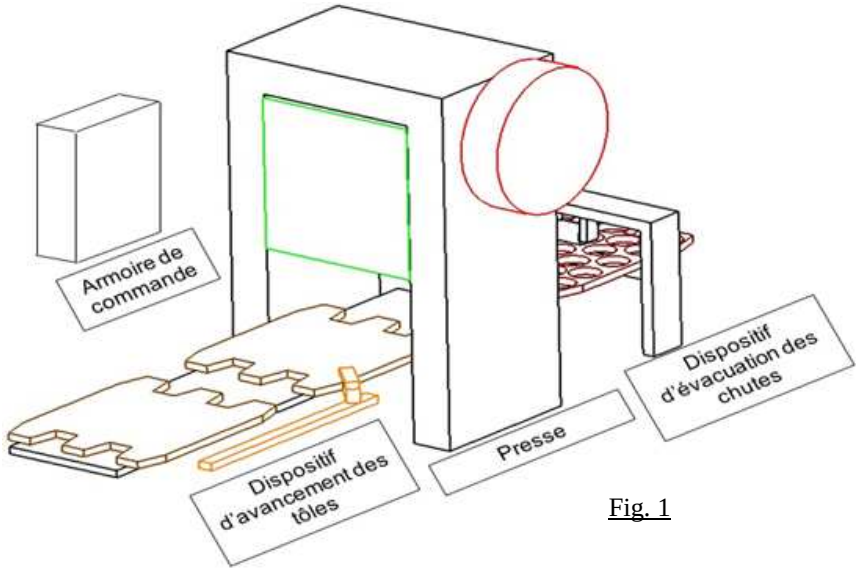


Fig. 1

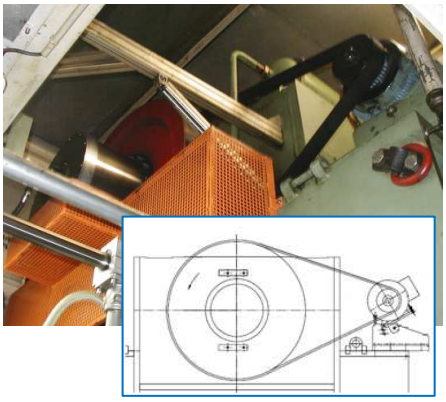


Fig.2 : Système d'entraînement



Fig. 3 : Bac de récupération des chutes

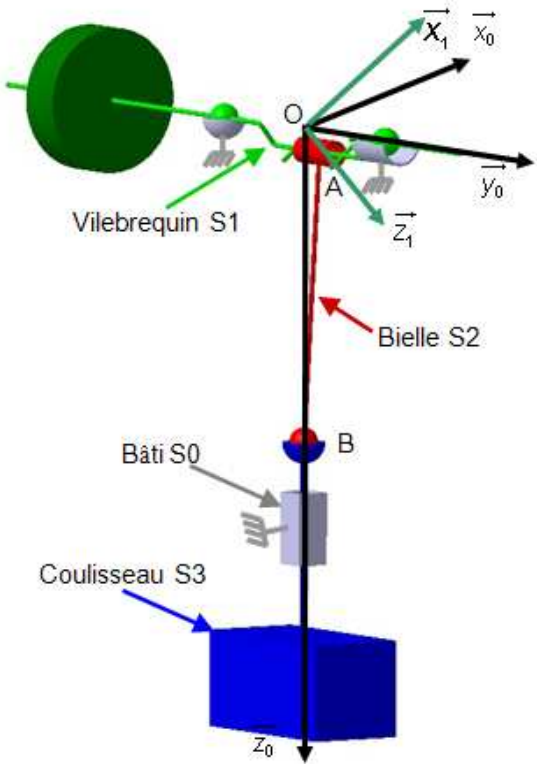


Fig. 4 : Ensemble vilebrequin coulisseau appelé « Axe Z »

Analyse fonctionnelle :

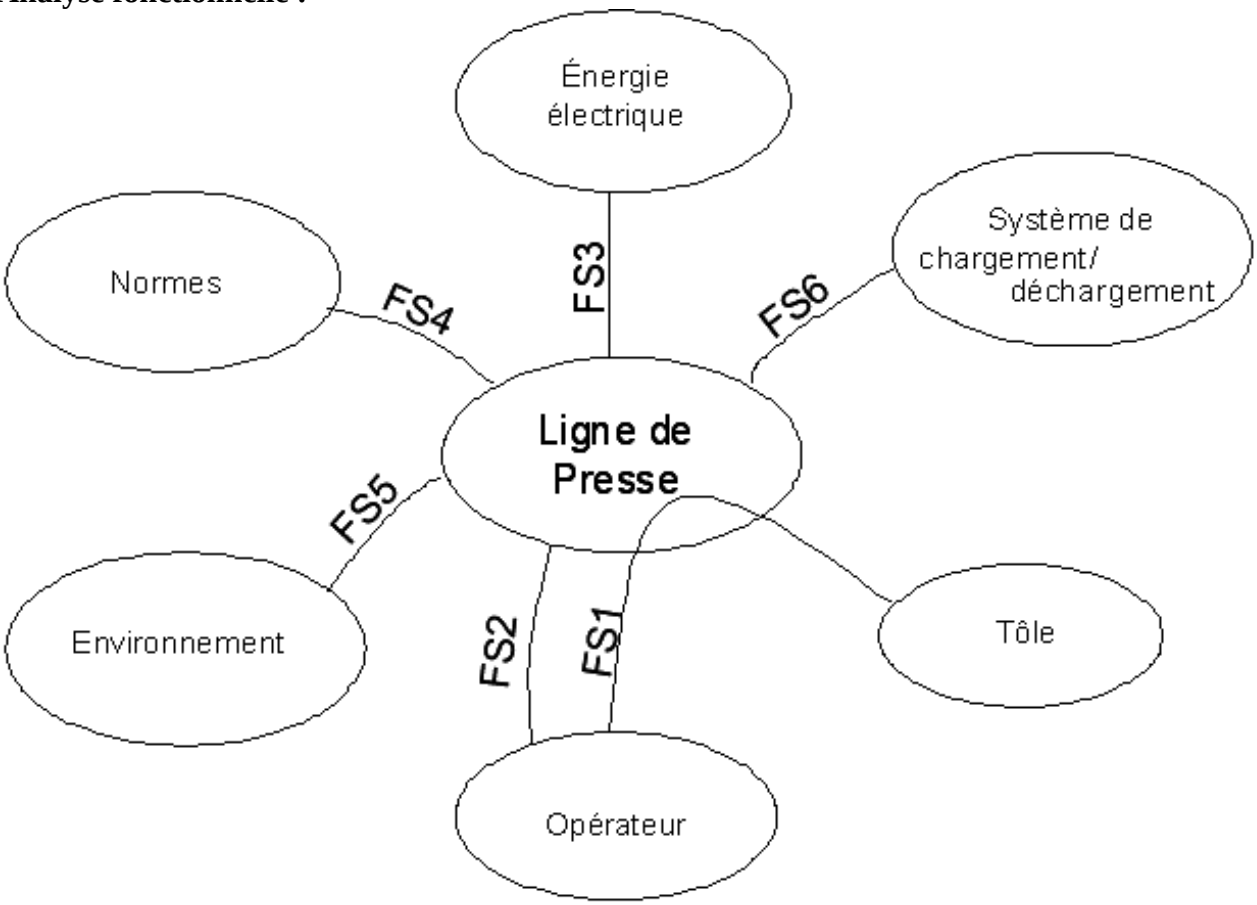
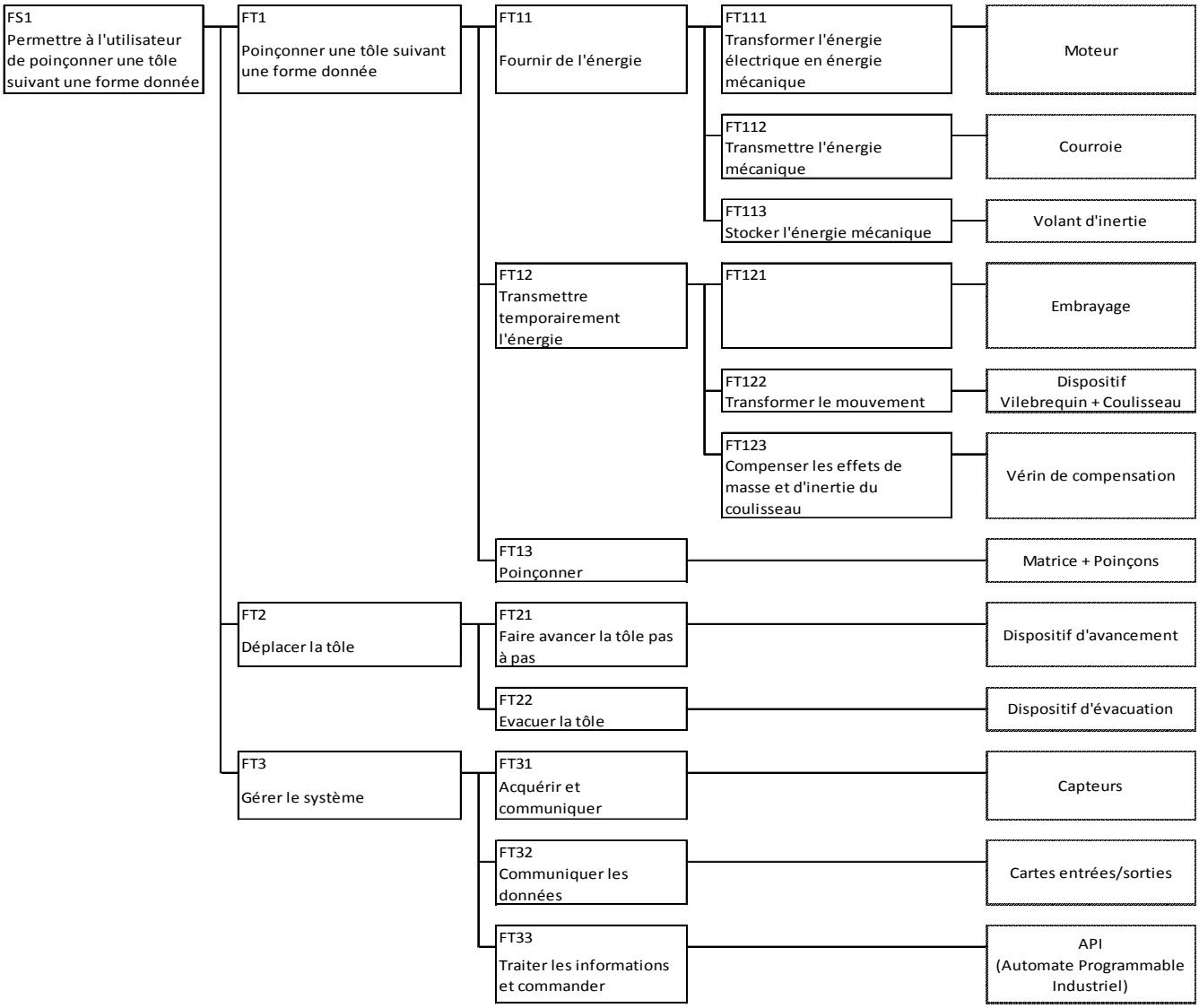


Fig. 5

Fonction	Critère	Niveau
FS1 : Permettre à l'utilisateur de poinçonner une tôle suivant une forme donnée	Cadence des coups Force de frappe	De 80 à 240 coups/minute 50000N
FS2 : Dialoguer avec l'utilisateur		
FS3 : Être adapté à l'énergie disponible	Tension	3x 400V
FS4 : Répondre aux normes en vigueur	EN 60204	
FS5 : Être adapté à l'environnement	Masse Encombrement	30 tonnes 10x10x15m
FS6 : Permettre l'adaptation du système de chargement/déchargement		

FAST partiel :



Un moteur asynchrone assure la rotation d'un dispositif « vilebrequin + coulisseau » qui entraîne les outils en translation. Un codeur situé sur l'arbre moteur permet de connaître la position du vilebrequin.

Le mouvement du coulisseau est symbolisé par le diagramme suivant (Fig. 6),
θ représente la position du vilebrequin.

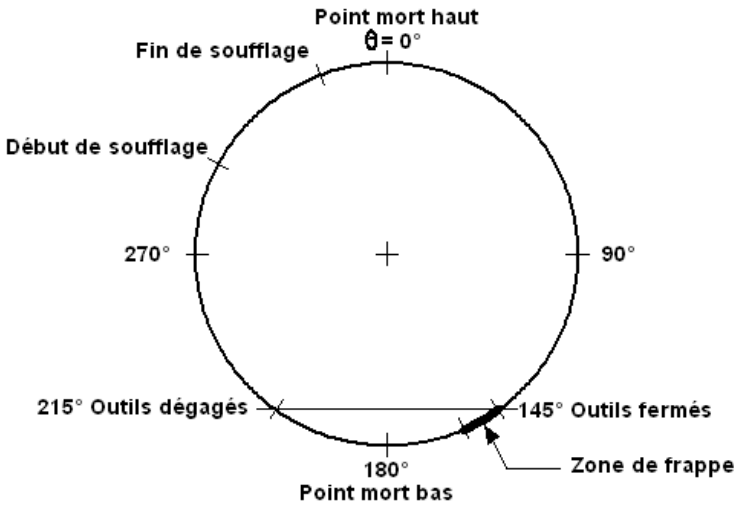


Fig. 6

Lorsque le coulisseau est suffisamment remonté, les tôles sont acheminées d'un pas par un système de pince. La pince est entraînée en translation par un moteur à courant continu avant le poinçonnage suivant.

Après le poinçonnage les outils remontent, les couvercles restent accrochés aux outils, un dispositif de soufflage permet de les décrocher.

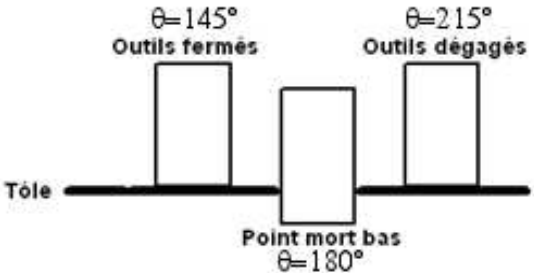


Fig. 7

En cas de détection de défaut (couvercle non évacué), le coulisseau est désaccouplé du moteur par l'intermédiaire d'un embrayage. Le coulisseau doit être freiné avant le poinçonnage suivant.

Q1 Énoncer la fonction technique du FAST, FT121.

La cadence de production conditionne le fonctionnement du système. Il est constitué de 4 grandes parties (Fig. 1 page 2/30) que nous allons analyser.
Dans ce sujet, nous étudierons les fonctions suivantes :

- FT1 : « Poinçonner une tôle » (réalisée par la presse) ;
- FT21 : « Faire avancer la tôle pas à pas » (réalisée par le dispositif d'avancement) ;
- FT22 : « Evacuer une tôle » (réalisée par le dispositif d'évacuation) ;
- FT31 : « Acquérir et communiquer » (réalisée dans l'armoire de commande).

Partie II : Étude de FT1 : « Poinçonner une tôle »

L'objectif de cette partie est de vérifier le choix du moto-variateur et de dimensionner le vérin de compensation.

L'étude sera divisée en trois étapes :

- Vérification du dimensionnement du moteur ;
- Étude de la solution technologique utilisée pour le variateur de vitesse ;
- Dimensionnement de la tige du vérin de compensation.

Chaîne d'énergie partielle de la presse

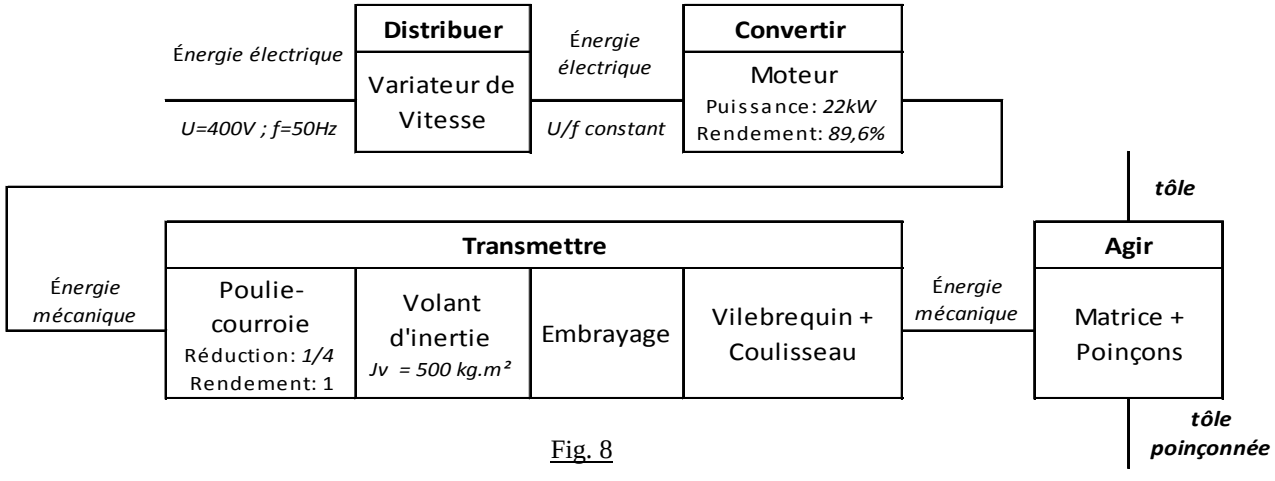


Fig. 8

Étude de la motorisation du poinçonnage : FT11 : « Fournir de l'énergie »

Objectif : Vérification du choix du moteur et justification de l'intérêt d'une réversibilité de la commande du moteur.

Le couple moteur dépend du couple de frappe et du couple nécessaire au mouvement du coulisseau.

Le moteur choisi pour assurer l'entraînement a les caractéristiques suivantes :
LS 200 L : *22 kW ; 230 / 400 V ; 975 tr.mn^{-1} ; cos φ = 0,81 ;* Rendement *η = 89,6 % ;*
J = 0,287 kg.mm² ; $I_D / I_N = 6{,}7$ *;* $C_D / C_N = 2{,}1$ *;* $C_M / C_N = 2{,}8$;

Réseau : 3 x 400 V.
I_D : courant de démarrage moteur.

Q 2.1 Déterminer : le couplage, le courant nominal I_N, le couple nominal C_N, le nombre de paires de pôles p , le couple de démarrage C_D, le couple maximum C_M du moteur et le glissement nominal du moteur g.

<u>Détermination de la loi entrée/sortie du dispositif « vilebrequin + coulisseau », détermination de la vitesse du coulisseau au moment de la frappe.</u>

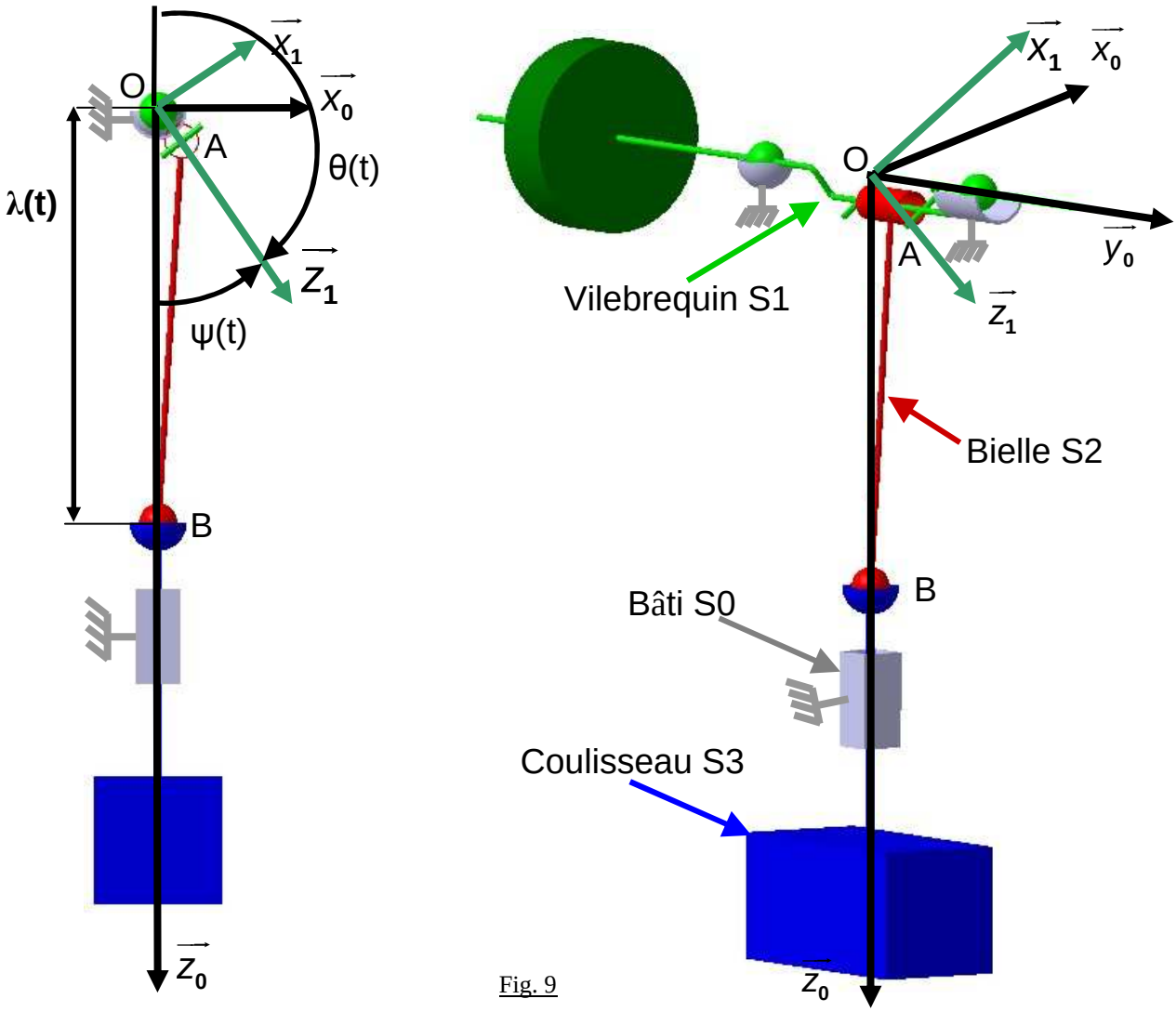


Fig. 9

On considère (Fig. 9 page 6/30) une partie de la presse composée d'un bâti (S0), d'un vilebrequin (S1), d'une bielle (S2) et d'un coulisseau (S3). Le vilebrequin est entraîné par un moteur et un dispositif « poulies-courroie » de rapport de réduction ¼ (non représenté ici). Un système de compensation (2 vérins) annule le poids du coulisseau.

Soit $R_0(0,\vec{x_0},\vec{y_0},\vec{z_0})$ un repère lié à (S0) (fixe). Le solide (S1) est en liaison pivot d'axe $(0,\vec{y_0})$ par rapport au solide (S0). $R_1(A,\vec{x_1},\vec{y_1},\vec{z_1})$ est un repère lié à (S1). Posons $\psi=(\vec{z_0},\vec{z_1})$ avec $\dot{\psi}(t)=\omega_v(t)$ avec ω_v constante positive exprimée en radians par seconde. On pose $\vec{OA}=a\vec{z_1}$ avec A centre de la liaison entre (S1) et (S2). **a = 60 mm**.

Le solide (S2) est en liaison pivot d'axe $(A,\vec{y_0})$ par rapport à (S1). $R_2(A,\vec{x_2},\vec{y_2},\vec{z_2})$ est un repère lié à (S2). On pose $\beta=(\vec{z_0},\vec{z_2})$. Soit B le centre de la liaison entre (S2) et (S0) tel que : $\vec{AB}=b\vec{z_2}$.
b = 600 mm.

Enfin, il y a une liaison glissière entre le solide (S0) et (S3) telle que $\vec{OB}=\lambda\vec{z_0}$.

Q 2.2 Par une fermeture géométrique trouver la relation entre **λ** et ψ.

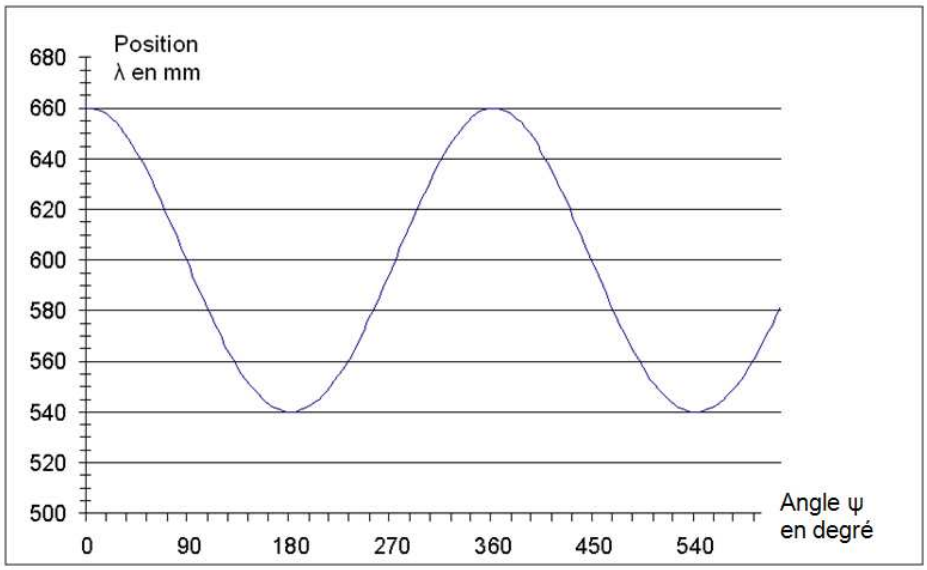


Fig. 10

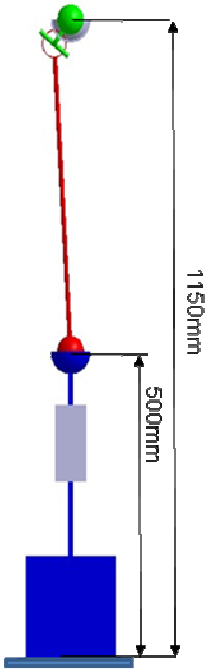


Fig. 11

La **figure 10** représente la loi entrée/sortie **λ** en fonction de ψ que vous venez de déterminer et la **figure 11** représente la position de la presse au moment de la frappe.

Q 2.3 En déduire **λ et** ψ au moment de la frappe.

On peut exprimer **λ** sous la forme **:** $\lambda = a.\cos(\psi) + \sqrt{b^2 - a^2.\sin^2(\psi)}$

Q 2.4 En déduire la vitesse du coulisseau $\overrightarrow{V_{B\in S3/S0}}$ en fonction de t, ω_v, ψ, a et b.

Q 2.5 Pour la position déterminée à la question **Q 2.3**, trouver la vitesse du coulisseau V_P au moment de la frappe. La vitesse de rotation du vilebrequin est ω_v = 25 rad/s.

Recherche du couple moteur maximal du système au moment de la frappe.

Soit l'effort au moment de la frappe F_P = 50 000 N.

Hypothèses :
Les liaisons sont parfaites, le rendement de la transmission poulie courroie est de 1.
Seule l'inertie du volant est prise en compte ; soit Jv son inertie autour de son axe de rotation.
La vitesse de rotation du moteur ω_m est considérée constante et égale à 100 rad/s.
Le poids du coulisseau est compensé par deux vérins.
Dans cette question, l'inertie du coulisseau n'est pas prise en compte car on cherche seulement le couple dû à la frappe.

Q 2.6 En utilisant le théorème de l'énergie cinétique, exprimer le couple moteur C_f au moment de la frappe en fonction de F_P, V_P et ω_m.

Pour cela :

- Définir le système isolé.
- Réaliser le bilan des actions mécaniques internes et externes. En déduire les puissances à prendre en compte.
- Etablir l'énergie cinétique du système isolé.
- Appliquer le théorème de l'énergie cinétique et en déduire le couple moteur.

Lorsque le couple développé par une machine n'est pas constant sur son cycle de fonctionnement, on recherche le couple thermique équivalent C_{TH} qui provoquerait le même échauffement afin de choisir le moteur.
Pour cette question, le couple au moment de la frappe est C_f = 500 Nm.
Le temps de frappe est d'environ 1/250^e du temps de rotation.
Pendant les phases de montée et de descente le couple nécessaire au mouvement du coulisseau est sinusoïdal. $C_c(\theta) = 100.\sin(2\theta)$

Q 2.7 Déterminer ce couple C_{TH} sur un cycle de fonctionnement (de période T) sachant que :

$$C_{TH}^2 = \frac{1}{T}\int_0^T C^2(t).dt = \frac{1}{T}\int_0^T C_c^2(t).dt + \frac{1}{T}\int_0^T C_f^2.dt$$

Q 2.8 À partir des valeurs des couples C_f et C_{TH}, justifier le choix du moteur.

Ce moteur est alimenté par un convertisseur de fréquence réversible.

On se propose de justifier le choix et l'intérêt de ce convertisseur en étudiant successivement :

- La caractéristique couple/vitesse du moteur.
- La nécessité d'une commande U/f constante pour le convertisseur de fréquence.
- La réversibilité du variateur.

Détermination de la caractéristique couple / vitesse du moteur.

Le schéma équivalent simplifié par phase ramené au stator est le suivant (Fig. 12) :
Les seules pertes envisagées sont les pertes joules rotoriques P_{JR}.

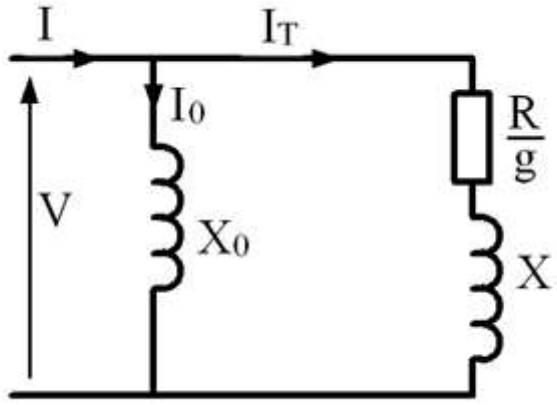


Fig. 12

I courant absorbé par le moteur.
I_0 courant magnétisant.
I_T courant équivalent transmis au rotor.
V tension simple.
X_0 inductance magnétisante.
R résistance rotorique.
g glissement.
X réactance de fuite.
$X = L\omega$.

Q 2.9 Donner sur le document réponse (**DR1 page 26/30)** l'allure de la caractéristique de couple électromagnétique C en fonction du glissement g pour $g > 0$.
Placer les points correspondant au démarrage, au fonctionnement nominal et au synchronisme.

On se propose de déterminer les points particuliers de cette caractéristique en fonction des éléments du schéma équivalent.

Q 2.10 Déterminer la puissance électromagnétique P_{em} en fonction des éléments du circuit.

Q 2.11 Exprimer les pertes joules rotoriques P_{JR} et la puissance utile P_u en fonction de la puissance transmise.

Q 2.12 Donner l'expression du couple électromagnétique C en fonction des éléments du circuit et de la pulsation des courants statoriques ω. Mettre cette expression sous la forme
$C = \alpha.g / 1+ \beta.g^2$

Q 2.13 À partir de cette expression, vérifier que le couple électromagnétique est nul au synchronisme et qu'il passe par un maximum C_M.

Q 2.14 Déterminer l'expression littérale des coordonnées de ce maximum.

Q 2.15 Montrer que pour un fonctionnement proche de la vitesse de synchronisme à tension et fréquence constantes le couple électromagnétique s'exprime $C = K g$.

Q 2.16 Déterminer l'expression de K.

Q 2.17 À partir des caractéristiques du moteur calculées à la question Q 2.1, évaluer la valeur du coefficient K et des paramètres R, X du modèle équivalent.

Q 2.18 Déterminer l'expression du couple de démarrage théorique C_D et faire l'application numérique.

Q 2.19 Pour permettre le démarrage des moteurs dans de bonnes conditions, la valeur réelle du couple de démarrage est très supérieure à cette valeur théorique. Indiquer sur quel paramètre les constructeurs agissent et les solutions technologiques retenues pour augmenter le couple au démarrage.

Q 2.20 Compléter sur le document réponse (**DR1 page 26/30**) la caractéristique C = f (g) lorsque g est négatif et proche du synchronisme. Indiquer à quoi correspond ce mode de fonctionnement et s'il est utilisé sur la presse.

Q 2.21 Le moteur de la presse est alimenté par un convertisseur de fréquence de type U / f constant. À partir de l'étude précédente, montrer qu'il est nécessaire de garder le rapport U / f constant pour garder C_M constant.

Étude du convertisseur de fréquence

Schéma de principe:

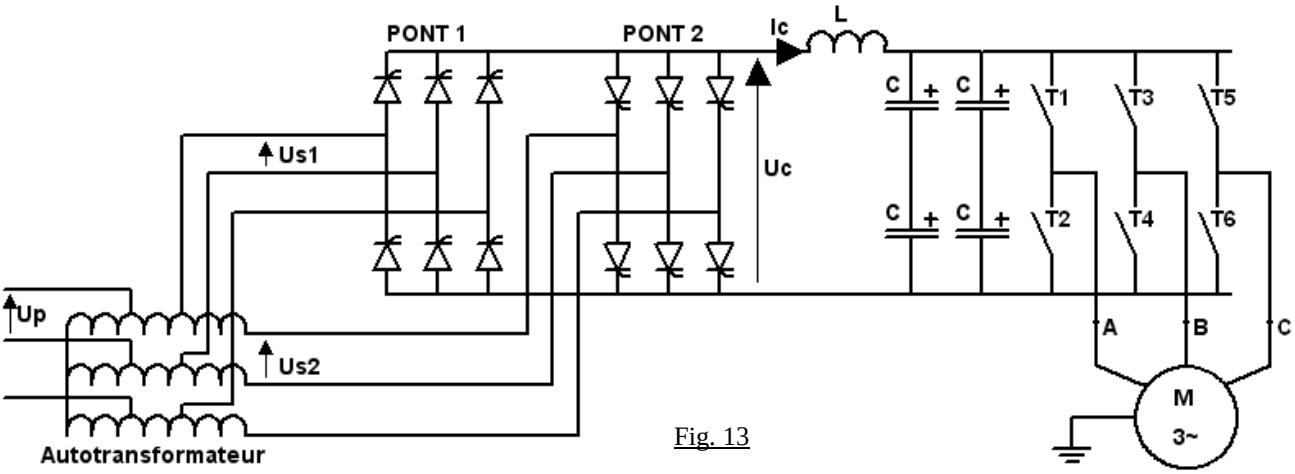


Fig. 13

Caractéristiques de l'autotransformateur :
Sn = 37 kVA Up = 400 V
Us1 = 435 V Us2 = 510 V

Les caractéristiques nominales du bus continu sont les suivantes :
Uc = 530 V ; courant permanent Ic = 125 A.

Capacités de filtrage : 4 condensateurs C = 10 000 µF, 350 V
Inductance : L = 1mH, 80 A

La conversion alternatif-continu est réalisée par des ponts tout thyristors. Le fonctionnement est similaire au fonctionnement des ponts redresseur à diodes mais la mise en conduction des thyristors s'effectue à partir d'un angle α, noté angle de retard à l'amorçage.

Deux boucles de régulation permettent d'asservir l'angle de retard à l'amorçage des thyristors des 2 ponts à la tension et au courant coté continu.

Étude du convertisseur continu / alternatif à fréquence variable

On rappelle :

Cadence maximale = 240 coups/minute.

Cadence minimale = 80 coups/minute.

La poinçonneuse peut fonctionner à différentes cadences, pour s'adapter à la production de couvercles de différents diamètres.

Rapport de réduction du système poulie courroie ¼.

Q 2.22 Calculer les fréquences d'alimentation du moteur nécessaires pour permettre les cadences de fonctionnement extrêmes. Pour ce calcul, on peut négliger le glissement.

Q 2.23 L'onduleur est constitué de 6 interrupteurs bidirectionnels en courants.
Tracer sur le document réponse (**DR1 page 26/30**) l'allure des tensions aux bornes du moteur U_{AB}, U_{BC} et U_{CA} en fonction des périodes de conduction des interrupteurs. On supposera que la tension Uc reste constante.

Q 2.24 Sur quel paramètre doit-on agir pour faire varier la fréquence d'alimentation du moteur ?

Q 2.25 Calculer la valeur efficace de ces tensions et vérifier que le moteur pourra être alimenté sous sa tension nominale.

Q 2.26 Quelle est la technique utilisée industriellement pour obtenir des courants absorbés par le moteur proche d'une onde sinusoïdale à partir de telles tensions ?

Étude du convertisseur commandé alternatif / continu.

Q 2.27 Indiquer sur le document réponse (**DR2 page 27/30**) les quadrants de fonctionnement du moteur de la presse. En déduire le rôle des 2 ponts tout thyristors montés tête bêche.

Étude du freinage.

En cas de défaut lors de l'emboutissage (présence de 2 plaques…) il est nécessaire d'arrêter la presse le plus rapidement possible (< 10 s). Le coulisseau est désaccouplé du moteur et est freiné.

Le variateur assure l'arrêt de l'ensemble « moteur ; volant d'inertie » en renvoyant l'énergie au réseau.

Inertie du volant : $J_v = 500\ kg.m^2$

On admet que les rendements des différentes parties de la chaîne de conversion d'énergie sont les suivants :

Réducteur à courroies : $\eta_R = 90\%$

Moteur : $\eta_M = 89{,}6\ \%$

Convertisseurs : $\eta_{CONV} = 100\ \%$

Q 2.28 Déterminer l'énergie renvoyée sur le réseau E_R pendant la phase de freinage à partir de l'énergie cinétique emmagasinée par le volant d'inertie E_C.

Q 2.29 Évaluer le temps de freinage si le courant de l'étage continu est limité à 50A (fonctionnement en limitation de courant). Vérifier que ce temps est compatible avec le cahier des charges. On admet que la tension continue reste égale à 530 V.

Conclusion.

Q 2.30 Justifier l'intérêt de ce convertisseur réversible.

Étude du système de compensation: FT123 : « Compenser les effets de masse du coulisseau »

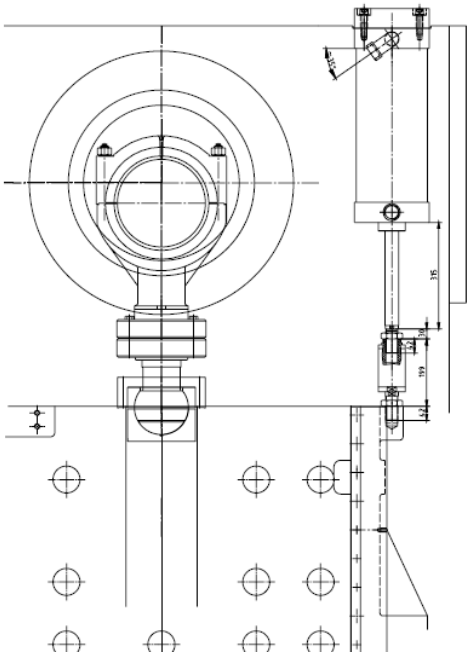


Fig. 14

Initialement, la presse devait être livrée avec un seul vérin de compensation. Pour des raisons d'équilibrage des efforts dans la liaison coulisseau-bâti, l'entreprise a décidé d'en rajouter un deuxième. Ces vérins seront fournis sur commande par un sous-traitant. L'entreprise est en charge de dimensionner ces vérins et de choisir le matériau par rapport à des essais de traction fournis par ce même sous-traitant.

L'objectif de cette partie est de dimensionner la tige des deux vérins de compensation. Ce dimensionnement se fera presse arrêtée.

Les vérins servent à compenser le poids du coulisseau, c'est-à-dire que l'effort dû à la masse du coulisseau n'a aucun effet sur l'effort transmis par la bielle.
La masse du coulisseau est de 2200kg.

Q 2.31 En déduire les efforts dans chaque tige de vérin quand la presse est arrêtée.

Q 2.32 Quel est le matériau le plus adapté pour la tige de vérin (acier, fonte, alliage d'aluminium, alliage de cuivre) ? Justifier votre choix.

Q 2.33 Le sous-traitant fournit un essai de traction **(AN5 page 25/30).**
Indiquer la signification des deux valeurs présentes sur l'essai de traction (800MPa et1080MPa). Quelle est la grandeur à utiliser pour dimensionner la tige ?

Q 2.34 Quelle est la section S minimum de la tige du vérin à utiliser en prenant en compte un coefficient de sécurité de 8 (estimation réalisée pour supporter les effets dynamiques) ? En déduire le diamètre de la tige.

Partie III : Étude de FT21 : « Faire avancer la Tôle pas à pas »

Objectif : déterminer les paramètres de l'asservissement pour respecter les cadences de fonctionnement de la presse.

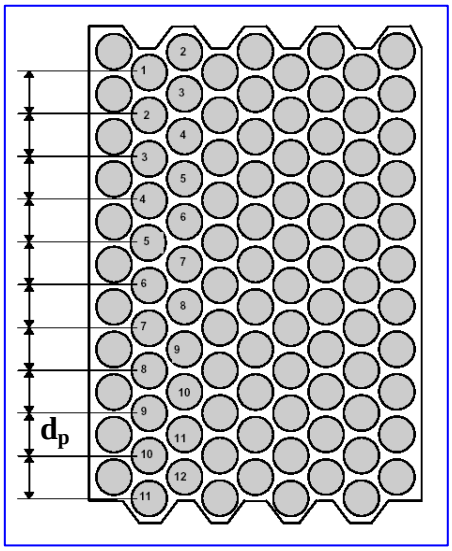


Fig. 15

La tôle est acheminée par pas successifs de dp=77 mm entre chaque coup de coulisseau. Le positionnement doit se faire avec une précision de 0,02 mm pour diminuer au maximum les chutes de matière lors du poinçonnage.
Une pince permet de maintenir la tôle. Elle est elle-même entraînée en translation par l'intermédiaire d'un ensemble « Moteur à courant continu + Transmission par pignon-crémaillère ».

Étude du système d'avancement de la pince

Préliminaire

Objectif : déterminer le temps disponible pour l'avancement dans un cycle de fonctionnement.

La roue dentée qui entraîne la crémaillère dispose de Z = 24 dents, le pas d'une dent est de p=5mm, voir figure ci-dessous (Fig. 16).

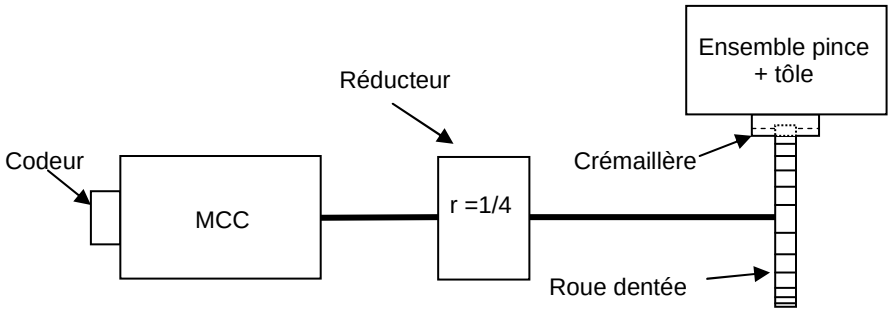


Fig. 16

Un codeur incrémental est situé sur l'axe moteur. Ce codeur doit être capable de détecter un déplacement de 0,02 mm.

Q 3.1 Déterminer le nombre de points par tour nécessaires.

Ce codeur dispose de trois signaux en sorties : A, B et Z

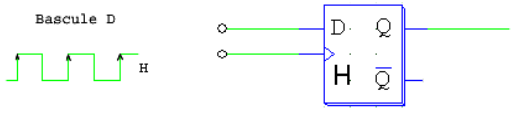
- Les signaux A et B sont déphasés d'un angle de 90°.
- Le signal Z correspond au top zéro.

Q 3.2 Donner les chronogrammes des signaux A et B sachant que A est en avance sur B pour un déplacement avant.

On désire détecter le sens de déplacement de l'ensemble.

Q 3.3 A partir du chronogramme, donner les équations logiques du sens AV et du sens AR en fonction des deux sorties A et B du codeur.

On dispose d'une bascule de type D pour générer une information logique image du sens de rotation.



Q 3.4 Rappeler son principe de fonctionnement.

Q 3.5 Réaliser sur le document réponse (**DR2 page 27/30)** le schéma permettant de disposer d'une information logique S telle que S=1 dans le cas d'un déplacement avant et S=0 dans le cas d'un déplacement arrière.

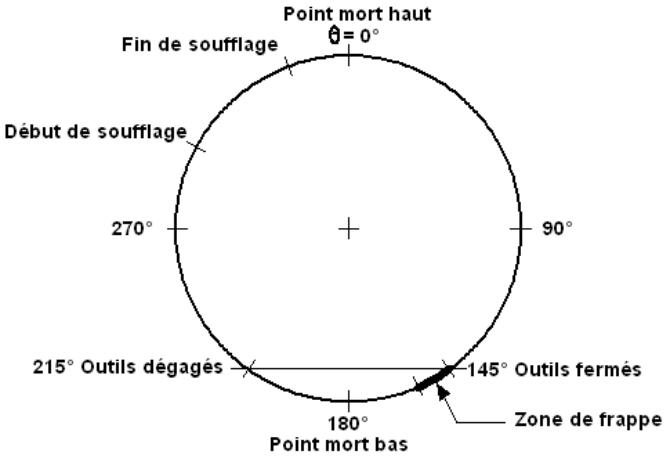


Fig. 17 : Position du vilebrequin

Entre 0° et 145° et entre 215° et 360°, les poinçons sont sortis de la plaque. La tôle peut avancer.

Q 3.6 Déterminer le temps de cycle maximum Tc_{maxi} disponible pour effectuer le déplacement de la tôle. On sait que la cadence maximum est de 240 coups/mn et que les positions outils fermés et outils dégagés sont respectivement à 145° et 215°.

Q 3.7 Pour un déplacement de la tôle à vitesse maximum v_{max} = 1 500 mm/s déterminer le temps T_v nécessaire pour parcourir la distance d_p= 77mm. En déduire le temps approximatif disponible T_t pour les phases transitoires de vitesse (phases d'accélération et de décélération).

Asservissement de l'axe.

Objectif : déterminer les paramètres de l'asservissement pour que la tôle puisse être positionnée entre deux coups de poinçonnage avec une précision suffisante et une marge de stabilité suffisante.

La motorisation utilisée est un moteur à courant continu (MCC).
On admet que la boucle de régulation de courant fonctionne en régime linéaire. Compte tenu des constantes de temps de la boucle de vitesse, elle est assimilée à un gain pur intégré dans le gain A du variateur.
On rappelle le schéma fonctionnel de la boucle de régulation de vitesse d'un MCC (Fig. 18).

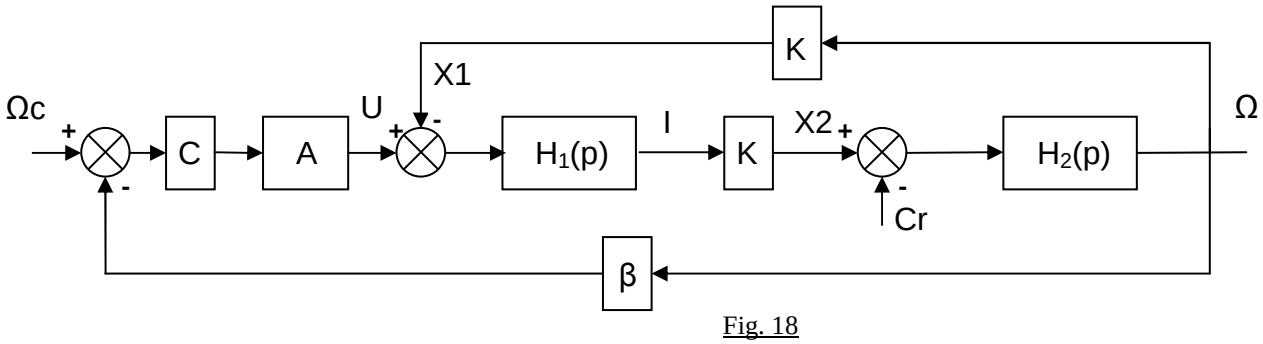


Fig. 18

Avec :

- C : Gain du correcteur proportionnel ;
- A : Gain du variateur ;
- Cr : Couple résistant ;
- Ω : Vitesse angulaire ;
- Ωc : Consigne de vitesse.

Q 3.8 Déterminer les deux grandeurs physiques manquantes X1, X2.

Q 3.9 À partir des équations de fonctionnement du MCC retrouver l'expression des deux fonctions de transfert H1 et H2 en fonction des grandeurs suivantes :

- R : résistance de l'induit du MCC ;
- L : inductance totale ramenée à l'induit ;
- J : moment d'inertie total ramené sur l'axe moteur ;
- f : coefficient de frottements fluides.

Q 3.10 On néglige le couple résistant Cr ainsi que L et f. Déterminer alors le schéma fonctionnel simplifié entre les grandeurs U et Ω.

Q 3.11 Déterminer la fonction de transfert $H(p) = \frac{\Omega(p)}{U(p)}$ et montrer que celle-ci peut se mettre sous la forme $H(p) = \frac{K'}{1+\tau_m p}$. Exprimez alors K' et τm.

Le schéma fonctionnel de la régulation de position devient alors (Fig. 19):

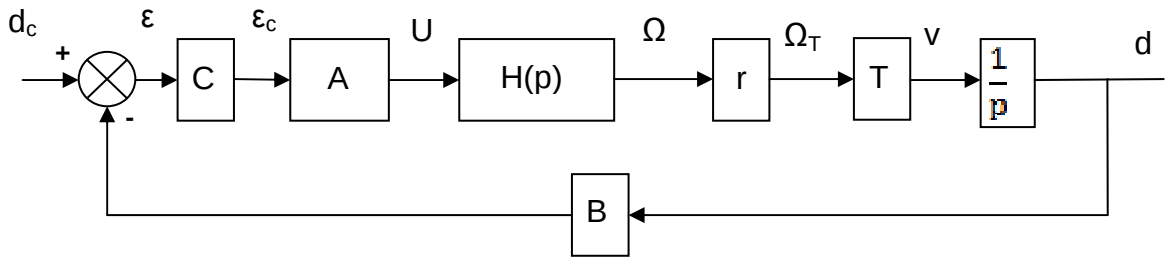


Fig. 19

Avec :

- dc : position de consigne demandée,
- d : position réelle de la tôle,
- T : rapport de transmission,
- r : rapport de réduction du réducteur,
- v : vitesse,
- B : gain de la chaine de mesure de la position de la plaque.

Q 3.12 Montrer que la fonction de transfert en boucle ouverte FTBO peut se mettre sous la forme :

$FTBO = \frac{Ao}{(1+\tau_m p)\tau_m p}$

Déterminer Ao.

Q 3.13 Tracer l'allure des diagrammes de Bode (phase et gain) de la FTBO.

Q 3.14 Donner la valeur numérique de Ao pour que la marge de phase soit de 45°.

Q 3.15 Montrer que l'erreur statique ε est nulle.
On rappelle que l'erreur statique est donnée en régime permanent pour une entrée de type indicielle. Avec $\varepsilon = \lim_{t\to\infty}[\varepsilon(t)] = \lim_{p\to 0}[p\varepsilon(p)]$
Conclusion.

Un essai indiciel sur la commande en vitesse de l'ensemble schématisé ci-dessous a été effectué.

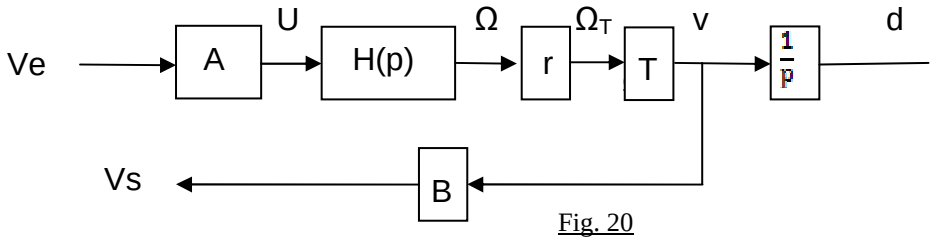


Fig. 20

Les courbes suivantes ont été relevées.

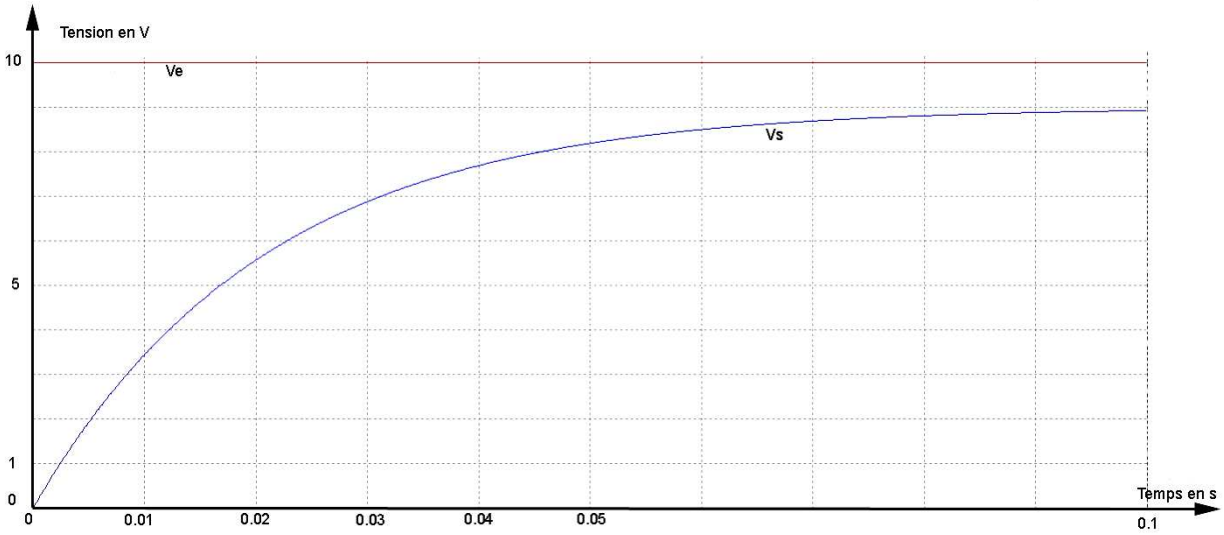


Fig. 21 : Réponse indicielle

Q 3.16 Déterminer la constante de temps de cette réponse indicielle. Quelle est sa relation avec τ_m ?

Q 3.17 Déterminer le gain statique A_{rpi} de cette réponse indicielle.
En déduire la valeur C du correcteur pour obtenir la stabilité du système, assurée par le réglage de Ao de la question **Q 3.14**.

Q 3.18 Vérifier que le temps T_R de réponse à 5% du système est compatible avec le temps maximum disponible pour la mise en vitesse de la tôle $T_a = T_t/2$. On prendra pour cette question T_t = 150 ms. Conclusion.

Étude de la pince.

Objectif : déterminer le réglage de pression à effectuer pour assurer la préhension de la plaque.

Pour éviter à la plaque de glisser dans la pince lors du déplacement de celle-ci, on cherche à la déformer lors du serrage (**AN1 page 21/30 et AN2 page 22/30**). Pour arriver à ce résultat, il est nécessaire d'appliquer un effort de 400N.

Étude du mécanisme.

Pour cette étude, les liaisons entre les pièces 1/2, 2/3 et 3/4 sont modélisées par des liaisons pivots.

Q 3.19 En vous appuyant sur le dessin de la « pince ouverte » (**AN1 page 21/30, AN2 page 22/30)**, réaliser le graphe de liaisons du système.

Q 3.20 Construire le schéma cinématique 3D en vue isométrique du système.

Q 3.21 Déduire de cette modélisation le degré d'hyperstatisme.
Quelles contraintes géométriques devra respecter la solution technologique ?

Étude de l'effort de serrage.

Hypothèses d'étude :

- Les liaisons sont sans frottement ;
- L'influence du poids est négligée devant les autres actions mécaniques ;
- Le problème est plan ;
- Lorsque la pince est fermée et la plaque en position, on peut admettre que les points O, A et B sont alignés.

Pour l'étude qui va suivre, vous pourrez vous aider de l'annexe (**AN2 page 22/30)**.

$\overrightarrow{BC} = -e\vec{x} + f\vec{y}$ *avec* $e = 17mm$ *et* $f = 51mm$

$\overrightarrow{DC} = g\vec{x} + h\vec{y}$ *avec* $g = 40mm$ *et* $h = 1mm$

Q 3.22 Isoler le solide 3 et donner la direction des efforts $\overrightarrow{A_{4\to3}}$ et $\overrightarrow{B_{2\to3}}$ en A et B.

Q 3.23 Isoler le solide 2 et calculer l'effort $\overrightarrow{B_{3\to2}}$.

Q 3.24 Donner en indiquant votre raisonnement l'effort minimal que le fluide doit exercer sur le piston.

Q 3.25 En déduire le réglage de la pression minimale nécessaire au serrage de la plaque. Diamètre du piston : 50 mm ; Diamètre de la tige : 12 mm.

Partie IV : Étude de FT22 : « Evacuer une Tôle »

Objectif : Reconception du dispositif de guidage du système d'évacuation des tôles.

La solution actuelle de guidage était réalisée par des coussinets. Ce choix avait été dicté par les faibles efforts appliqués sur les paliers.
Du fait d'une vitesse de rotation importante, l'usure prématurée des coussinets a été observée.

Il est donc nécessaire de réaliser une reconception du système et de guider le rouleau 3 avec des roulements à billes à contact radial afin de fiabiliser la machine et permettre à celle-ci un service en continu 24 heures sur 24.

Choix des roulements

La vitesse de rotation du rouleau 3 est de 3500 tr/mn.
Dans ce type d'emploi, la durée de vie des paliers à roulements L_{10H} doit être supérieure à 35 000 heures.

Sachant que l'effort radial supporté par chaque roulement est de 60N et que l'effort axial est négligeable, le roulement choisi est le 6206 (**AN3 page 23/30**).

Q 4.1 Calculer la durée de vie en millions de tours pour un des deux roulements choisis.

Q 4.2 En déduire sa durée de vie en heures. Conclure sachant que la valeur trouvée est très supérieure à la valeur limite (35 000 heures).

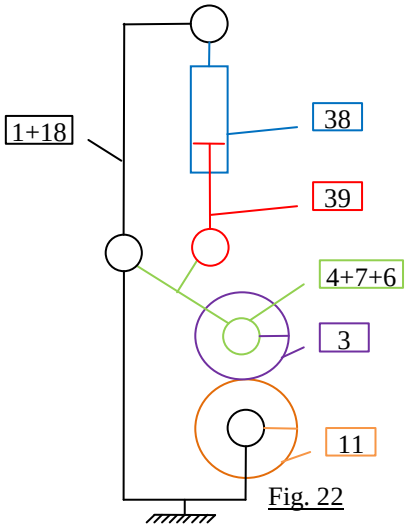


Fig. 22

Conception

Le choix des roulements étant fait, il faut maintenant les implanter dans le système.

Le schéma cinématique du système de pression vous est donné ci-contre (Fig. 22).

L'étude porte sur la liaison entre le rouleau 3 et l'arbre 4 (**AN4 page 24/30**).
L'arbre **4** est encastré dans les plaques supports **6** et **7**.

Q 4.3 En justifiant votre réponse, donner la nature des ajustements au niveau des portées de roulement sur l'arbre 4 et le rouleau 3.

Q 4.4 Réaliser la conception (**DR3 page 28/30**) :
- de la liaison pivot entre **3** et **4,**
- des liaisons encastrement entre **7** et **4 ; 6** et **4.**
Vous indiquerez tous les ajustements et les tolérances que vous jugerez nécessaires.

N.B. : le rouleau 3 est recouvert d'un élastomère.

Partie V : Étude de FT31 : « Acquérir et communiquer »

Objectif : On se propose d'étudier la mise en forme du signal de sortie du capteur « présence anormale de deux plaques » pour déterminer la valeur de l'épaisseur limite.

Un capteur délivrant une tension VE proportionnelle à l'épaisseur est utilisé pour détecter la présence anormale de deux tôles (épaisseur d'une tôle = 0,8 mm).
Le signal délivré VE est compris entre 0 et 24VDC pour une épaisseur variant de 0 à 4,5 mm (**DR5 page 30/30)**. En cas de présence de deux tôles, la machine doit alors être mise en sécurité.
L'information délivrée par le capteur est transmise via une carte d'entrée à l'automate programmable industriel (API) principal qui gère l'ensemble de la machine.
Les niveaux de tension des informations que reçoit cet automate doivent être de 0V ou 5V.

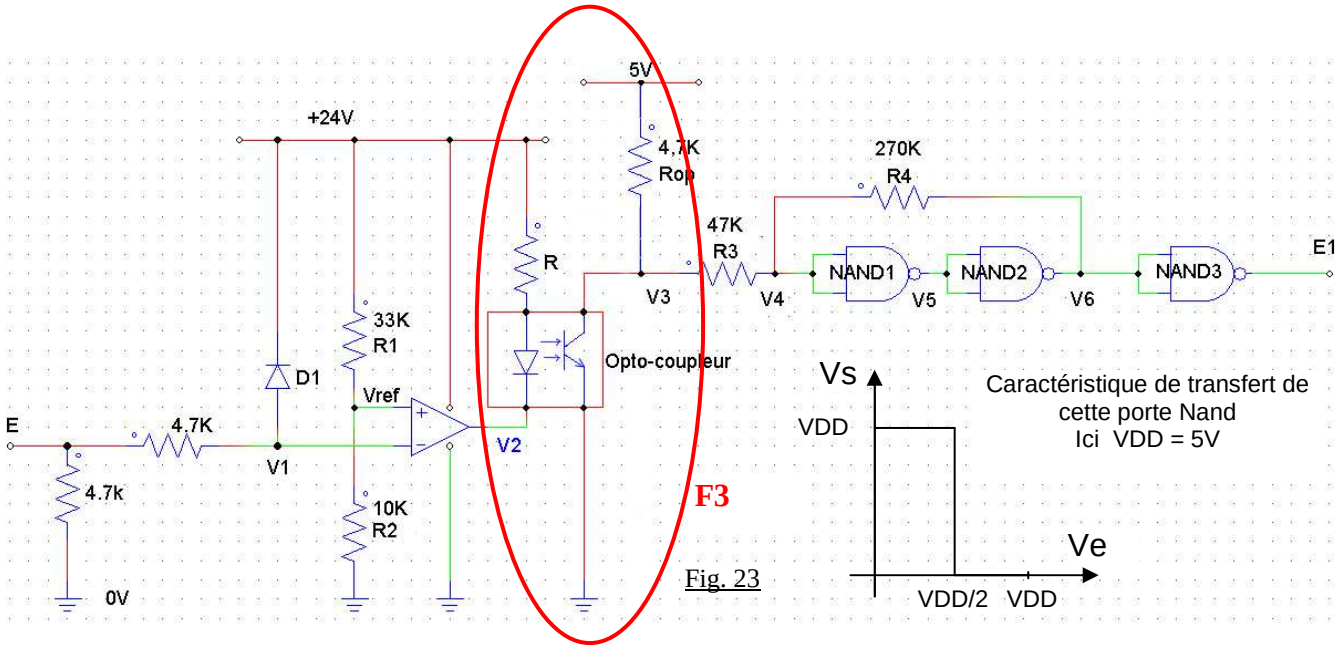
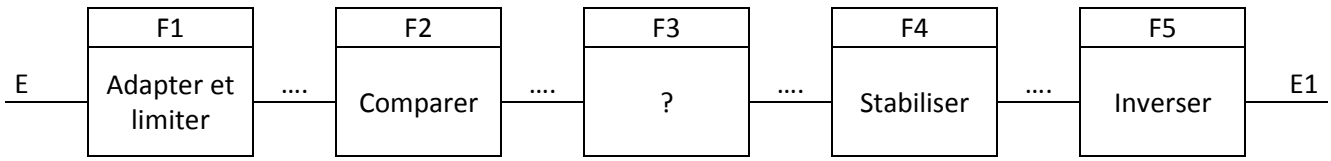


Fig. 23

Les fonctions réalisées par cette interface sont les suivantes :



Q 5.1 Entourer sur le schéma électrique les fonctions F1 ; F2 ; F4 et F5 et compléter les variables d'entrées et de sorties de ces fonctions sur le schéma fonctionnel. Répondre sur le document réponse (**DR4 page 29/30**).

On précise que l'amplificateur opérationnel est parfait.
On appelle VE la tension appliquée à l'entrée E.
La tension de seuil de la diode D1 est $V_{D1seuil}$ = 0.6V.
La documentation constructeur de l'opto-coupleur indique que pour un courant de polarisation de la diode de 20mA, la tension aux bornes vaut VF = 2.5V. Quand il y a transmission du signal, la sortie de l'opto-coupleur est équivalente à R_{ON} = 600 Ω. Dans le cas contraire la sortie est équivalente à R_{OFF} = 50 MΩ.

Q 5.2 Quel est le rôle de la diode D1 ? Compléter sur le document réponse (**DR5 page 30/30**) la caractéristique de transfert V1=f (VE).

Q 5.3 Calculer Vref . Compléter sur le document réponse (**DR5 page 30/30**) la caractéristique de transfert V2 = f (VE).

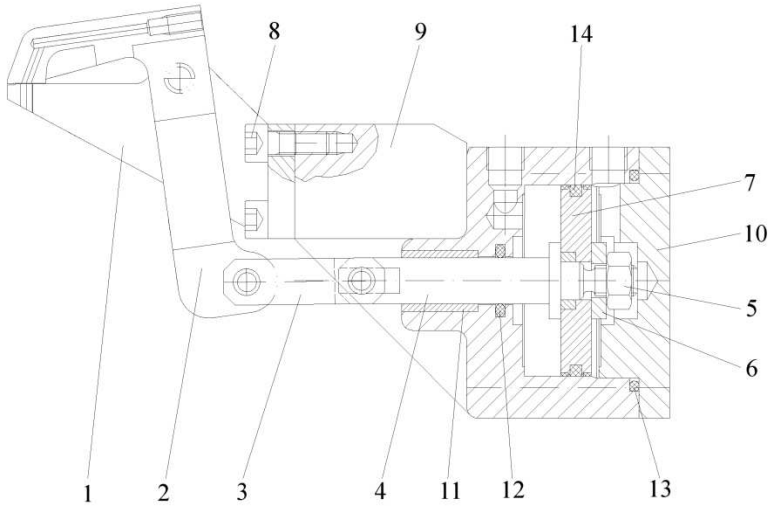
Q 5.4 Quel est le rôle de l'opto-coupleur ? Compléter le nom de la fonction F3 sur le document réponse (**DR4 page 29/30**). Déterminer la valeur de la résistance R.
Compléter sur le document réponse (**DR5 page 30/30**) la caractéristique de transfert V3 = f (VE).

Q 5.5 Montrer que le seuil de basculement de l'étage composé de R3, R4, NAND1 et NAND2 n'est pas le même suivant que la tension V3 est croissante, avec comme condition initiale V6 = 0V ou décroissante, avec comme condition initiale V6 = 5V. Déterminer ces deux seuils : V3+ et V3- . Compléter sur le document réponse (**DR5 page 30/30**) la fonction de transfert V6 = f (V3).

Q 5.6 En déduire à partir de quelle épaisseur le système détecte une anomalie. Quel sera alors le niveau logique de E1 ?

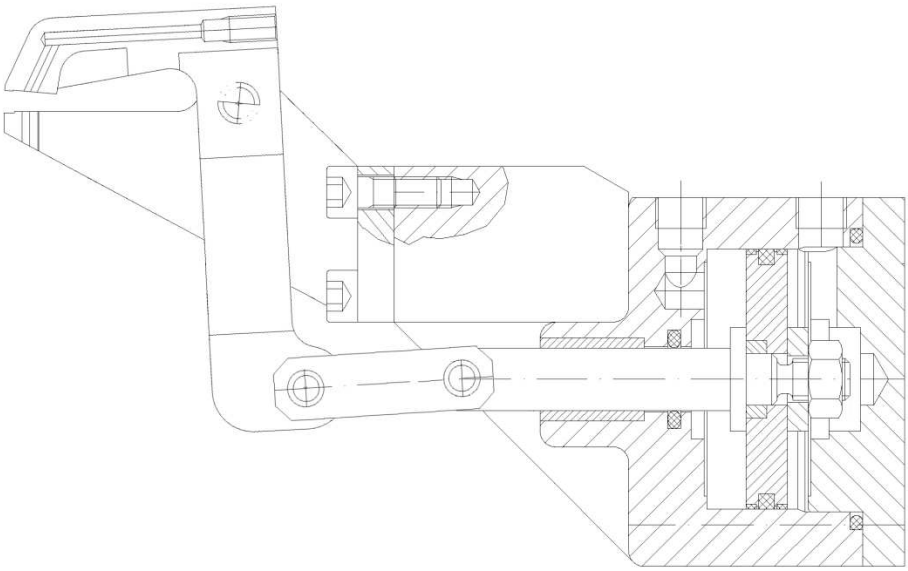
Fin de l'énoncé

ANNEXES : AN1

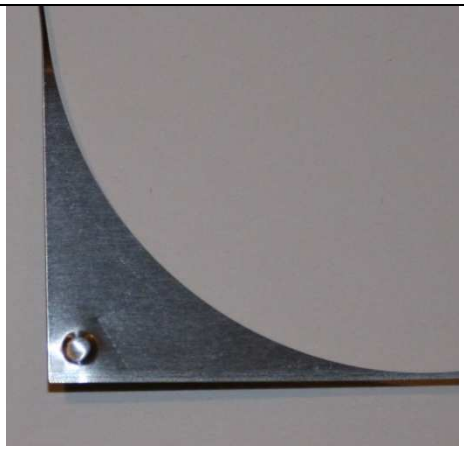


1. Pince inférieure
2. Pince supérieure
3. Bras de liaison
4. Tige
5. Écrou
6. Rondelle
7. Piston
8. Vis d'assemblage
9. Corps
10. Couvercle
11. Palier lisse
12. Joint
13. Joint
14. Joint

Nomenclature des constituants de la pince

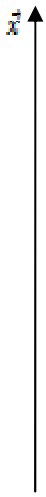


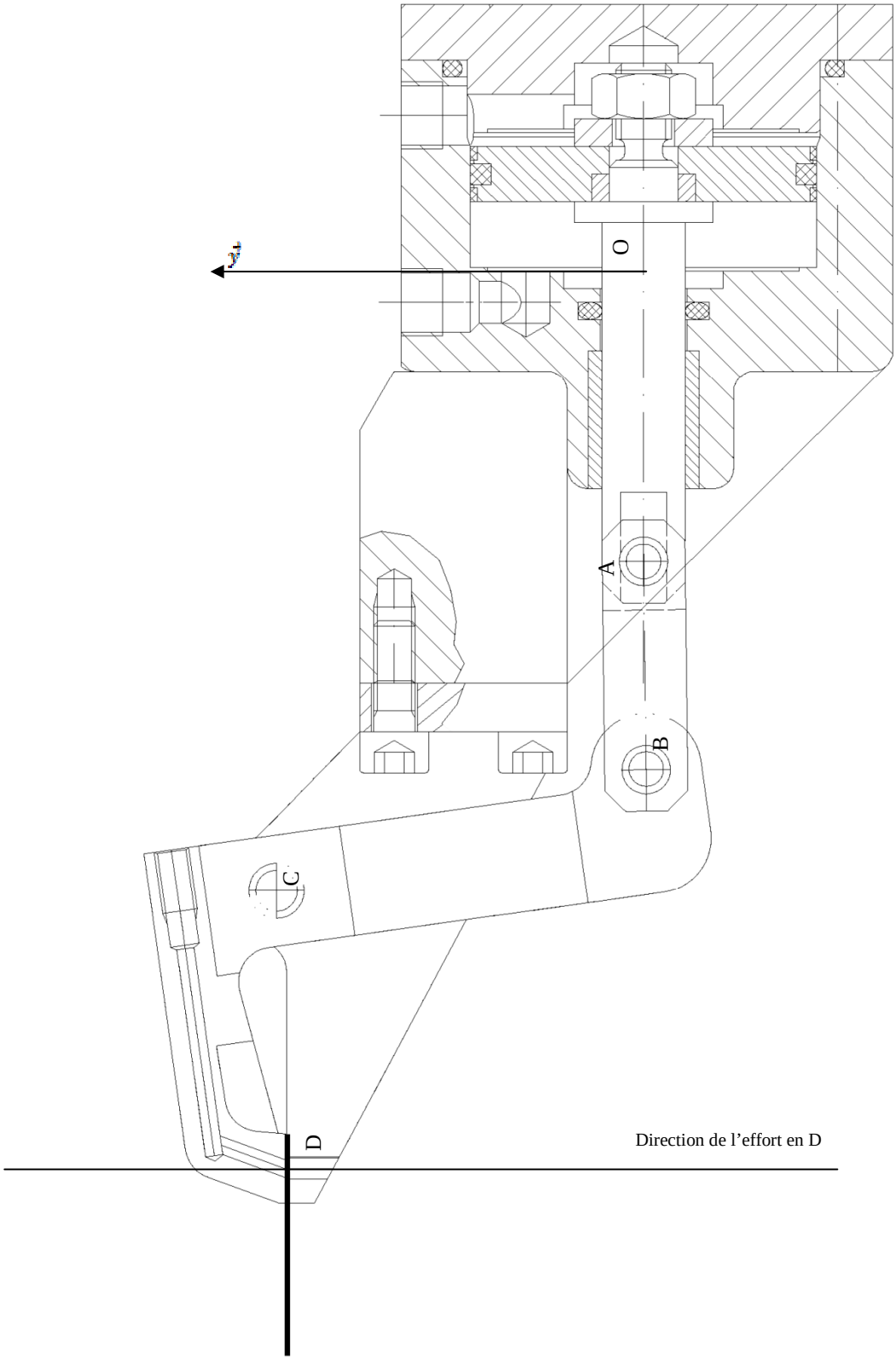
Pince ouverte



Zone de serrage (déformation de la plaque)

ANNEXES : AN2





ANNEXES : AN3

Coefficients X et Y
Roulements rigides à billes à contact radial

Si $\frac{Fa}{Fr} \leq e$ alors $P=Fr$

Si $\frac{Fa}{Fr} > e$ alors $P=0,56.Fr+Y.Fa$

Les valeurs de e et Y dépendent du rapport $\frac{Fa}{Co}$

$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^n$ durée de vie en millions de tour

$n = 3$ pour les roulements à billes

$n = \frac{10}{3}$ pour les roulements à rouleaux

$\frac{Fa}{Co}$	0.014	0.028	0.056	0.084	0.110	0.170	0.283	0.42	0.5
X	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
Y	2.30	1.99	1.71	1.55	1.45	1.31	1.15	1.04	1.00
e	0.19	0.22	0.26	0.28	0.30	0.34	0.38	0.42	0.44

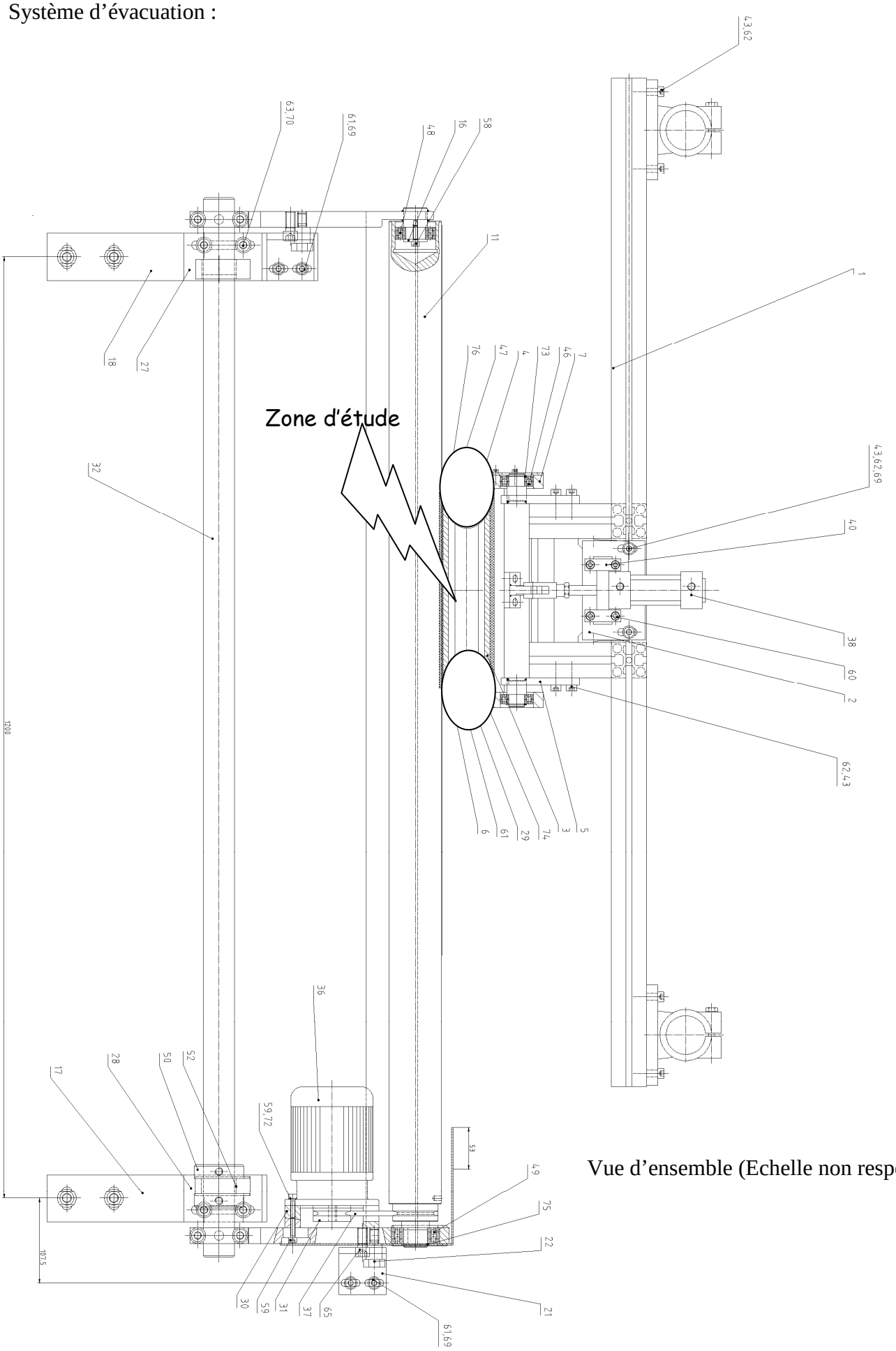
Désignation des roulements diamètre intérieur 30mm
Source SKF

Roulements rigides à billes, à une rangée

Dimensions d'encombrement			Charges de base dynamique	statique	Limite de fatigue	Vitesses de base Vitesse de référence	Vitesse limite	Masse	Désignation
d	D	B	C	C_0	P_u				* - Roulement SKF Explorer
mm			kN		kN	tr/min		kg	-
30	42	7	4,49	2,9	0,146	32000	20000	0,027	61806
30	42	7	4,49	2,9	0,146	-	9500	0,027	61806-2RS1
30	42	7	4,49	2,9	0,146	32000	16000	0,027	61806-2RZ
30	47	9	7,28	4,55	0,212	30000	19000	0,051	61906
30	47	9	7,28	4,55	0,212	-	8500	0,051	61906-2RS1
30	47	9	7,28	4,55	0,212	30000	15000	0,051	61906-2RZ
30	55	9	11,9	7,35	0,31	28000	17000	0,085	16006 *
30	55	13	13,8	8,3	0,355	28000	17000	0,12	6006 *
30	55	13	13,8	8,3	0,355	-	8000	0,12	6006-2RS1 *
30	55	13	13,8	8,3	0,355	28000	14000	0,12	6006-2RZ *
30	55	13	13,8	8,3	0,355	28000	14000	0,12	6006-2Z *
30	55	13	13,8	8,3	0,355	-	8000	0,12	6006-RS1 *
30	55	13	13,8	8,3	0,355	28000	17000	0,12	6006-RZ *
30	55	13	13,8	8,3	0,355	28000	17000	0,12	6006-Z *
30	55	19	13,3	8,3	0,355	-	8000	0,16	63006-2RS1
30	62	16	20,3	11,2	0,475	24000	15000	0,2	6206 *
30	62	16	23,4	12,9	0,54	24000	15000	0,19	6206 ETN9
30	62	16	20,3	11,2	0,475	-	7500	0,2	6206-2RS1 *
30	62	16	20,3	11,2	0,475	24000	12000	0,2	6206-2RZ *
30	62	16	20,3	11,2	0,475	24000	12000	0,2	6206-2Z *
30	62	16	20,3	11,2	0,475	-	7500	0,2	6206-RS1 *
30	62	16	20,3	11,2	0,475	24000	15000	0,2	6206-RZ *
30	62	16	20,3	11,2	0,475	24000	15000	0,2	6206-Z *
30	62	20	19,5	11,2	0,475	-	7500	0,24	62206-2RS1
30	72	19	29,6	16	0,67	20000	13000	0,35	6306 *
30	72	19	32,5	17,3	0,735	22000	14000	0,33	6306 ETN9
30	72	19	29,6	16	0,67	-	6300	0,35	6306-2RS1 *
30	72	19	29,6	16	0,67	20000	11000	0,35	6306-2RZ *
30	72	19	29,6	16	0,67	20000	11000	0,35	6306-2Z *
30	72	19	29,6	16	0,67	-	6300	0,35	6306-RS1 *
30	72	19	29,6	16	0,67	20000	13000	0,35	6306-RZ *
30	72	19	29,6	16	0,67	20000	13000	0,35	6306-Z *
30	72	27	28,1	16	0,67	-	6300	0,48	62306-2RS1
30	90	23	43,6	23,6	1	18000	11000	0,74	6406

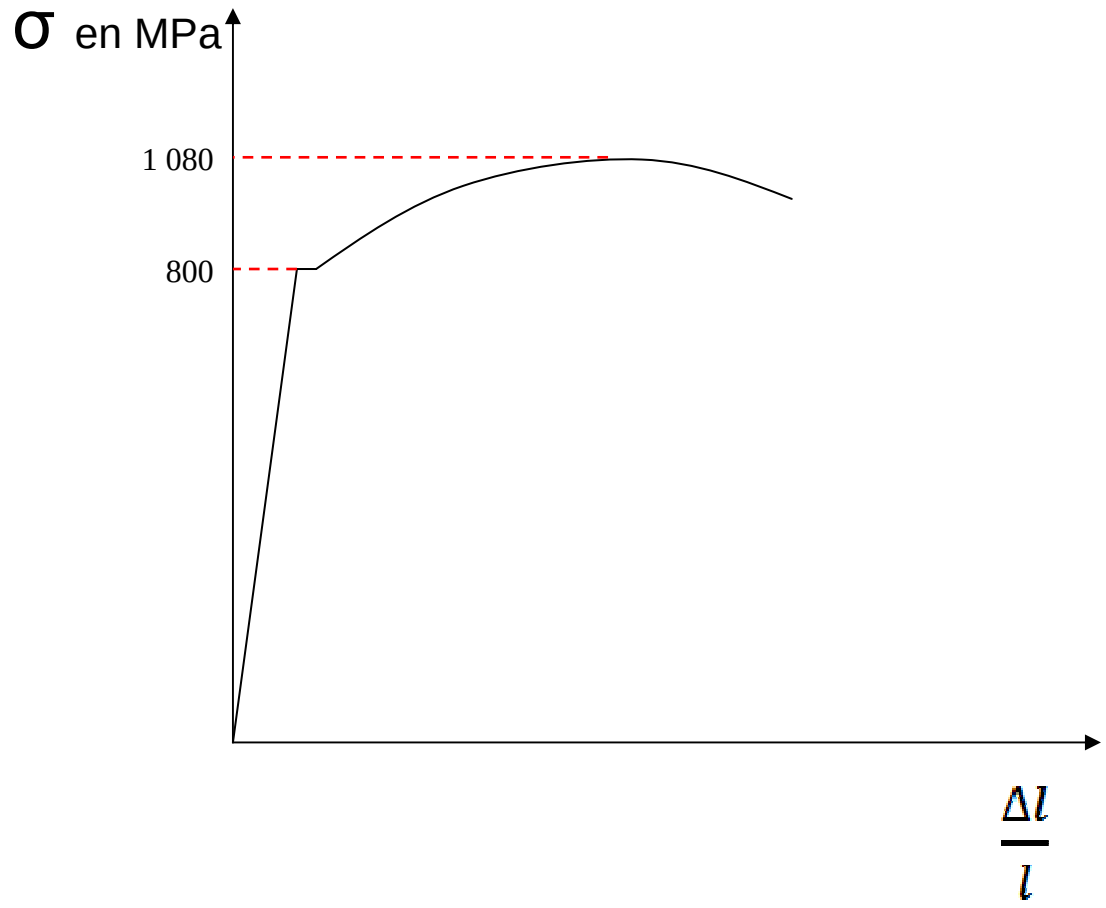
ANNEXES : AN4

Système d'évacuation :



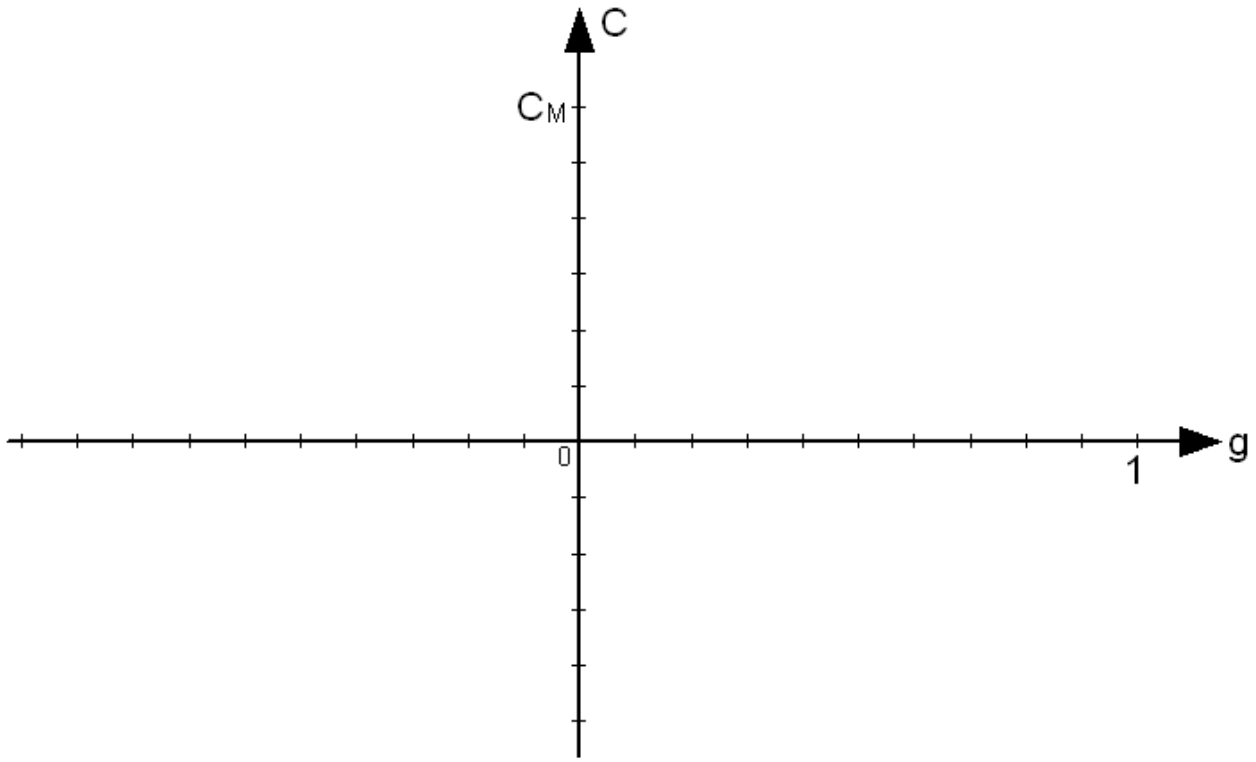
Vue d'ensemble (Echelle non respectée)

Essai de traction fourni par le sous-traitant :

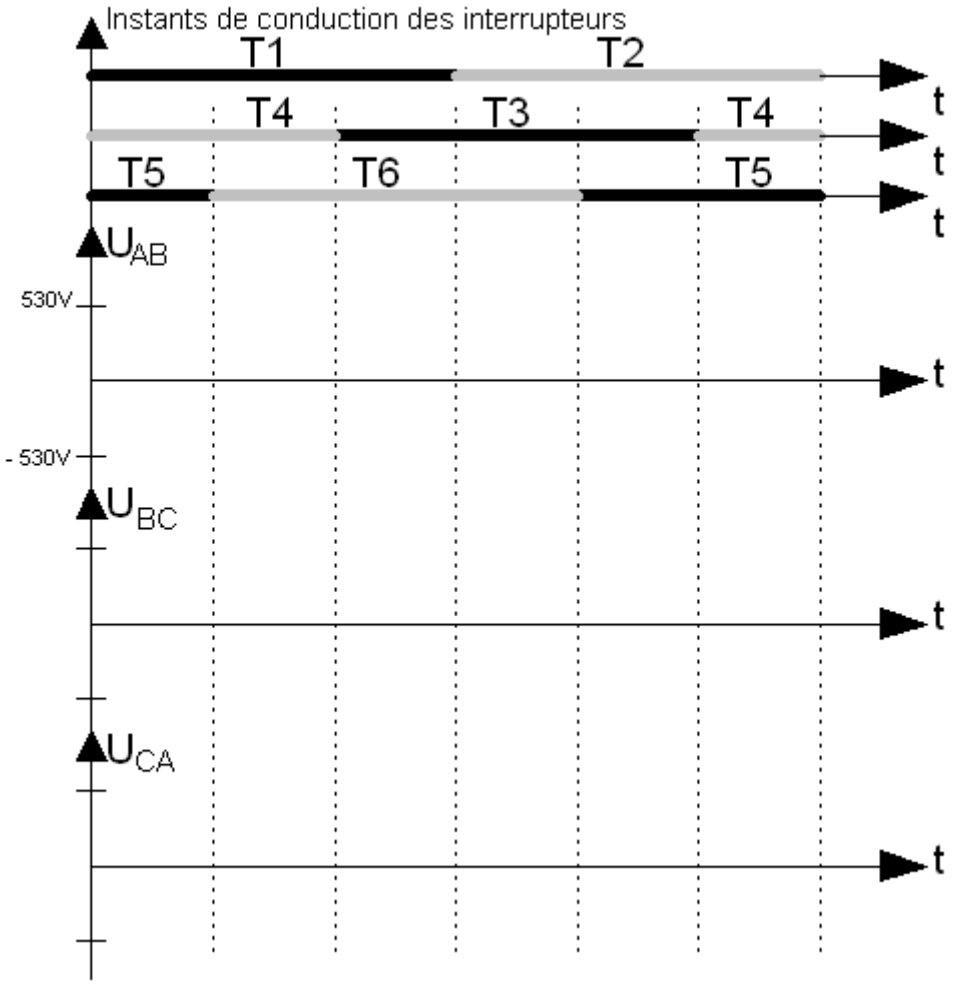


DOCUMENTS RÉPONSES : DR1

Q 2.9 et Q 2.20

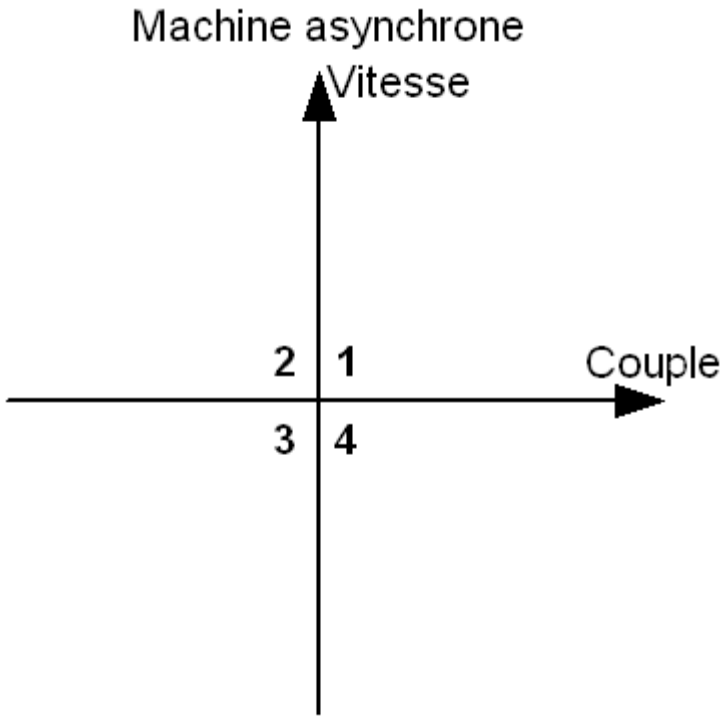


Q 2.23

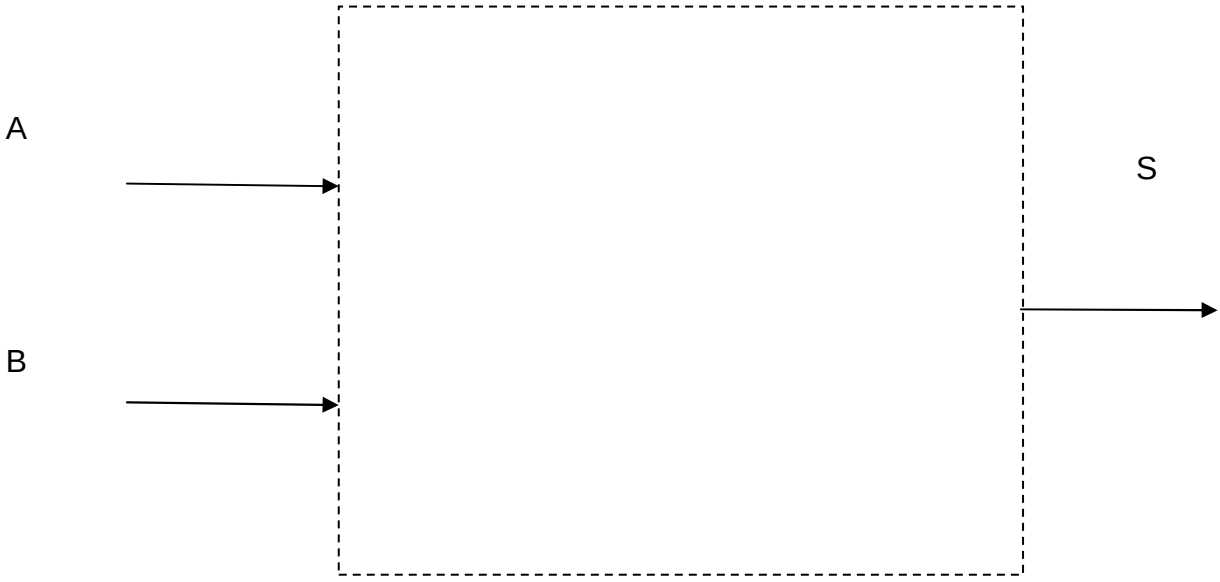


DOCUMENTS RÉPONSES : DR2

Q 2.27



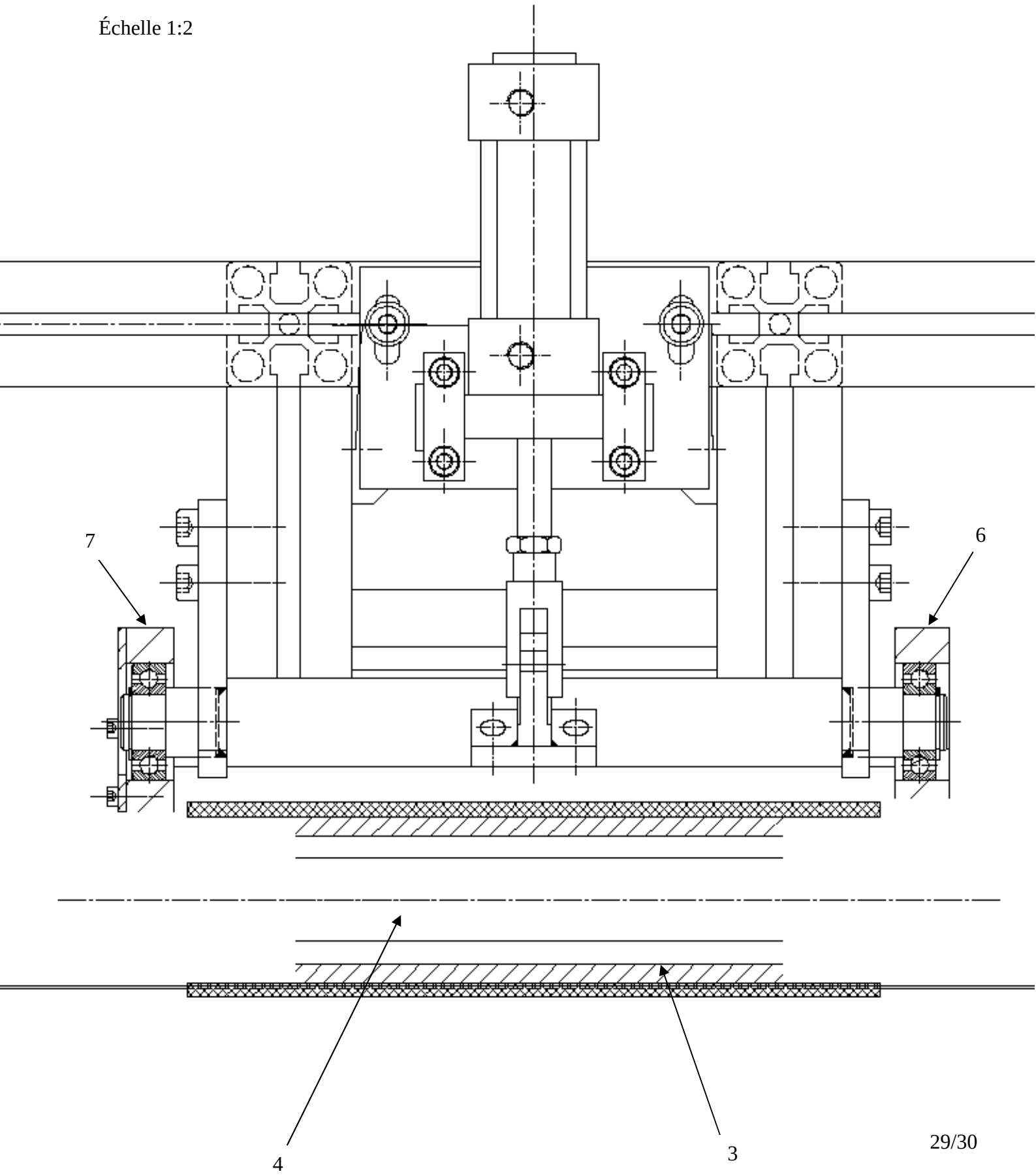
Q 3.5



DOCUMENTS RÉPONSES : DR3

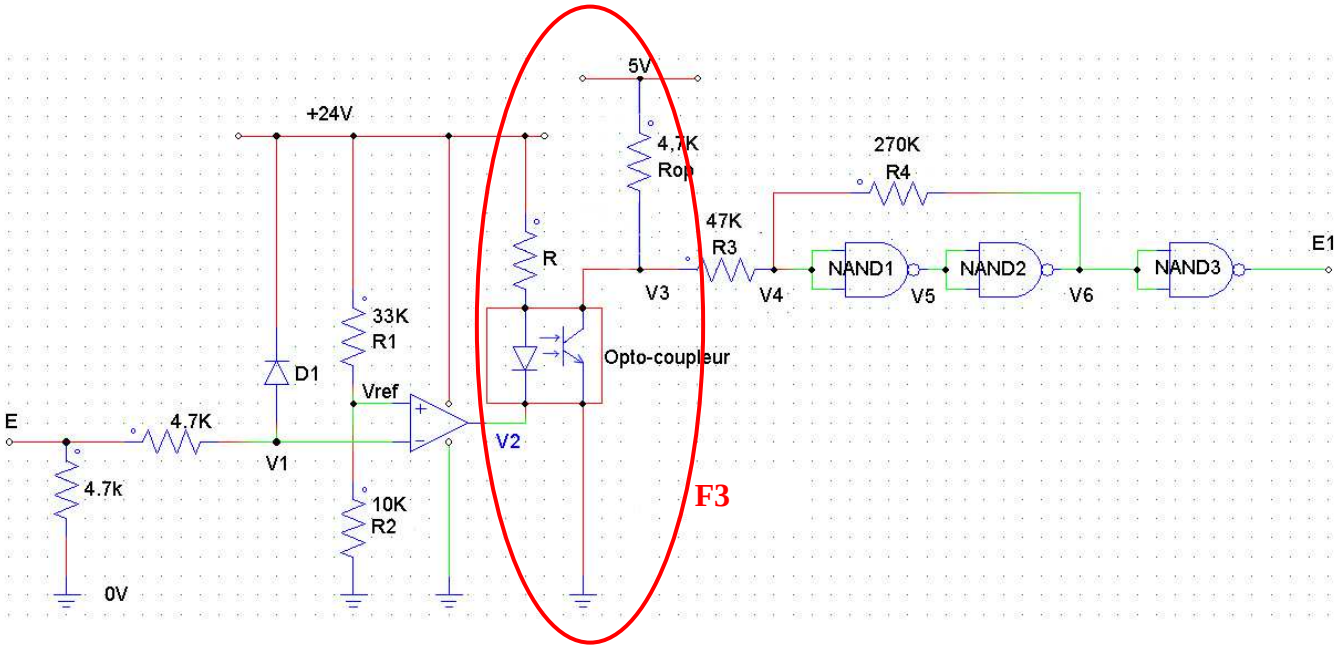
Q 4.4

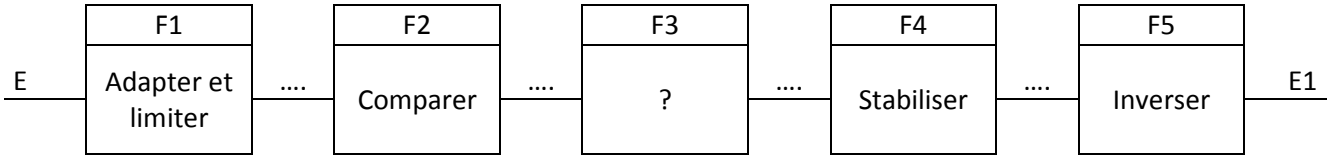
Échelle 1:2



DOCUMENTS RÉPONSES : DR4

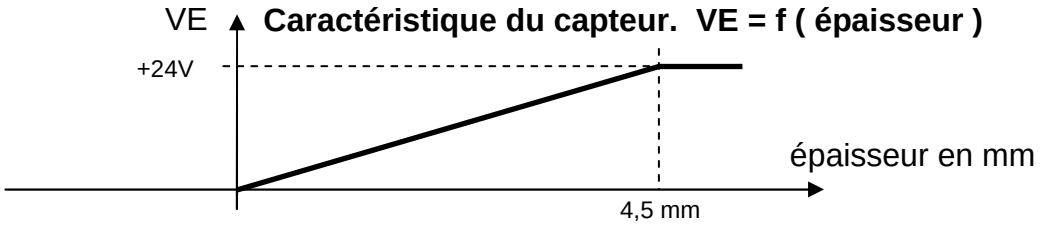
Q 5.1



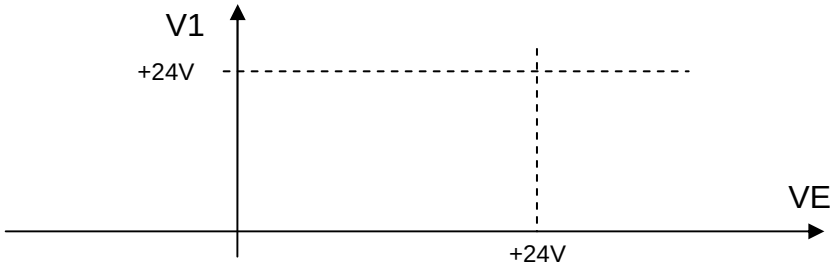


DOCUMENTS RÉPONSES : DR5

NB : Les valeurs indiquées en pointillé sur les axes ne sont que des points de repère pour le tracé, ils ne limitent en aucune façon les caractéristiques.

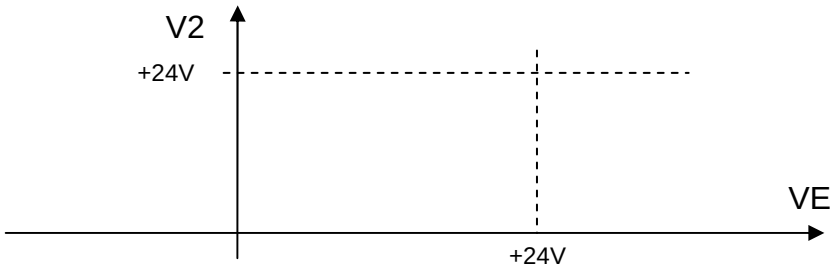


Q 5.2



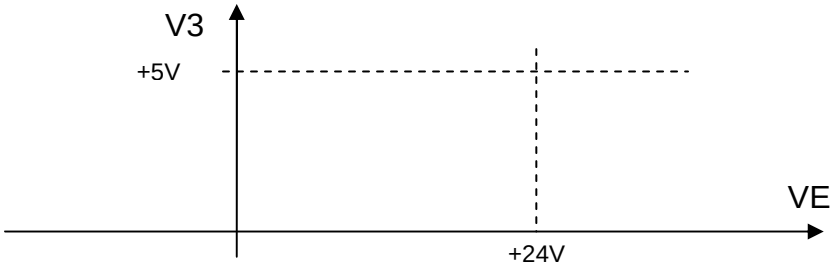
Caractéristique de transfert V1 = f (VE)

Q 5.3



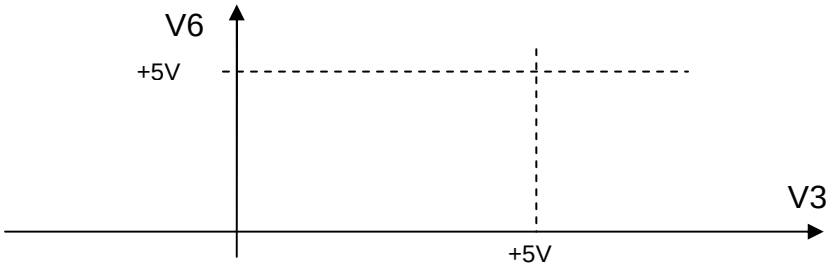
Caractéristique de transfert V2 = f (VE)

Q 5.4



Caractéristique de transfert V3 = f (VE)

Q 5.5



Caractéristique de transfert V6 = f (V3)

Travailler les chapitres de ce sujet

Prepa Help suit le programme de TSI chapitre par chapitre : cours détaillé, méthodes, pièges, exercices et problèmes corrigés pas à pas, tirés des concours. L'essai gratuit donne accès aux chapitres offerts de ta filière, sans carte bancaire.

Chapitres liés à ce sujet

- Ingénierie système : besoin, exigences et diagrammes SysML
- Architecture fonctionnelle et structurelle : chaînes d'information et de puissance
- Énergétique : puissances, théorème de l'énergie cinétique, rendement
- Cinématique des mécanismes : composition des mouvements, contact ponctuel, lois entrée-sortie et fermetures
- Statique des solides : principe fondamental et stratégie d'isolement
- Modélisation des systèmes asservis : structure, SLCI, transformée de Laplace, schéma-blocs
- Performances des systèmes asservis : stabilité, précision, rapidité
- Chaînes de solides : liaisons équivalentes, mobilité et hyperstatisme

Ouvrir l'essai gratuit

Scanne le code ou clique sur le bouton.

prepahelp.com/#essai

Une question sur le concours ou sur ta filière : **écrire sur WhatsApp**

Les autres années et épreuves : prepahelp.com/annales/ccinp/tsi