Concours National Commun (CNC), Maroc

Session 2020, filière TSI

Technologies et sciences industrielles : génie mécanique

Durée : 2 heures

Ce que traite le sujet

- Présentation
- Exercice préliminaire
- Partie I : modélisation dynamique du fouloir
- Partie II : dimensionnement de l'arbre de coupe

Sujet reproduit sans retouche à partir de la page suivante.

Résumé des parties, chapitres de cours liés et autres années :
prepahelp.com/annales/cnc/tsi/2020/genie-mecanique

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

Broyeur à cisailles rotatives

1. Introduction :

La dernière phase de cycle de vie d'un produit est son élimination, chaque produit peut être recyclé, détruit, stocké. Les enjeux économiques et environnementaux déterminent son destin. Les déchets sont valorisés, s'ils sont recyclés pour les réintroduire dans le processus industriel.

Les déchets industriels banals (D.I.B.) est l'ensemble des déchets générés par les activités courantes d'une entreprise, à l'exclusion des déchets présentant un risque particulier pour l'homme ou pour l'environnement (déchets dangereux).
La réduction du volume de ces D.I.B se fait au moyen de broyeurs, de compacteurs ou de presses, favorisant la revalorisation, le recyclage ou le réemploi de matières.

Un broyeur à cisailles rotatives appelé aussi déchiqueteur, muni dans sa partie supérieure d'une trémie d'alimentation, a pour fonction de réduire des morceaux de déchets solides d'une taille donnée à une taille plus petite, par l'action mécanique de pièces plus résistantes, généralement métalliques.

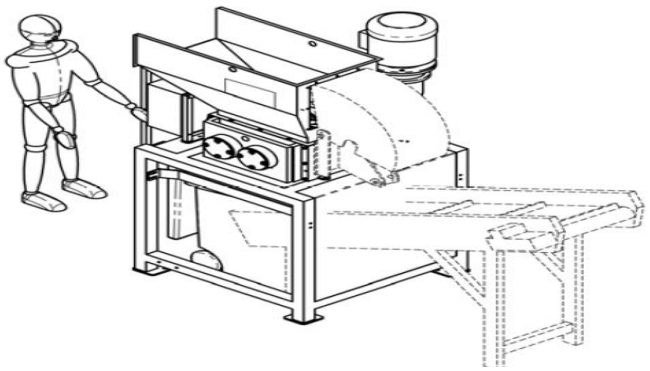


Figure 1 : Broyeur

2. Diagramme de cas d'utilisation :

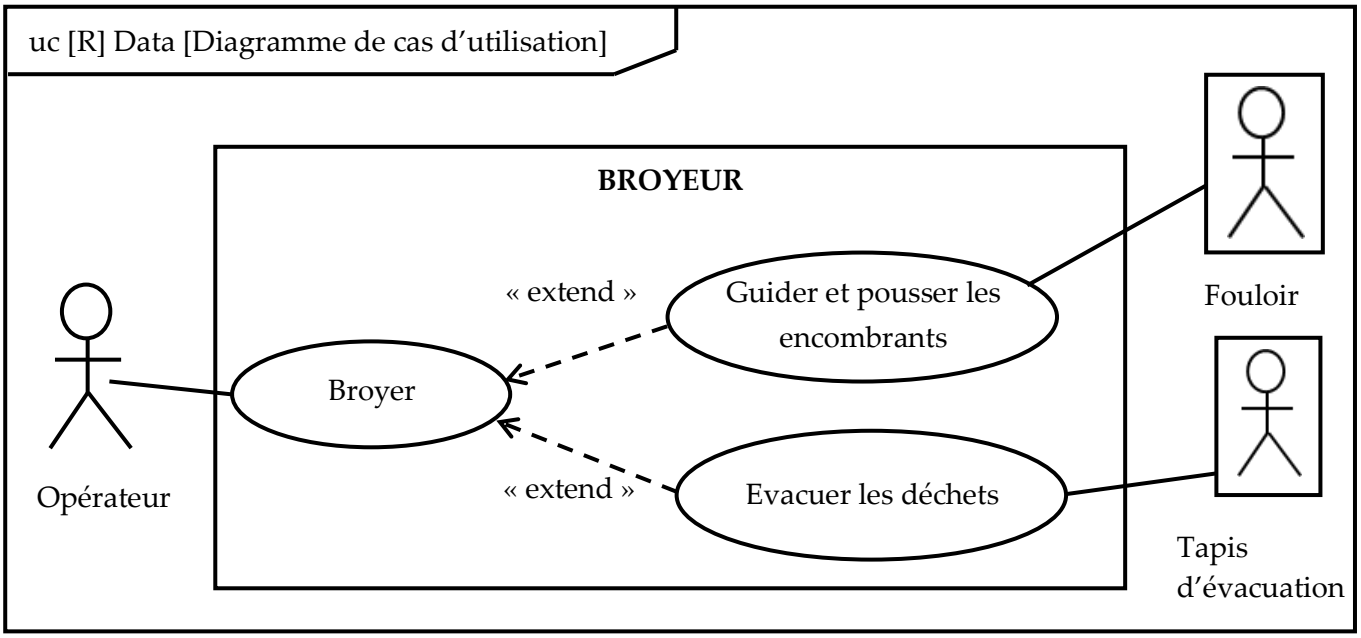


Figure2 : Diagramme de cas d'utilisation

3. Problématique :

Pour optimiser les performances du broyeur à cisailles rotatives, notamment sur les déchets à accroche difficile, on souhaite installer un fouloir hydraulique (comportant un vérin et un bélier) permettant de **guider** et de **pousser** les encombrants au centre des outils de coupe.
Le pousseur hydraulique aide à faire en sorte que les déchets soient capturés par les dents du broyeur, ce qui permet d'augmenter la production de la cisaille (voir **figure 3**).

4. Présentation du fouloir

Le vérin hydraulique est lié par son corps au bâti de la trémie d'alimentation du broyeur et par sa tige au bélier.

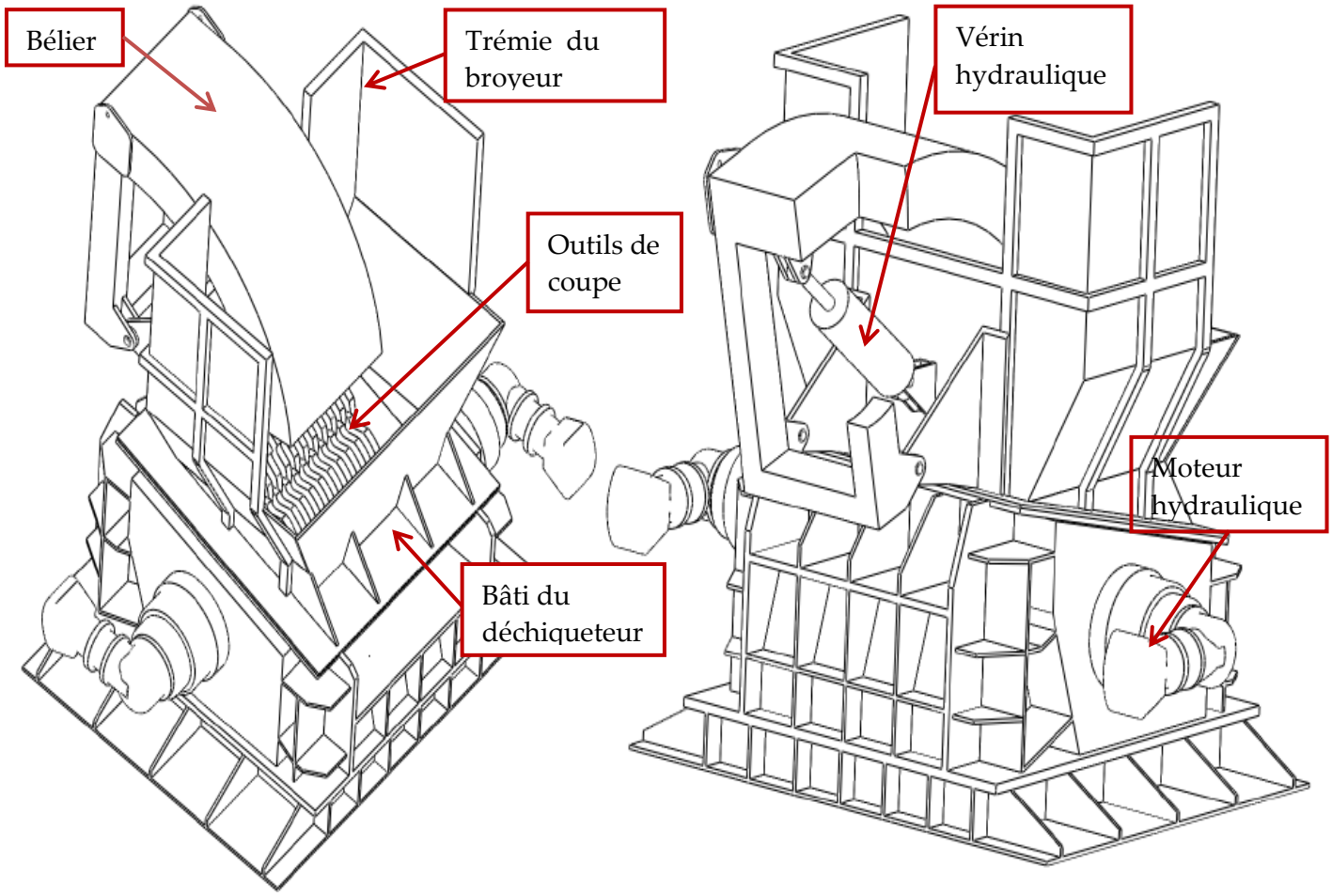


Figure 3

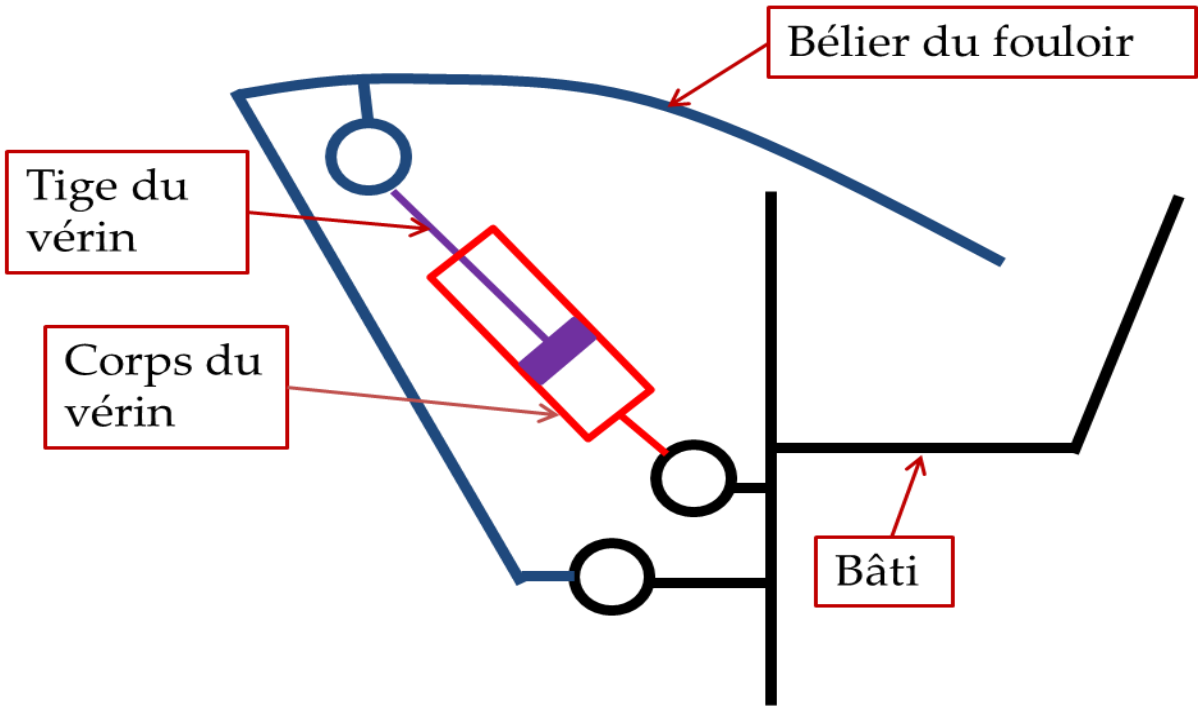


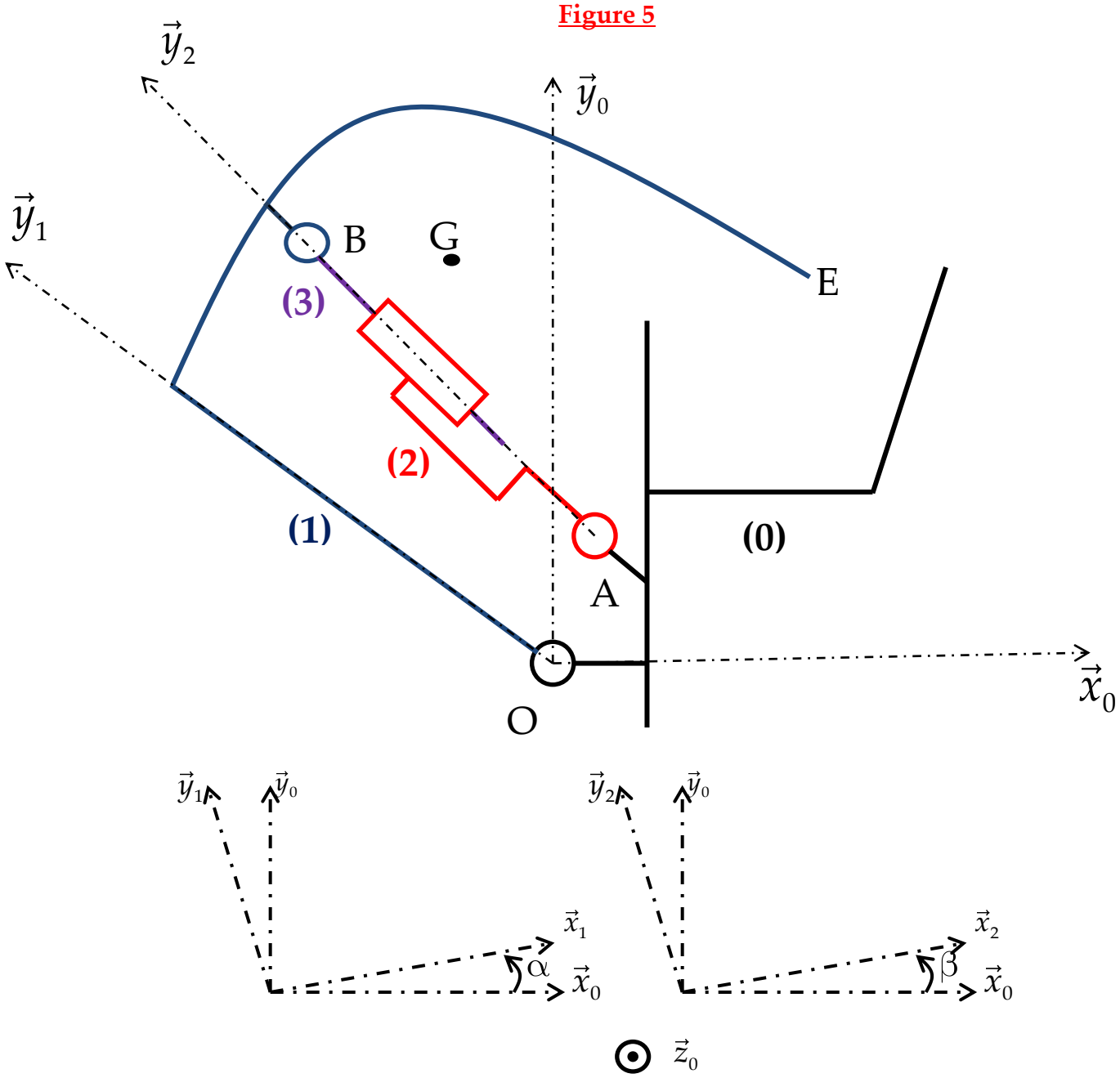
Figure 4 : Principe du fouloir

Exercice préliminaire :(Noté 4 points sur 20)

Modélisation cinématique du mécanisme : **figure 5**

- ✓ Un repère $R_0(O,\vec{x}_0,\vec{y}_0,\vec{z}_0)$, associé au bâti (0), supposé galiléen.
- ✓ Un repère $R_1(O,\vec{x}_1,\vec{y}_1,\vec{z}_0)$ attaché au bélier du fouloir (1), ce dernier est lié au bâti (0) par une liaison pivot d'axe $(O,\vec{z}_0)$ tel que $(\vec{x}_0,\vec{x}_1)=(\vec{y}_0,\vec{y}_1)=\alpha(t)$.
- ✓ Le corps de vérin (2) est lié au bâti (0) par une liaison pivot d'axe $(A,\vec{z}_0)$, de repère associé $R_2(A,\vec{x}_2,\vec{y}_2,\vec{z}_0)$ tel que : $(\vec{x}_0,\vec{x}_2)=(\vec{y}_0,\vec{y}_2)=\beta(t)$ et $\overrightarrow{OA}=a\vec{x}_0+b\vec{y}_0$.
- ✓ La tige du vérin (3) est lié au bélier (1) par une liaison pivot d'axe $(B,\vec{z}_0)$, le repère associé est $R_3(B,\vec{x}_2,\vec{y}_2,\vec{z}_0)$ et $\overrightarrow{AB}=\lambda(t)\vec{y}_2$ et $\overrightarrow{OB}=c\vec{x}_1+d\vec{y}_1$.
  La tige du vérin (3) est lié aussi au corps (2) par une liaison glissière direction $\vec{y}_2$.
- ✓ *a, b, c, et d* sont des constantes.
- ✓ Le problème est supposé plan.

Figure 5



Questions :

1. Tracer le graphe de liaisons.
2. Quelles sont les paramètres d'entrée et de sortie de mouvement du mécanisme
3. Dans la chaine des solides {0, 1, 2, 3}, écrire la fermeture géométrique, dans le triangle (OAB) et trouver les équations scalaires suivantes : (faire la projection dans la base $(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$).

$$\begin{cases} a - \lambda \sin\beta - c\cos\alpha + d\sin\alpha = 0 \\ b + \lambda \cos\beta - c\sin\alpha - d\cos\alpha = 0 \end{cases}$$

4. Montrer que la loi d'entrée sortie en position du mécanisme est la suivante :
$\lambda^2 = c\cos\alpha - d\sin\alpha - a^2 + (c\sin\alpha + d\cos\alpha - b)^2$

5. Déterminer $\vec{V}(B\in 1/0)$ en fonction de c, d et $\dot{\alpha}$.

6. Déterminer $\vec{V}(B\in 3/0)$ en fonction de λ, $\dot{\lambda}$ et $\dot{\beta}$.

7. Montrer que : $\vec{V}(B\in 1/0)=\vec{V}(B\in 3/0)$.

8. Projeter l'égalité précédente dans la base $(\vec{x}_0,\vec{y}_0,\vec{z}_0)$ et trouver les deux équations scalaires suivantes :

$$\begin{cases}\dot{\lambda}\sin\beta+\lambda\dot{\beta}\cos\beta=\dot{\alpha}(c\sin\alpha+d\cos\alpha)\\ \dot{\lambda}\cos\beta-\lambda\dot{\beta}\sin\beta=\dot{\alpha}(c\cos\alpha-d\sin\alpha)\end{cases}$$

9. En dérivant l'expression de **la question 4**, trouver une relation entre la vitesse d'entrée $\dot{\lambda}$ et la vitesse de sortie $\dot{\alpha}$ et les autres paramètres et données.

Fin de l'exercice préliminaire

Partie I : Modélisation dynamique du fouloir.

Objectif : Déterminer les caractéristiques du vérin hydraulique et de la centrale hydraulique.

1.1 Equation de mouvement du mécanisme Fouloir

- ✓ On retient le schéma cinématique de la **figure 5.**
- ✓ Le bélier (1) est de masse m, de centre d'inertie G, de vecteur position $\overrightarrow{OG}=e\vec{x}_1+h\vec{y}_1$, son moment d'inertie par rapport à l'axe $(G,\vec{z}_0)$ est I.
- ✓ Le vérin {2,3} est de masse et inertie négligeables.
- ✓ L'action du fluide intercalé entre le corps du vérin (2) et sa tige (3) est modélisée par un glisseur au point B : $\vec{F}(fluide\rightarrow 3)=F_v\vec{y}_2$.
- ✓ L'ensemble des frottements visqueux au niveau des liaisons est modélisé par un couple ramené au point O : $\vec{M}_O(0\xrightarrow{frot_visq}1)=-\mu\dot{\alpha}\vec{z}_0$.
- ✓ L'action des déchets sur le bélier (1) est représentée par un glisseur au point E : $\vec{R}(Déchets\rightarrow 1)=F_x\vec{x}_1+F_y\vec{y}_1$ et $\overrightarrow{OE}=\ell\vec{x}_1+L\vec{y}_1$.
- ✓ L'accélération de la pesanteur est $\vec{g}=-g\vec{y}_0$.
- ✓ e, h, ℓ et L sont des constantes.

Questions :

Q1. Dresser le graphe des actions mécaniques.

Q2. Déterminer le moment d'inertie du bélier (1) par rapport à l'axe $(O,\vec{z}_0)$.

Q3. Déterminer l'énergie cinétique galiléenne de l'ensemble $E=Vérin(2,3)+Bélier(1)$: $T(E/R_0)$.

Q4. Déterminer la puissance galiléenne des actions mécaniques extérieures à E : $P(\overline{E}\rightarrow E/R_0)$.

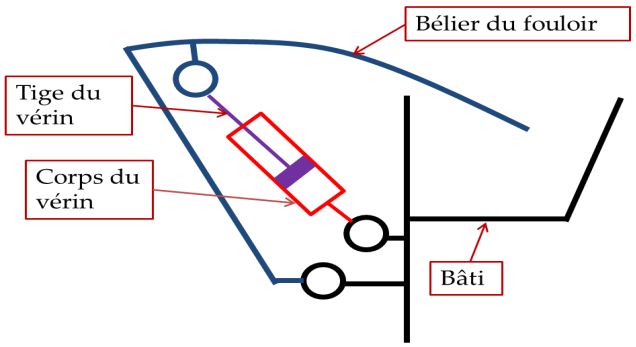
Q5. Déterminer la puissance des actions mécaniques intérieures à E : P_{int}.

Q6. Applique le théorème de l'énergie cinétique à l'ensemble E et trouver une équation de mouvement.

1.2 Caractérisation du circuit hydraulique du fouloir :

Le vérin hydraulique utilisé pour pousser le bélier (1) afin d'écraser les encombrants, a les caractéristiques suivantes :

- Charge réelle exercée par le vérin hydraulique : 8 000 daN
- Course du vérin : 700 mm
- Taux de charge du vérin : 0,75
- Pression de service : 200 bars



L'écrasement des encombrants se fait pendant la rentrée de la tige du vérin.

Q7. A l'aide du document **Annexe A1** et des données ci-dessus, calculer la charge théorique du vérin ?

Q8. A l'aide du document **Annexe A2** et des résultats obtenus ci-dessus, donner la référence et les dimensions du vérin pouvant convenir (opter pour le vérin le plus léger).

On souhaite que le bélier du fouloir effectue sa descente en 45 secondes, c'est à dire que le vérin effectue sa course entre la position tige sortie et la position tige rentrée en 45s.

Q9. Calculer alors la vitesse de rentrée de la tige du vérin.

On choisit un vérin hydraulique dont le diamètre de l'alésage est de 100 mm, et le diamètre de tige = 50 mm.

Q10. Calculer le débit d'alimentation du vérin pour avoir la vitesse de rentrée de la tige du vérin souhaitée.

Q11. En exploitant le document **Annexe A3**, compléter sur **le document réponse DR1**, le diagramme de définition de blocs internes IBD du fouloir.

Q12. Calculer la puissance hydraulique absorbée par le vérin, en déduire son rendement.

Les caractéristiques de la pompe et du distributeur de la centrale hydraulique sont :

- Rendement de la pompe : $\eta_P = 0,9$.

- Débit refoulé par la pompe : $Q_P = 5,5\ell\,\text{min}^{-1}$.
- On suppose que le rendement du distributeur : $\eta_D = 1$.

Q13. Calculer la puissance utile du moteur électrique nécessaire à l'entrainement de la pompe hydraulique.

Q14. Sur **le document réponse DR2**, compléter les zones relatives aux vérins et distributeur dans la position sortie de la tige.

PARTIE II : Dimensionnement de l'arbre de coupe du broyeur.

L'opération de broyage s'obtient par la rotation, en sens opposés à la même vitesse, de deux arbres de coupe.
Chaque rotor de coupe tourne à la fréquence de $N_r = 14\ \text{tr}\,\text{min}^{-1}$ et développe un couple $C_r = 4500\text{Nm}$.
Un moteur hydraulique, tournant à la fréquence de rotation N_m, transmet un couple C_m au réducteur de rapport r_g, dont le schéma cinématique est donné ci-dessous **figure 6.**

2.1 Étude du réducteur :

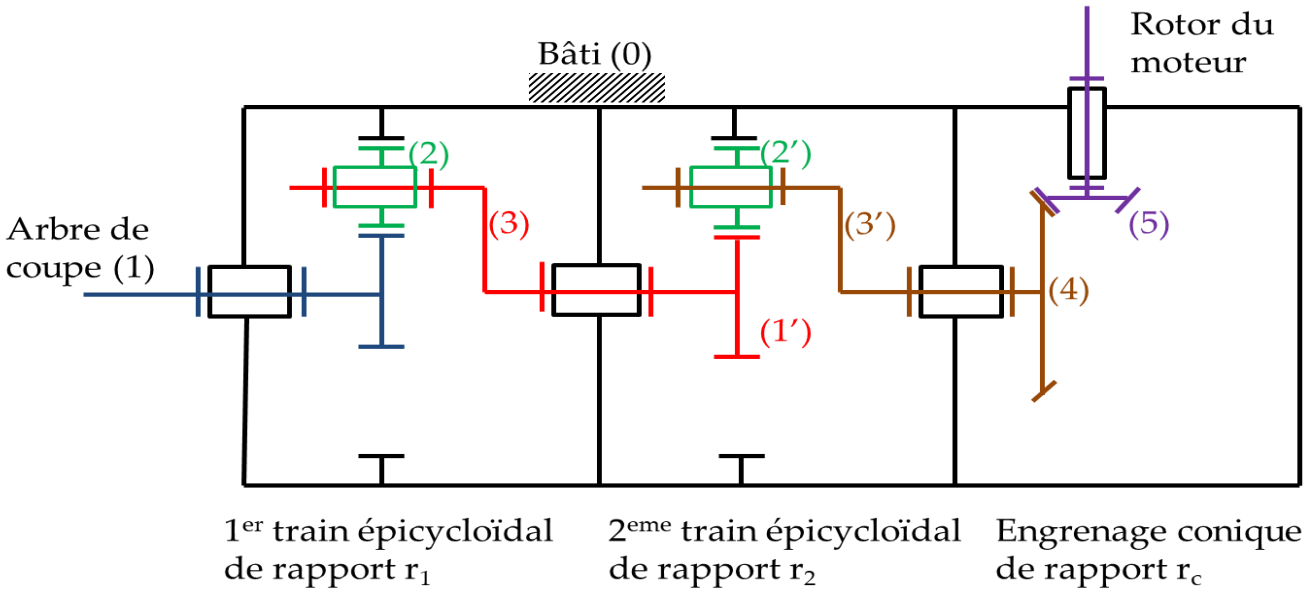


Figure 6 : Réducteur

Vocabulaire et nombre de dents :

- Bâti : (0) de nombre de dents $Z_0 = 78$ dents,
- Pignon : (1) et (1′) de nombre de dents $Z_1 = Z_1' = 15$ dents,
- Satellite : (2) et (2′) de nombre de dents $Z_2 = Z_2'$,
- Porte satellite : (3) et (3′).
- Renvoi conique de rapport $r_c = \dfrac{1}{2,7}$.

Q15. Déterminer le rapport de réduction r_1 du 1er train épicycloïdal en fonction du nombre de dents Z_0 et Z_1.

Q16. Déterminer le rapport de réduction global du réducteur r_g , $(r_g = \frac{\omega_1}{\omega_5})$.

Q17. Calculer la valeur numérique de r_g .

Q18. En régime permanent, calculer le couple moteur C_m si la transmission de puissance se fait avec un rendement unitaire.

2.2 Détermination du diamètre de l'arbre de coupe.

On assimile l'arbre de coupe à une poutre droite de section circulaire, soumise à un couple de torsion $C_r = 4500\text{Nm}$, en acier traité tel que :

- La contrainte tangentielle à la limite élastique τ_e = 600 MPa,
- Le module de coulomb G = 8.10^4MPa,
- Le coefficient de sécurité $s = 3$,
- Le coefficient de concentration de contrainte K=3,
- L'angle unitaire de torsion θ doit être : $\theta \leq \theta_{\text{limite}} = 0,5°/\text{m}$.

Q19. Déterminer le diamètre de l'arbre de coupe en utilisant la condition de la résistance à la torsion.

Q20. Vérifier la rigidité de cet arbre de coupe.

Q21. Conclure.

Fin de l'énoncé

Document annexe A1 :

- **Effort développé par un vérin.**

- Taux de charge :

$$Taux\ de\ ch\arg e = \frac{ch\arg e\ réelle}{ch\arg e\ théorique}$$

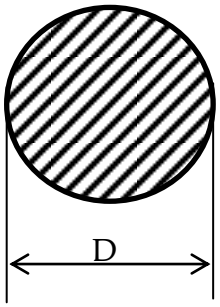
C'est le rapport exprimé entre la charge réelle à déplacer par le vérin et la charge théorique disponible en bout de tige.

- Calcul du débit d'alimentation d'un vérin :

$$Q = V.S$$

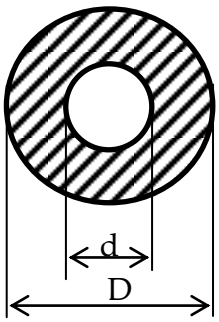
Q = Débit en m^3/s ;
S = surface d'appui du fluide en m^2
V = vitesse de déplacement de la tige en m/s .

En sortie de la tige du vérin



$$S = \pi\frac{D^2}{4}$$

En rentrée de la tige du vérin



$$S = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$$

- Puissance hydraulique :

$$P_{Hyd} = P.Q$$

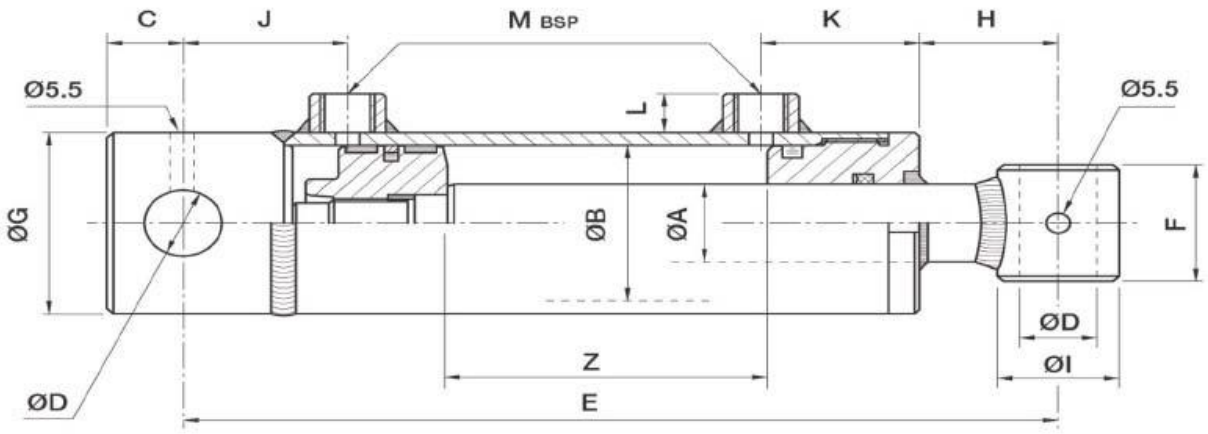
P_{Hyd} : Puissance hydraulique en W.
P : Pression hydraulique en Pascal.
Q : Débit en m^3/s.

Document annexe A2 :

VERINS HYDRAULIQUES

GAMME STANDARD

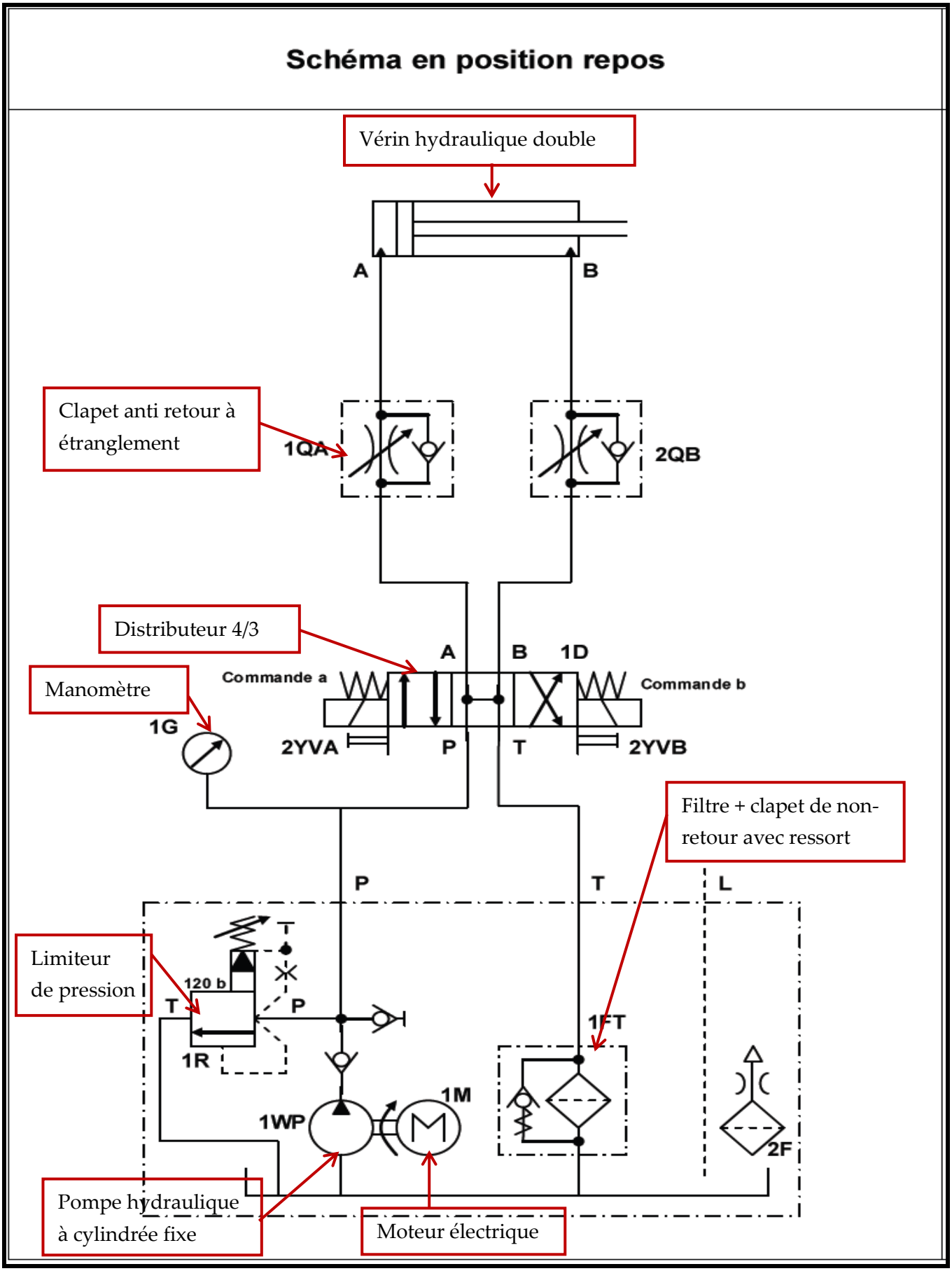
DOUBLE EFFET



Tube Glacé - Tige Chromée - Joints NBR — Pression d'utilisation 200 bars

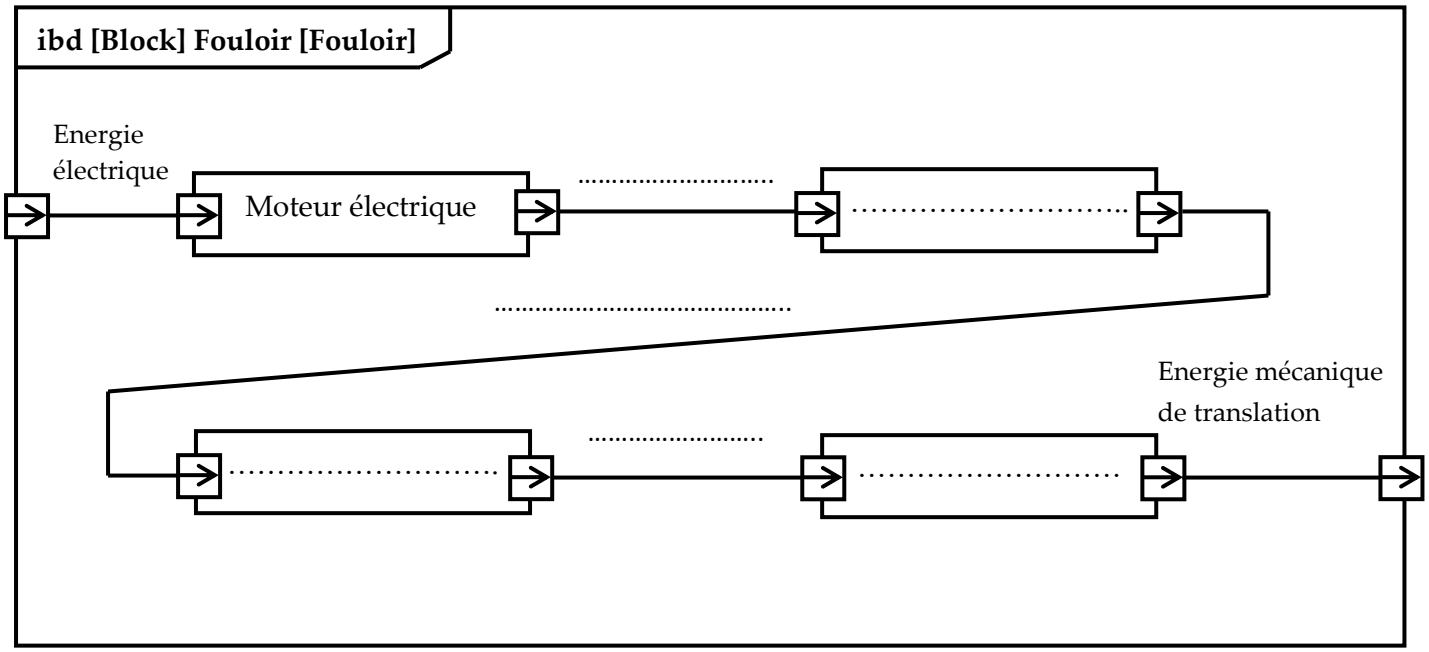
CODE	EA	EB	EG	Z	E	K	M	J	F	I	D	C	L	H	Force à 200 bars		Pds(Kg)
DE407020				200	410												10,45
DE407025				250	460												11,37
DE407030				300	510												12,31
DE407035				350	560										POUSSER	TIRER	13,3
DE407040	40	70	80	400	610	49	3/8	47	55	50	30,2	28	15	82	7 697	5 184	14,22
DE407045				450	660										daN	daN	15,2
DE407050				500	710												16,11
DE407060				600	810												18,12
DE407070				700	910												19,94
DE408020				200	410												13,26
DE408025				250	460												14,46
DE408030				300	510										POUSSER	TIRER	15,54
DE408035	40	80	90	350	560	54	3/8	47	55	50	30,2	28	15	70	10 053	7 540	16,72
DE408040				400	610										daN	daN	18
DE408050				500	710												20
DE408060				600	810												22
DE408070				700	910												24,5
DE5010030				300	525												25
DE5010040				400	625												28,5
DE5010050				500	725										POUSSER	TIRER	32
DE5010060	50	100	115	600	825	60	1/2	47	70	60	30,5	28	20	75	15 708	11 781	35,5
DE5010070				700	925										daN	daN	39,1
DE5010080				800	1025												42,6
DE5010090				900	1125												46,1
DE7012050				500	770										POUSSER	TIRER	60
DE7012070	70	120	140	700	970	82	1/2	65	80	80	40,5	40	20	55	22 619	14 923	72
DE70120100				1000	1270										daN	daN	90

Document annexe A3



Ne rien écrire dans ce cadre

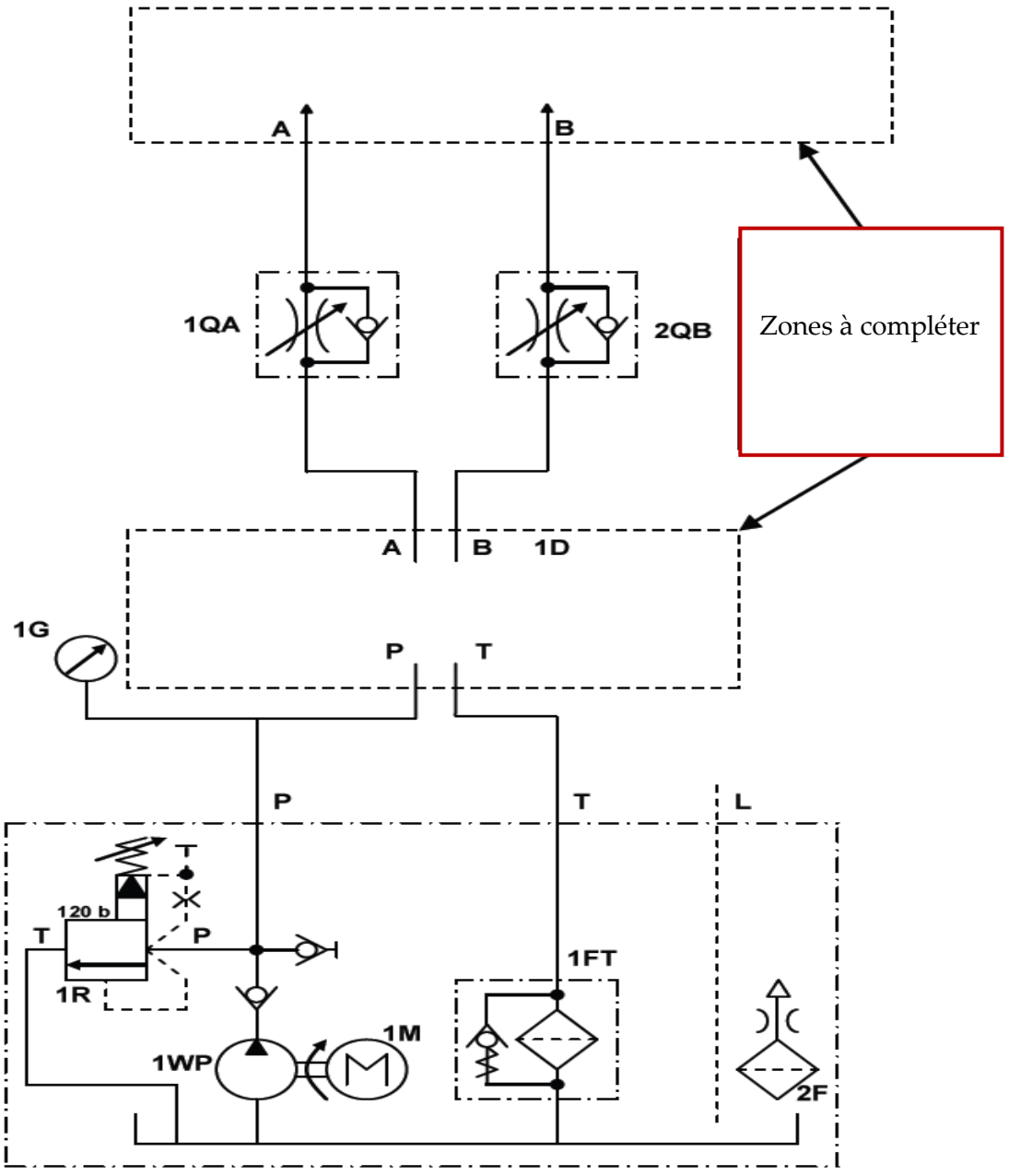
Document réponse DR1 :Q11



Ne rien écrire dans ce cadre

Document réponse DR2 : **Q14**

Tige en position sortie



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

- Analyse fonctionnelle et structurelle : diagrammes d'ingénierie système, chaînes d'information et de puissance
- Modélisation cinématique des systèmes : liaisons, graphe et schéma cinématique
- Grandeurs inertielles et cinétiques : masse, centre d'inertie, matrice d'inertie, torseurs cinétique et dynamique, énergie cinétique, inertie équivalente
- Dynamique des solides et des systèmes : principe fondamental, stratégie d'isolement, équilibrage dynamique

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/cnc/tsi