Concours d'admission de l'École polytechnique et des ENS (X-ENS), France

Session 2006, filière PSI

Sciences de l'ingénieur

Durée : 5 heures

Ce que traite le sujet

- Contexte et problématique
- Partie 1 : analyse et modélisation du mécanisme de genou
- Partie 2 : performances de l'asservissement d'horizontalité
- Partie 3 : orientation de la coupe
- Partie 4 : autre solution d'actionnement du caisson
- Partie 5 : stockage et déchargement des céréales

Sujet reproduit sans retouche à partir de la page suivante.

Résumé des parties, chapitres de cours liés et autres années :
prepahelp.com/annales/x-ens/psi/2006/si

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

CX 6114

SCIENCES INDUSTRIELLES

DURÉE: 5 HEURES

Aucun document n'est autorisé.

L'usage de calculatrices électroniques de poche à alimentation autonome, non imprimantes et sans document d'accompagnement, est autorisé, une seule à la fois étant admise sur la table ou le poste de travail, et aucun n'échange n'est autorisé entre les candidats.

Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre.





De la moissonneuse-lieuse et de la batteuse … à la moissonneuse-batteuse

Le sujet est composé :

- ✓ de ce livret avec les annexes décrivant le système étudié ainsi que le travail demandé,
- ✓ d'un document réponse recto-verso à joindre à la copie.

Il est recommandé au candidat :

- ✓ de lire l'intégralité du sujet avant de commencer à composer,
- ✓ de rappeler, sur sa copie, le numéro de la question avant d'en développer la réponse,
- ✓ de respecter l'ensemble des notations alphabétiques et numériques du sujet,
- ✓ de préciser ses propres notations lorsque cela s'avère nécessaire,
- ✓ de justifier ses hypothèses et de rédiger clairement ses réponses.

Les différentes parties sont relativement indépendantes. Néanmoins il est recommandé de les traiter dans l'ordre du sujet pour tenir compte des différentes remarques et des notations.

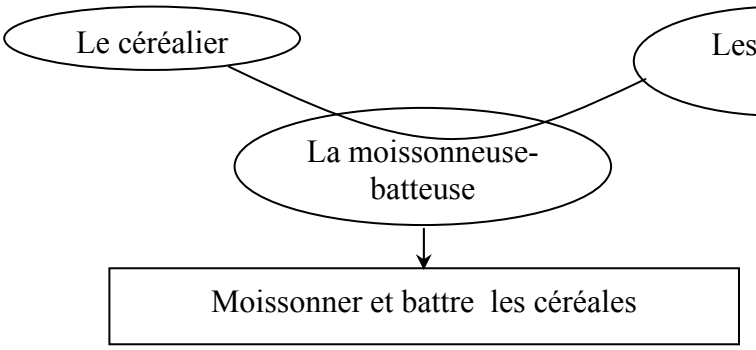
Le contexte

Pendant de longues années, la récolte des céréales a été réalisée en deux étapes : la coupe et la mise en gerbes par une moissonneuse-lieuse puis, après stockage en meules, le battage par une batteuse (voir photos de la page précédente). Ces deux opérations sont aujourd'hui réalisées, dans le champ, par une seule machine appelée moissonneuse–batteuse. Le système retenu pour ce sujet est l'une d'elle, le modèle 2350, commercialisé par LAVERDA. Propulsée par un moteur de près de 300 kW, cette machine de haut de gamme peut récolter plus de trente tonnes de céréales par heure.



La LAVERDA 2350 récoltant du blé

L'objet de l'étude est la validation partielle des solutions technologiques qui contribuent à la réalisation de la prestation principale :



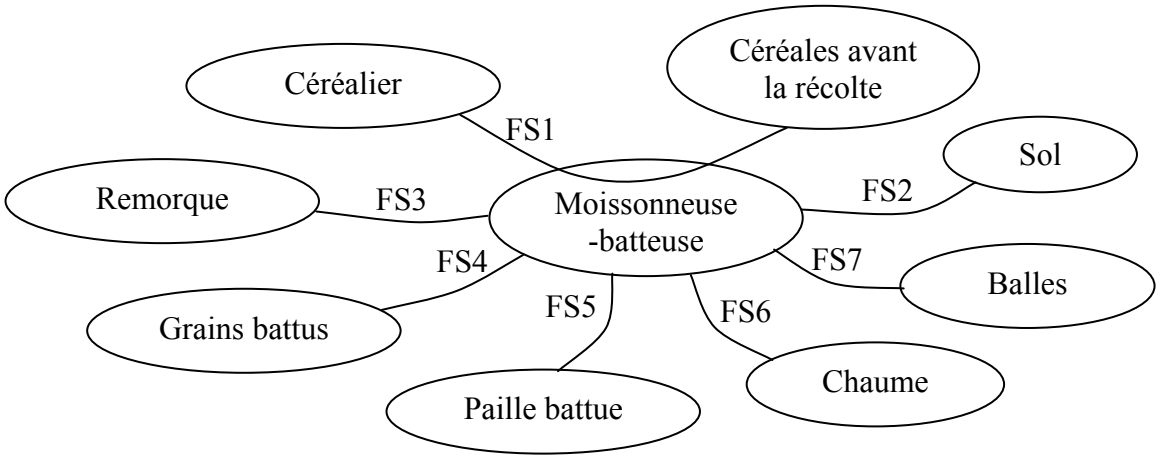
Critère	Valeur
% d'impureté	≤1,5%
Perte au m^2	<20 grains

Cette prestation est réalisée pendant la phase de vie de la moisson :



Le céréalier, installé dans la cabine de conduite, parcourt la surface du champ par bandes parallèles de la largeur de la coupe de la moissonneuse–batteuse. La céréale est coupée puis battue, c'est-à-dire que le grain est séparé de son enveloppe (la balle) et de la paille. Nettoyés des impuretés, les grains sont transvasés dans la remorque qui roule à coté de la moissonneuse batteuse. La paille et les balles sont déposées, en andains, sur les chaumes.

Une modélisation partielle de cette phase est donnée par le cahier des charges fonctionnel :



N°	*Qualification*	*Critère*	*Niveau*
FS1	Permettre au céréalier de récolter les céréales	Taux d'impureté dans les grains	< 1,5 %
		Perte de grains	< 20 au m^2
FS2	S'adapter au sol	Dégradation de la prestation	aucune
FS3	S'adapter au mouvement de la remorque	Position relative par rapport à la remorque	± 2 m
FS4	Assurer le transvasement des grains battus	Perte de grains	Aucune
FS5	Assurer la dépose de la paille battue	Largeur de la dépose	1,5 ± 0,1 m
FS6	Réaliser une hauteur de chaumes	Hauteur	> 80 mm
		Ecart	< 10 cm
FS7	Réaliser l'épandage des balles	Largeur	4 m

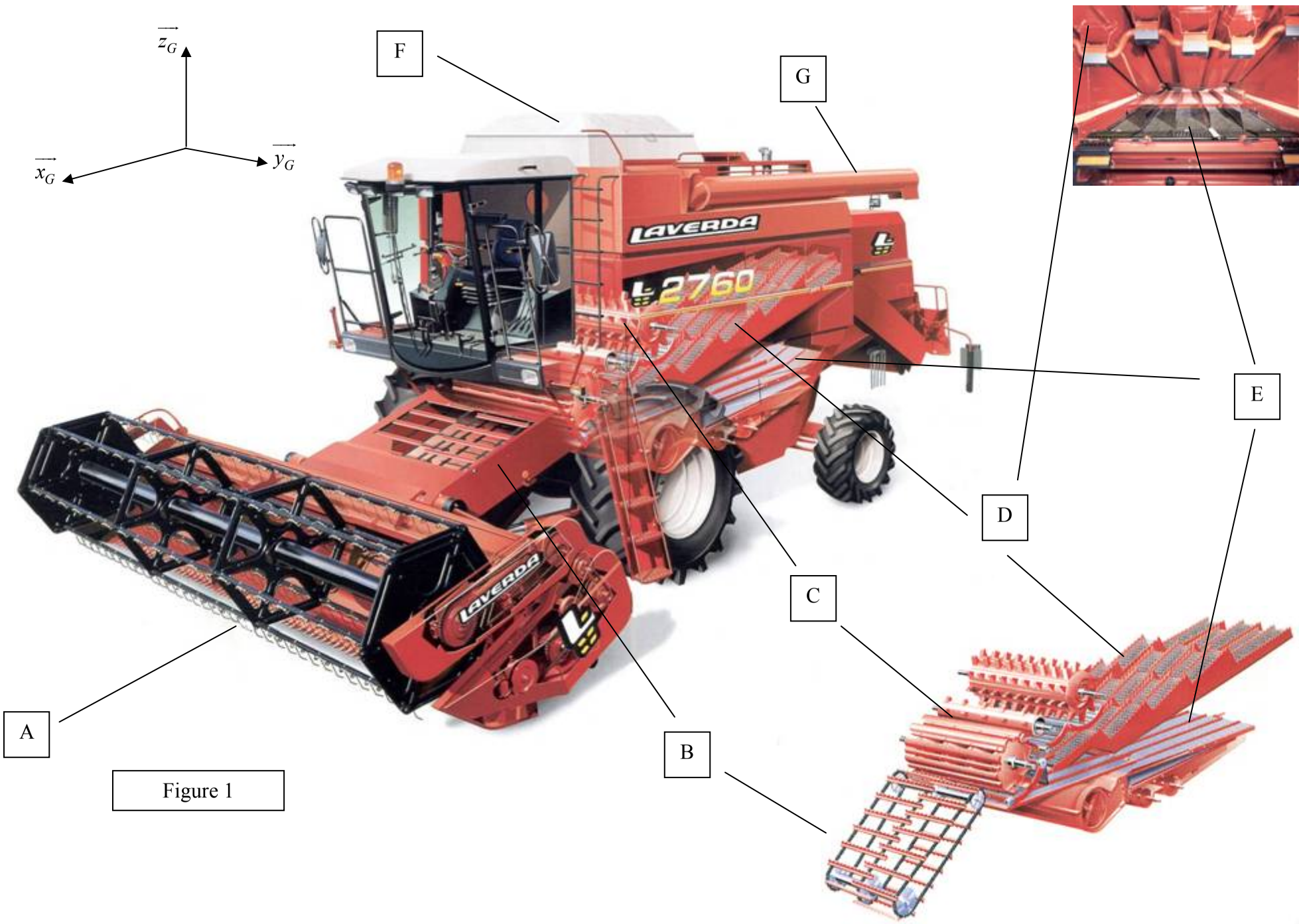

$\overrightarrow{z_G}$
$\overrightarrow{y_G}$
$\overrightarrow{x_G}$
F
G
E
D
C
B
A
LAVERDA
L2760

Figure 1

La Figure 1 représente la moissonneuse-batteuse LAVERDA 2350. La base $(\overrightarrow{x_G}, \overrightarrow{y_G}, \overrightarrow{z_G})$ est telle que $\vec{g} = -g\overrightarrow{z_G}$, avec $\vec{g}$ accélération de la pesanteur.

Lors de la récolte, la céréale est coupée, couchée puis rassemblée par la coupe (repère A sur la Figure 1) avant d'être acheminée par le convoyeur (repère B) vers le batteur (repère C) pour le battage. Sous l'effet de la pression, une grande partie des grains et des balles traverse la paroi du batteur et tombe à l'entrée du caisson de nettoyage (repère E). La paille, une partie des balles et le reste des grains passent sur les secoueurs (repère D). Alors que la paille et les balles sont éjectées à l'arrière de la moissonneuse-batteuse et répandues en andains sur le champ, les grains, plus lourds descendent dans la paille, traverse les alvéoles puis glissent au fond des secoueurs pour être ramenés à l'entrée du caisson de nettoyage.

Le caisson de nettoyage comprend trois niveaux : le plan supérieur percé d'alvéoles, l'étage médian (la grille) percé de trous calibrés et un fond plat. Installée au fond du caisson, une soufflerie génère un vent qui traverse la grille et les alvéoles ; ce vent est destiné à mettre les balles et les impuretés en suspension et à les expulser hors de la moissonneuse. Les grains après être passés au travers des alvéoles, passent au travers de la grille puis sont acheminés par une vis d'Archimède dans un réservoir de 8 m^3, la trémie (repère F), en attente de vidange.

Lorsqu'elle est pleine, la trémie est vidée dans une remorque en déployant la goulotte de vidange (repère G). Cette opération peut être réalisée à l'arrêt ou en pendant le battage (voir photo 1).

Q1. Compléter le SADT ébauché sur le Document Réponse 1, en indiquant les flux des grains, de la paille et des balles.

Problématique

Dans le caisson de nettoyage, les grains sont débarrassés des dernières impuretés (graines diverses, morceaux de paille ou balles) en passant au travers des trous calibrés de la grille. Ce passage est facilité par l'action combinée de secousses et d'un fort courant d'air créé par la soufflerie. Cependant, pour assurer à la fois la qualité requise par la prestation et le débit attendu, il faut que l'épaisseur de grains sur la grille de nettoyage soit uniforme.

Cette contrainte impose l'horizontalité du caisson de nettoyage quelle que soit la pente du terrain (photo 2).



Photo 2

La Figure 2 donne une partie du FAST associé à la fonction technique FT3.

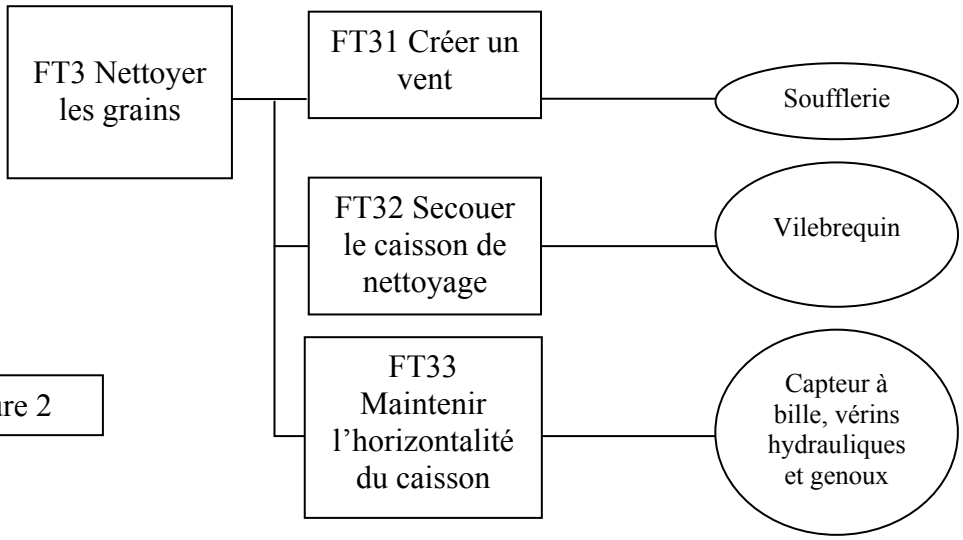


Figure 2

Le tableau ci-dessous donne une partie de la caractérisation de la Fonction Technique FT33 :

Caractérisation partielle des fonctions techniques		
Expression	*Critère*	*Niveau*
FT33 Maintenir l'horizontalité du caisson	Angle d'inclinaison transversale (autour de l'axe $\overrightarrow{x_G}$) du caisson de nettoyage	0° ± 4° à garantir jusqu'à un dévers de 10°
	Angle d'inclinaison longitudinale (autour de l'axe $\overrightarrow{y_G}$) du caisson de nettoyage	0° ± 4° à garantir jusqu'à une pente de 10°

Pour répondre aux critères de la fonction technique FT33, les concepteurs de la marque LAVERDA ont choisi d'orienter le châssis de la moissonneuse-batteuse par rapport au sol (voir photo 2).

PARTIE 1

L'objet de cette partie est l'analyse et la modélisation de la solution technique retenue sur la moissonneuse-batteuse LAVERDA 2350 pour satisfaire les critères de la Fonction Technique FT33.

Les dimensions de la moissonneuse-batteuse sont données en Annexe 1. Un modèle de la liaison au sol de la moissonneuse-batteuse est défini en Annexe 2. Le paramétrage nécessite la définition de trois bases :

$(\overrightarrow{x_S}, \overrightarrow{y_S}, \overrightarrow{z_S})$: base liée au profil du sol

$(\overrightarrow{x_M}, \overrightarrow{y_M}, \overrightarrow{z_M})$: base liée au châssis de la moissonneuse-batteuse

$(\overrightarrow{x_G}, \overrightarrow{y_G}, \overrightarrow{z_G})$: base liée au référentiel galiléen avec $\overrightarrow{z_G}$ vertical ascendant

La mobilité liée à la direction est assurée par les roues arrière. La hauteur de chaque roue avant est pilotée par deux liaisons glissières. L'objectif est de garantir l'horizontalité du châssis de la moissonneuse-batteuse, c'est-à-dire $\overrightarrow{z_G} = \overrightarrow{z_M}$.

Le modèle est représenté en Annexe 2 dans le cas particulier d'un dévers, c'est-à-dire une rotation du sol, supposé plan, par rapport au référentiel galiléen définie par l'angle $(\overrightarrow{y_G}, \overrightarrow{y_S}) = (\overrightarrow{z_G}, \overrightarrow{z_S})$.

Q2. Sur le modèle proposé, démontrer que la commande des deux mobilités sur les roues avant permet d'obtenir l'horizontalité du châssis de la moissonneuse-batteuse, dans la limite des débattements des liaisons.

Sur la LAVERDA 2350, la position des roues avant par rapport au châssis n'est pas réalisée par le guidage en translation modélisé par des liaisons glissières en Annexe 2, mais par un mécanisme appelé genou, dont un modèle est donné en Annexe 3, actionné par un vérin hydraulique.

Le genou comporte quatre classes d'équivalence cinématiques :

CE1 : la pièce n°1
CE2 : la pièce n°2 (tige du vérin hydraulique)
CE3 : la pièce n°3 (corps du vérin hydraulique)
CE4 : la pièce n°4 (partie solidaire du châssis de la moissonneuse-batteuse)

Le paramétrage du modèle cinématique est donné en Annexe 3 :

$(\overrightarrow{x_S}, \overrightarrow{y_S}, \overrightarrow{z_S})$: base liée au profil du sol

$(\overrightarrow{x_M}, \overrightarrow{y_M}, \overrightarrow{z_M})$: base liée au châssis de la moissonneuse-batteuse

$(\overrightarrow{x_G}, \overrightarrow{y_G}, \overrightarrow{z_G})$: base liée au référentiel galiléen avec $\overrightarrow{z_G}$ vertical ascendant.

- La liaison entre CE1 et CE2 est modélisée par une liaison pivot d'axe $(C, \overrightarrow{y_M})$.
- La liaison entre CE2 et CE3 est modélisée par une liaison pivot glissant d'axe $(C, \overrightarrow{x_2})$ telle que $\overrightarrow{DC} = l.\overrightarrow{x_2}$.
- La liaison entre CE3 et CE4 est modélisée par une liaison pivot d'axe $(D, \overrightarrow{y_M})$ telle que $\gamma = \left(\overrightarrow{x_M}, \overrightarrow{x_2}\right)$.

- La liaison entre CE4 et CE1 est modélisée par une liaison pivot d'axe (A, $\overrightarrow{y_M}$) telle que $\theta = \left(\overrightarrow{x_M}, \overrightarrow{x_1}\right)$.
- CE1 est en liaison pivot (axe (B, $\overrightarrow{y_M}$)) avec la roue avant.

Dans un premier temps, on s'intéresse uniquement à la chaîne formée par les quatre classes d'équivalence CE1 à CE4.

Q3. Calculer le degré de mobilité de cette chaîne cinématique. En déduire le nombre de paramètres indépendants permettant de décrire la position de cette chaîne.

Q4. Dans le cas d'une modélisation spatiale, calculer le degré d'hyperstaticité de cette chaîne. Proposer une modification de la modélisation des liaisons qui rende la chaîne isostatique.

Q5. Calculer le degré d'hyperstaticité dans le cas d'une modélisation plane de la chaîne formée par les quatre classes d'équivalence. Conclure.

Q6. Déterminer la répartition des masses sur chacune des roues de la moissonneuse-batteuse lorsque la trémie est pleine et que la machine est à l'arrêt sur un plan horizontal (voir Annexe 1). Le centre de gravité, malgré la goulotte, est supposé dans le plan de symétrie $\left(Or; \overrightarrow{x_M}, \overrightarrow{z_M}\right)$.

Dans les questions suivantes, on ne prend en compte que l'horizontalité transversale (rotation autour de l'axe $\overrightarrow{x_G}$) de la moissonneuse-batteuse. On suppose que les allongements des vérins des genoux sont symétriques (lorsque la tige d'un vérin sort de x mm, la tige de l'autre vérin rentre de x mm) et qu'ils ne modifient pas de manière significative l'horizontalité longitudinale (rotation autour de l'axe $\overrightarrow{y_G}$). C'est pourquoi le modèle propose une liaison glissière de direction $\overrightarrow{z_G}$ entre le châssis 4 de la machine et le sol 0.

Q7. Déterminer la course nécessaire Δh sur chaque genou pour garantir l'horizontalité transversale jusqu'à un dévers maximum de 10°.

Q8. Déterminer graphiquement sur le Document Réponse 2 la course de vérin nécessaire en supposant que la position représentée correspond exactement à la position médiane de la course Δh à obtenir.

Notations :

- On nomme $F_{vérin}$ l'action de la pression du fluide sur le piston (CE2). Cette action peut être décomposée en $F_{vérin} = F_0 + F_a$ avec :
  - F_0 l'action de la pression permettant de maintenir la position statique de référence (initiale) qui correspond à un angle $\theta = \left(\overrightarrow{x_M}, \overrightarrow{x_1}\right) = 45°$
  - F_a l'action de la pression permettant de créer une accélération.
- On peut aussi décomposer l en $l = l_0 + l_a$ et de la même manière h en $h = h_0 + h_a$
  - l_0 et h_0 correspondent à l et h pour la position de référence $\theta = \left(\overrightarrow{x_M}, \overrightarrow{x_1}\right) = 45°$.

La surface du vérin sur laquelle agit la pression hydraulique sera notée S.

Etant donnée l'importance des actions mises en jeu pour mouvoir le châssis de la moissonneuse-batteuse, les liaisons sont supposées parfaites, les actions des frottements sec et fluide dans le vérin sont négligées, et les masses des pièces 1, 2 et 3 sont négligées.

Q9. Par une étude dynamique, déterminer la relation entre *h* et/ou ses dérivées successives et *l* et/ou ses dérivées successives.

Q10. En utilisant la courbe donnée en Annexe 4, déterminer la fonction de transfert $\frac{H_a(p)}{F_a(p)}$.

La pompe hydraulique alimentant le vérin est capable de fournir une pression maximum de P_{max}=220 bars et un débit maximum de q_{max}=10 litres.s^{-1}.

Q11. Choisir une référence de vérin dans l'Annexe 5 permettant d'atteindre le niveau des critères de la Fonction Technique FT33 : $0° \pm 4° \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} \dot{h} = 1,32\, m.s^{-1} \\ \ddot{h} = 8\, m.s^{-2} \end{array} \right\}$.

La pompe hydraulique qui alimente le vérin du genou est entraînée par un moteur électrique à courant continu. Les équations temporelles régissant le fonctionnement du moteur à courant continu sont :

- $c_M(t) = K_t.i(t)$
- $e(t) = K_e.\omega(t)$
- $u(t) = e(t) + L.\frac{d}{dt}i(t) + R.i(t)$

On note $c_r(t)$ le couple récepteur exercé par le rotor du moteur sur la pompe hydraulique et *J* le moment d'inertie du rotor et de l'axe de la pompe ramené sur l'axe de rotation du moteur.

Q12. Exprimer la relation entre $c_M(t)$, $c_r(t)$ et $\omega(t)$. En déduire la relation entre leur transformée de Laplace : $C_M(p)$, $C_r(p)$ et $\Omega(p)$.

Q13. Proposer alors un modèle sous forme de schéma bloc du moteur électrique avec $U(p)$ et $C_r(p)$ comme entrées et $\Omega(p)$ comme sortie.

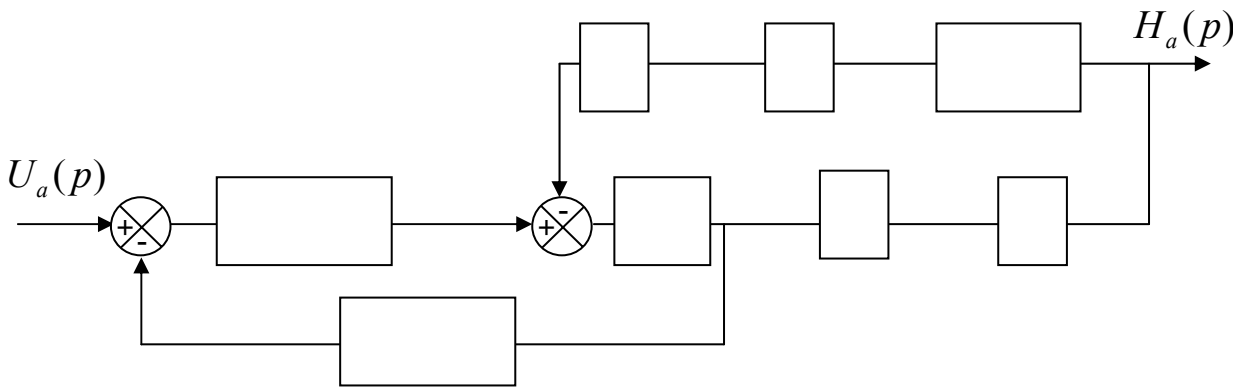
Une pompe hydraulique est un système mécanique dont la fonction est de transformer une énergie mécanique en énergie hydraulique. La modélisation retenue repose sur l'hypothèse de fluide incompressible et l'existence d'un rapport de proportionnalité entre le débit fourni et la vitesse de rotation de la pompe. On note K_1 ce rapport de proportionnalité tel que $q(t) = K_1.\omega(t)$, $q(t)$ étant le débit d'alimentation du vérin.

Q14. En supposant le rendement de la pompe égal à 1, exprimer la relation entre la pression $p_r(t)$ à la sortie de la pompe et le couple $c_r(t)$ appliqué à l'entrée de la pompe.

Q15. En déduire les deux équations dans le domaine de Laplace régissant le fonctionnement de la pompe hydraulique.

Q16. Par analogie au raisonnement et aux notations proposés dans les questions précédentes, recopier et compléter le schéma bloc ci-dessous en y incluant la pompe hydraulique et le genou de manière à avoir $U_a(p)$ en entrée et $H_a(p)$ en sortie. En plus des

fonctions de transfert, inscrire les grandeurs physiques d'entrée et de sortie de chacun des blocs. $U_a(p)$ est définie comme une tension de consigne qui est nulle lorsque le genou est immobile en position de référence.



Q17. Exprimer la fonction de transfert $\frac{H_a(p)}{U_a(p)}$.

PARTIE 2

L'objet de cette partie est l'étude des performances de la solution technique retenue sur la moissonneuse-batteuse LAVERDA 2350 pour satisfaire les critères de la Fonction Technique FT33, en particulier la précision, la rapidité et la stabilité de l'asservissement de l'horizontalité du caisson de nettoyage.

La Partie 1 du sujet a permis d'analyser et de modéliser la solution technique retenue sur la LAVERDA 2350 pour satisfaire la Fonction Technique FT33. Le mécanisme genou (voir Annexe 3) peut modifier la hauteur des roues avant et permet de corriger un défaut d'horizontalité transversale (rotation autour de l'axe $\overrightarrow{x_G}$). Les genoux sont pilotés par des vérins, alimentés en huile par des pompes hydrauliques commandées en tension par une carte de commande. L'information d'horizontalité transversale est obtenue par l'intermédiaire de capteurs à billes solidaires de la machine.

Comme dans la Partie 1, seule l'horizontalité transversale (rotation autour de l'axe $\overrightarrow{x_G}$) est prise en compte dans cette Partie 2. Les allongements des vérins des genoux sont symétriques (lorsque la tige d'un vérin sort de x mm, la tige de l'autre vérin rentre de x mm).

Le modèle d'analyse est défini sur la Figure 3. L'indice 1 est réservé pour tous les composants du côté $\vec{y}$ positif (pompe 1, vérin 1, genou 1) et l'indice 2 pour tous les composants du côté $\vec{y}$ négatif (pompe 2, vérin 2, genou 2).

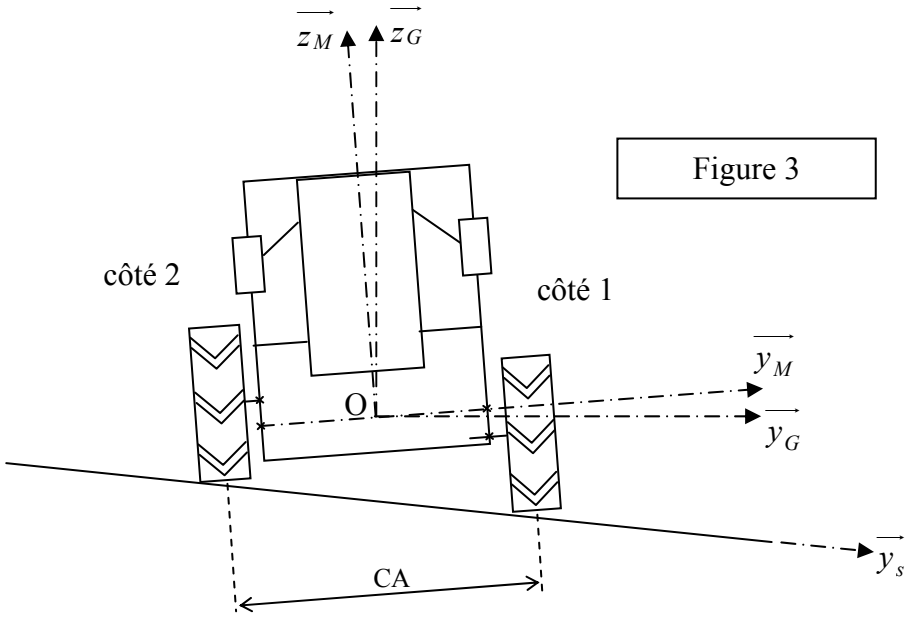


Figure 3

$(\overrightarrow{x_s}, \overrightarrow{y_s}, \overrightarrow{z_s})$: base liée au profil du sol

$(\overrightarrow{x_M}, \overrightarrow{y_M}, \overrightarrow{z_M})$: base liée au châssis de la moissonneuse-batteuse

$(\overrightarrow{x_G}, \overrightarrow{y_G}, \overrightarrow{z_G})$: base liée au référentiel galiléen avec $\overrightarrow{z_G}$ vertical ascendant

La moissonneuse-batteuse se déplace suivant la direction $\overrightarrow{x_G}$.

$\alpha = (\overrightarrow{y_G}, \overrightarrow{y_s})$: angle de dévers du champ

$\sigma = (\overrightarrow{y_s}, \overrightarrow{y_M})$: angle de la moissonneuse-batteuse par rapport au sol

La hauteur du genou *i* est définie par $h_i = h_{0i} + h_{ai}$ (voir Annexe 3 et Partie 1), avec h_{0i} hauteur de référence obtenue pour $\theta = \left(\overrightarrow{x_M}, \overrightarrow{x_1}\right) = 45°$ et $\alpha = \sigma = 0$ (horizontalité transversale parfaite sur sol plat), et h_{ai} variation de hauteur pour assurer l'horizontalité transversale sur sol non plat. La symétrie des allongements des vérins se traduit par $h_{a1} = -h_{a2}$. On note CA la distance entre les points de contact des deux roues avant avec le sol (voir Annexe 1 et Figure 3).

Q18. A l'aide de la Figure 3, exprimer la relation entre $h_{a1} - h_{a2}$ et σ puis, en tenant compte de la commande symétrique, celle entre h_{a1} et σ. Le dévers maximum restant faible, linéariser cette équation et déterminer la fonction de transfert du châssis de la moissonneuse-batteuse $\frac{\Sigma(p)}{2.H_{a1}(p)}$. ($\Sigma(p)$ transformée de Laplace de $\sigma(t)$)

Le capteur à bille (voir Figure 4) utilisé pour mesurer l'angle de la moissonneuse-batteuse avec le plan horizontal galiléen est monté sur le châssis **0** de la moissonneuse-batteuse. Il est constitué de la bille **1**, de la tige **2** et des deux résistances **3a** et **3b** formant un demi cercle :

- la bille **1** est en liaison pivot d'axe $(B, \overrightarrow{x_M})$ avec la tige **2**,
- la tige **2** est en liaison pivot d'axe $(N, \overrightarrow{x_M})$ avec le châssis **0** de la moissonneuse-batteuse et est supposée toujours parfaitement verticale,
- les résistances **3a** et **3b** sont liées au châssis **0** de la moissonneuse-batteuse,
- la bille **1** roule sans glisser en I dans la goulotte demi-circulaire constituée de deux résistances identiques (**3a** et **3b**) de rayon R_b.

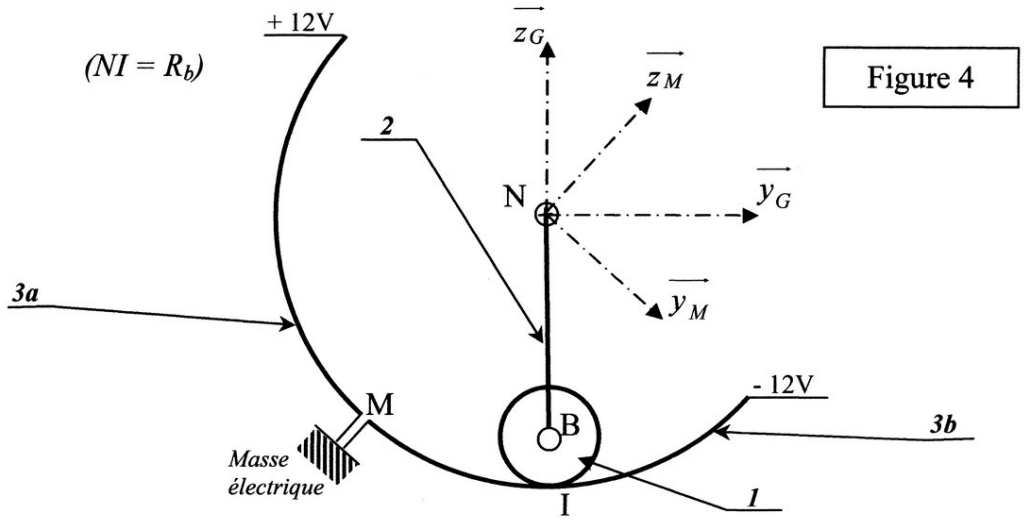


Figure 4

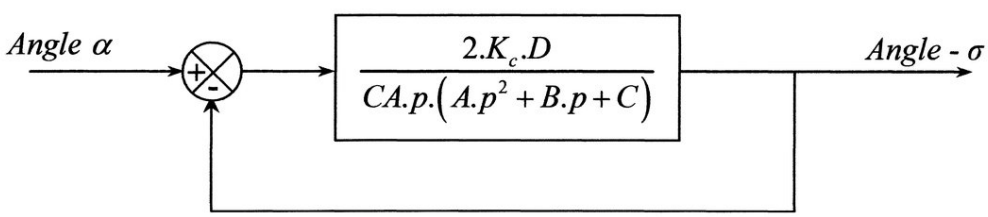
La mesure du potentiel du point N donne une image de la mesure de l'angle $(\overrightarrow{y_G}, \overrightarrow{y_M})$.

Q19. En considérant que la résistance entre les points *M* et *N* varie linéairement avec la longueur *MI*, démontrer que la fonction de transfert du capteur à bille est modélisable par un gain pur, noté K_c.

L'étude faite à la Partie 1 a permis de déterminer la fonction de transfert de l'ensemble {pompe, vérin, genou}. Le lien entre la hauteur du genou *i* et la tension d'alimentation de la pompe est :

$$\frac{H_{ai}(p)}{U_a(p)} = \frac{D}{p.(A.p^2 + B.p + C)}$$

Q20. Montrer que le système peut se mettre sous la forme du schéma bloc ci-dessous :



Q21. Exprimer les écarts statiques en position et en vitesse.

La vitesse maximale de la moissonneuse-batteuse lors de la moisson est 14,4 km.h^{-1}. Les variations de pente sont telles que $\left|\frac{d\alpha}{dx}\right| \leq 0,2\ rad.m^{-1}$.

Les valeurs numériques de la fonction de transfert sont :

$Kc = 24/\pi$ V.rad^{-1},

$A = 0,036$, $B = 5206$, $C = 1,32$ et $D = 4,08$ (USI)

Q22. Valider le modèle de cet asservissement en vérifiant le critère de précision de la Fonction Technique FT33.

Q23. Discuter de la pertinence des deux écarts calculés dans la question précédente pour satisfaire les critères de la Fonction Technique FT33.

Q24. Citer des facteurs influant sur les performances de ce modèle qui n'ont pas été pris en compte lors de la modélisation.

Q25. Calculer la marge de gain du modèle de cet asservissement. Conclure sur la stabilité de la solution technique retenue sur la LAVERDA 2350.

Lors de la moisson, la moissonneuse-batteuse peut être amenée à monter ou descendre en fonction de la pente du champ (défaut d'horizontalité longitudinale autour de l'axe $\overrightarrow{y_G}$). Le caisson de nettoyage doit malgré tout être maintenu horizontal.

Q26. Définir le mouvement à imposer sur les deux genoux avant pour maintenir l'horizontalité de la moissonneuse-batteuse en montée ou en descente.

Dans le cas particulier d'un champ en pente et en dévers, l'un des deux genoux avant peut être en butée avant l'autre.

Q27. Dans ce cas, donner une stratégie de commande des vérins permettant de continuer à maintenir l'horizontalité (transversale et longitudinale) de la moissonneuse-batteuse.

PARTIE 3

Sur la moissonneuse-batteuse étudiée, l'horizontalité du caisson de nettoyage étant obtenue en agissant sur la hauteur des deux roues avant, la coupe (repère A sur la Figure 1) doit être orientable par rapport au châssis de la moissonneuse-batteuse. L'objet de cette partie est la validation du mécanisme d'orientation de la coupe par rapport au châssis de la machine.



Le cahier des charges fonctionnel impose la fonction de service suivante :

Expression	Critère	Niveau
	Hauteur mini	80 mm
	Hauteur maxi	270 mm
	Précision	< 5%

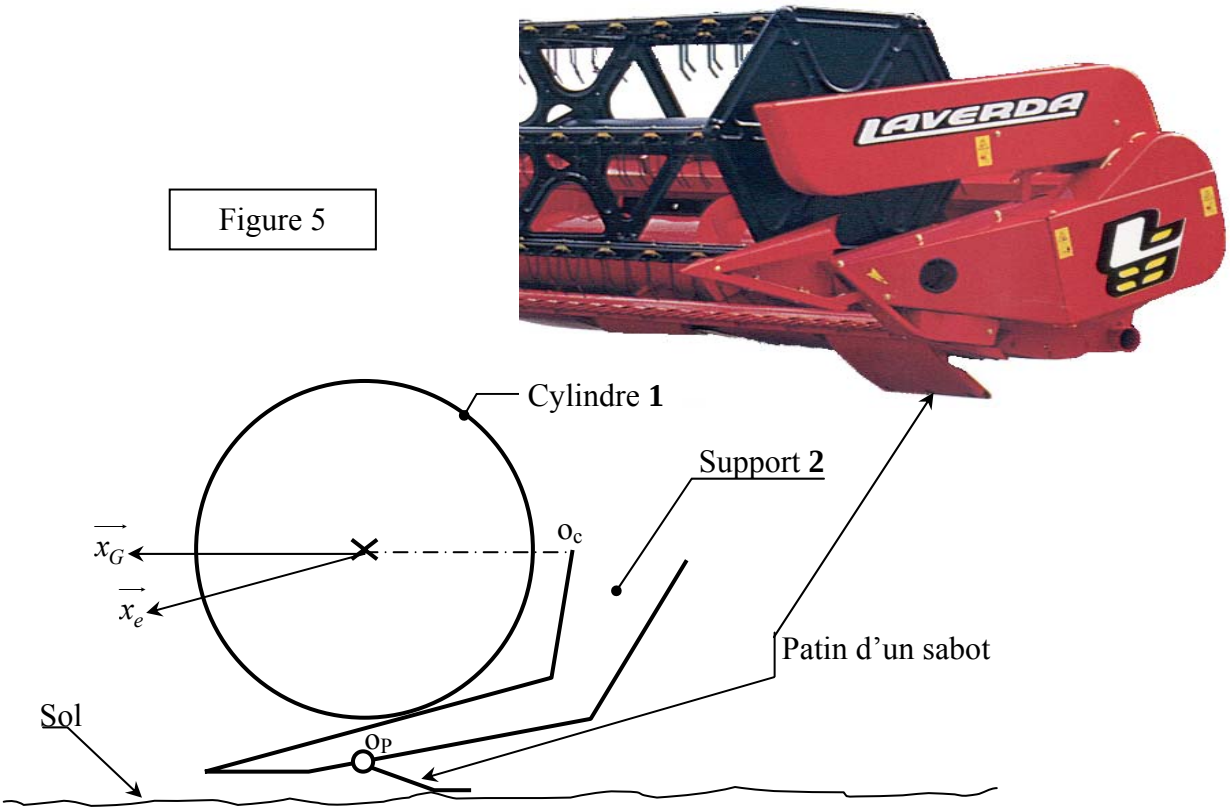
Q28. Donner l'expression de la fonction technique manquante dans le tableau précédent.

Sur la moissonneuse-batteuse LAVERDA 2350, des capteurs spécifiques sont installés sur la coupe afin de connaître son horizontalité par rapport au sol situé sous elle.

Q29. Définir les avantages et les inconvénients à utiliser ces capteurs spécifiques plutôt que le capteur à bille installé sur la LAVERDA (voir Partie 2).

La solution retenue sur la LAVERDA 2350 pour mesurer l'horizontalité de la coupe par rapport au sol est l'utilisation de deux sabots installés à chaque extrémité de la coupe (voir Figure 5).

Figure 5



Les patins des sabots sont en liaison pivot d'axe $(O_P, \overrightarrow{y_c})$ avec le châssis de la coupe. Le contact entre le patin et le sol est maintenu par l'action d'un ressort. Chaque sabot est muni d'un capteur potentiométrique délivrant une tension proportionnelle à l'inclinaison du patin par rapport au châssis de la coupe.

Q30. Comment établir la consigne de commande du système d'orientation de la coupe ?

Lors d'une étude d'amélioration de la conception de cette solution, les concepteurs ont envisagé d'utiliser les mesures réalisées pour l'orientation de la coupe afin d'améliorer la précision de l'orientation du caisson de nettoyage.

Q31. Expliquer en quoi cette conception permettrait d'améliorer la précision dynamique du modèle d'asservissement du caisson de nettoyage, vu à la Partie 2.

Q32. Proposer deux types de capteurs qui conviendraient pour ces capteurs spécifiques.

PARTIE 4

L'objet de cette partie est l'étude d'une autre solution répondant à la fonction technique FT33. L'objectif est de caractériser l'amélioration des performances qu'apporterait cette nouvelle solution par rapport à celles calculées à la Partie 2 (précision, rapidité et stabilité du modèle d'asservissement).

Pour garantir l'horizontalité du caisson de nettoyage, les ingénieurs de chez LAVERDA ont choisi de faire agir les genoux directement sur le châssis de la moissonneuse-batteuse.

Q33. En vous basant sur deux critères, un favorable et un défavorable, critiquer ce choix.

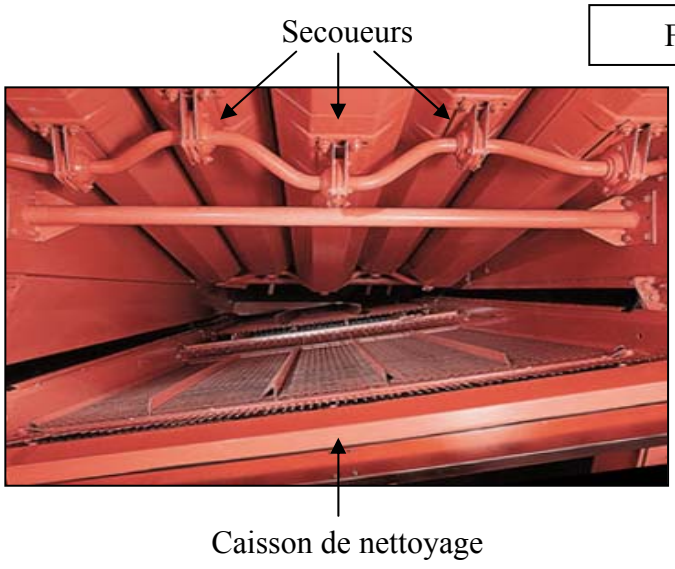
Une rapide étude de bench-marking montre que d'autres solutions sont développées par des concurrents de LAVERDA pour maintenir l'horizontalité du caisson de nettoyage.

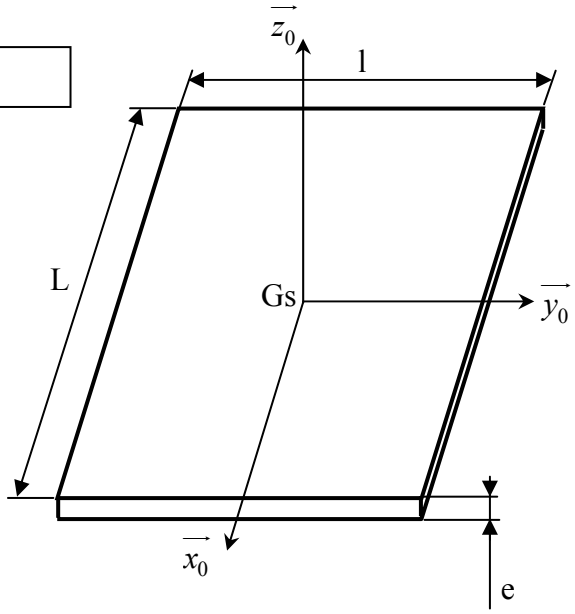
Q34. Proposer, sous forme d'un schéma, le principe d'une solution dans laquelle l'actionneur agit directement sur le caisson de nettoyage.

Q35. Comparer qualitativement la rapidité de cette solution à celle de la solution originale sur la LAVERDA.

L'objet à présent est de choisir un actionneur pour la solution proposée précédemment. Pour faire ce choix, le critère prépondérant est la rapidité d'orientation du caisson de nettoyage de la moissonneuse-batteuse : l'accélération angulaire maxi est égale à 10 rad.s^{-2} et la vitesse angulaire maxi est égale à 2 rad.s^{-1}.
Pour le calcul du dimensionnement de l'actionneur, le modèle du caisson de nettoyage est défini Figure 6 :

Figure 6





Les hypothèses de modélisation sont les suivantes :

- le caisson de nettoyage est assimilable à un parallélépipède homogène de centre de gravité Gs,
- la masse totale du caisson est de 500kg (masse des céréales comprise),
- L = 2,80m, l = 1,2m, e = 60mm,
- la rotation du caisson de nettoyage ne se fait qu'autour de l'axe $\left(G_S, \vec{x_0}\right)$.

Q36. En supposant un rendement égal à 0,7, calculer la puissance maximale que doit délivrer l'actionneur dans la solution envisagée.

PARTIE 5

L'objet de cette partie est l'analyse séquentielle des fonctions relatives au stockage et au déchargement des céréales récoltées. L'étude a pour objectif de prendre en compte des défaillances potentielles du système afin de les anticiper dans le comportement attendu de la moissonneuse-batteuse.



La trémie de la moissonneuse-batteuse LAVERDA peut contenir 8 m^3 de céréales. La vidange de celle-ci peut être réalisée à l'arrêt ou lors de la moisson (afin d'augmenter la productivité de la récolte).

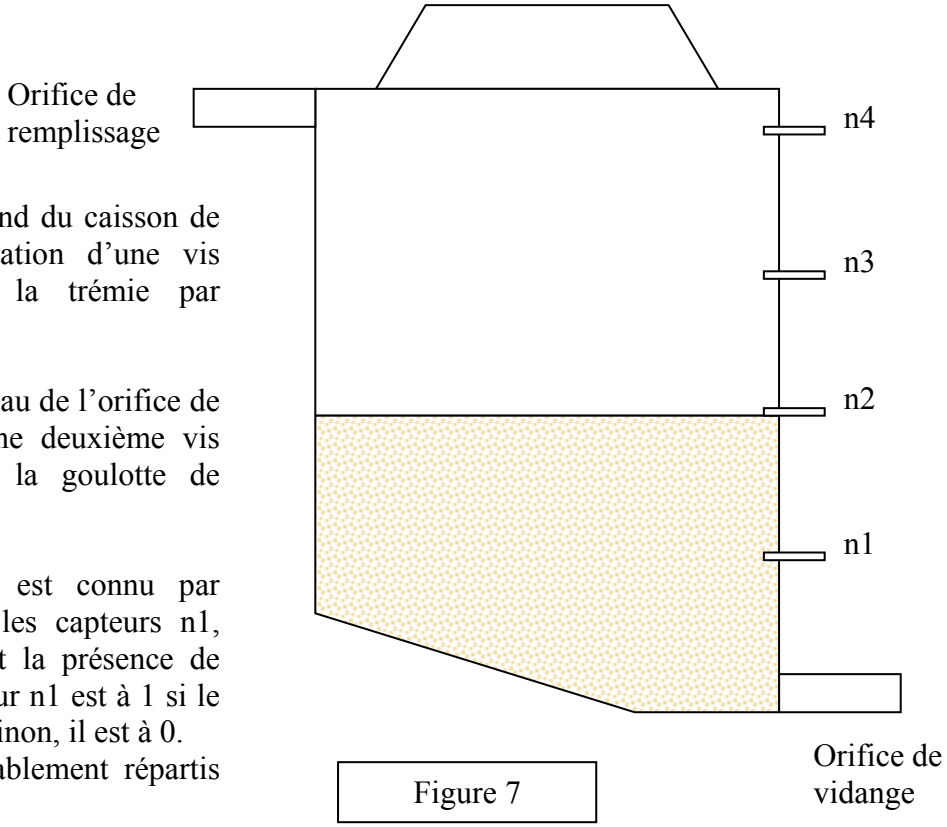


Figure 7

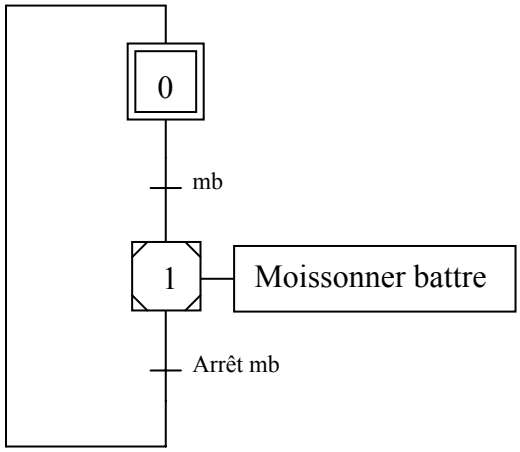
Le grain est remonté du fond du caisson de nettoyage grâce à la rotation d'une vis d'Archimède et remplit la trémie par l'orifice de remplissage.

Le grain est prélevé au niveau de l'orifice de vidange sous l'action d'une deuxième vis d'Archimède située dans la goulotte de vidange.

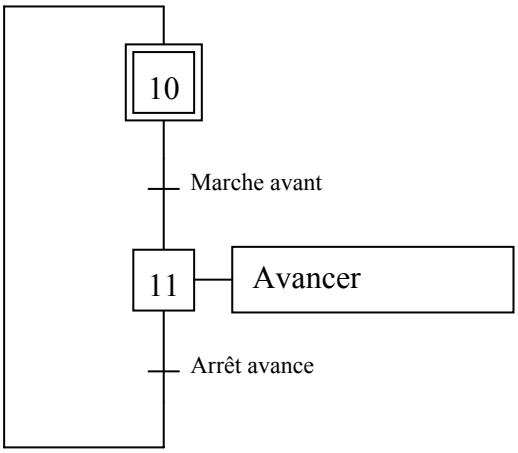
Le niveau de la trémie est connu par l'information qu'envoient les capteurs n1, n2, n3 et n4 qui détectent la présence de grain à proximité ; le capteur n1 est à 1 si le grain a atteint le niveau 1, sinon, il est à 0.
Ces 4 capteurs sont équitablement répartis par rapport au volume total.

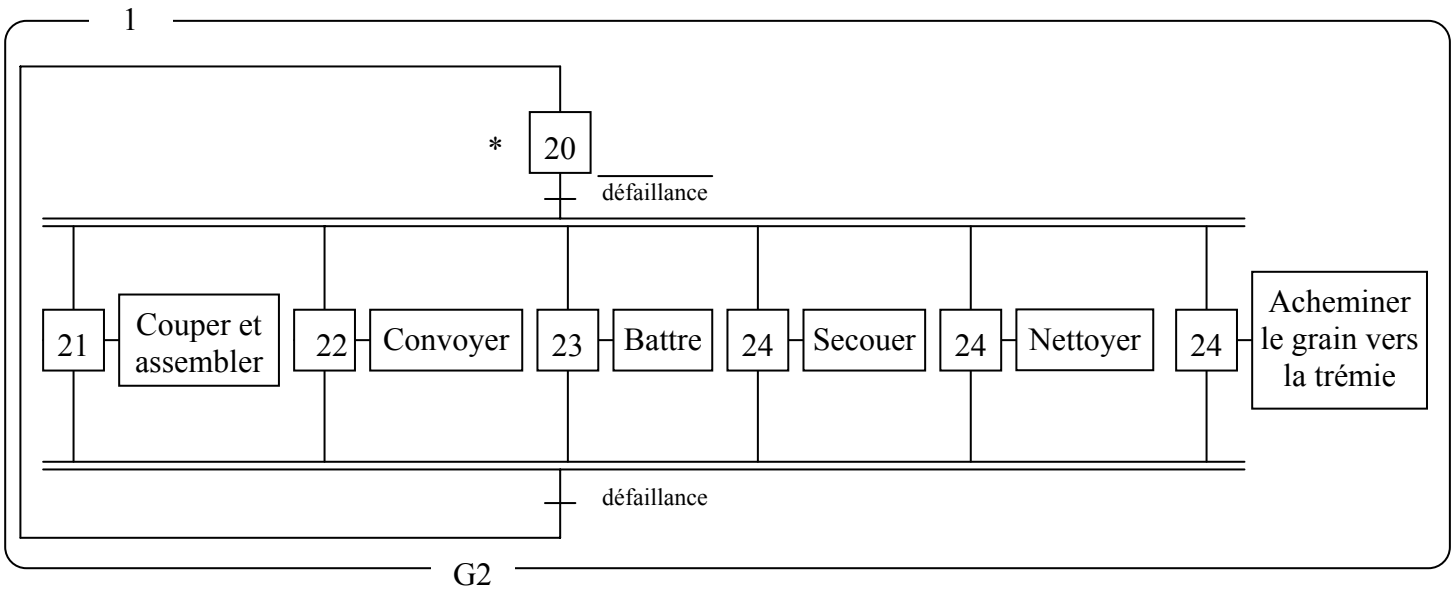
Les Grafcets G0, G1, G2, G3 et G4 proposés ci-après, sont des modèles de gestion globale de la moissonneuse-batteuse. La connaissance plus précise des actions et réceptivités associées n'est pas nécessaire pour résoudre le problème proposé dans cette partie.
La réceptivité « défaillance » est une variable binaire globale activée par différentes détections de défaillance.

Grafcet G0 : Récolte

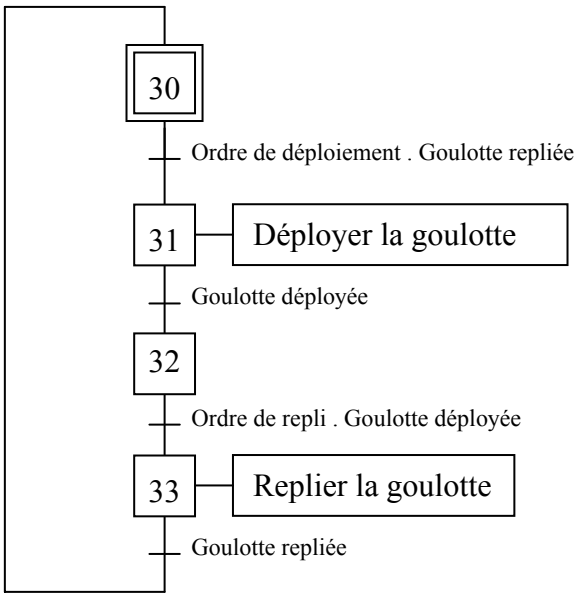


Grafcet G1 : Avance de la moissonneuse-batteuse

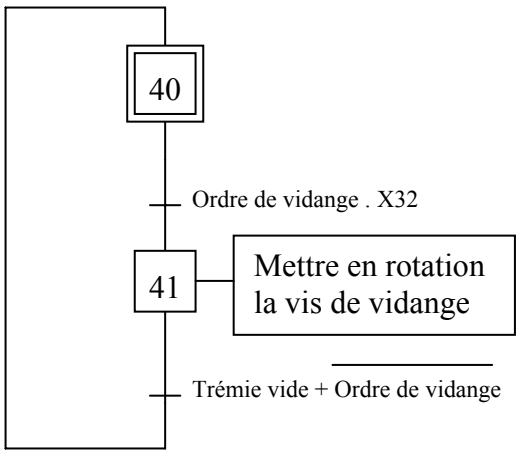




Grafcet G3 : Mouvement de la goulotte



Grafcet G4 : Rotation de la vis d'Archimède



Conditions de fonctionnement :

- le temps de remplissage de la trémie est compris entre 10 et 30 minutes suivant le type de céréale et le lieu de récolte (dans le cas où la vidange n'a pas lieu en avançant).
- il peut arriver que, sur une courte durée (maximum quelques minutes), le débit de remplissage de la trémie soit supérieur au débit de vidange de celle-ci.
- à cause de la chute des grains depuis l'orifice de remplissage jusqu'au fond de la trémie, les capteurs peuvent présenter des variations d'état qui ne sont pas justifiées par le niveau de grain atteint. Ce problème est présent dans le cas du changement de l'état 0 vers l'état 1. Il est donc décidé, pour rendre fiable l'information, de valider ce changement d'état seulement après 5s de stabilité sur l'état 1.

Q37. Réaliser le Grafcet G5 permettant d'informer le système du niveau actuel de remplissage de la trémie. Le Grafcet sera justifié par quelques phrases d'explication.

Si la trémie est pleine et que cet état n'est pas détecté, elle déborde et le grain se répand partout dans la machine. Même s'il existe une marge au-delà du niveau 4 (qui laisse la possibilité d'attendre les 5 secondes de validation de changement d'état du capteur n4), il est nécessaire de stopper le remplissage de la trémie. Le caisson dans lequel la vis de remplissage vient puiser le grain permet un volume de stockage temporaire suffisant.

Sur la LAVERDA 2350, l'hypothèse est faite que deux ou plus des quatre capteurs n1, n2, n3 ou n4 ne peuvent tomber en panne en même temps. La défaillance des capteurs n1, n2 et n3 se base donc sur les informations données par les autres capteurs. La défaillance du capteur n4, quant à elle, se base sur le temps de remplissage (temps de rotation de la vis d'Archimède).

Q38. Donner les avantages et les inconvénients de la gestion des défaillances des capteurs. Proposer d'autres dispositifs permettant de détecter de manière automatique une défaillance du capteur n4. Commenter ces dispositifs (avantages, inconvénients,..).

Des tests de défaillance sur ces capteurs ont montré que, quelle que soit la défaillance du capteur, son état défaillant est toujours égal à 0.

Q39. Réaliser un Grafcet G6 qui détecte, sur la LAVERDA 2350, la défaillance d'un des quatre capteurs n1, n2, n3 ou n4, et qui informe l'opérateur du numéro du capteur défaillant. Pour réinitialiser le système, on utilisera simplement une réceptivité RAZ (Remise A Zero).

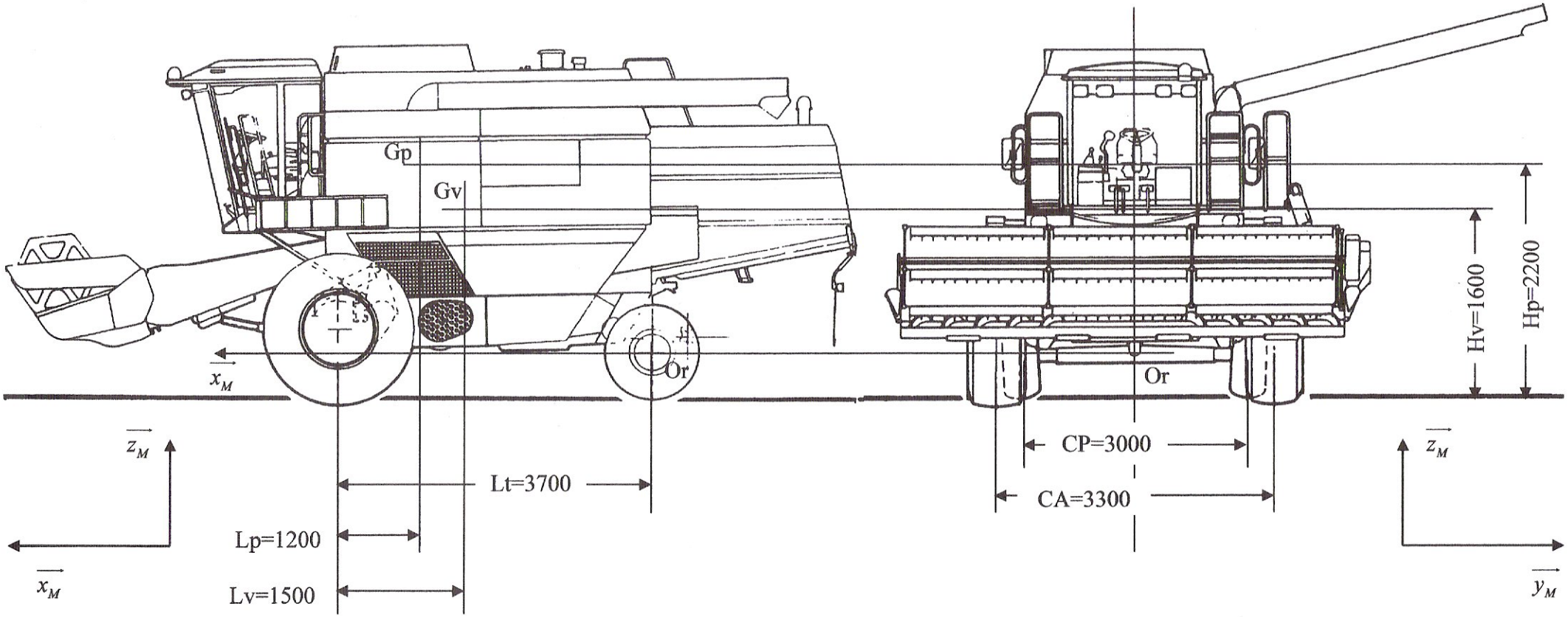
Fin du sujet

CX 6114

Annexe 1

Gv : centre de gravité de la moissonneuse-batteuse trémie vide situé dans le plan de symétrie : Mv = 11 tonnes

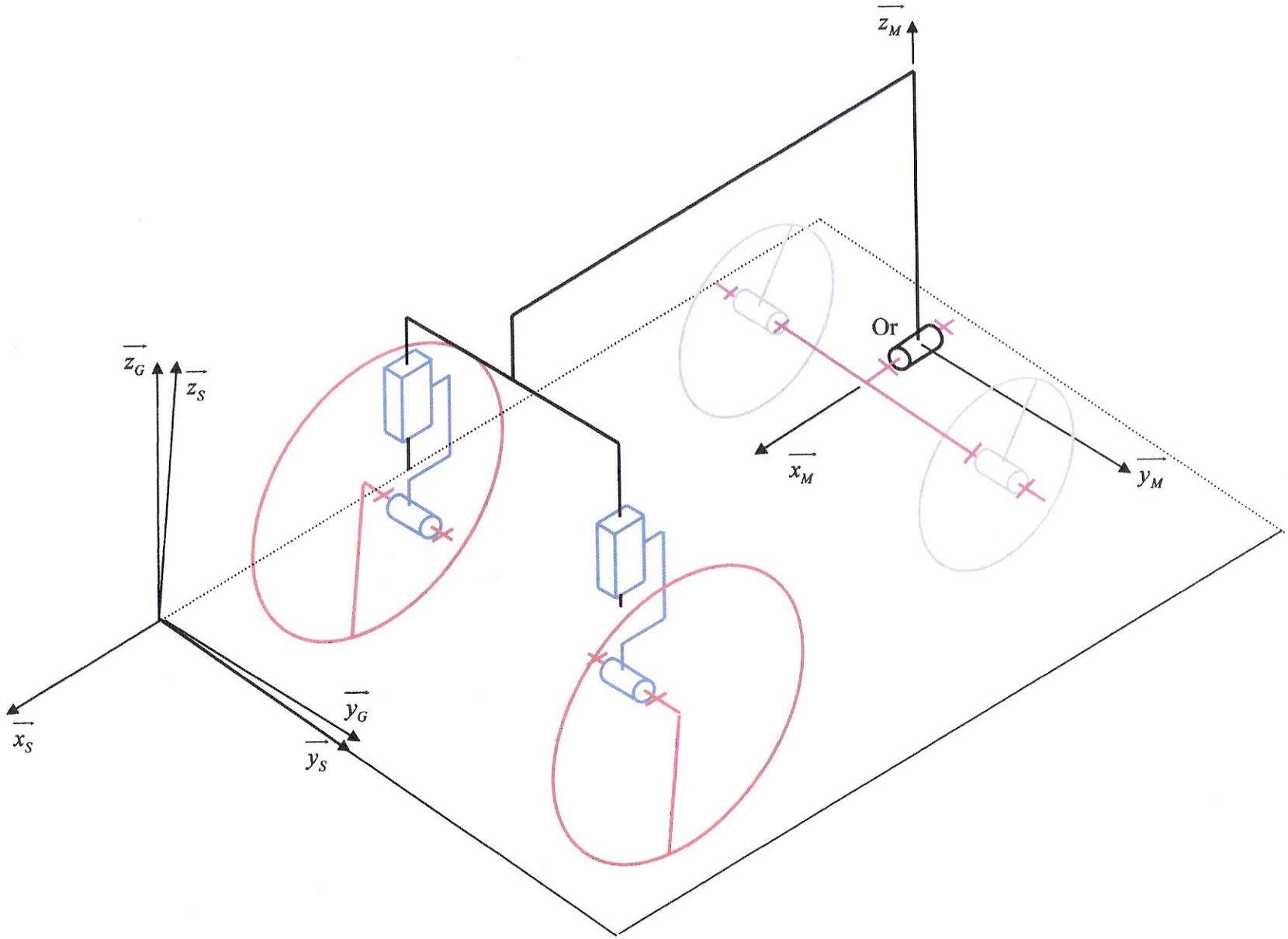
Gp : centre de gravité de la moissonneuse-batteuse trémie pleine situé dans le plan de symétrie : Mp = 20.6 tonnes

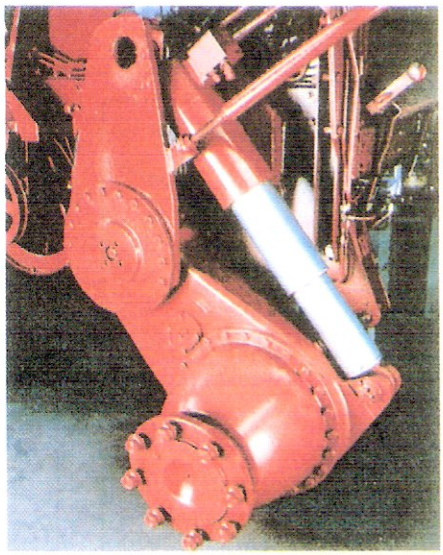


Sur cette page, toutes les dimensions sont données en mm.

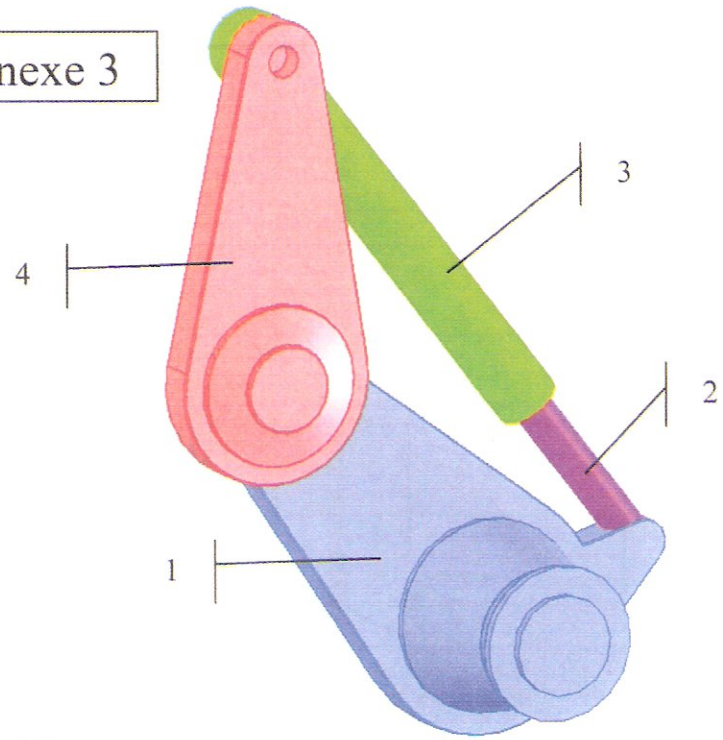
$\left(Or;\overrightarrow{x_M},\overrightarrow{y_M},\overrightarrow{z_M}\right)$ repère attaché au châssis de la moissonneuse-batteuse

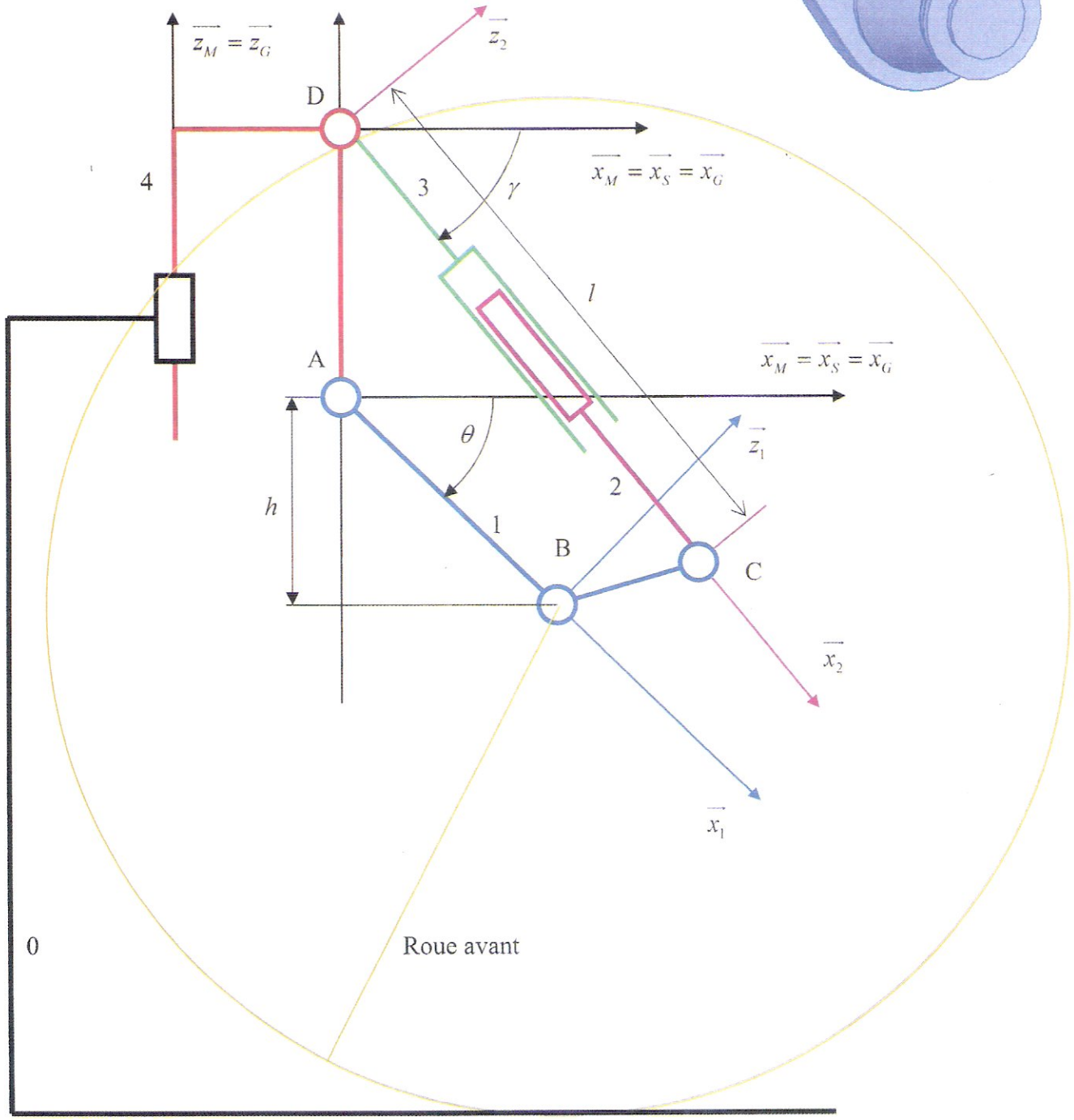
Annexe 2


$\overrightarrow{z_M}$
Or
$\overrightarrow{z_G}$
$\overrightarrow{z_S}$
$\overrightarrow{x_M}$
$\overrightarrow{y_M}$
$\overrightarrow{y_G}$
$\overrightarrow{x_S}$
$\overrightarrow{y_S}$

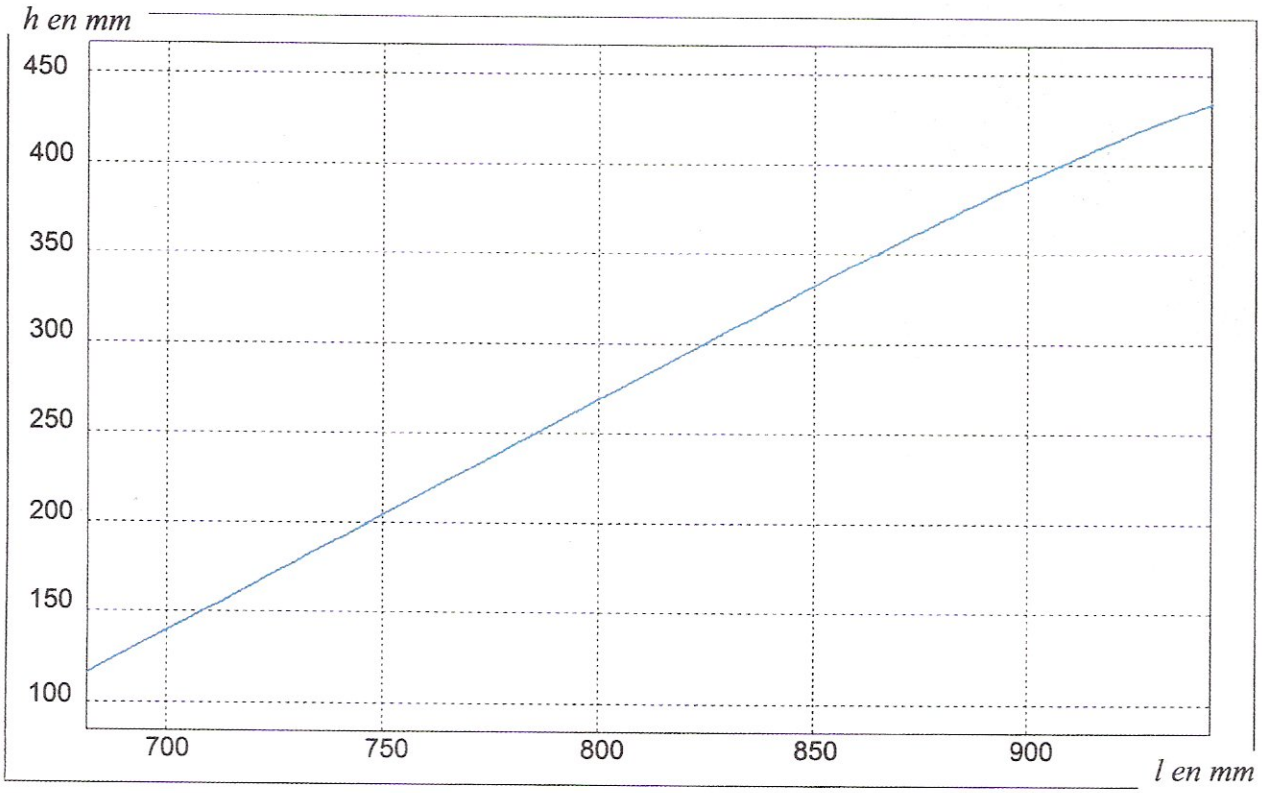


Annexe 3


3
4
2
1


$\overrightarrow{z_M} = \overrightarrow{z_G}$
$\overrightarrow{z_2}$
D
4
3
γ
$\overrightarrow{x_M} = \overrightarrow{x_S} = \overrightarrow{x_G}$
l
A
$\overrightarrow{x_M} = \overrightarrow{x_S} = \overrightarrow{x_G}$
θ
$\overrightarrow{z_1}$
2
h
1
B
C
$\overrightarrow{x_2}$
$\overrightarrow{x_1}$
0
Roue avant

Annexe 4



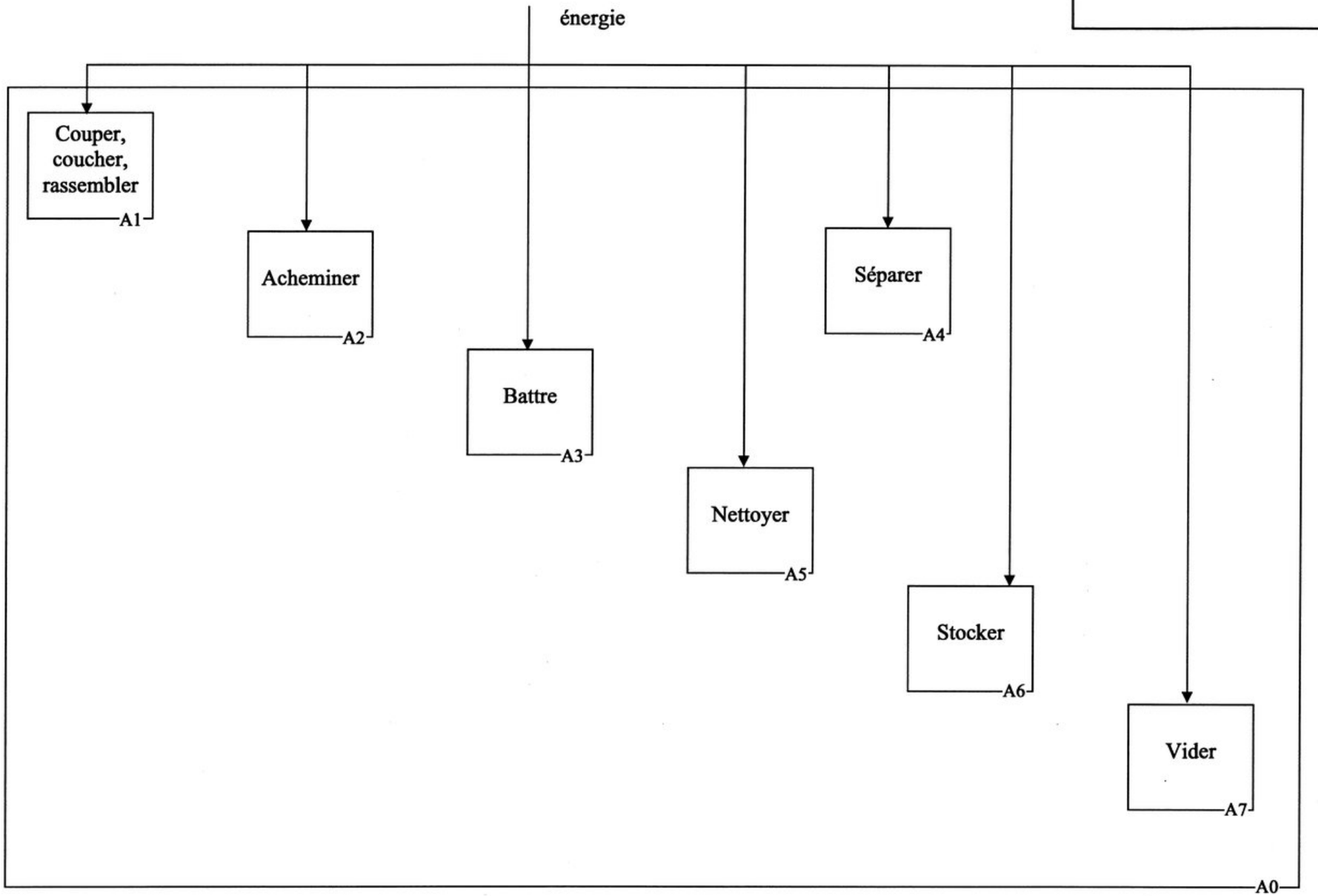
Annexe 5

REXROTH
BOSCH GROUP

NOTICE TECHNIQUE DE VERINS TELESCOPIQUES

Vérin	Surface	Force sous 250 bars	Débit à 0,1 m/s	Référence
mm	cm^2	kN	Litres/min	
Ø 40	12.57	31.42	7.540	CDH40
Ø 50	19.63	49.09	11.781	CDH50
Ø 63	31.17	77.93	18.703	CDH63
Ø 80	50.27	125.66	30.159	CDH80
Ø 100	78.54	196.35	47.124	CDH5100
Ø 125	122.72	306.80	73.631	CDH125
Ø 140	153.94	384.84	92.363	CDH140
Ø 160	201.06	502.65	120.637	CDH160
Ø 180	254.47	636.17	152.681	CDH180
Ø 200	314.16	785.40	188.495	CDH200
Ø 220	380.13	950.33	228.079	CDH220
Ø 250	490.87	1227.18	294.524	CDH250
Ø 280	615.75	1539.38	369.451	CDH280
Ø 320	804.25	2010.62	482.548	CDH320

Document réponse 1



CX 6114

NE RIEN ÉCRIRE DANS CE CADRE

Académie : Session : Modèle EN.

Examen ou Concours Série* :

Spécialité/option : Repère de l'épreuve :

Épreuve/sous-épreuve :

NOM :
(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)

Prénoms :

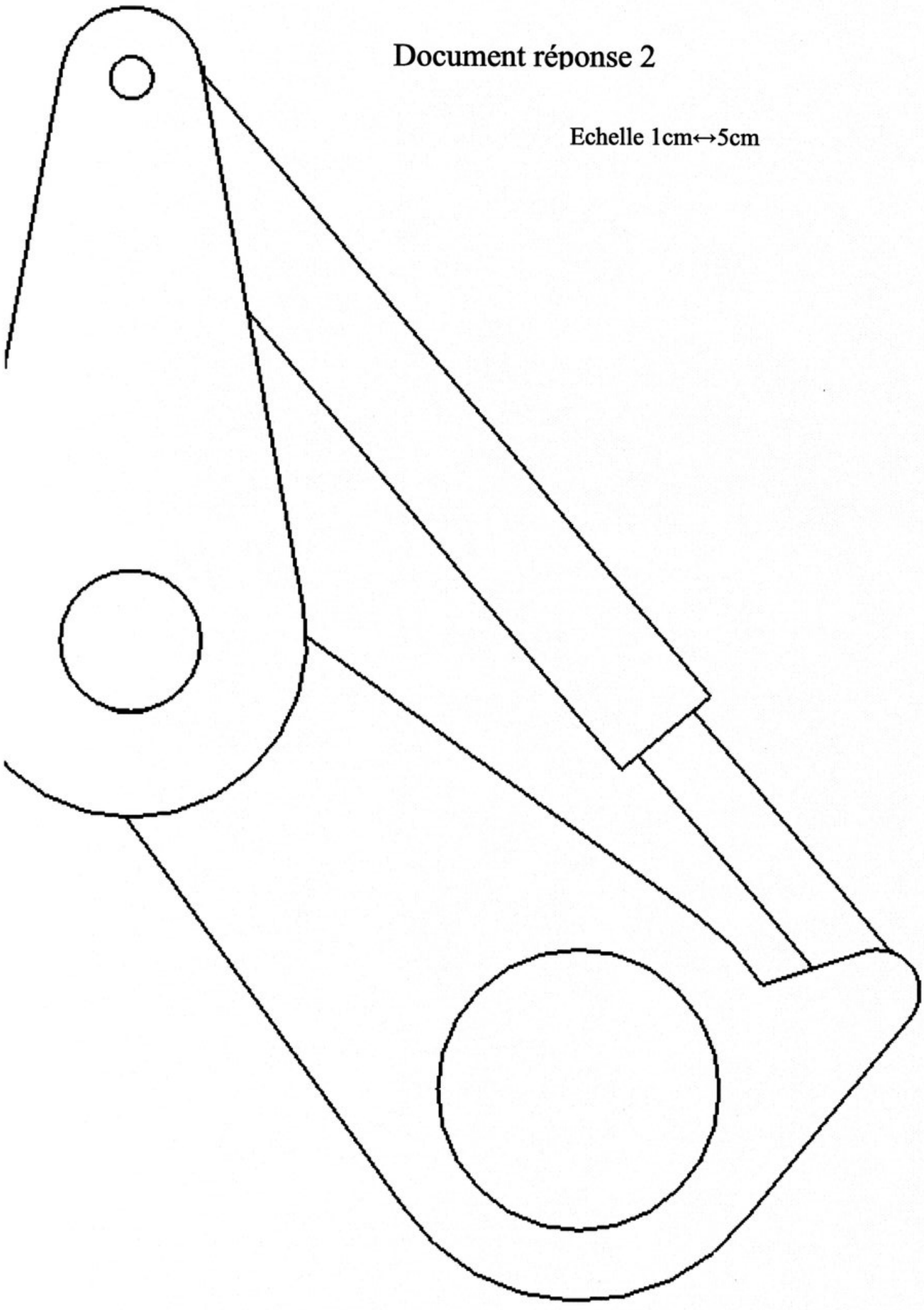
Né(e) le :

N° du candidat

(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

Document réponse 2

Echelle 1cm↔5cm



Travailler les chapitres de ce sujet

Prepa Help suit le programme de PSI 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
- Mobilité, hyperstatisme et petits déplacements
- Modélisation des liaisons, graphe des liaisons et schéma cinématique
- Modélisation des systèmes asservis : structure, SLCI, transformée de Laplace, schéma-blocs
- Dynamique des systèmes de solides : principe fondamental, stratégie d'isolement, équilibrage
- Performances des systèmes asservis : stabilité, précision, rapidité
- Simplification d'un modèle : linéarisation, non-linéarités, pôles dominants, validité

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/x-ens/psi