Concours commun Mines-Ponts, France

Session 2012, filière PSI

Sciences industrielles de l'ingénieur

Durée : 4 heures

Ce que traite le sujet

- Parties I et II : étude fonctionnelle et décrocher les grains
- Partie III : solution avec moteur hydraulique et excentrique
- Partie IV : solution à deux vérins hydrauliques
- Parties V et VI : comparaison des solutions et solution nouvelle

Sujet reproduit sans retouche à partir de la page suivante.

Résumé des parties, chapitres de cours liés et autres années :
prepahelp.com/annales/mines/psi/2012/si

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

A 2012 SI-PSI

ECOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSEES,
ECOLES NATIONALES SUPERIEURES DE L'AERONAUTIQUE ET DE L'ESPACE,
DES TECHNIQUES AVANCEES, DES TELECOMMUNICATIONS,
DES MINES DE PARIS, DES MINES DE SAINT-ETIENNE, DES MINES DE NANCY,
DES TELECOMMUNICATIONS DE BRETAGNE.
ECOLE POLYTECHNIQUE (FILIERE TSI)

CONCOURS D'ADMISSION 2012

ÉPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES

Filière : PSI

SUJET MIS A LA DISPOSITION DES CONCOURS : CYCLE INTERNATIONAL, ENSTIM, INT, TPE-EIVP

Durée de l'épreuve : 4 heures

L'usage de la calculatrice est autorisé

Ce sujet comporte 8 pages numérotées de 1 à 8 et un fascicule de 8 pages regroupant les documents de 1 à 6. Le travail doit être reporté sur un document-réponse de 15 pages distribué avec le sujet. Un seul document-réponse est fourni au candidat. Le renouvellement de ce document en cours d'épreuve est interdit. Pour valider ce document-réponse, chaque candidat doit obligatoirement y inscrire à l'encre, à l'intérieur du rectangle d'anonymat situé en haut de chaque copie, ses nom, prénoms (souligner le prénom usuel), numéro d'inscription et signature, avant même d'avoir commencé l'épreuve. Il est conseillé de lire la totalité de l'énoncé avant de commencer l'épreuve.

Les questions sont organisées au sein d'une progression logique caractéristique de la discipline, certaines questions étant partiellement dépendantes : Il est donc souhaitable de les traiter dans l'ordre. La rédaction des réponses sera la plus concise possible : on évitera de trop longs développements de calculs en laissant subsister les articulations du raisonnement.

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.

MACHINE A VENDANGER MAV

En cours de sujet les candidats seront amenés à faire des hypothèses et des approximations. Ces initiatives, attendues des candidats, font partie de la démarche de l'ingénieur et devront être clairement indiquées sur la copie.



Figure 1 : vigne avant vendange



Figure 2 : Machine à Vendanger (MAV) tractée



Figure 3 : Baies de raisin après vendange

La vendange avec la machine à vendanger consiste, à passer dans les vignes (figure 1) et à collecter des baies (grains de raisins) (figure 3), en utilisant une machine qui peut être automotrice (non étudiée ici) ou tractée (figure 2).

Le résultat du processus de vendange est donc un ensemble de baies (figure 3) sans feuilles, sans morceaux de grappes ni autres éléments parasites. Ces baies doivent être entières avec leur peau en bon état.

Dans la vendange « traditionnelle » on ramasse les grappes puis on dégrappe dans le chai.

IMPORTANT : toutes les réponses doivent figurer sur le document réponse fourni et uniquement sur ce document. En cas de manque de place utiliser avec un repère la dernière page du document réponse.

I Etude fonctionnelle de la machine à vendanger MAV tractée

La MAV Tractée est présentée sur le document 1 : « PRESENTATION de la MAV-tractée». Cette machine est développée par la société PELLENC SA installée à Pertuis près d'Aix en Provence. Il suffit d'un tracteur de 60 CV (environ 45 kW) pour entraîner la MAV-Tractée dans la vigne, le tracteur assure le mouvement général d'avance, il assure aussi par sa « prise de force » l'entraînement d'une centrale hydraulique qui fournit l'énergie utile à la MAV-tractée.

La machine comporte plusieurs sous-ensembles qui ne seront pas tous étudiés dans le sujet. Cependant une compréhension globale du fonctionnement est nécessaire pour aborder les différentes parties du sujet.

Le conducteur du tracteur place la MAV-tractée sur le rang de vigne à vendanger (figure 2).

La vigne pénètre donc dans la cellule (figure 1.2 Doc1). Elle rencontre alors un ensemble symétrique de batteurs (figure 2.1 Doc2) mis en mouvement par un mécanisme placé en partie supérieure de la cellule (figure 1.3 Doc1). Le mouvement pris par les rameaux de vigne est une oscillation dans le plan horizontal de direction perpendiculaire à l'axe du rang de vigne. L'amplitude et la fréquence de ce mouvement sont réglables en fonction du type de vignobles à vendanger.

Ce mouvement alternatif des rameaux permet de décrocher les baies sans endommager la végétation. Cependant quelques éléments étrangers sont aussi décrochés par le mouvement : des feuilles, de petits morceaux de bois mort, de petits morceaux de grappes etc.

Un aspirateur 1 (figure 1.7 Doc1) éjecte de la cellule les éléments les plus gros. Le reste, composé des baies et de petits éléments étrangers, chute au fond de la cellule, maintenu dans celle-ci par les rideaux souples (figure 1.4 Doc1). Baies et petits éléments tombent sur les écailles (figure 1.4 Doc1). Grâce à leur forme, les écailles amènent cet ensemble vers le convoyeur de transport à godets des grains (figures 1.2, 1.4 et 1.5 Doc1). Les figures 1.6 et 1.7 Doc1 montrent et expliquent le cheminement des baies poussées par les godets.

Ce cheminement élève les baies vers une zone de tri final (figure 1.7 Doc1) où, au moyen d'un aspirateur 2, d'un système miniaturisé de secouage et d'un calibrage, les baies sont isolées des déchets restants. Les baies remplissent en fin de parcours les deux cuves de stockage par gravité.

Ces deux cuves (voir figure 1.1 Doc1) sont placées de manière symétrique de chaque côté de la machine. Elles sont munies de deux vérins hydrauliques qui permettent de vider leur contenu.

La description fonctionnelle de l'ensemble est partiellement fournie sur les documents 4 « ETUDE FONCTIONNELLE MAV-tractée » et 5 « FAST GLOBAL » incomplets.

Question 1 : En utilisant les informations données ci-dessus compléter l'actigramme A0 sur le document réponse, renseigner les zones entourées en traits mixtes.

Le conducteur règle le module de la vitesse d'avance de la MAV-Tractée : $\left|\overrightarrow{VchassisMAV/sol}\right| = V_0$. V_0 varie entre 3 et 6 km/h en fonction de la vendange à réaliser. Le module de la vitesse du convoyeur à godets par rapport au châssis: $\left|\overrightarrow{Vconvoyeur/chassisMAV}\right|$ (voir figures 1.5 et 1.6 Doc1) vaut $k.V_0$. Cette vitesse est de sens opposé à celui de la vitesse d'avance V_0 de la machine dans la vigne.

Question 2 : Définir en fonction de k et V_0 le vecteur vitesse $\overrightarrow{Vconvoyeur/sol}$ dans la zone de séparation des baies. En faisant l'hypothèse que les baies tombent en chute libre suivant une direction verticale, définir la valeur de k pour éviter, dans cette zone, un choc latéral des baies sur le convoyeur afin de répondre à la spécification du cahier des charges : « Les baies doivent être entières avec leur peau en bon état ».

II Fonction « décrocher les grains »

Pour décrocher les baies de la grappe, la machine à vendanger « secoue » les rameaux de la vigne de manière à communiquer aux baies une accélération qui conduit à la rupture des liaisons baies/grappe. Expérimentalement, il a été établi que l'accélération nécessaire est comprise entre 330 et 550 $m.s^{-2}$. Cette donnée est l'un des éléments essentiels du cahier des charges du constructeur.

Principe et architecture de la machine

Lors du passage de la machine à vendanger dans une rangée de vignes, les rameaux de vigne sont comprimés entre deux rangées de batteurs souples animés de mouvements oscillants couplés (voir le mouvement des batteurs sur la figure 2.2 Doc2).Les figures 2.5 et 2.6 Doc2 montrent les batteurs. Les figures 2.3 et 2.4 Doc2 montrent l'implantation des batteurs sur la machine (seuls deux batteurs sont installés au moment de la prise de vue).

II-1 Fonction décrocher les grains : choix d'un modèle

Le concepteur a été conduit à utiliser des batteurs souples pour absorber les irrégularités de la vigne. On souhaite montrer que, l'architecture retenue et précisée sur le document réponse ne pourrait pas fonctionner avec un batteur rigide car le mécanisme ne serait pas mobile. On retient une modélisation plane d'un batteur, les liaisons avec le châssis en A et B sont des liaisons pivot parfaites.

Question 3 : Etudier l'équilibre du batteur (modélisation plane) : sur le dessin du batteur isolé du document réponse représenter les actions mécaniques de liaison en A et B du châssis sur le batteur (en négligeant le poids du batteur). Ecrire les équations d'équilibre. En déduire le degré d'hyperstatisme de cette modélisation. Montrer que le mécanisme n'est pas mobile avec ce modèle.

L'étude du mécanisme à partir d'un modèle intégrant le batteur souple est fort complexe. Pour pouvoir tout de même étudier ce mécanisme, nous retenons un modèle simplifié dans lequel le batteur est constitué de trois parties rigides liées par deux liaisons pivots élastiques en P1 et P2 (figure question 5 du document réponse).

Question 4 : A partir de l'analyse de la figure 2.6 Doc2, justifier cette modélisation en indiquant sur la reproduction de la photo du document réponse question 4 la zone où il parait judicieux de situer les liaisons pivots élastiques. Justifier aussi le nombre de liaisons et donc d'éléments rigides retenus.

Question 5 : On retient le modèle d'étude plan du document réponse question 5. Définir la mobilité de cette modélisation, en déduire le degré d'hyperstatisme du mécanisme ainsi modélisé.

II–2 Fonction décrocher les baies : justification du mouvement du batteur

Le constructeur nous indique que les colonnes oscillantes 1 et 1' (voir figures 2.2, 2.3 et 2.4 Doc2) sont animées par rapport à la machine de mouvements de rotation alternatifs d'axe vertical de direction $\vec{z}$ couplés : $\alpha_1 = \alpha_0 + \alpha_M \sin(\omega.t)$ et $\alpha'_1 = -\alpha_0 + \alpha_M \sin(\omega.t)$; α_0 définit le pincement des batteurs, α_M et ω définissent l'amplitude et la pulsation du mouvement.

Le cahier des charges du constructeur indique par ailleurs que $14.\pi$ rad.s^{-1} < ω < $20.\pi$ rad.s^{-1}, que 5°< $\alpha_M \leq$ 8°, et que 0°< α_0 < 15°. Dans le cadre de la présente étude, la machine avance dans la vigne à la vitesse V_0 de 1m.s^{-1} suivant la direction $-\overrightarrow{x_0}$.

Les rameaux de vigne étant palissés sur des fils de fer orientés suivant l'axe de la rangée des vignes, les rameaux ne peuvent être animés que d'un mouvement plan, dans le plan perpendiculaire à la direction $\overrightarrow{x_0}$ de la rangée.

Question 6 : Si M est le point de contact entre le batteur et le rameau (voir document réponse question 6), en posant $\overrightarrow{V_{M\in rameau/sol}} = v.\overrightarrow{y_0}$, et en remarquant que $\overrightarrow{V_{M\in rameau/batteur}} = v_g.\overrightarrow{x_1}$ et que donc $\overrightarrow{V_{M\in rameau/batteur}}.\overrightarrow{y_1} = 0$, calculer v en fonction de r, α_1, β, V_0 et des dérivées de ces paramètres. En déduire l'accélération $\overrightarrow{a_{M\in rameau/sol}} = a.\overrightarrow{y_0}$ en fonction des paramètres précédents.

Question 7 : Pour différentes valeurs de r et pour $\omega = 14.\pi$ rad.s^{-1} et $\omega = 20.\pi$ rad.s^{-1} on fournit sur le document réponse les courbes donnant a en fonction du temps t en secondes. Dire, en le justifiant, si le mouvement du batteur est adapté au fonctionnement attendu.

III Fonction animer les batteurs : solution avec moteur hydraulique

Comme il a été dit précédemment, il est nécessaire de régler le pincement des batteurs, la fréquence et l'amplitude de leur mouvement.

Les figures 3.1 à 3.7 du Doc3 montrent les 3 conceptions retenues par le constructeur pour animer les colonnes oscillantes 1 et 1'.

Les actionneurs choisis sont soit deux vérins (figure 3.1 Doc 3), soit un moteur hydraulique monté sur le châssis fixe (fig. 3.2, 3.3, et 3.4 Doc3) animant un excentrique, soit un moteur hydraulique monté sur un châssis inclinable (fig. 3.5, 3.6 et 3.7 Doc3) entraînant deux excentriques (fig. 3.5 Doc3).

La solution à deux vérins sera étudiée en partie IV.

On se propose ici d'étudier la solution à moteur hydraulique.

III-1 Réglages de la solution avec moteur hydraulique sur châssis fixe (figures 3.2, 3.3, 3.4 Doc3)

On donne sur le document réponse (question 8), le schéma plan du mécanisme moteur hydraulique-excentrique châssis fixe. On retient les hypothèses simplificatrices suivantes : la longueur c est suffisamment grande par rapport à e et l'implantation est telle que l'angle γ peut être considéré nul. Les angles α_1, α_M et α_0 sont petits.

Question 8 : Sachant que le moteur hydraulique tourne à la pulsation ω_0, on peut montrer que : $\sin\alpha_1 = \frac{c-y}{b} + \frac{e}{b}.\sin\omega_0.t$. Déterminer en fonction de *e, c, b, y,* ω_0, les valeurs α_0, α_M et ω de l'expression $\alpha_1 = \alpha_0 + \alpha_M \sin(\omega t)$.

Sachant que *y* = 275 mm, *e* = 10 mm, quelles doivent être les plages de réglage de *c* et *b* pour obtenir ce qui est indiqué par le cahier des charges du constructeur : 5° < α_M < 8° et pour α_M = 8° : 0° < α_0 < 15° ?

III-2 Réglages de la solution « moteur hydraulique monté sur châssis inclinable » (figures 3.5, 3.6 et 3.7)

On donne sur le document 3 (figures 3.8, 3.9, 3.10) le schéma en perspective du mécanisme moteur hydraulique excentrique châssis inclinable.

On retient les hypothèses simplificatrices suivantes :

- la longueur *c* est grande par rapport à *e* et l'implantation est telle que l'angle γ peut être considéré nul.
- Le déplacement piloté par vérin des points A et A' est faible devant les distances A_1A et A'_1A' ce qui fait que l'on peut considérer que les colonnes 1 et 1' oscillent toujours autour de $A_1\vec{z}_0$ *et* $A'_1\vec{z}_0$.
- Les angles α_1, α_M et α_0 sont petits.

Question 9 : Sachant que le volant excentrique 3 tourne à la pulsation ω_0, écrire la fermeture géométrique de la boucle $O_0O_1DCAO_0$, projeter cette fermeture sur un vecteur unitaire que l'on précisera puis déterminer en fonction de *e, c, b, x,* θ_c, ω_0, les valeurs α_0, α_M et ω de l'expression $\alpha_1 = \alpha_0 + \alpha_M \sin(\omega.t)$.

Sachant que *c* = 100 mm, *b* = 70 mm et *e* = 10 mm, quelles doivent être les plages de réglage de *x* et θ_c pour respecter les valeurs suivantes du cahier des charges du constructeur : 5°< $\alpha_M \leq$ 8° et 0°< α_0 < 15° ?

III-3 Choix d'une motorisation de la solution avec moteur hydraulique

Le mouvement alternatif des batteurs implique sur un temps très court une forte variation de leur énergie cinétique, en conséquence de quoi la puissance des actions mécaniques appliquées aux batteurs par le mécanisme est grande devant celle nécessaire pour mettre en mouvement la végétation.

Pour une première approche du choix de la puissance du moteur nous nous plaçons donc dans la situation suivante (voir figure document réponse question 8) :

- La machine fonctionne à vide, le tracteur est à l'arrêt. On se place dans la situation extrême $\omega = 20.\pi$ rad.s^{-1} et α_M = 0,14 rad = 8 °.
- Toutes les liaisons sont supposées parfaites et la puissance nécessaire à la déformation des batteurs élastiques est négligeable.
- La machine est équipée de 16 batteurs (8 de chaque côté). Le moment d'inertie par rapport à l'axe $\left(A, \vec{z}\right)$ d'une colonne équipée de 8 batteurs est noté J_B = 1,68 m².kg.
- Le moment d'inertie du moteur équipé de son volant d'inertie par rapport à son axe de rotation est noté J_M = 0,2 m².kg. La puissance du moteur est notée P_M.
- Les masses des bielles sont négligeables.

Pour cette étude nous analysons la solution à moteur hydraulique et châssis fixe, la solution à moteur hydraulique châssis inclinable est similaire et conduit aux mêmes résultats.

Question 10 : Déterminer l'énergie cinétique galiléenne du moteur, notée *Ec* moteur, en fonction de J_M et ω. Donner sa valeur numérique pour $\omega = 20.\pi$ rad.s^{-1}.

Déterminer l'énergie cinétique galiléenne, notée *Ec* batteurs, des ensembles batteurs en fonction de J_B, ω, α_M. Tracer son évolution pour un tour de l'excentrique avec $\omega = 20.\pi$ rad.s^{-1}.

Question 11 En appliquant le théorème de l'énergie cinétique**,** déterminer alors en fonction de J_B, ω, α_M, t quelle doit être la valeur de la puissance instantanée P_M du moteur hydraulique pour permettre un fonctionnement à vitesse ω = constante. Tracer l'allure de l'évolution de cette puissance instantanée sur un cycle et en préciser les valeurs numériques extrémales. Montrer qu'avec les hypothèses définies ci-dessus l'énergie nécessaire pour effectuer un cycle est nulle.

La question 11 a permis de voir que pour fonctionner à vitesse ω = constante, il faut fournir au mécanisme une quantité importante d'énergie pendant une moitié du temps d'un cycle pour la retirer pendant l'autre moitié du temps du cycle. Retirer de l'énergie au système consiste à le freiner, donc à perdre de l'énergie, ce qui conduit à un très mauvais bilan énergétique. Le constructeur a donc envisagé d'installer un moteur de faible puissance destiné à lancer le mouvement du mécanisme (lui donner une énergie cinétique initiale) et à compenser les pertes et le travail de la vigne. En contrepartie il accepte une fluctuation de $\omega_\theta = \dfrac{d\theta}{dt}$ = vitesse de rotation de l'excentrique, qu'il souhaite toutefois limiter à 15% de la valeur visée.

Pour analyser cette configuration, on étudie la situation suivante :

- La machine fonctionne à vide, le tracteur est à l'arrêt. On se place dans la situation α_M = 0,14 rad. A l'instant t = 0, l'excentrique est parallèle à $\overrightarrow{x_0}$; $\left(\overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{x_e}\right) = \theta_{(t=0)} = 0$ et $\omega_{\theta(t=0)} = \omega_{\theta 0} = 17{,}3.\pi$ rad.s^{-1}.
- Toutes les liaisons sont supposées parfaites et la puissance nécessaire à la déformation des batteurs élastiques est négligeable.
- La machine est équipée de 16 batteurs (8 de chaque côté). Le moment d'inertie par rapport à l'axe $\left(A, \vec{z}\right)$ d'une colonne équipée de 8 batteurs est noté J_B = 1,68 m².kg
- Le moment d'inertie du moteur équipé de son volant d'inertie par rapport à son axe de rotation est noté J_M = 0,2 m².kg. La puissance du moteur est nulle soit P_M =0.
- Les masses des bielles sont négligeables.

Question 12 : Montrer que dans les conditions ci-dessus l'énergie cinétique du système est constante. On note ω_θ la vitesse de rotation de l'excentrique qui dépend de θ. On s'intéresse aux valeurs de ω_θ pour θ = 90°, 180°, 270°.

Déterminer en fonction de J_M, J_B, ω_θ, α_M l'expression de l'énergie cinétique du système lorsque l'excentrique a tourné de θ = 0°, 90°, 180° et 270°. En déduire les expressions des rapports $\dfrac{\omega_0}{\omega_\theta}$ pour θ = 90°, 180° et 270° [pour θ = 90° et 270° les batteurs sont immobiles]. Calculer les valeurs numériques de ω_{90}, ω_{180} et ω_{270}. Conclure en montrant l'intérêt d'un important volant d'inertie moteur que l'on voit sur la figure 3.2 du Doc3.

IV Fonction animer les batteurs : solution à deux vérins

IV-1 Fonction animer les batteurs : étude de la solution à deux vérins

Dans le cas de la solution à deux vérins hydrauliques figure 3.1 Doc3, une structure asservie permet d'animer les batteurs en fréquence variable et en amplitude variable afin d'adapter le secouage à la nature du vignoble traité. Le but de cette partie IV est d'analyser la capacité des structures mécaniques asservies à suivre les consignes de fréquence et d'amplitude utiles au dégrappage des baies de raisin.

Les deux vérins hydrauliques, montés symétriquement, (Doc3 figure 3.1) entraînent en rotation alternée deux colonnes oscillantes 1 et 1' sur lesquelles sont accrochés les batteurs flexibles (voir Doc2). La commande est asservie à une consigne sinusoïdale**.** Les deux paramètres importants définissant cette consigne sont réglables depuis le pupitre de commande. Ces deux paramètres sont :

- La fréquence d'oscillations envisagée « Fosc » qui peut varier de 400 coups/min à 600 coups/min, avec une valeur courante de 470 coups/min. Le constructeur recommande vivement de ne pas dépasser une consigne de 570 coups/min.
- L'amplitude des oscillations du vérin « Aosc » peut varier de +/- 0,6 cm à +/- 1 cm par rapport à la position médiane, ce qui correspond à une amplitude de mouvement de la vigne de +/- 8 cm à +/- 12 cm.

- Le cahier des charges impose pour la solution à vérin que la consigne d'amplitude soit respectée dans une plage de +/- 15 %.

Question 13 : Dans la solution à moteur hydraulique et excentrique (partie III) quel type d'étude (géométrique, statique, cinématique, dynamique, réponse indicielle, réponse harmonique) permet de définir l'amplitude des oscillations de la partie rigide des batteurs. Si cette étude a déjà été abordée dans le sujet, préciser à quelle(s) question(s). Cette amplitude dépend-elle de la fréquence de commande du moteur ?

Question 14 : Dans la solution à vérins hydrauliques quel type d'étude (géométrique, statique, cinématique, dynamique, réponse indicielle, réponse harmonique) permet de définir l'amplitude des oscillations de la partie rigide des batteurs ? Quel tracé ou diagramme (voir repères 1 à 4 diagrammes de BODE document réponse question 18) rendra compte de l'étude ? L'amplitude réelle des oscillations peut-elle varier en fonction de la fréquence de consigne et pourquoi ? Peut-elle dépasser la consigne et pourquoi ? Peut-elle être significativement inférieure à la consigne et pourquoi ?

Le document 6 « Entraînement des batteurs » propose pour la solution à vérins hydrauliques trois figures 6.1, 6.2 et 6.3. Celles-ci montrent respectivement la mise en situation de l'effecteur, la modélisation d'un actionneur seul en travail et un schéma bloc littéral de la commande de la position Yc d'un point de la tige par rapport au corps de cet actionneur. La figure 6.2 du document 6 propose un modèle simplifié de la mise en mouvement du batteur en situation. Le vérin hydraulique entraîne en rotation le batteur autour d'un axe $\left(A,\vec{z}\right)$, la liaison entre la tige du vérin et le batteur est un pivot d'axe $\left(C,\vec{z}\right)$, le corps du vérin est en liaison pivot d'axe $\left(D,\vec{z}\right)$ par rapport au châssis. Les batteurs élastiques opposent à ce mouvement un couple de rappel proportionnel à l'angle de rotation. La vigne exerce un effort quasi constant modélisé par un glisseur de norme F_{vb}. Le moment d'inertie équivalent de l'ensemble batteur mobile autour de l'axe $\left(A,\vec{z}\right)$ est appelé J_B.

Les équations classiques en hydraulique compressible se ramènent à la relation suivante :

$$q(t) = S.\frac{d(y_c(t))}{dt} + \frac{V}{2.B}.\frac{d\left(p_1(t) - p_2(t)\right)}{dt} \qquad \text{(eq1)}$$

Avec $q(t)$: débit entre la servo commande et le vérin ; S : section du vérin ; V : volume d'une chambre du vérin lorsque celui-ci est en position médiane ; B : coefficient de compressibilité de l'huile ; $p_1(t)$ et $p_2(t)$ les pressions dans les chambres 1 et 2 du vérin.

La relation suivante est issue de l'application de théorèmes de la mécanique ; vous aurez à la commenter.

$$\left(p_1(t) - p_2(t)\right).S.b - K.\alpha(t) - L.F_{vb}(t) = J_B.\frac{d^2\alpha(t)}{dt^2} + f.\frac{d\alpha(t)}{dt} \qquad \text{(eq2)}$$

Avec b : distance AC (figure 6.2 document 6) ; J_B =1,68 m².kg : moment d'inertie de l'ensemble batteur mobile autour de l'axe $\left(A,\vec{z}\right)$; f : coefficient de frottement visqueux dans le pivot $\left(A,\vec{z}\right)$; K : raideur en rotation autour de $\left(A,\vec{z}\right)$ des batteurs et L distance AE (figure 6.2 document 6).

Question 15 : Comment obtient-on la relation (eq2) ? Préciser le ou les isolements effectués ainsi que la désignation précise de l'équation utilisée pour obtenir cette relation scalaire. La relation (eq2) est linéarisée. Donner un exemple justifié de terme linéarisé appartenant à cette équation.

Question 16 : Identifier les blocs $Hi(p)$ [pour i de 1 à 6] du document réponse et figure 6.2 Doc6**.** Formuler et justifier les hypothèses nécessaires à cette identification.

IV-2 Performances et réglage de la solution à vérins hydrauliques

Question 17 : Calculer la fonction de transfert en boucle ouverte FTBO avec Cor(p) = K_c avec K_c=constante, de ce schéma. En déduire la classe de ce système. Ce résultat permet-il de préjuger de la précision de la réponse d'un système ayant cette FTBO ? Envisager plusieurs types de consignes. Justifier votre réponse.

Un premier essai de réponse en fréquence du système est effectué avec un correcteur proportionnel dont la valeur présélectionnée pour le gain est Cor(p)=K_c=10. Le résultat est donné sous la forme du diagramme de BODE de la fonction de transfert en boucle fermée (FTBF) « FTBF avec K_c=10 » donné sur le document réponse question 18.

Question 18 : Donner la forme littérale de la consigne pour une amplitude « Aosc » en cm et à une fréquence « Fosc » exprimée en coups/min. Donner ensuite la forme littérale de la réponse à cette consigne en fonction de GdB(Fosc), Aosc, Fosc et de φ°(Fosc).

Pour Fosc = 100 coups/min ; 300 coups/min et 540 coups/min, calculer les pulsations correspondantes ω en rad.s^{-1}, tracer les points correspondants sur le diagramme de BODE fourni puis relever les valeurs correspondantes de *GdB* et φ° (compléter le tableau du document réponse question 18). Analyser les capacités du système ainsi réglé à respecter les consignes en amplitude et en coups/minute imposées par le pupitre.

Afin d'améliorer les performances, le concepteur choisit de placer le correcteur suivant en lieu et place de Cor(p)=Kc figure 6.3 document 6.

$$Cor(p) = K_{C0}\frac{1+\frac{2.z_n}{\omega_n}.p+\frac{p^2}{\omega^2{}_n}}{1+\frac{2.z_d}{\omega_n}.p+\frac{p^2}{\omega^2{}_n}} \quad \text{avec } \omega_n = 68 \text{ rad.s}^{-1} ; z_n = 0.03 ; z_d = 0.6 \text{ et } K_{C0} = 15$$

Les diagrammes de BODE de la FTBF et de la FTBO de la commande avec ce correcteur sont donnés sur le document réponse question 19. Un zoom de la FTBF sur la décade [10^{+1} ; 10^{+2}] est aussi fourni.

Question 19 : Le système réglé avec ce correcteur est-il stable? Tracer sur le document réponse (Diagramme à choisir) les points utiles à cette étude de stabilité et indiquer les valeurs lues. Si le système est stable, quelles sont les marges de stabilité correspondantes ? Tracer l'allure du diagramme de BODE de ce correcteur (placer quelques points caractéristiques puis justifier alors la forme du correcteur retenu.

Afin de valider ce nouveau correcteur par rapport au respect des consignes en amplitude et en coups/minute imposées par le pupitre, tracer les points caractéristiques pour les valeurs de la question 18 sur le diagramme de BODE que vous choisirez (compléter le tableau du document réponse « Fosc »).

Le déphasage a-t-il des conséquences sur le fonctionnement de la machine ? Discuter la capacité du système avec ce réglage à répondre aux consignes. Pour quelle raison le constructeur donne-t-il le conseil suivant : « *ne pas dépasser une consigne de 570 coups/min » ?*

IV-3 Choix d'une motorisation de la solution à deux vérins

La masse des vérins est négligeable. La commande cherche à imposer aux deux colonnes oscillantes $\alpha_1 = \alpha_0 + \alpha_M \sin(\omega.t)$ et $\alpha'_1 = -\alpha_0 + \alpha_M \sin(\omega.t)$

Question 20 En reprenant et adaptant la démarche des questions 10 et 11, tracer l'allure de l'évolution, sur un cycle, de la puissance hydraulique P_M instantanée nécessaire à la mise en mouvement des batteurs et en préciser les valeurs numériques extrémales.

La question 20 a permis de voir que, pour suivre la consigne il faut fournir au système une quantité importante d'énergie pendant une moitié du temps d'un cycle pour la retirer pendant l'autre moitié du temps du cycle. Retirer de l'énergie au système consiste à le freiner en fermant la servocommande coté échappement ; donc à échauffer l'huile et perdre de l'énergie en chaleur ce qui conduit à un très mauvais bilan énergétique.

Question 21 Expliquer en quelques lignes pourquoi dans cette solution il n'est pas possible d'améliorer le bilan énergétique comme cela avait été le cas dans les solutions avec moteur hydraulique.

V Fonction animer les batteurs : comparaison des solutions

Dans le cas de la solution moteur hydraulique monté sur châssis fixe, la partie commande pilote uniquement la fréquence de rotation du moteur.

Dans le cas de la solution moteur hydraulique monté sur châssis inclinable, la partie commande pilote la fréquence de rotation du moteur et la sortie des vérins V_1, V_2 et V'_2.

Dans le cas des deux vérins hydrauliques la partie commande pilote uniquement l'alimentation de chaque vérin.

Question 22 Sur le document réponse, préciser si les réglages se font en agissant sur la partie commande ou sur la partie opérative (compléter le tableau fourni).

Question 23 Dans le cas où les réglages se font en agissant sur la partie opérative préciser sur les photos (voir aussi Doc3 photos en couleur) quel réglage est effectué et où se situe l'élément de réglage, préciser aussi le type d'outillage nécessaire pour réaliser le réglage (formuler vos réponses à côté des photos concernées).

Question 24 Sur le document réponse, comparer les solutions à partir des critères évoqués qui seront notés de (+) à (-) Critères : possibilité d'un réglage continu en travail, rendement bilan énergétique, réactivité : rapidité de changement de comportement.

VI Fonction animer les batteurs : imaginer une solution

Les solutions présentées dans les premières parties du sujet fonctionnent avec un modèle de batteur défini sur les photos Doc2 (particulièrement figures 2.5 et 2.6) et sur les schémas du Doc6.

Le constructeur de la machine dispose d'un autre modèle de batteur associé à un autre type de machine (voir photo et dessin de ce batteur sur le doc réponse question 25). Le mouvement attendu de ces batteurs est tel que le mouvement de la partie rectiligne du batteur est proche d'un mouvement de translation perpendiculaire à l'axe principal du rang de vigne.

Les extrémités C (C') et D (D') des batteurs déformables sont mises en mouvement par deux colonnes oscillantes 1 (1') et 2 (2'). Les mécanismes motorisés de mises en mouvement des colonnes 1 et 1' (voir Doc2 et Doc3) sont conservés. La colonne 2 (2') n'est pas motorisée mais doit être reliée cinématiquement à la colonne 1 (1') pour obtenir le mouvement souhaité.

Question 25 Les colonnes 1 (1') et 2 (2') sont reliées cinématiquement par une biellette b (b'). Sur le document réponse, adapter la forme de la colonne 2 (2'), implanter la biellette b (b') et définir le sens d'avance de la MAV.

Question 26 Représenter sur le document réponse une solution dans laquelle les colonnes 1 et 2 sont reliées par un mécanisme poulie-courroie.

Fin de l'énoncé

DOCUMENT 1 : PRESENTATION de la MAV-TRACTEE

Ce document présente la MAV Tractée. Le vocabulaire mis en place est essentiel à la compréhension du sujet.

Sur la machine présentée, un seul jeu de batteurs est monté sur les cinq emplacements disponibles.

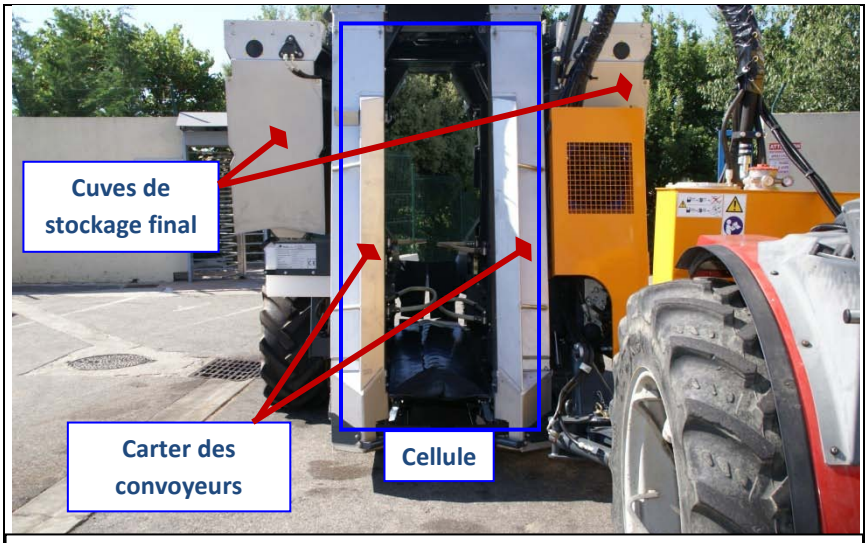


Figure 1.1 : vue extérieure de la cellule coté entrée de la vigne

Mécanisme de mise en mouvement des colonnes oscillantes support des batteurs

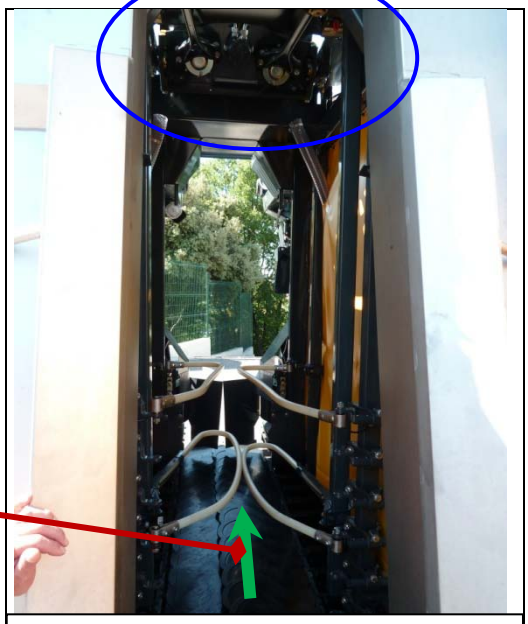


Figure 1.3 : vue rapprochée

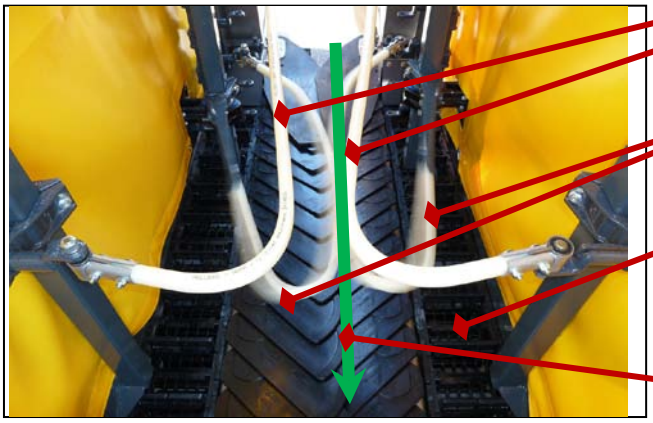


Figure 1.2 : Photo prise avec batteurs en mouvement

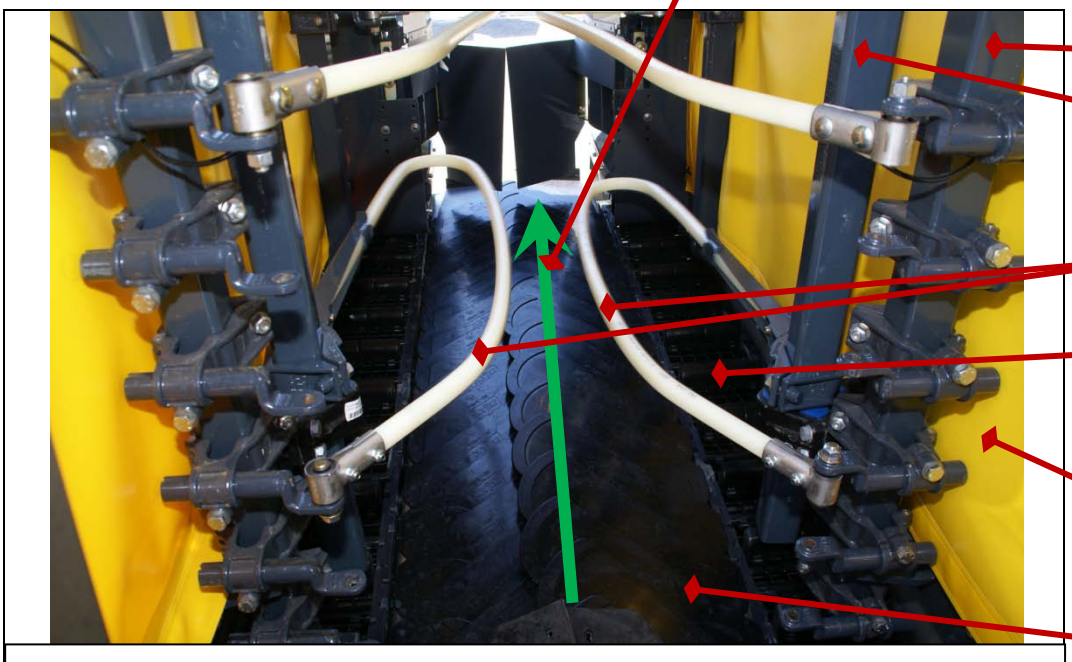


Figure 1.4 : vue détaillée des batteurs collecteurs de baies

Godets du convoyeur de transport

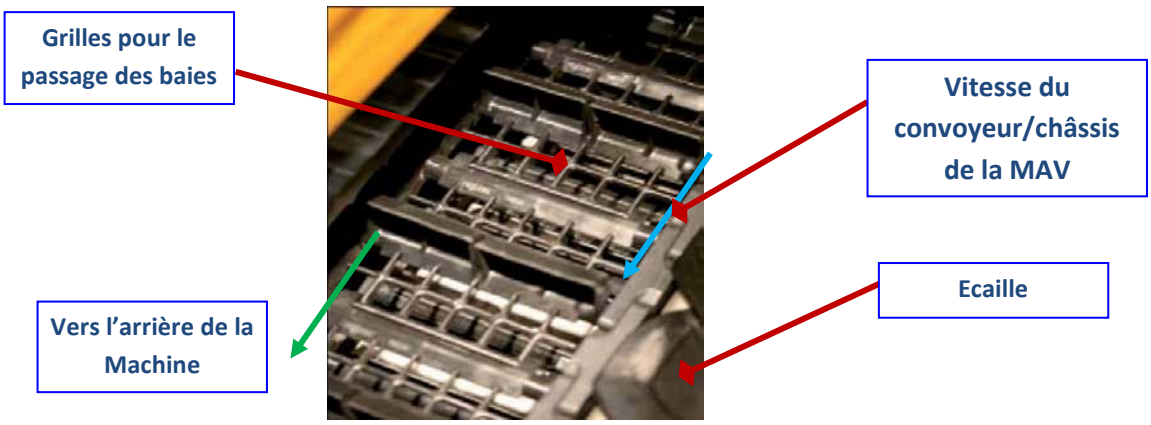
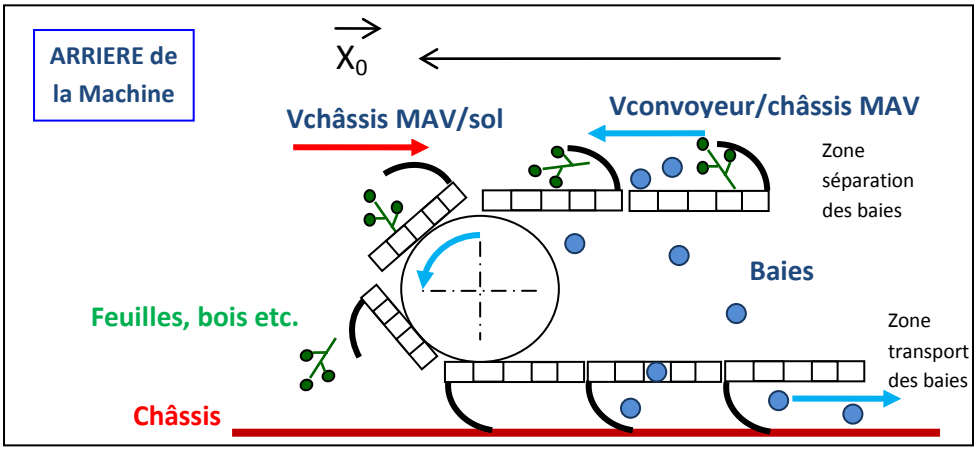


Figure 1.5 : Photo zoom du convoyeur zone séparation des baies



Grilles pour le passage des baies

Les baies passent au travers des grilles et tombent dans la partie inférieure du dispositif où elles sont ramenées par les godets avant d'être relevées par ces mêmes godets vers la partie supérieure de la machine

Figure 1.6 : Schéma du convoyeur de transport (séparation et transport des baies)

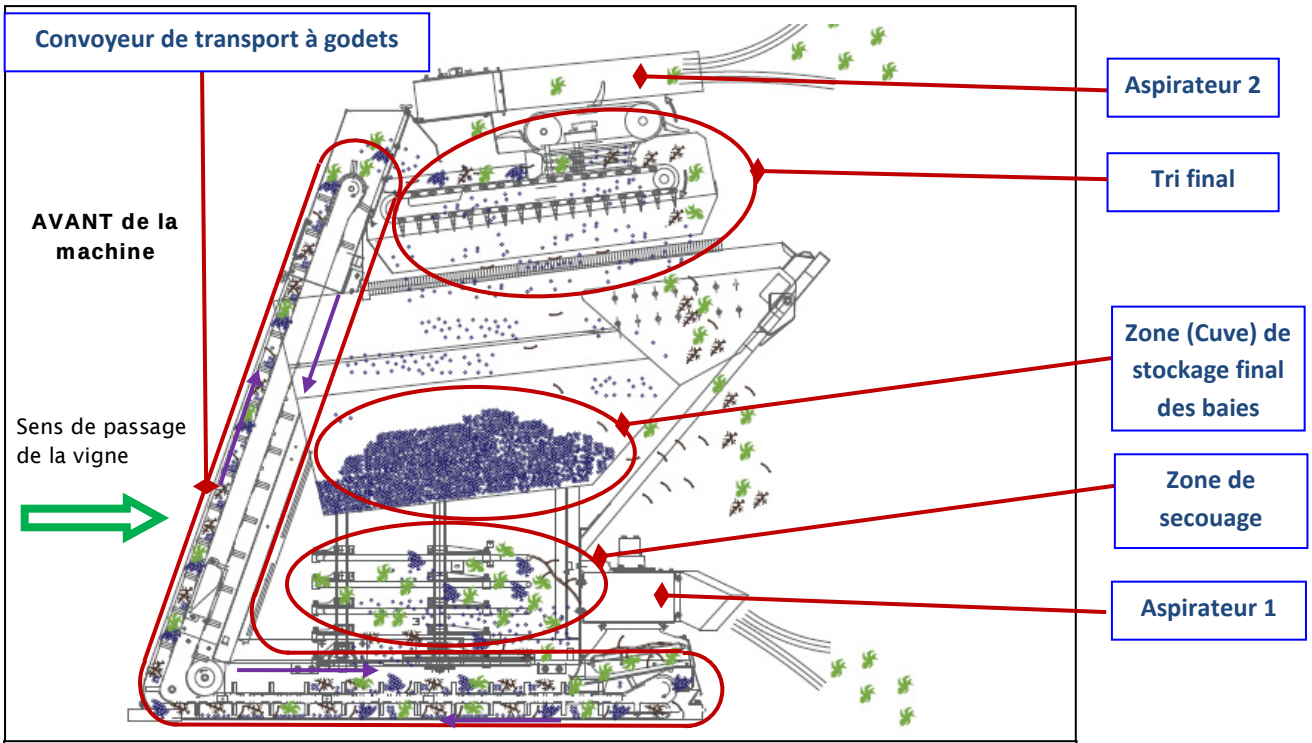


Figure 1.7 : Schéma de parcours des baies de la vigne à la cuve avec sous ensembles

DOCUMENT 2 : Batteurs de végétation

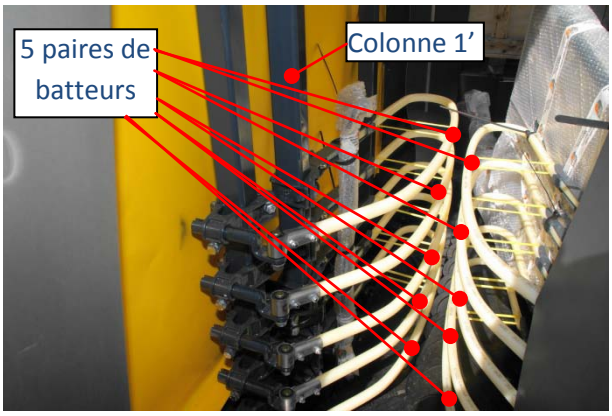


Figure 2.1 : Machine préparée pour la livraison, on voit 5 paires de batteurs.

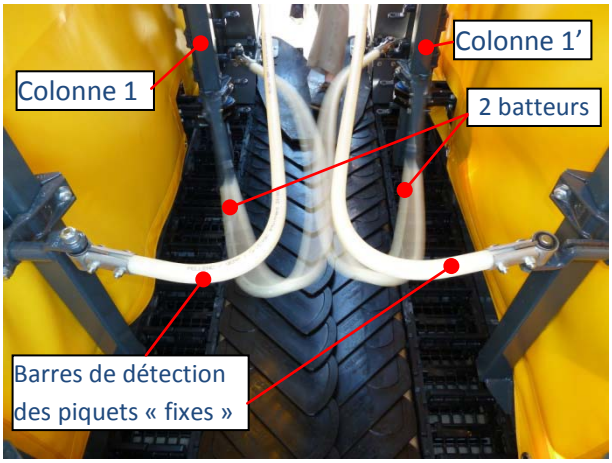


Figure 2.2 : Batteurs : photo prise batteurs en en mouvement à vide

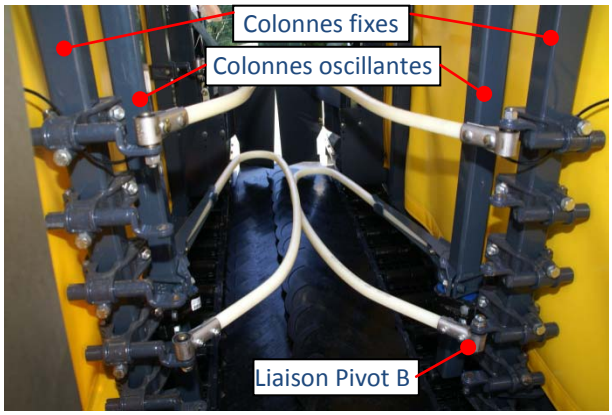


Figure 2.3 : Deux batteurs montés en position basse et les barres de détection de piquets fixes en position haute.

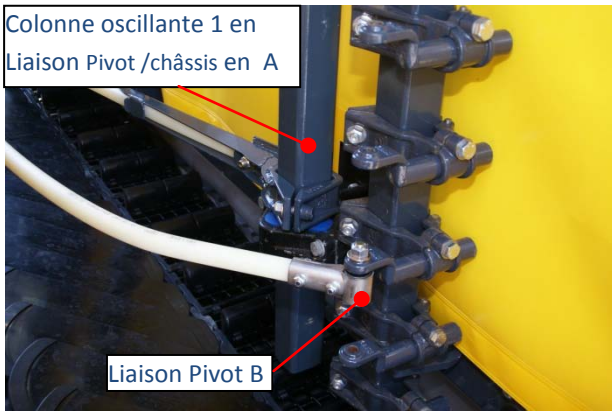


Figure 2.4 : Implantation d'un batteur



Figure 2.5 : Batteurs démontés



Figure 2.6 : Déformation des batteurs

DOCUMENT 3 (1 / 3) : Animation des batteurs de végétation

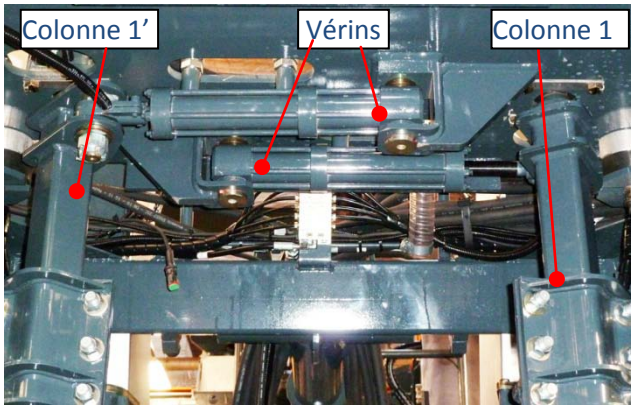


Fig 3.1 : Solution à deux vérins hydrauliques

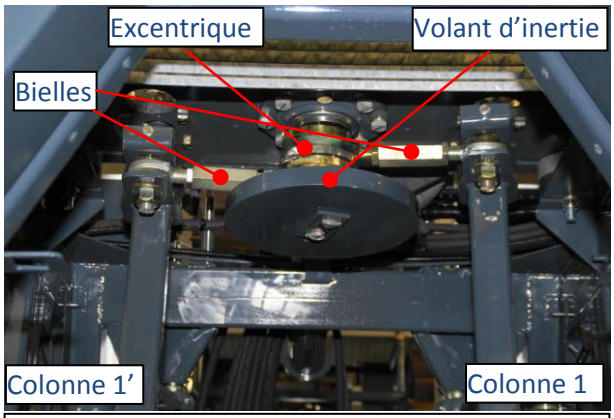


Fig 3.2 : Solution à moteur hydraulique, châssis fixe : *excentrique et volant d'inertie*



Fig 3.3 : Solution à moteur hydraulique, châssis fixe : *vue du moteur*

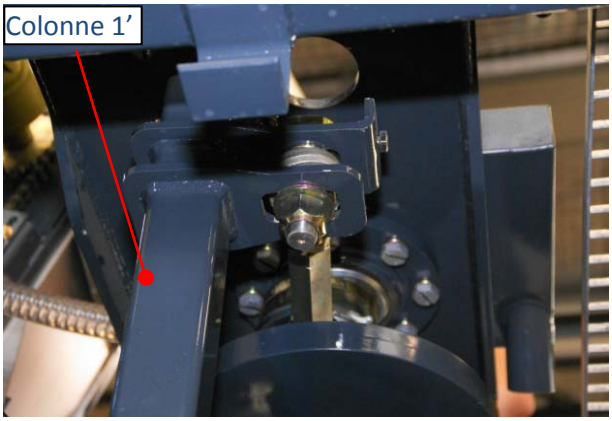


Fig 3.4 : Solution à moteur hydraulique, châssis fixe : *détail de la fixation bielle colonne 1'*

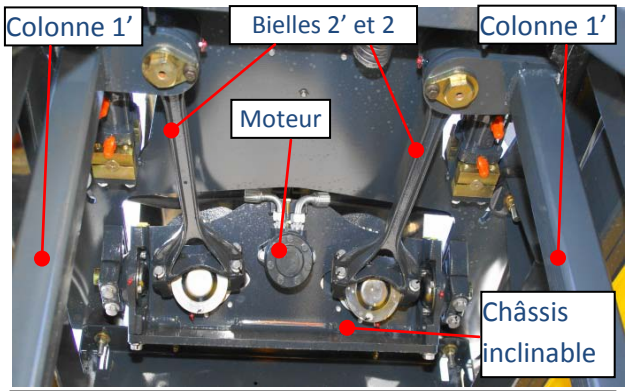


Fig 3.5 : Solution à mot. hyd. châssis inclinable : *vue de dessous*

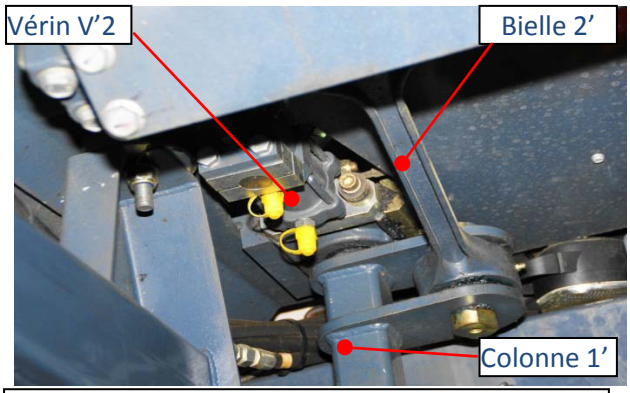


Figure 3.6 : Solution à mot. hyd. châssis inclinable *Détail de la glissière commandée par le vérin V'2*

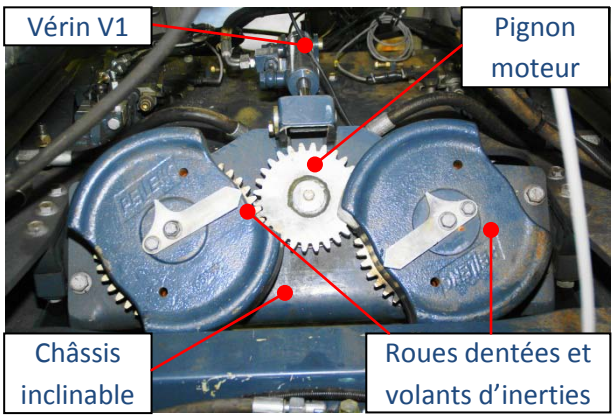
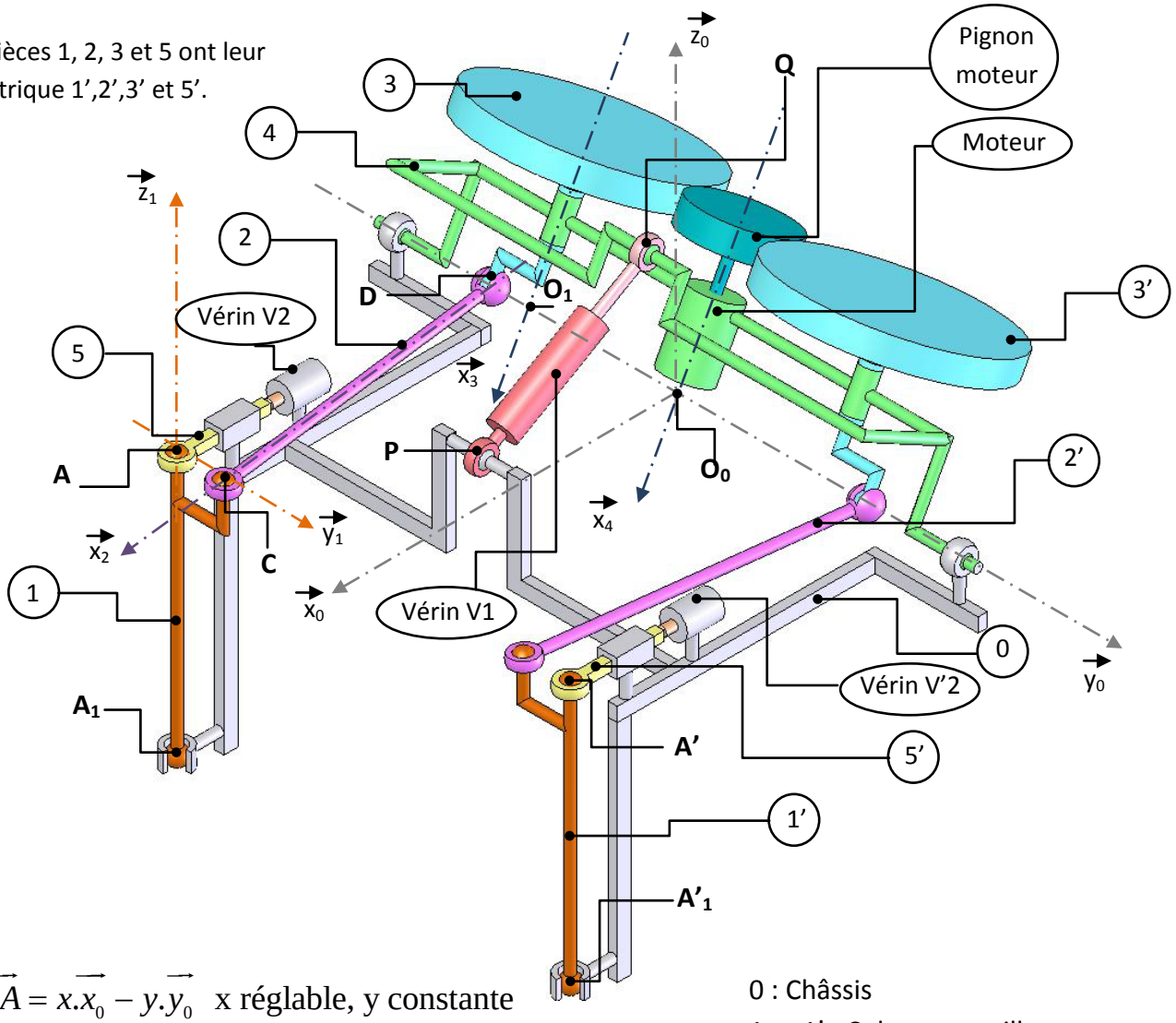


Fig 3.7 : Solution à mot. hyd., châssis inclinable, *vue de dessus*

DOCUMENT 3 (2 / 3) : Animation des batteurs châssis inclinable

Les pièces 1, 2, 3 et 5 ont leur symétrique 1',2',3' et 5'.



$\overrightarrow{O_0A} = x.\vec{x_0} - y.\vec{y_0}$ x réglable, y constante

$\overrightarrow{A_1A}$=l.$\vec{z_1}$ le faible deplacement de A $\Rightarrow$ $\vec{z_0} \approx \vec{z_1}$

$\overrightarrow{AC}$=b.$\vec{y_1}$, $\vec{z_0} \approx \vec{z_1}$, $\left(\vec{x_0}, \vec{x_1}\right) = \left(\vec{y_0}, \vec{y_1}\right) = \alpha_1(t)$

$\overrightarrow{O_1O_0}$ =(y-b).$\vec{y_0}$

$\overrightarrow{O_1D}$ = e.$\vec{y_3}$ avec $\vec{x_4} = \vec{x_3}$ et $\left(\vec{y_4}, \vec{y_3}\right) = \left(\vec{z_4}, \vec{z_3}\right) = -\omega_0.t$

$\overrightarrow{DC}$ = c.$\vec{x_2}$, $\left(\vec{x_2}, \vec{x_0}\right) = \gamma$, c >> e $\Rightarrow$ $\gamma \approx 0$

$\vec{y_0} = \vec{y_4}$, $\left(\vec{x_0}, \vec{x_4}\right) = \left(\vec{z_0}, \vec{z_4}\right) = \theta_c$

0 : Châssis
1 et 1' : Colonnes oscillantes
2 et 2' : Bielles
3 et 3' : Excentriques, volants d'inertie et roues dentées
4 : Châssis inclinable
5 et 5' : Coulisseaux

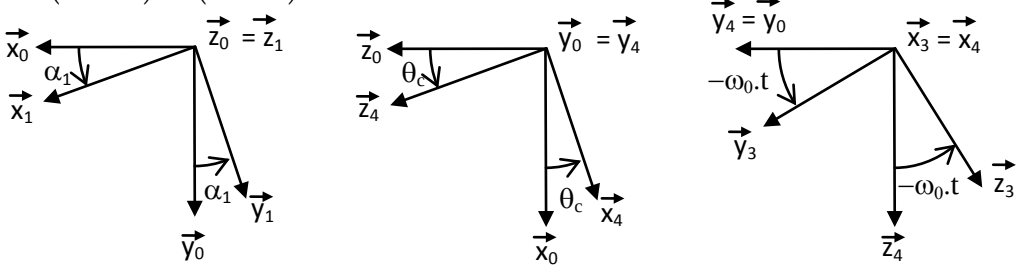


Figure 3.8 : Schéma de la solution à châssis inclinable : $\alpha_1(t) = 0$

DOCUMENT 3 (3 / 3) : Animation des batteurs châssis inclinable

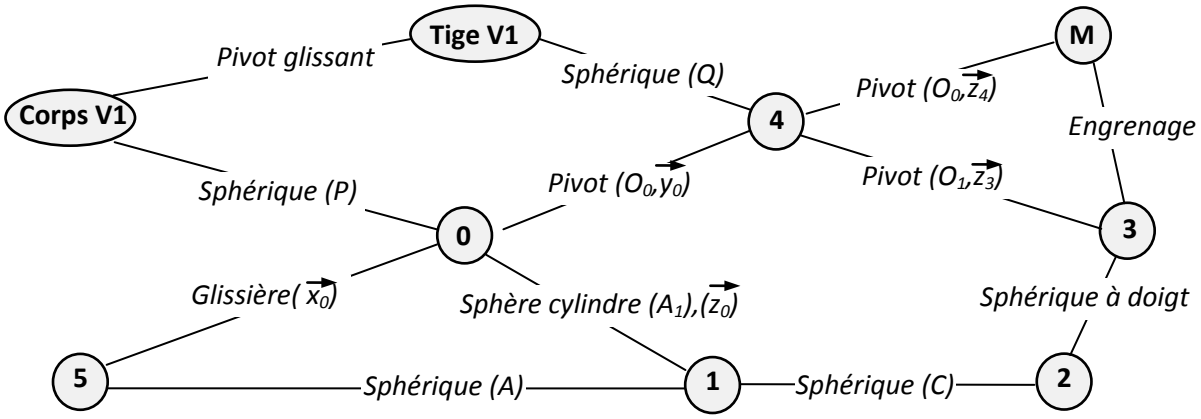


Figure 3.9 : Graphe de structure partiel

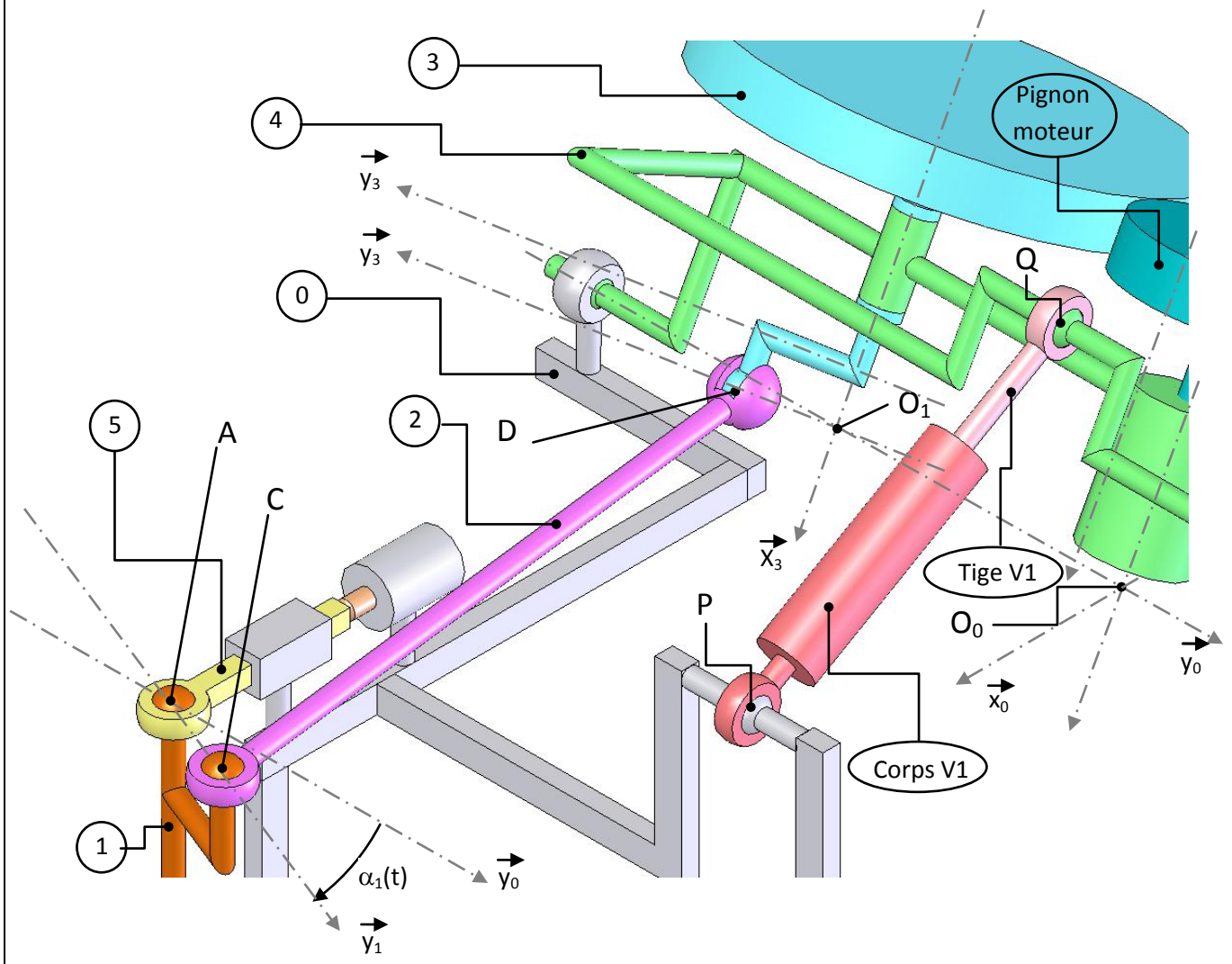
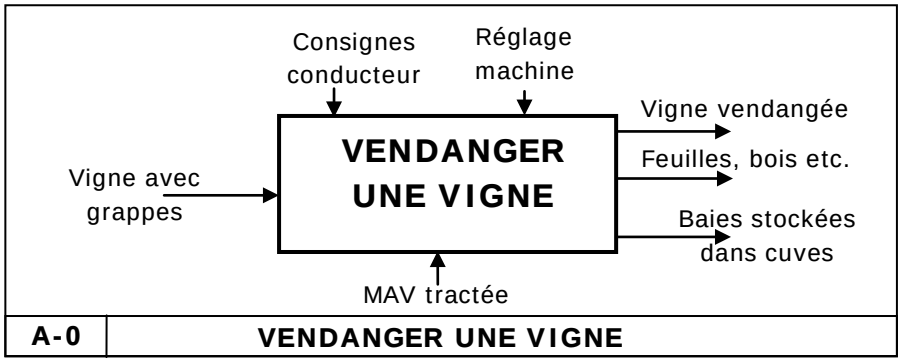


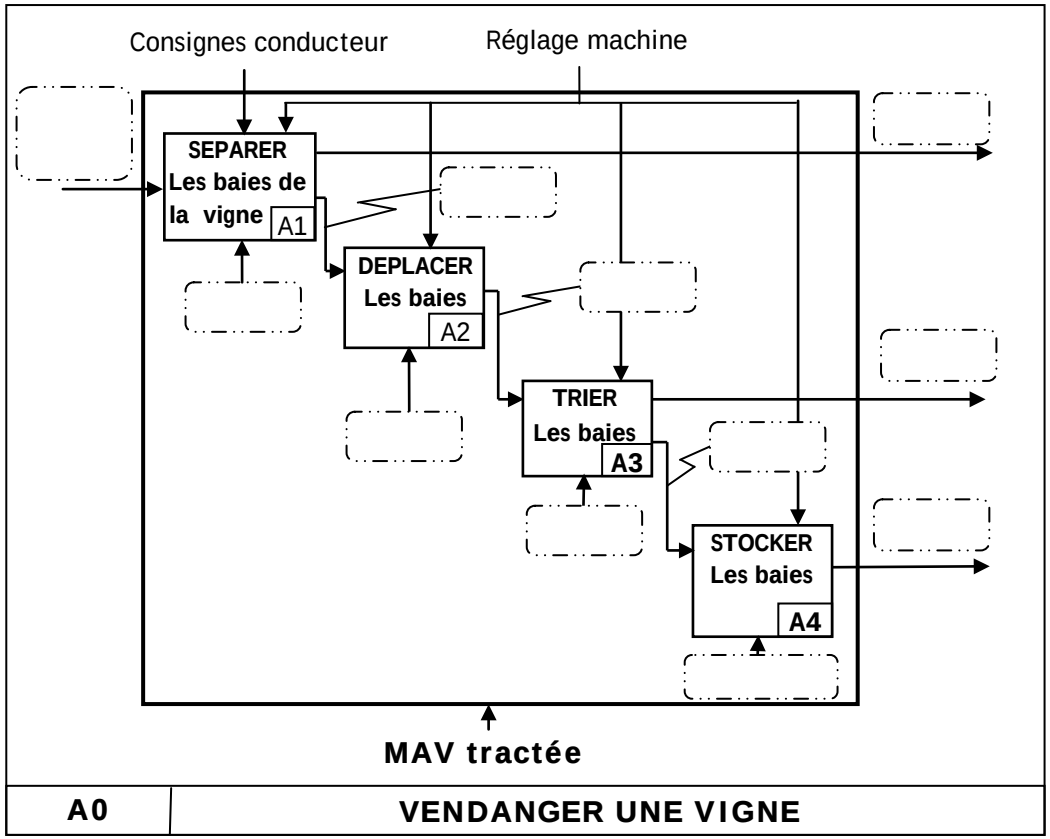
Figure 3.10 : Zoom dans une position différente : $\alpha_1(t) \neq 0$

Document 4 : ETUDE FONCTIONNELLE DE LA MAV-tractée

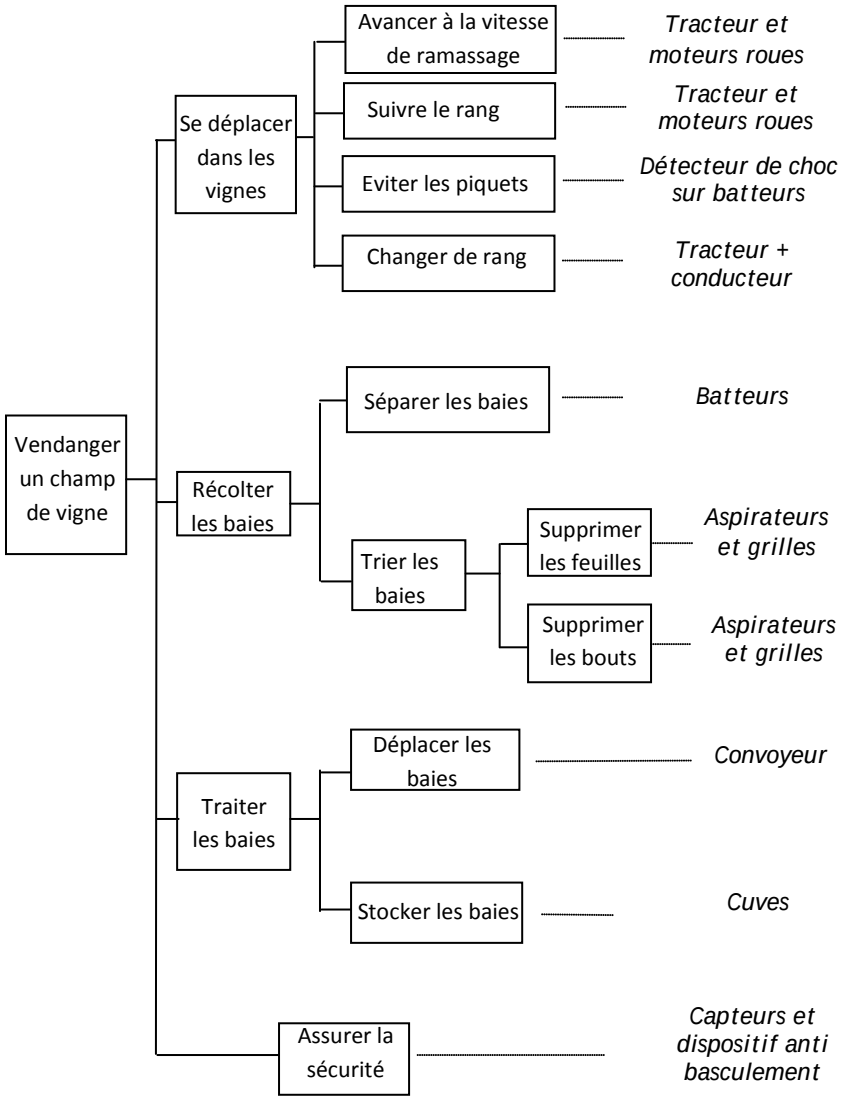
GRAPHE : A-0 MAV-tractée



Actigramme A0 Document incomplet



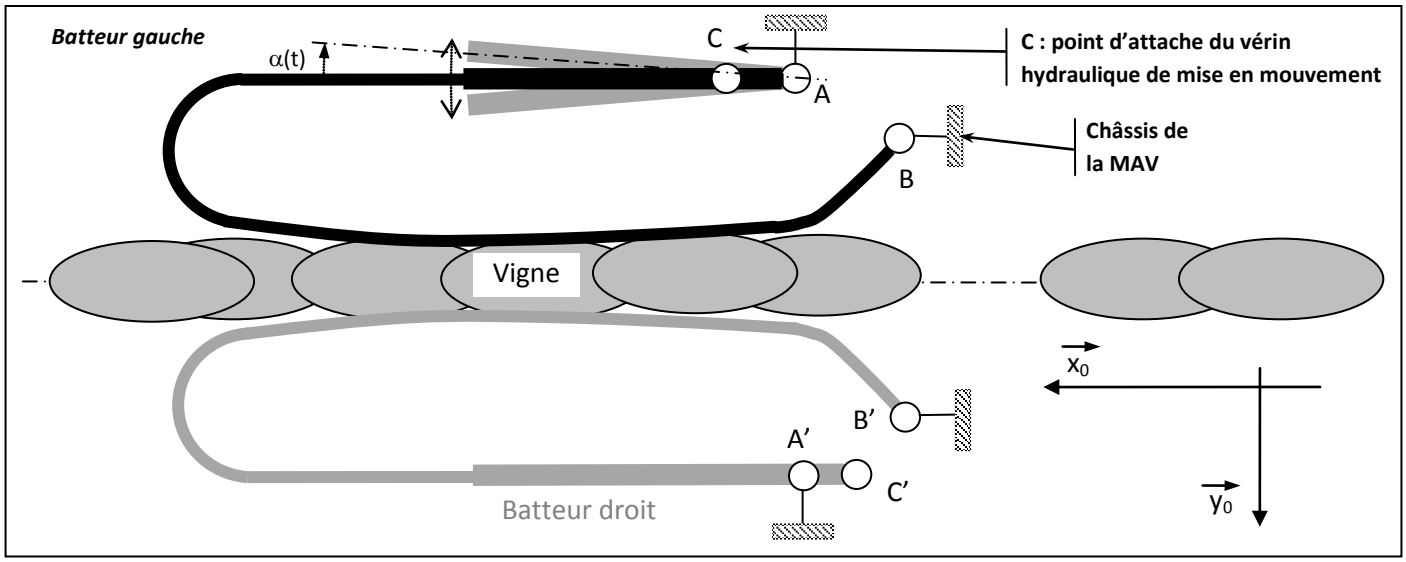
Document 5 FAST GLOBAL



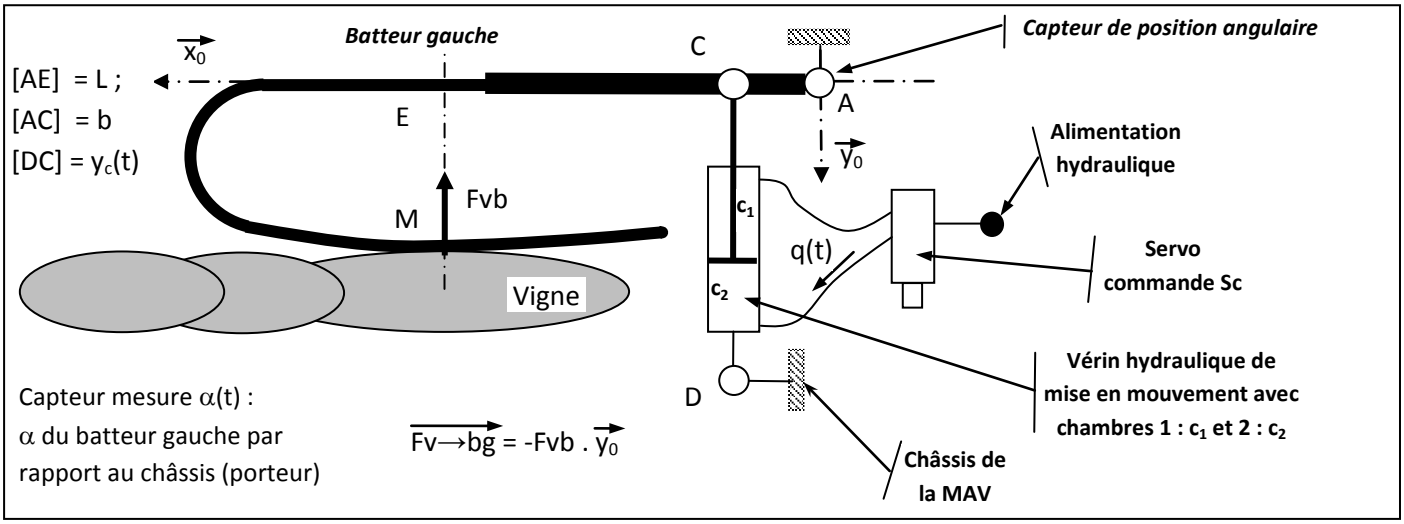
ORGANISATION FONCTIONNELLE DE LA MAV tractée

(Diagramme FAST)

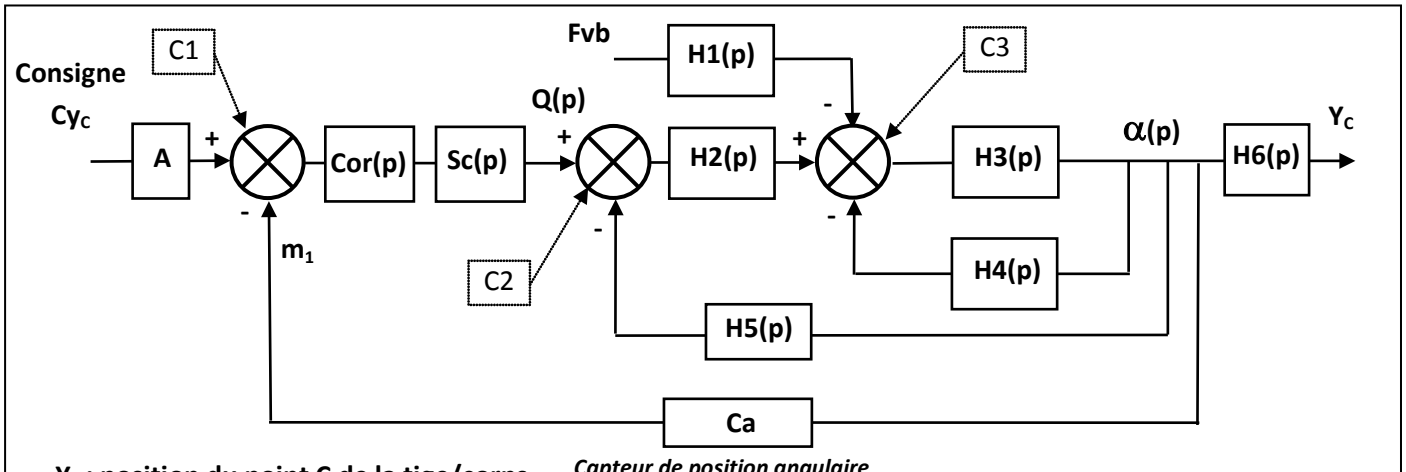
Document 6 ENTRAINEMENT DES BATTEURS : Solution par vérins hydrauliques



Doc 6 – Figure 6.1



Doc 6 - Figure 6.2



Y_c : position du point C de la tige/corps

A : coefficient de l'adaptateur à régler

Cor(p) : correcteur, dans un premier temps Cor(p) = KV gain variable

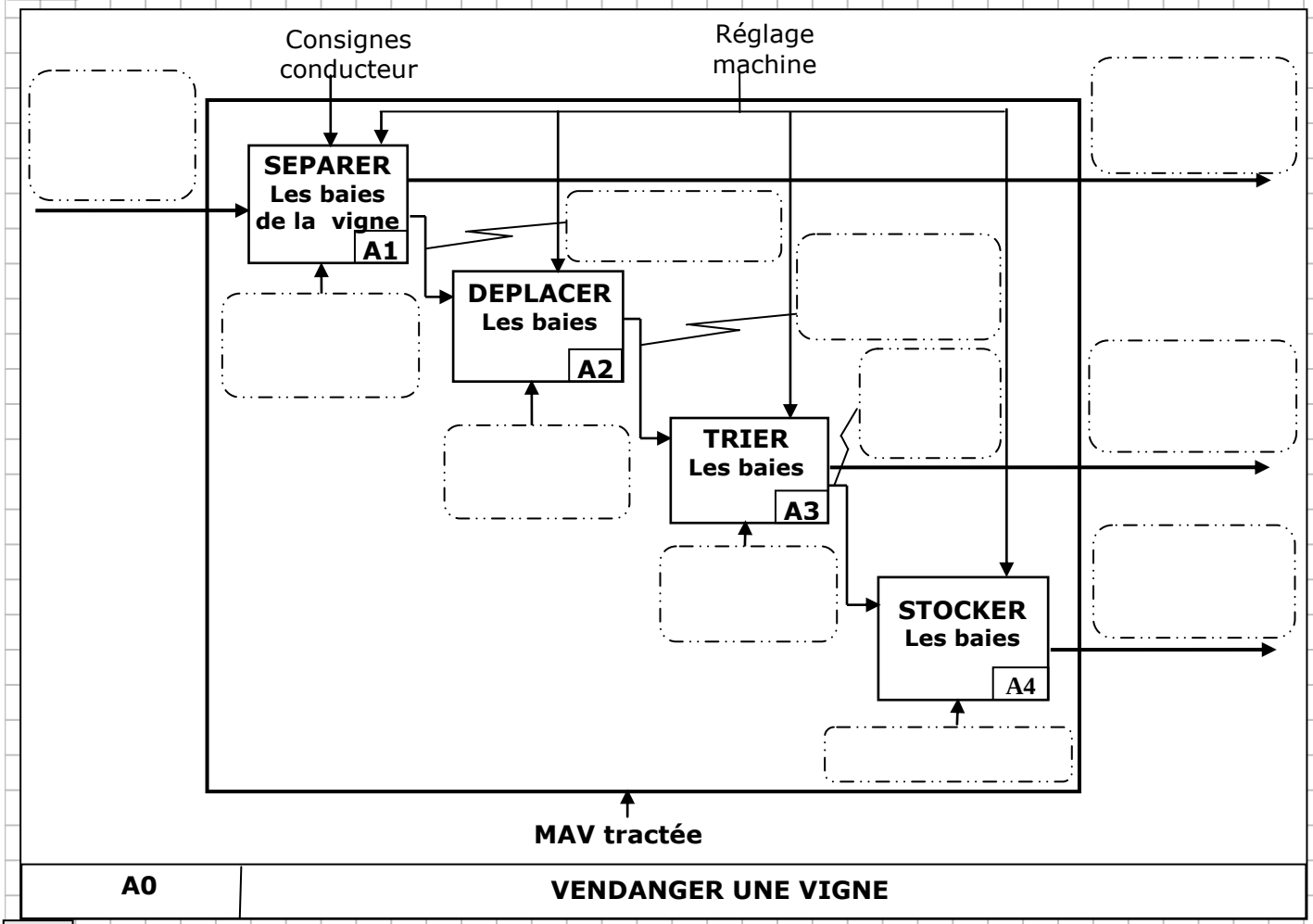
Sc(p) : Servo commande hydraulique : crée un débit Q(p) proportionnel à l'écart corrigé. Sc(p)=1

Ca : fonction de transfert du capteur, Ca est une constante

Doc 6 - Figure 6.3

Dans l'espace réponse réservé à chaque partie
le candidat identifiera impérativement clairement le numéro de la question à laquelle il répond.

Q1



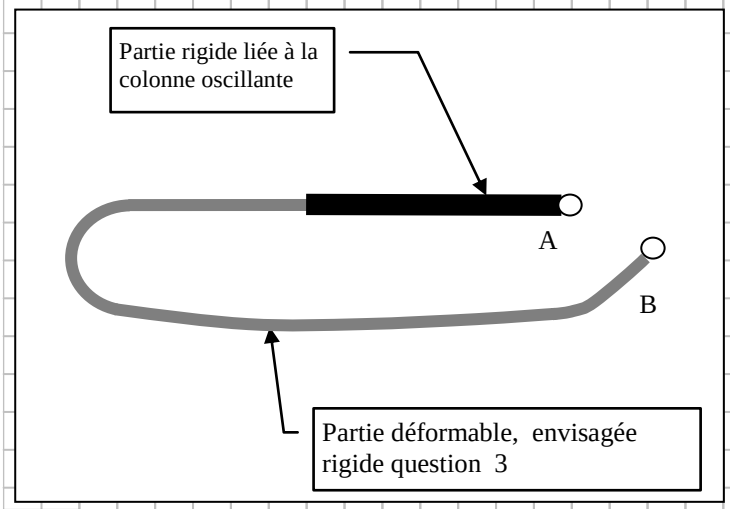
A0	VENDANGER UNE VIGNE

Q2

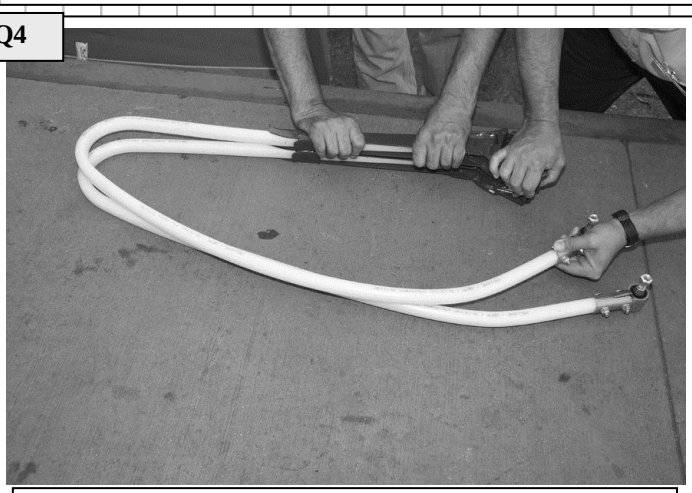
Vitesse convoyeur/sol=

k =

Q3

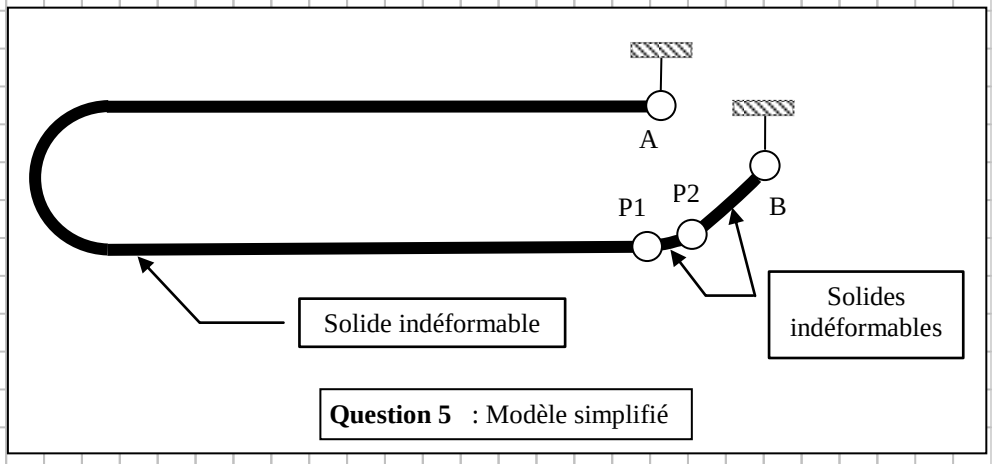


Q4



Question 4 : Déformation des batteurs

Q5



Question 5 : Modèle simplifié

m =

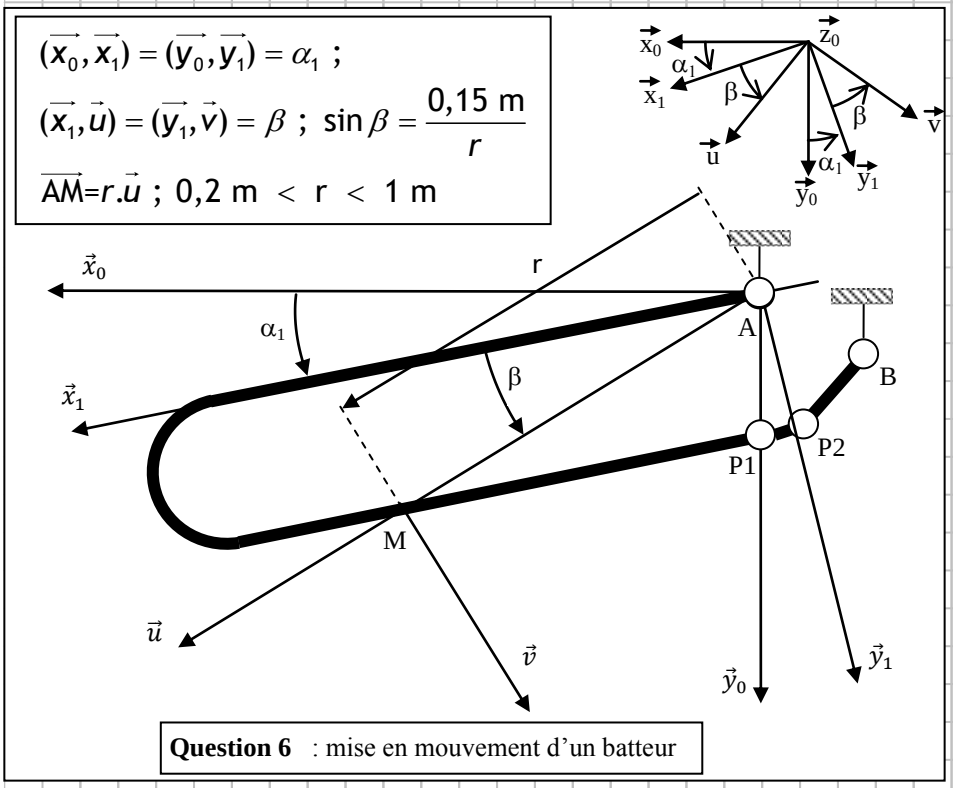
h =

Q6

$(\overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{x_1}) = (\overrightarrow{y_0}, \overrightarrow{y_1}) = \alpha_1$;

$(\overrightarrow{x_1}, \vec{u}) = (\overrightarrow{y_1}, \vec{v}) = \beta$; $\sin\beta = \dfrac{0{,}15 \text{ m}}{r}$

$\overrightarrow{AM} = r.\vec{u}$; 0,2 m < r < 1 m

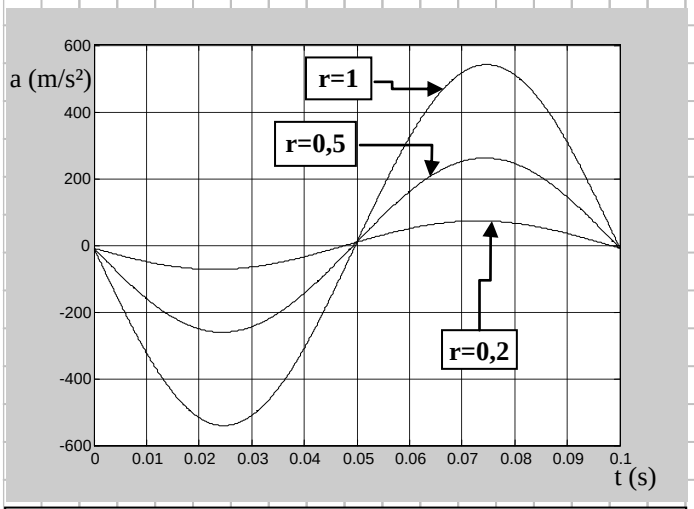


Question 6 : mise en mouvement d'un batteur

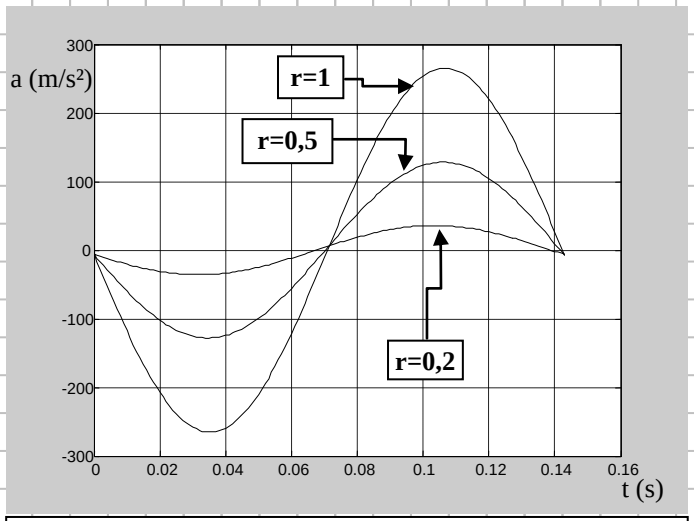
v =

a =

Q7

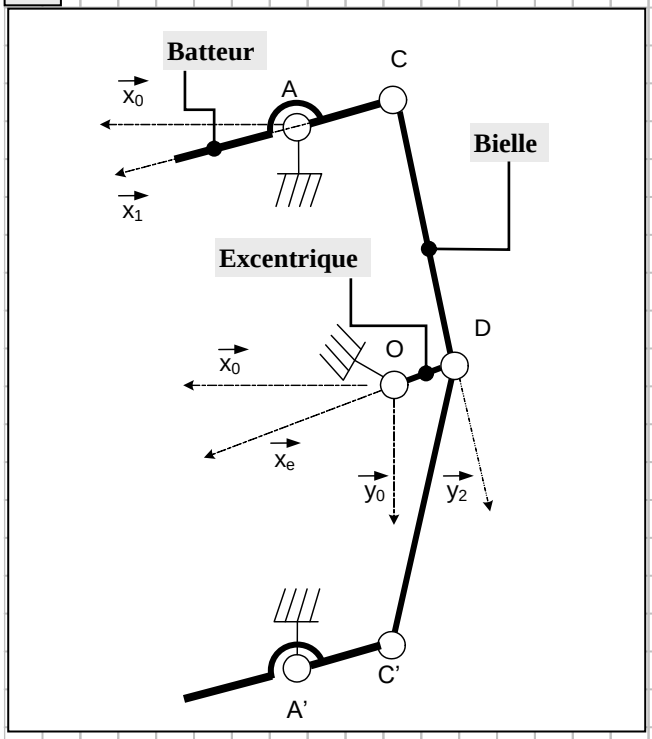


Question 7 : Courbes pour $\omega = 20.\pi$ rad/s ;
r = 0,2 m ; 0,5 m et 1 m



Question 7 : Courbes pour $\omega = 14.\pi$ rad/s ;
r = 0,2 m ; 0,5 m et 1 m

Q8



$(\overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{x_1}) = (\overrightarrow{y_0}, \overrightarrow{y_1}) = \alpha_1$

$(\overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{x_e}) = \omega_0.t$

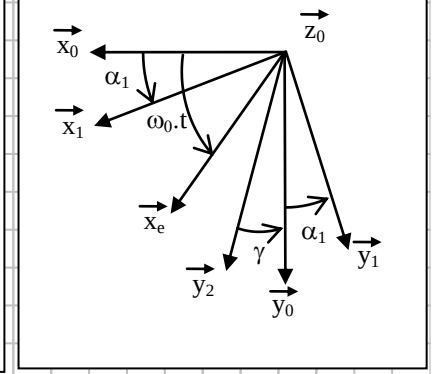
$\overrightarrow{CD} = c.\overrightarrow{y_2}$ (c réglable)

$(\overrightarrow{y_2}, \overrightarrow{y_0}) = \gamma \approx 0$

$\overrightarrow{OD} = -e.\overrightarrow{x_e}$

$\overrightarrow{OA} = x.\overrightarrow{x_0} - y.\overrightarrow{y_0}$

$\overrightarrow{AC} = -b.\overrightarrow{x_1}$ (b réglable)



α_0 =

α_M =

ω =

< b <

< c <

Q9

Axe de projection

Équation projetée

α_0 =

α_M =

ω =

< x <

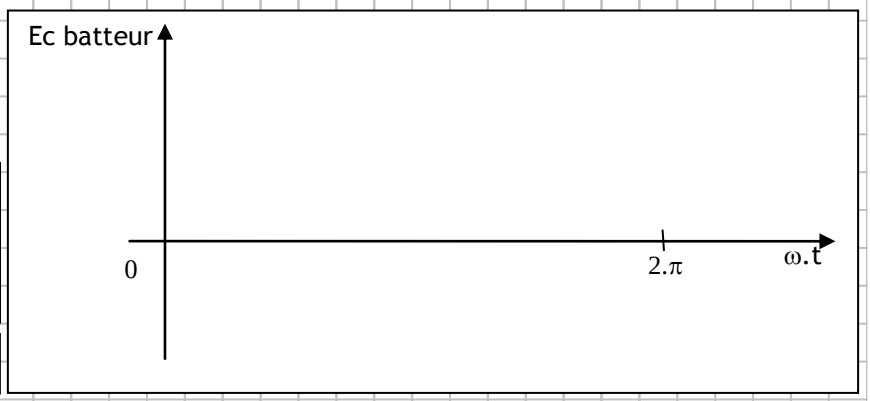
< θ_c <

Q10

Ec moteur =

AN :

Ec batteur =



Q11

P_M =

L'énergie sur un cycle est nulle car :



Q12

Ec(0) =	Ec(90) =	Ec(180) =	Ec(270) =

$\omega_{0^\circ} = 17.3\ \pi$ rad/s	ω_{90° =	ω_{180° =	ω_{270° =

Rôle du volant d'inertie :

Q13

Type d'étude :

Etude faite à la question :

Rapport amplitude / fréquence de commande :

Q14

Type d'étude :

Rapport amplitude / fréquence :

-
-
-
-

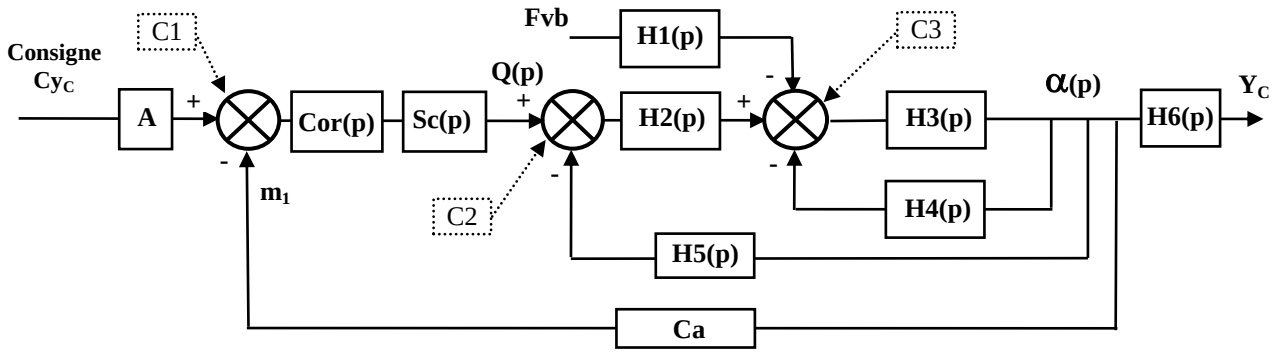
Q15

Equation 2 – système isolé :

Equation utilisée :

Exemple de terme linéarisé

Q16



A : coefficient de l'adaptateur à régler

Cor(p) : correcteur, dans un premier temps Cor(p) = KV gain variable

Sc(p) : Servo commande hydraulique : crée un débit Q(p) proportionnel à l'écart corrigé. Sc(p)=1

Ca : fonction de transfert du capteur de position angulaire, Ca est une constante

Hypothèses

H1(p) =

H2(p) =

H3(p) =

H4(p) =

H5(p) =

H6(p) =

Q17

FTBO =

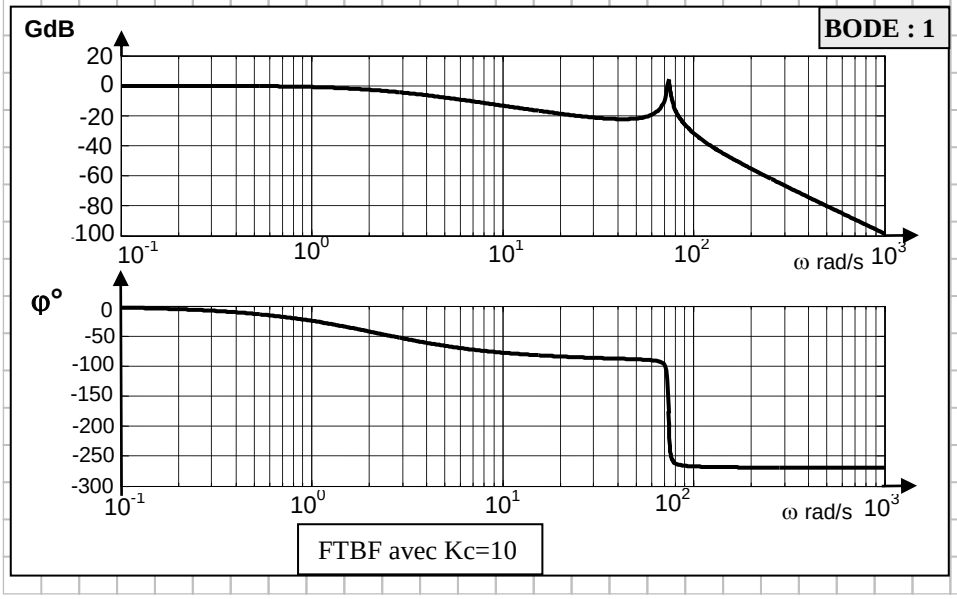
Classe du système :

Précision attendue de la réponse :

Q18

Consigne =

Réponse =



BODE : 1

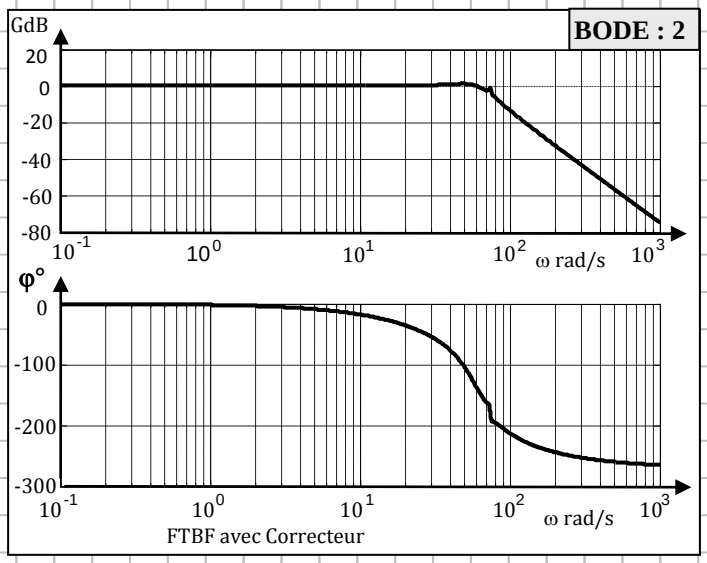
FTBF avec Kc=10

Fosc	100 cps/min	300 cps/min	540 cps/min
ω rad/s			
GdB			
φ°			

Analyse

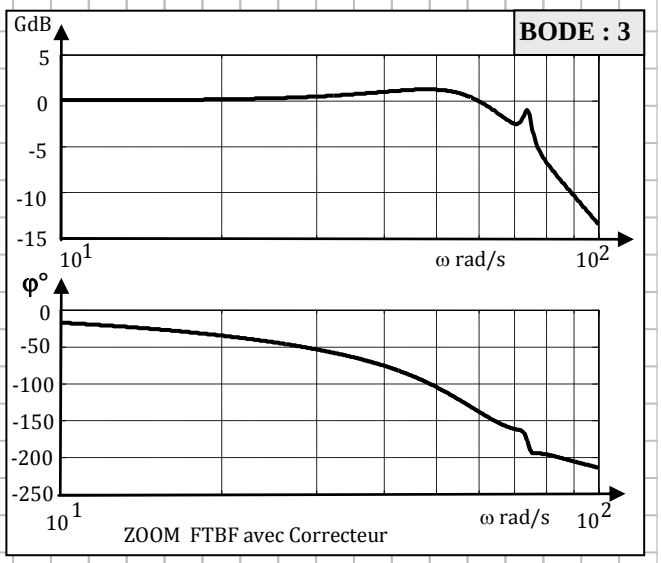
Q19

BODE : 2



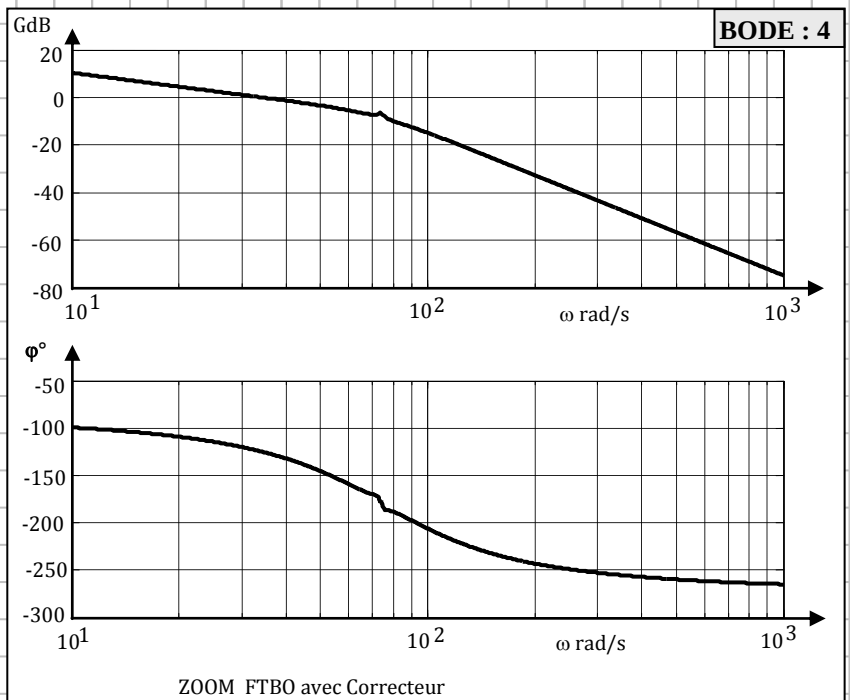
FTBF avec Correcteur

BODE : 3



ZOOM FTBF avec Correcteur

BODE : 4



ZOOM FTBO avec Correcteur

Fosc	100 cps/min	300 cps/min	540 cps/min
ω rad/s			
GdB			
φ°			

BODE CHOISI :

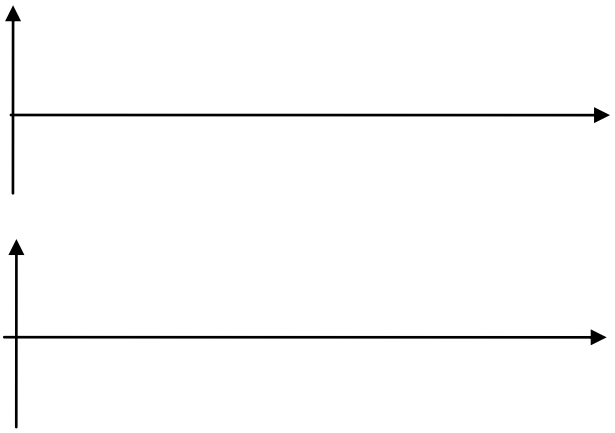
Système stable ?

Marge de gain :

Marge de Phase :

Discuter la capacité de réponse aux consignes

Allure du diagramme de Bode du correcteur Cor(p)



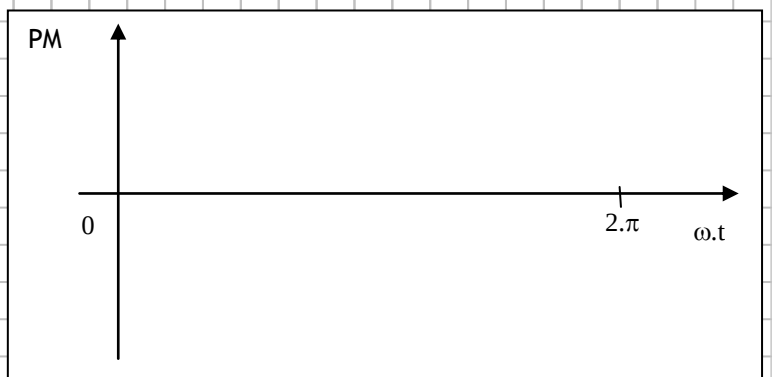
Justification de la limite des 570 coups/min :

Justification de ce type de correcteur Cor(p) :

Q20

Ec littéral

PM =



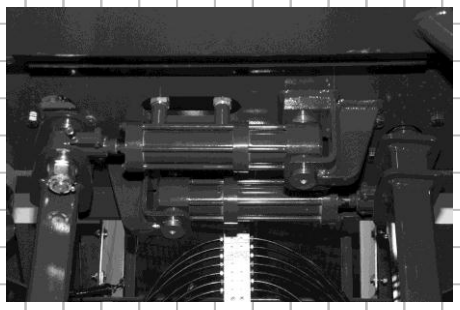
Q21

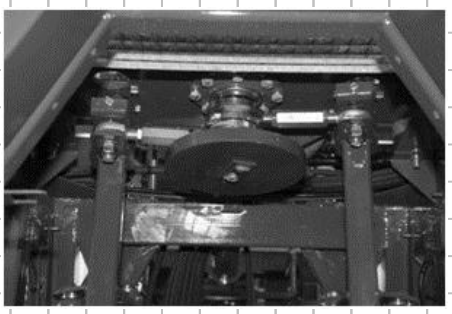
Q22

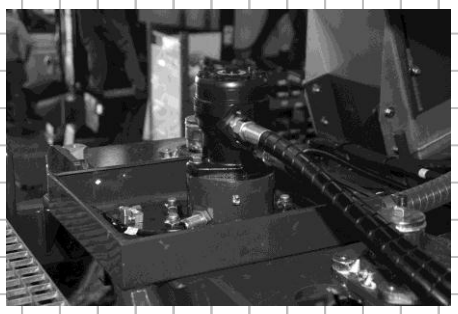
	Réglage amplitude *	Réglage pincement*	Réglage fréquence*
Mécanisme à vérins	*Partie commande qui pilote :……* *Partie opérative*	*Partie commande qui pilote :……* *Partie opérative*	*Partie commande qui pilote :……* *Partie opérative*
Mécanisme moteur hydraulique et châssis fixe	*Partie commande qui pilote :……* *Partie opérative*	*Partie commande qui pilote :……* *Partie opérative*	*Partie commande qui pilote :……* *Partie opérative*
Mécanisme moteur hydraulique et châssis inclinable	*Partie commande qui pilote :……* *Partie opérative*	*Partie commande qui pilote :……* *Partie opérative*	*Partie commande qui pilote :……* *Partie opérative*

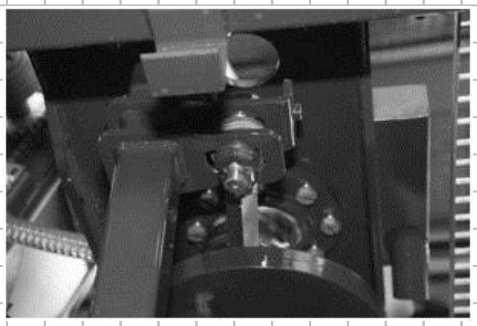
* rayer la mention inutile et compléter les pointillés (servo commande : SC, commande proportionnelle du moteur : CPM)

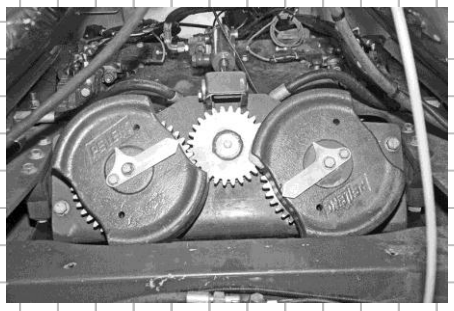
Q23

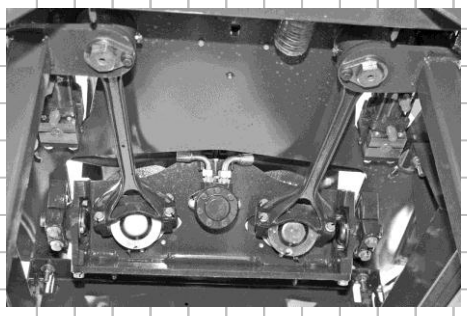










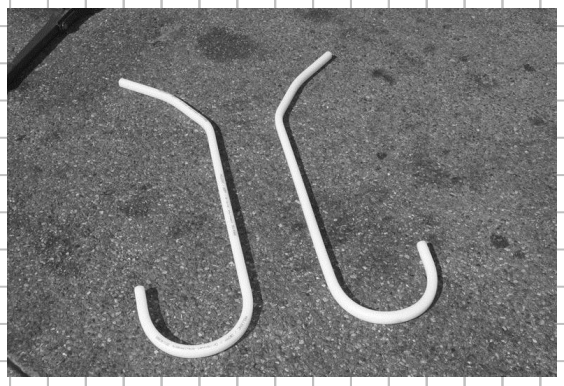


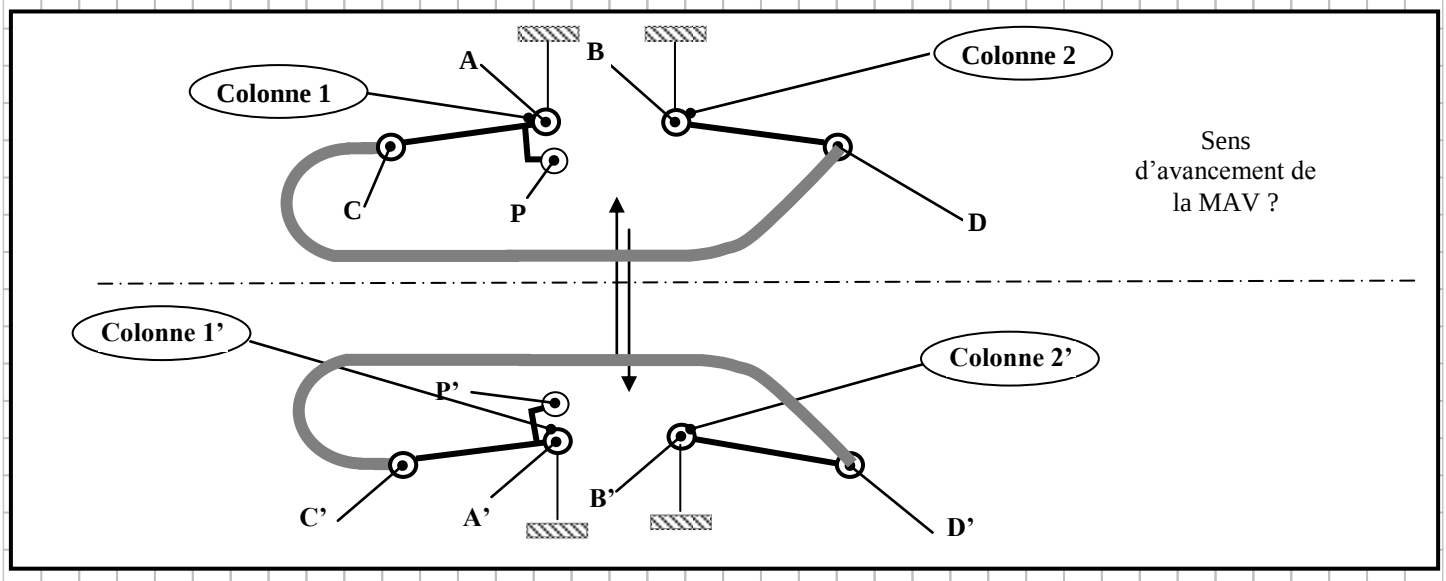
Q24

Tableau comparatif	Possibilité de réglage continu en travail	Bilan énergétique	Réactivité (rapidité de réponse)
Mécanisme à vérins	*	*	*
Mécanisme moteur hydraulique - châssis fixe	*	*	*
Mécanisme moteur hydraulique - châssis inclinable	*	*	*

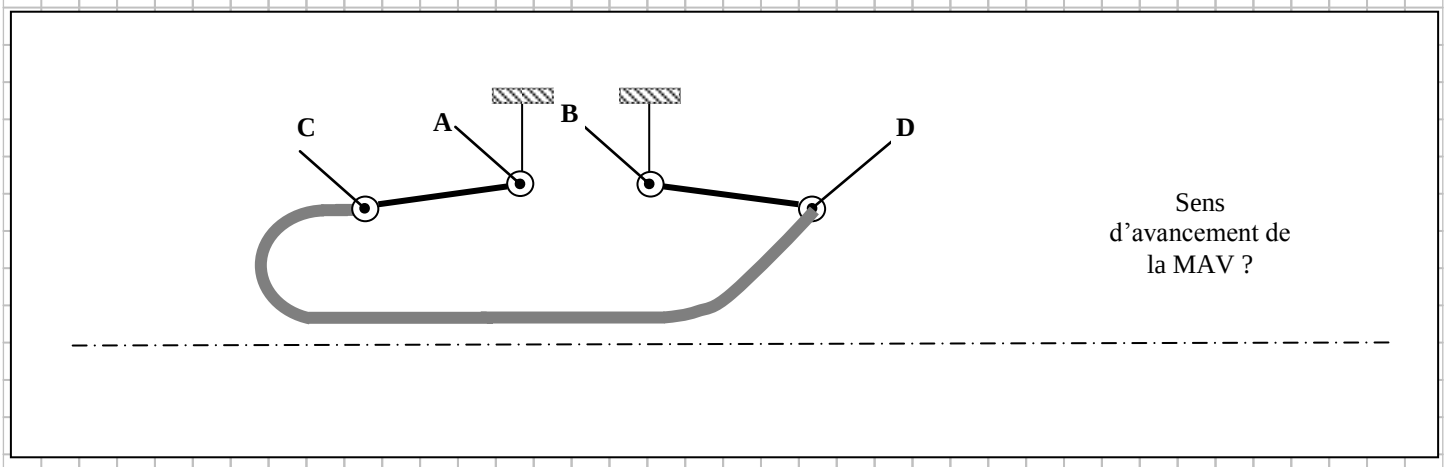
* compléter par des valeurs [-] [0] [+]

Q25




A
B
Colonne 2
Colonne 1
C
P
D
Sens
d'avancement de
la MAV ?
Colonne 1'
Colonne 2'
P'
C'
A'
B'
D'

Q26


C
A
B
D
Sens
d'avancement de
la MAV ?

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
- Cinématique du solide : paramétrage, vitesse, taux de rotation et torseur cinématique
- Statique des solides : principe fondamental et stratégie d'isolement
- Mobilité, hyperstatisme et petits déplacements
- Cinématique des mécanismes : composition des mouvements, contact ponctuel, lois entrée-sortie et fermetures
- Cinétique : torseurs cinétique et dynamique, énergie cinétique, inertie équivalente
- Énergétique : puissances, théorème de l'énergie cinétique, rendement
- Modélisation des systèmes asservis : structure, SLCI, transformée de Laplace, schéma-blocs

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/mines/psi