Concours Commun INP (CCINP), France

Session 2019, filière MP

Sciences industrielles

Durée : 4 heures

Ce que traite le sujet

- Partie I : validation des capacités de positionnement du système de déploiement
- Partie II : validation du non-dépassement de la vitesse de la sphère SEIS
- Partie III : validation de la capacité statique du système de déploiement
- Partie IV : validation des capacités dynamiques du système de déploiement
- Partie V : validation du positionnement du module SEIS
- Partie VI : analyse de la loi de commande
- Partie VII : exploitation de la base de données du système de mesure

Sujet reproduit sans retouche à partir de la page suivante.

Résumé des parties, chapitres de cours liés et autres années :
prepahelp.com/annales/ccinp/mp/2019/si

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

CONCOURS COMMUN INP

ÉPREUVE SPÉCIFIQUE - FILIÈRE MP

SCIENCES INDUSTRIELLES

Jeudi 2 mai : 14 h - 18 h

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

Les calculatrices sont autorisées

Le sujet est composé de 7 parties, toutes indépendantes.

Sujet : page 1 à page 16.

Annexes : page 16.

Documents réponse : 4 pages.

A

Réplique de la mission InSIGHT

L'étude proposée porte sur la réplique terrestre[1] du système InSIGHT (**In**terior exploration using **S**eismic **I**nvestigations, **G**eodesy and **H**eat **T**ransport), projet du CNES (Centre National d'Études Spatiales) qui a pour but de déployer une station d'étude de la structure interne de la planète Mars.

La station de mesures doit effectuer une campagne de mesures de l'activité sismique afin d'établir des informations sur l'épaisseur de la croûte martienne, de ses manteaux et des zones de subduction, voire des impacts des météorites.

Le support technologique de la mission est un atterrisseur similaire à celui de la mission Phoenix qui a été utilisé avec succès en 2007 pour étudier le sol glacé près du pôle nord de Mars.

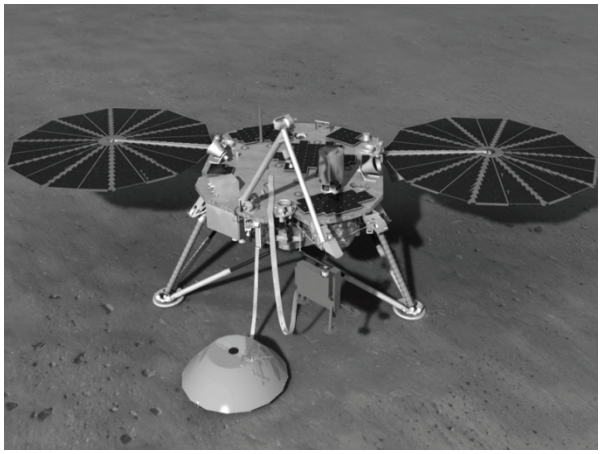


Figure 1 – Atterrisseur du projet InSIGHT

L'atterrisseur InSIGHT (**figure 1**) emportera quatre sous-systèmes d'instrumentation à la surface de Mars afin d'analyser en détail pour la première fois les "statistiques vitales" de la planète :

- son pouls, activité interne, mesuré par l'instrument SEIS ;
- sa température mesurée par l'instrument HP^3 ;
- ses réflexes mesurés par l'instrument RISE.

Ensemble, les données fourniront des indices essentiels sur l'évolution, non seulement de la planète Mars, mais aussi de toutes les planètes telluriques.

Sous-systèmes d'instrumentation de l'atterrisseur

- **SEIS** : sismomètre qui fera des mesures précises des tremblements et autres activités internes de Mars pour mieux comprendre l'histoire et la structure de la planète ;
- **HP^3** : cet instrument va s'enfoncer, à cinq mètres de profondeur sous la surface de Mars, pour connaître la quantité de chaleur venant de l'intérieur de Mars et pour révéler l'histoire thermique de la planète ;
- **RISE** : il s'agit d'une expérience qui mesurera avec précision le décalage Doppler et le parcours des communications radio entre l'atterrisseur InSIGHT et la Terre pour déterminer la distribution des structures internes de la planète rouge ;
- **Camera** : montée sur le bras de l'atterrisseur, elle servira à prendre des images en noir et blanc des instruments sur le corps de l'atterrisseur ainsi qu'une vue en 3D pour aider les ingénieurs et les scientifiques à guider le déploiement des instruments au sol.

[1] Utilisée sur Terre pour validation des différents sous-systèmes.

Seul le sous-système SEIS (figure 2) sera l'objet de l'étude proposée. Il est basé sur un instrument hybride composé **:**

- d'un système de déploiement (DPL) ;
- d'une sphère comportant trois capteurs sismiques à très larges bandes et leurs capteurs de température. La sphère dispose d'un système de référencement de ses pieds (**figure 3**). Sa masse est d'environ 3 kg et sa consommation électrique varie autour de 1W.
- d'une boîte électronique d'acquisition dont la structure est donnée par le diagramme de définition des blocs de la **figure 4**.

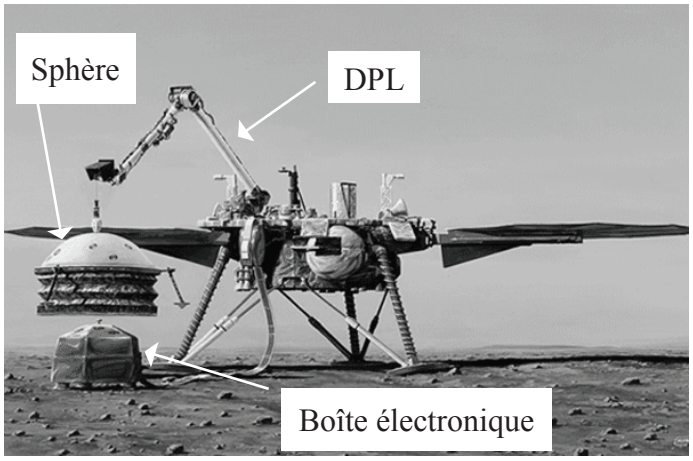


Figure 2 – Ensemble SEIS en phase de déploiement

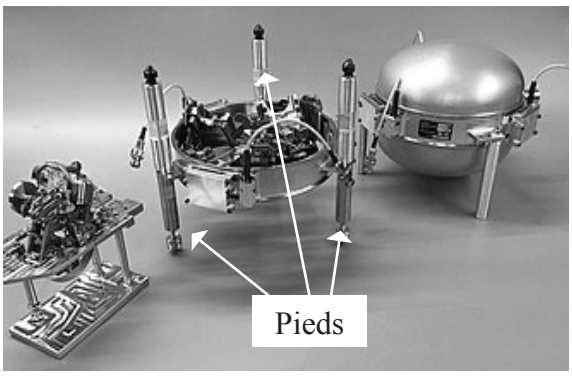


Figure 3 – Sphère SEIS

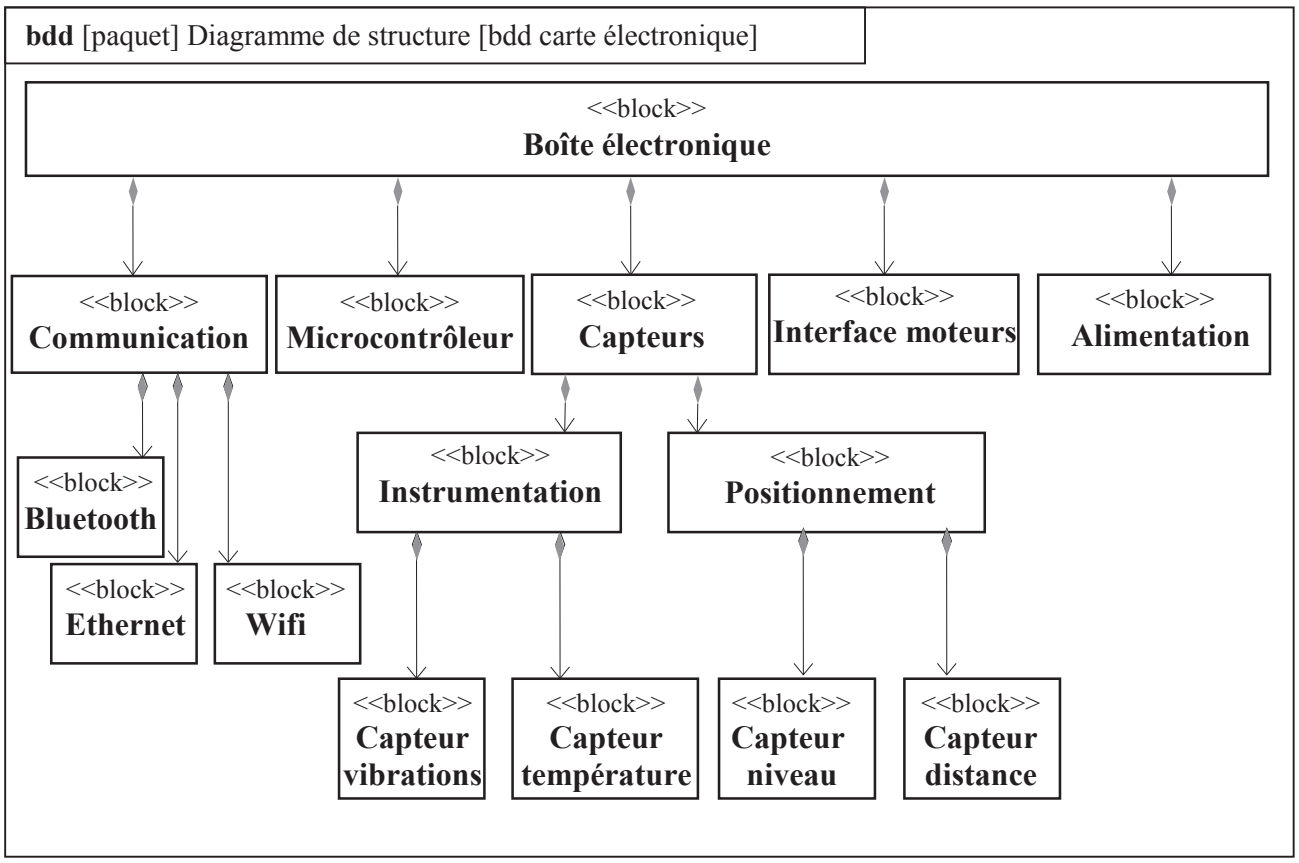


Figure 4 – Diagramme de définition des blocs

La **figure 5** (page 4) présente le diagramme des cas d'utilisation du système de positionnement DPL et du module SEIS et la **figure 6** (page 4) le diagramme partiel des exigences concernant le système de déploiement DPL et le module SEIS.

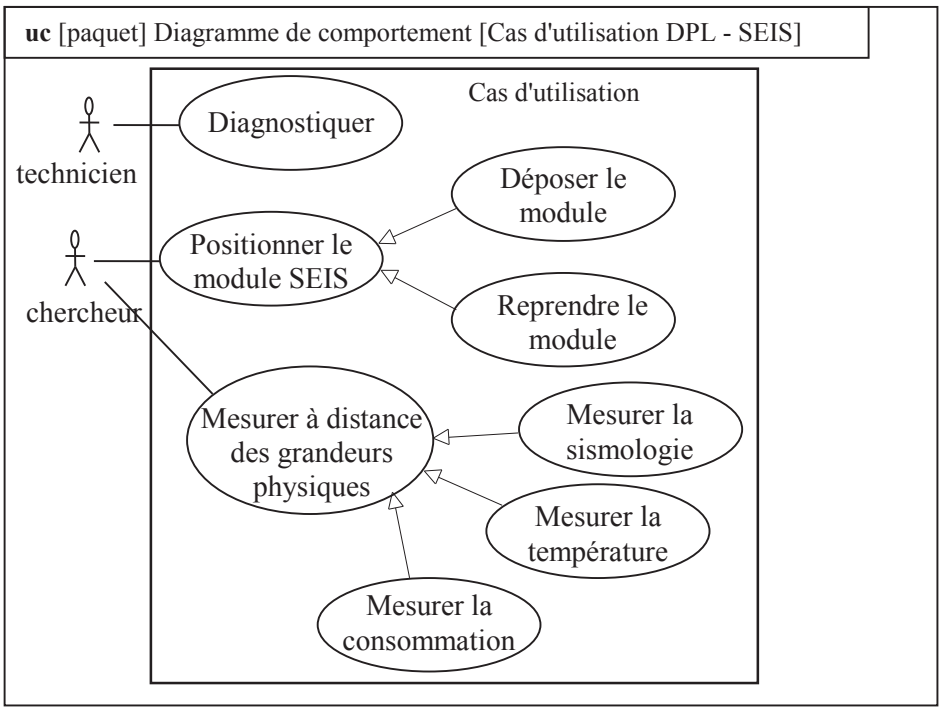


Figure 5 – Diagramme des cas d'utilisation

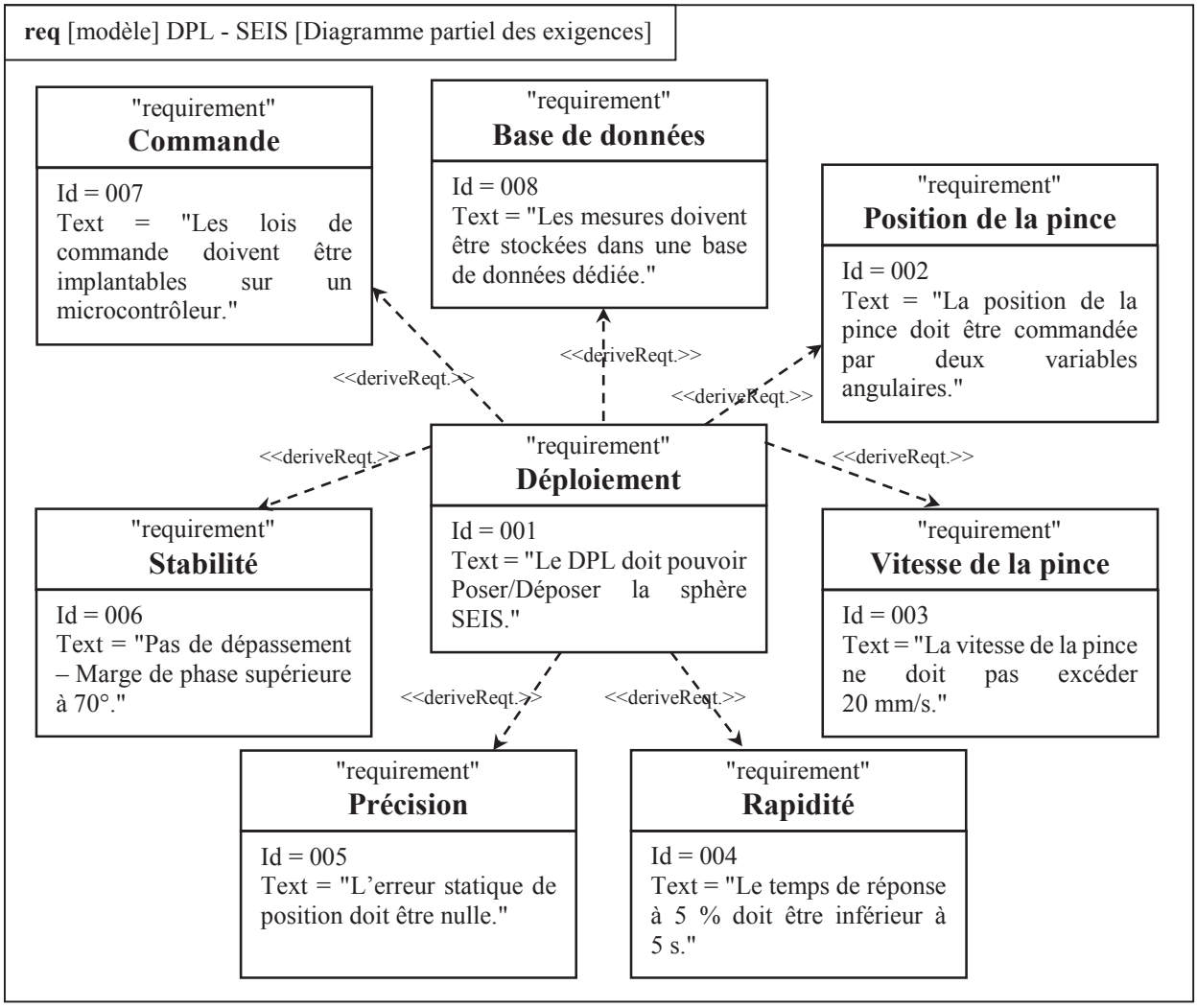


Figure 6 – Diagramme partiel des exigences

La **figure 7** représente la structure du système de déploiement DPL.

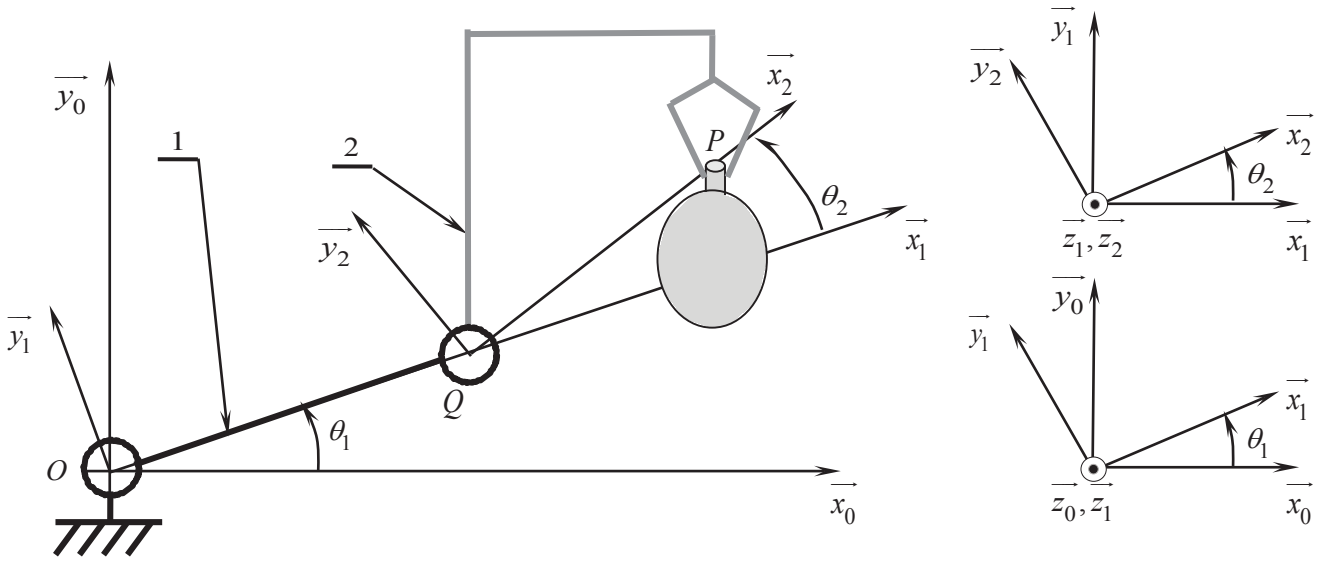


Figure 7 – Schématisation cinématique du bras de déploiement

Le bras de déploiement est constitué de :

Bâti : 0

- Le repère $R_0\left(O,\overrightarrow{x_0},\overrightarrow{y_0},\overrightarrow{z_0}\right)$ est lié au bâti fixe 0.

Bras : 1

- Repère lié $R_1\left(O,\overrightarrow{x_1},\overrightarrow{y_1},\overrightarrow{z_1}\right)$.
- Mouvement (1/0) : rotation autour de $\left(O,\overrightarrow{z_0}\right)$.
- Position (1/0) repérée par : $\theta_1=\left(\overrightarrow{x_0},\overrightarrow{x_1}\right)=\left(\overrightarrow{y_0},\overrightarrow{y_1}\right)$.
- Centre d'inertie G_1 tel que $\overrightarrow{OG_1}=\frac{L}{2}\overrightarrow{x_1}$ avec $\overrightarrow{OQ}=L\overrightarrow{x_1}$;
- Masse $m_1=352\,g$; $L=0{,}5\,m$.

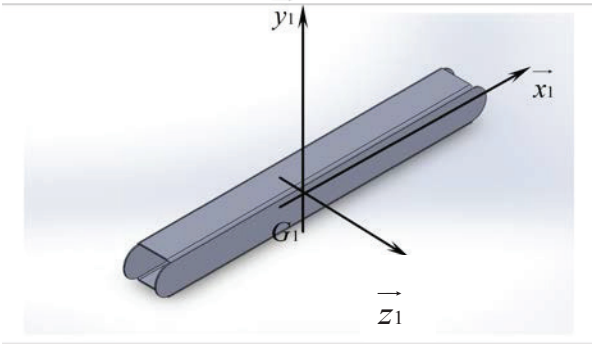


Figure 8 – Bras 1

La **figure 8** présente le modèle volumique du bras 1. Les plans $\left(\overrightarrow{x_1},G_1,\overrightarrow{y_1}\right)$ et $\left(\overrightarrow{y_1},G_1,\overrightarrow{z_1}\right)$ sont des plans de symétrie matérielle du bras 1.

- Le mouvement de 1 par rapport à 0 est commandé par un actionneur M_{01}, constitué d'un moteur pas à pas et d'un réducteur de vitesse à couronne dentée flexible de rapport de transmission $\lambda = 82$, d'encombrement et de masse très faibles en regard des autres solides, logés à l'intérieur de la liaison (0/1).

Avant-bras : 2

- Repère lié $R_2\left(Q,\overrightarrow{x_2},\overrightarrow{y_2},\overrightarrow{z_2}\right)$.
- Mouvement (2/1) : rotation autour de $\left(Q,\overrightarrow{z_1}\right)$.
- Position (2/1) repérée par $\theta_2=\left(\overrightarrow{x_1},\overrightarrow{x_2}\right)=\left(\overrightarrow{y_1},\overrightarrow{y_2}\right)$.
- Masse $m_2=352\,g$.

- Centre d'inertie G_2 tel que $\overrightarrow{QG_2} = \frac{L}{2}\overrightarrow{x_2}$ ($L = 0,5\,m$) avec $\overrightarrow{QP} = L\overrightarrow{x_2}$ (le bras 1 et l'avant-bras 2 ont la même longueur).
- L'extrémité en *P* est équipée d'une pince de masse négligeable qui saisit la sphère SEIS.
- On note K_{O2} le moment d'inertie de l'avant-bras 2 par rapport à l'axe $\left(O,\overrightarrow{z_0}\right)$ dans la position la plus défavorable.
- Le mouvement de 2 par rapport à 1 est commandé par un actionneur M_{12}, constitué d'un moteur pas à pas et d'un réducteur de vitesse à couronne dentée flexible de rapport de transmission $\lambda = 82$, d'encombrement et de masse très faibles en regard des autres solides, logés à l'intérieur de la liaison (1/2).

Sphère du SEIS : S

- On considère que l'amplitude du mouvement (S/2) est très faible.
- Position (S/0) repérée par : $\overrightarrow{OP} = X_p(t)\overrightarrow{x_0} + Y_p(t)\overrightarrow{y_0}$.
- Masse $m_s = 1,2\,kg$ considérée comme ponctuelle en son centre d'inertie G_S par rapport aux autres mouvements. G_S est tel que $\overrightarrow{PG_S} = -R\overrightarrow{y_0}$ (*R* est une constante positive).
- On note K_{OS} le moment d'inertie de la sphère S par rapport à l'axe $\left(O,\overrightarrow{z_0}\right)$ dans la position $\theta_1 = \theta_2 = 0$.

Partie I - Validation des capacités de positionnement du système de déploiement

***Objectif** : vérifier l'exigence 002 « Position de la pince » afin que le point de préhension P du système de déploiement DPL puisse être défini à partir de deux coordonnées articulaires.*

Q1. Établir la relation vectorielle entre X_P, Y_P, L et $\overrightarrow{x_0}$, $\overrightarrow{y_0}$, $\overrightarrow{x_1}$, $\overrightarrow{x_2}$.

Q2. Projeter la relation précédente selon $\overrightarrow{x_0}$ et $\overrightarrow{y_0}$, puis donner les deux équations scalaires correspondantes.

Q3. Exprimer θ_1 et θ_2 en fonction de X_P, Y_P et L. Conclure quant au respect de « l'exigence 002 ».

Partie II - Validation du non-dépassement de la vitesse de la sphère SEIS

***Objectif** : valider l'exigence 003 « Vitesse de la pince » quand la sphère SEIS se déplace en translation afin de conserver toujours la même orientation.*

Notation :

- $\overrightarrow{V}_{M,S/R}$ est le vecteur vitesse du point *M* appartenant au solide *S* par rapport à *R*.

Q4. Déterminer l'expression de la vitesse du point *P*, appartenant à l'avant-bras 2, par rapport à R_0 en fonction de θ_1, θ_2 et *L*.

Q5. Déterminer la valeur maximale du taux de rotation $\left\|\overrightarrow{\Omega}_{1/0}\right\|$ pour que l'avant-bras 2 suive un mouvement de translation circulaire par rapport à R_0 en respectant l'exigence 003 « Vitesse de la pince ».

Partie III - Validation de la capacité statique du système de déploiement

***Objectif** : déterminer le couple statique du moto-réducteur M_{01} qui permet l'équilibre du système de déploiement.*

Spécification

- $\vec{g} = -g\vec{y}_0$ est l'accélération du champ de pesanteur terrestre[2] avec $g = 9{,}81$ m·s^{-2}.

Q6. Exprimer puis calculer le couple statique, noté C_{01}, que doit exercer le moto-réducteur M_{01} dans la position du système de déploiement la plus défavorable. Préciser clairement le système isolé ainsi que le principe/théorème utilisé.

Q7. En déduire la valeur minimale du couple de maintien, noté C_{m1min}, dont doit disposer le moteur pas à pas.

Partie IV - Validation des capacités dynamiques du système de déploiement

***Objectif** : déterminer le couple du moto-réducteur M_{01} qui permet la manipulation de la sphère SEIS par le système de déploiement.*

La **figure 7** (page 5) présente la schématisation du bras de déploiement, noté $\Sigma = \{1, 2, S\}$.

Q8. Justifier que la matrice d'inertie du bras 1, en son centre d'inertie G_1, est de la forme :

$$J(G_1,1) = \begin{bmatrix} I_1 & 0 & 0 \\ 0 & J_1 & 0 \\ 0 & 0 & K_1 \end{bmatrix}_{R_1} .$$

Q9. Exprimer le moment d'inertie K_{O1} du bras 1 au point O suivant $\overrightarrow{z_0}$ en fonction des paramètres cinétiques.

Q10. Exprimer le moment d'inertie $K_{O\Sigma}$ de l'ensemble Σ au point O autour de l'axe $\overrightarrow{z_0}$ en fonction des paramètres cinétiques.

On considère, pour la suite, que le moteur M_{02} est à l'arrêt dans la position $\theta_2 = 0$ et que seul le moteur M_{01} est en fonctionnement.

Q11. Pour effectuer une modélisation dynamique du système, établir l'équation donnant le couple, noté C_{01}, du moteur M_{01} en fonction des paramètres cinétiques du système de déploiement. Préciser clairement le système isolé ainsi que le principe/théorème utilisé.

Des calculs amènent à considérer que la valeur de $K_{O\Sigma}$ est très faible et donc pratiquement négligeable.

Q12. Donner l'expression de l'équation précédente limitée au voisinage de la position du système de déploiement la plus défavorable.

[2] Rappel : le système est une réplique terrestre.

Partie V - Validation du positionnement du module SEIS

***Objectif** : valider les réglages de la commande des trois actionneurs linéaires associés aux pieds, (**figure 3**, page 3), afin de respecter les exigences liées à leur positionnement.*

On limitera l'étude à un des trois actionneurs.

La chaîne structurelle de l'actionneur électrique utilisé dans le système est donnée **figure 9**.

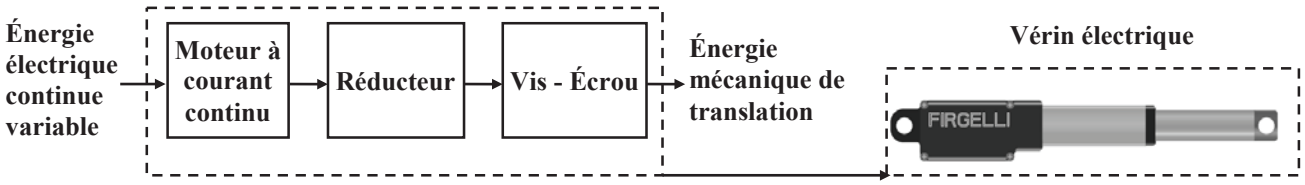


Figure 9 – Chaîne structurelle de l'actionneur électrique linéaire

Chaque actionneur électrique, appelé aussi vérin électrique, est asservi en position.

Notations et spécifications

- Masse à déplacer pour chaque vérin : $M = 1\,kg$
- Pesanteur de la Terre : $g = 9{,}81\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$
- Rapport de réduction du réducteur : $r = 0{,}01$
- Rendement du réducteur : $\eta_r = 0{,}95$
- Pas de la vis du système vis-écrou : $p = 12\,mm$
- Rendement du système vis-écrou : $\eta_v = 0{,}96$
- Coefficient de frottement visqueux du moteur : $f = 0{,}002\ N \cdot m \cdot s / rd$
- Moment d'inertie équivalent total ramené sur l'arbre moteur : $J = 0{,}00004\ kg \cdot m^2$
- Résistance de l'induit de la MCC (Machine à Courant Continu) : $R = 1\,\Omega$
- Inductance de l'induit de la MCC : $L = 20\ \mu H$
- Constante de couple : $K_c(t) = 0{,}35\ N \cdot m \cdot A^{-1}$
- Constante de force contre électromotrice : $K_e(t) = 0{,}35\ V \cdot s / rd$
- Tension d'alimentation de l'induit de la MCC : $u(t)\,[V]$
- Courant absorbé par l'induit de la MCC : $i(t)\,[A]$
- Vitesse de rotation en sortie de la MCC : $\omega(t)\,[rad/s]$
- Position angulaire en sortie de la MCC : $\theta(t)\,[rad]$
- Force contre électromotrice de la MCC : $e(t)\,[V]$
- Couple moteur de la MCC : $C_m(t)\,[N \cdot m]$
- Couple résistant total ramené sur l'arbre moteur : $C_r(t)\,[N \cdot m]$

Équations du moteur à courant continu

- Équation électrique : $$u(t) = e(t) + R \cdot i(t) + L \cdot \frac{di(t)}{dt} \qquad (1)$$
- Équations de couplage électro-mécanique : $$e(t) = K_e \cdot \omega(t) \qquad (2)$$ $$C_m(t) = K_c \cdot i(t) \qquad (3)$$

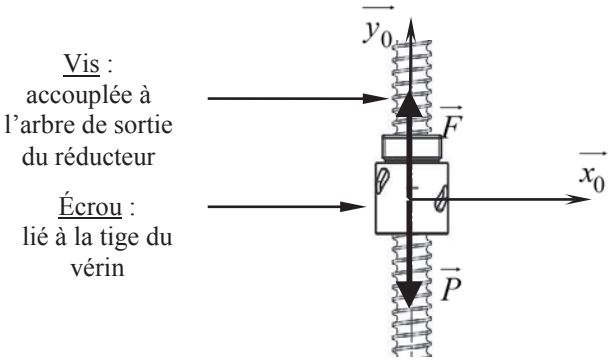
Transformée de Laplace

- On se place dans les conditions d'Heaviside pour l'ensemble de l'étude (conditions initiales nulles). La transformée de Laplace d'une fonction $h(t)$ dans le domaine temporel sera notée en majuscule : $L[h(t)] = H(p)$.

On s'intéresse tout d'abord à la modélisation des différents constituants du vérin électrique (**figure 9**, page 8).

V.1 - Détermination du couple résistant appliqué à l'arbre moteur (système vis-écrou)

Une représentation du système vis-écrou et de la charge est donnée **figure 10**.



Notation et hypothèses

- $\vec{P}$ représente le poids dû à la masse du SEIS. Il s'applique sur l'écrou ;
- la masse du système vis-écrou est négligeable devant les autres masses ;
- $\vec{F}$ représente l'effort développé par le vérin électrique (résultante de l'effort de la vis sur l'écrou).

Figure 10 – Système vis - écrou

Q13. Effectuer un bilan des forces exercées sur l'écrou en équilibre statique afin d'obtenir l'expression liant F, la norme du vecteur $\vec{F}$ et la masse du système à déplacer, M. Préciser clairement le principe/théorème utilisé.

Q14. Donner l'expression littérale de $C_r(t)$ et mettre celle-ci sous la forme ci-dessous. Calculer la valeur numérique de $C_r(t)$:

$$C_r(t) = \frac{M \cdot g \cdot p \cdot r}{2\pi \cdot \eta_v \cdot \eta_r} .$$

V.2 - Modélisation de la motorisation

La structure du schéma bloc obtenue à partir du modèle de connaissance de la MCC est présentée sur le **document réponse DR1**.

Q15. À partir des équations du moteur à courant continu (équations 1 à 3), compléter sous forme littérale les schémas bloc modélisant la MCC sur le **DR1**.

Q16. À partir de l'application d'un principe ou d'un théorème, donner l'expression littérale liant le couple moteur, J, f et $C_r(t)$. Compléter le schéma bloc sur le **DR1**.

On se place dans le cas particulier où $C_r(p) = 0$.

Q17. Donner l'expression, sous sa forme canonique, de la fonction de transfert en boucle fermée $F_{m1}(p) = \dfrac{\Omega(p)}{U(p)}$.

Le **DR2** présente les résultats expérimentaux de l'évolution de la vitesse de rotation, $\omega(t)$, de la MCC à la suite de l'application d'un échelon de tension $u(t)$ d'une amplitude de 12 V aux bornes de la MCC.

On pose : $F_{m2}(p) = \dfrac{\Omega(p)}{U(p)} = \dfrac{F_0}{1 + T_0 \cdot p}$.

Q18. Justifier le choix d'une fonction de transfert d'ordre 1 pour modéliser le comportement de la MCC à partir des essais expérimentaux. Effectuer les constructions graphiques nécessaires sur le **DR2** afin de déterminer la valeur du gain statique F_0 et de la constante de temps T_0 de $F_{m2}(p)$. Proposer une hypothèse simplificatrice permettant de justifier le passage à l'ordre 1 de $F_{m2}(p)$ par rapport à $F_{m1}(p)$.

V.3 - Étude de l'asservissement en position du vérin

Objectif *: choisir un correcteur approprié permettant de satisfaire le cahier des charges vis-à-vis des exigences concernant l'asservissement en position du vérin électrique suivant l'axe* $\overrightarrow{y_0}$ *conformément à la* ***figure 11****.*

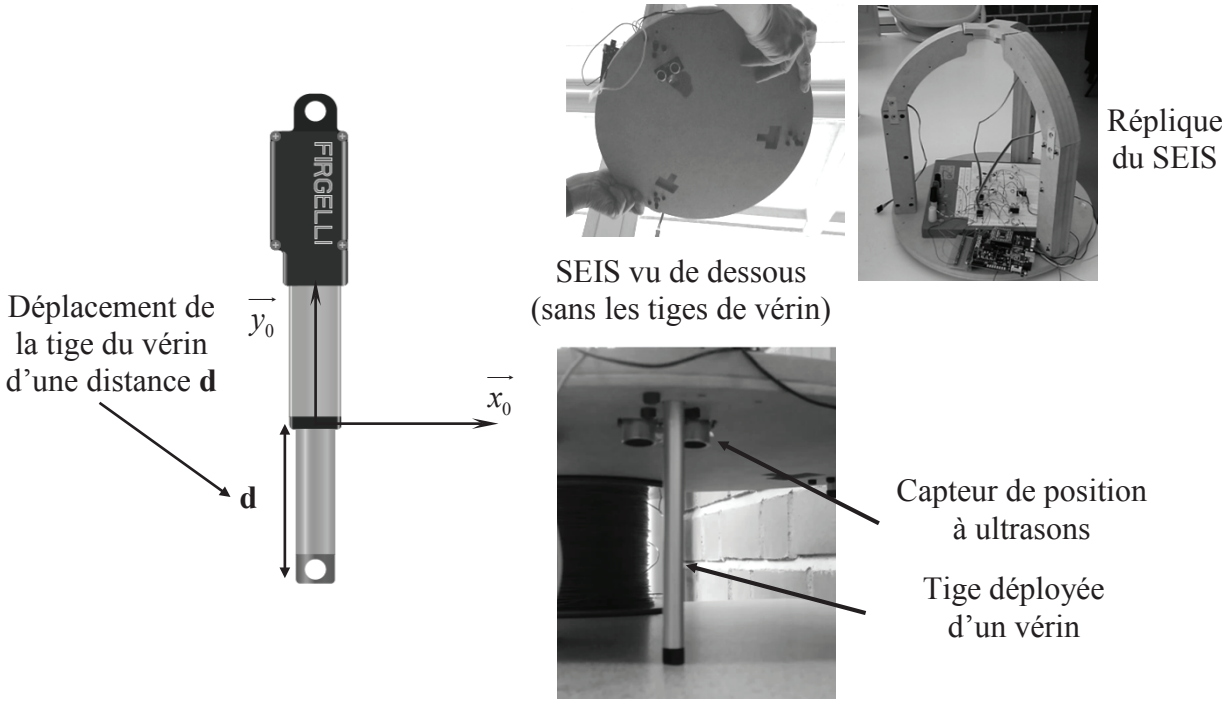


Figure 11 – Déplacement de la tige du vérin

La mesure de la distance est obtenue grâce à un capteur à ultrason permettant de délivrer, sous la forme d'impulsions, une image de la distance entre la structure sur SEIS et le sol. Cette information est ensuite traitée afin de générer un signal image de la distance parcourue par la tige du vérin.

L'étude précédente a permis d'obtenir un modèle de comportement de la MCC intégré dans le schéma bloc de l'asservissement présenté en **figure 12** pour lequel $C_r(p)=0$.

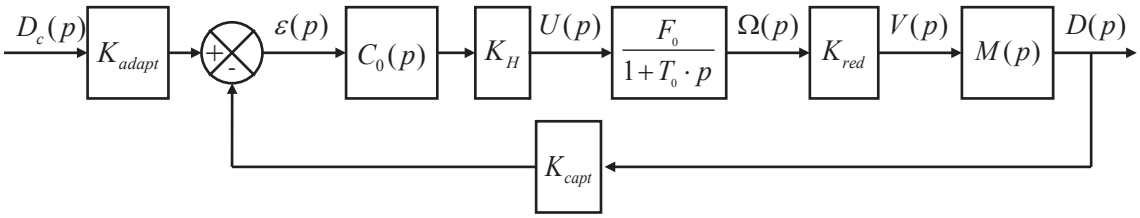


Figure 12 – Schéma bloc de l'asservissement en position du vérin électrique

Notations et spécifications

- Gain du capteur : $K_{capt}=588\ impulsions/m$
- Gain de l'ensemble réducteur et vis-écrou : $K_{red}=19{,}1\cdot10^{-6}\ m/rad$
- Vitesse linéaire de la tige du vérin : $V(t)\left[m\cdot s^{-1}\right]$
- Déplacement linéaire de la tige du vérin : $d(t)[V]$
- Correcteur : $C_0(p)$
- Gain du hacheur : $K_H=1{,}163$

Pour toute la suite du sujet, on considère : $C_r(p)=0$.

Tout d'abord, le correcteur est considéré unitaire : $C_0(p)=1$.

Q19. Donner l'expression littérale de $M(p)$ et, pour garantir un bon asservissement, l'expression littérale de K_{adapt}.

Q20. Déterminer l'expression littérale de la fonction de transfert en boucle ouverte $G_{BO}(p)$ et mettre celle-ci sous forme canonique. Évaluer la classe de cette fonction de transfert. En déduire la précision du système.

On donne l'expression numérique de la fonction de transfert en boucle ouverte :

$$G_{BO}(p)=\frac{0{,}0112}{p\cdot(0{,}00028\cdot p+1)}.$$

Q21. Tracer les diagrammes de Bode asymptotiques et réels de la fonction de transfert $G_{BO}(p)$ sur le **DR3**. En déduire la marge de phase de l'asservissement en effectuant toutes les constructions graphiques nécessaires. Conclure sur le respect de l'exigence 006 « Stabilité ».

On désire quantifier la rapidité du système à la suite d'une sollicitation en échelon. On donne les relations permettant de calculer le temps de réponse à 5 %, noté $tr_{5\%}$, pour un système d'ordre deux (avec ξ le facteur d'amortissement et ω_0 la pulsation propre du système non amorti) :

$$\left.\begin{array}{l}\xi<\dfrac{1}{\sqrt{2}}\ ;\ tr_{5\%}\approx\dfrac{3}{\xi\cdot\omega_0}\\ \xi>\dfrac{1}{\sqrt{2}}\ ;\ tr_{5\%}\approx\dfrac{6\cdot\xi}{\omega_0}\end{array}\right\}\qquad(4)$$

Q22. Déterminer et calculer les paramètres caractéristiques de la fonction de transfert en boucle fermée $G_{BF}(p)=\dfrac{D(p)}{D_c(p)}$. En déduire le temps de réponse de l'asservissement en vitesse. Conclure sur le respect de l'exigence 004 « Rapidité ».

Afin d'améliorer les performances de l'asservissement, on choisit un correcteur proportionnel de gain K_D tel que $C_0(p)=K_D$. La valeur numérique du gain sera déterminée à partir de deux méthodes :

- approche graphique, à partir de la marge de phase (maîtrise de la stabilité) ;
- approche analytique, à partir d'un comportement imposé.

Q23. À partir de constructions graphiques sur le **DR3**, donner la valeur du gain du correcteur K_{D1}, permettant de garantir une marge de phase supérieure à 70°. La valeur de K_{D1} vous paraît-elle pertinente et réaliste ?

On impose un temps de réponse à 5 % de 5 s et un facteur d'amortissement ξ supérieur à 1.
On donne l'expression numérique de $G_{BF}(p)$ avec un correcteur de gain K_D :

$$G_{BF}(p)=\frac{1}{\dfrac{0,025}{K_D}\cdot p^2+\dfrac{89}{K_D}\cdot p+1}.$$

Q24. À partir des équations (4) liant le temps de réponse, le facteur d'amortissement et la pulsation propre ainsi que de l'expression numérique de $G_{BF}(p)$, donner une expression liant $tr_{5\,\%}$ et K_{D2}. En déduire la valeur de K_{D2} permettant de respecter la contrainte imposée en termes de rapidité.

On donne ci-dessous les tracés de la sortie du système asservi à la suite d'un échelon de consigne de 10 cm pour $K_{D1}=220\,000$ et $K_{D2}=53$.

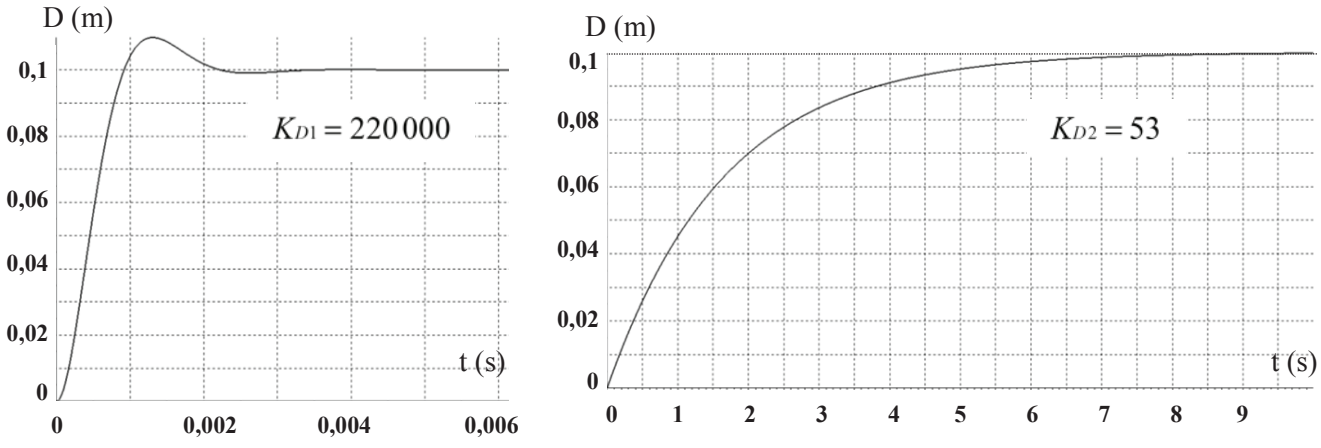


Figure 13 – Réponses indicielles du système asservi

Q25. Commenter les courbes (respect des exigences) et choisir le correcteur qui vous paraît le plus pertinent.

Partie VI - Analyse de la loi de commande (Informatique pour tous)

***Objectif** : écrire un programme permettant de gérer les signaux de commandes des pieds du SEIS pour le maintenir en position à partir de mesures réalisées par des capteurs de position à ultrasons.*

La partie précédente a permis de choisir un correcteur assurant un bon positionnement des pieds du module SEIS. Cette partie s'intéresse maintenant à la génération de la consigne de position à appliquer à chacun de ces pieds via une carte de commande.



Figure 14 – Carte Arduino Uno

On dispose d'une carte Arduino Uno qui peut être programmée dans différents langages. **On se limitera à l'utilisation du langage de programmation Python pour l'étude proposée**.

Le calculateur (la carte Arduino dans notre cas), qui contrôle le mouvement des trois vérins électriques, génère, pour chaque vérin, un signal de consigne rapide (vitesse maximale du moteur) ou lent (un dixième de la vitesse maximale du moteur) en fonction de l'avance de celui-ci. Dans une première phase, il génère une consigne dite « rapide » jusqu'à atteindre une distance de 10 mm entre la tige du vérin et le sol. Le système de commande délivre alors une consigne dite « lente » afin de limiter les contraintes lors du contact entre chaque vérin et le sol. Lors de cette deuxième phase (consigne « lente »), un asservissement en position de chaque vérin permet de maintenir le châssis du SEIS en position horizontale par rapport au sol.

On note pour la suite de l'étude (**figure 15**) :

- **`distance`** : la variable, de type float, correspondant à la distance mesurée entre le sol et le capteur donnée en cm ;
- **`distance_verin`** : la variable, de type float, correspondant à la distance entre le capteur et l'extrémité de la tige du vérin donnée en cm ;
- **`rapide`** et **`lente`** : variable globale avec des valeurs prédéfinies (correspond aux consignes de la commande du vérin électrique : vitesse rapide, vitesse lente).

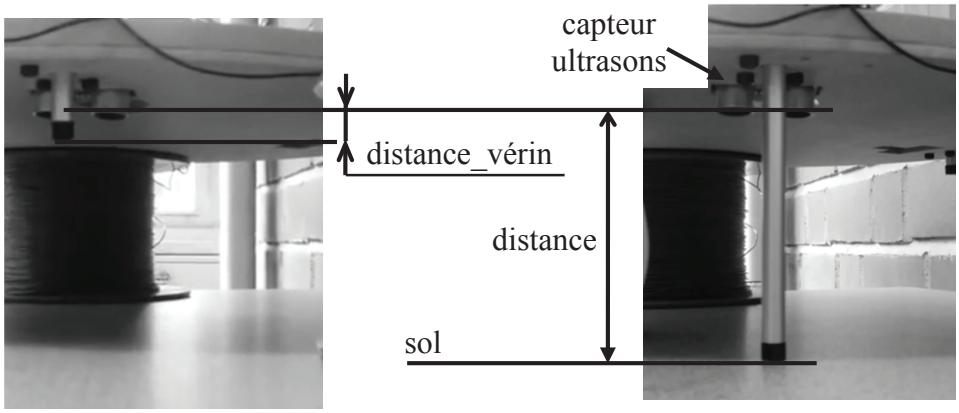


Figure 15 – Sortie du vérin 1

Q26. Écrire une fonction **`consigne(distance,distance_verin)`** qui calcule l'écart entre la tige du vérin et le sol et qui retourne la consigne **`rapide`** si cet écart est supérieur à 10 mm ou la consigne **`lente`** sinon.

Le module SEIS est équipé de trois capteurs de positions, à ultrasons, associés à chaque vérin électrique. Chaque capteur est constitué d'un émetteur et d'un récepteur à ultrasons. Le principe de mesure des capteurs à ultrasons utilisés est donné ci-dessous et illustré sur la **figure 16**.
Pour déclencher une mesure, il faut présenter une impulsion « High » (5 V) d'au moins 10 µs sur l'entrée « Trig » du capteur (sortie de la carte Arduino). L'émetteur à ultrasons délivre alors une série de 8 impulsions ultrasoniques à 40 kHz, puis il attend le signal réfléchi. Lorsque celui-ci est détecté par le récepteur à ultrasons, le capteur impose un signal « High » sur la sortie « Echo » (entrée de la carte Arduino) dont la durée, t_c, est proportionnelle à la distance mesurée. La distance est obtenue en multipliant la durée du signal t_c en seconde par le coefficient constant 17 150 pour obtenir la valeur de la distance en cm.

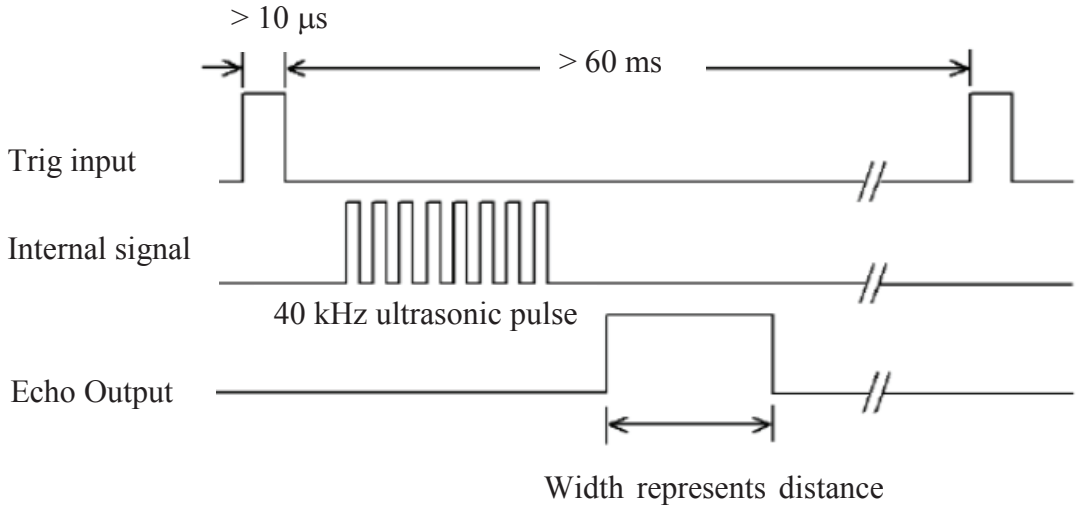


Figure 16 – Séquence des signaux permettant une mesure

Données et spécifications

- L'entrée « Trig » du capteur 1 est connectée sur la broche 2 de la carte Arduino.
- La sortie « Echo » du capteur 1 est connectée sur la broche 4 de la carte Arduino.
- **`LOW`** désigne dans le programme, le niveau bas d'un signal.
- **`HIGH`** désigne dans le programme, le niveau haut d'un signal.
- Les méthodes associées à la gestion des entrées et sorties d'une carte Arduino sont données en **Annexes** (page 16).
- Les méthodes associées à la librairie time sont données en **Annexes**.

Q27. À partir des informations données en **Annexes**, écrire la fonction **`setup()`** qui permet d'initialiser l'entrée et la sortie de la carte Arduino connectée au capteur 1 et de générer un signal niveau bas sur la sortie connectée au capteur 1.

On note **`S`**, la variable de type entier (int) qui représente le pin sur lequel on génère une impulsion.

Q28. À partir des informations données en **Annexes**, écrire la fonction **`impulsion(S)`** qui permet de générer une impulsion de niveau haut d'une durée de 20 µs sur la sortie de la carte Arduino associée à la variable **`S`**.

La fonction **`calcul_distance(E)`** est donnée sur le **DR4**. La variable **`E`**, de type entier (int), désigne un numéro de pin de la carte Arduino à identifier à la question **Q29**.

Q29. Commenter le plus précisément possible sur le **DR4**, les deux boucles ainsi que les deux dernières lignes de cette fonction. Que doit-on choisir pour `E` si l'on veut utiliser cette fonction pour obtenir la mesure de distance pour notre capteur 1 ?

Q30. À partir des fonctions `cacul_distance(E)` et `impulsions(S)`, écrire la fonction `mesure()` qui retourne la valeur numérique correspondant à une mesure de position en cm dans une variable `mes`. Préciser le type de la variable `mes`.

Partie VII - Exploitation de la base de données du système de mesure (Informatique pour tous)

***Objectif** : analyser et exploiter la base de données des mesures de la sonde du module SEIS.*

Les différentes mesures obtenues par le module SEIS sont stockées dans une base de données dont un extrait de la composition des différentes tables est donné ci-dessous.

- Table **Sismique** : elle contient l'ensemble des mesures de température effectuées par le capteur de température. Le champ ***Mesure*** correspond au numéro de la mesure, le champ ***Date*** correspond à la date de la mesure et le champ ***Température*** correspond à la mesure de la température en °C.

Mesure	***Date***	***Température***
0001	15.02.2019_04H02	– 22
0002	16.02.2019_15H15	– 38

- Table **LargeBande** : elle contient l'ensemble des mesures effectuées par le capteur large bande. Le champ ***Id_LB*** correspond au numéro de la mesure, le champ ***Date*** correspond à la date de la mesure et les champs ***MLBx, MLBy et MLBz*** correspondent aux mesures des amplitudes des phénomènes sismologiques large bande (0,001 à 10 hertz) suivant les trois axes x, y et z.

Id_LB	***Date***	***MLBx***	***MLBy***	***MLBz***
0001	15.02.2019_04H02	0.1480	0.3412	0.1835
0002	16.02.2019_15H15	0.0178	0.2849	0.0545

- Table **CourteBande** : elle contient l'ensemble des mesures effectuées par le capteur courte bande. Le champ ***Id_CB*** correspond au numéro de la mesure, le champ ***Date*** correspond à la date de la mesure et les champs ***MCBx, MCBy et MCBz*** correspondent aux mesures des amplitudes des phénomènes sismologiques courte bande (0,1 à 40 hertz) suivant les trois axes x, y et z.

Id_CB	***Date***	***MCBx***	***MCBy***	***MCBz***
0001	15.02.2019_04H02	0.1525	0.2045	0.0585
0002	16.02.2019_15H15	0.2805	0.5697	0.8845
0003	16.02.2019_22H47	0.5824	0.2695	0.1257
0004	18.02.2019_09H52	0.0014	0.0047	0.8250

Q31. Indiquer le champ qui joue le rôle de clé primaire pour chaque table de la base de données.

Q32. Donner le résultat de la requête suivante : `SELECT Date FROM CourteBande ORDER BY MCBx`.

Q33. Donner la requête SQL qui permet d'obtenir les valeurs de MCBz classées par ordre croissant suivant la date des évènements et dont les valeurs sont supérieures à 0,2.

Q34. Donner la requête SQL qui permet d'afficher les champs MLBx, MLBy, MLBz lorsque la température est supérieure à – 30 °C.

Synthèse globale de l'étude

Q35. Compléter le tableau du **DR5** en indiquant les parties de l'étude permettant de valider les exigences indiquées (validée, non validée, partiellement validée).

Annexes

Méthodes pour la gestion des entrées et sorties d'une carte Arduino

- **`pinMode(pin,mode)`** : configure la broche pin choisie en mode entrée ou sortie.
  Le paramètre **`pin`** correspond à la valeur de la broche de la carte Arduino.
  Le paramètre **`mode`** peut être choisi entre **`INPUT`** pour associer la broche à une entrée et **`OUTPUT`** pour associer la broche à une sortie.
  Exemple d'utilisation : l'instruction **`pinMode(4,INPUT)`** permet de configurer la broche 4 comme une entrée.

- **`digitalWrite(pin,level)`** : permet de délivrer une information numérique sur la sortie spécifiée.
  Le paramètre **`pin`** correspond à la valeur de la broche de la carte Arduino.
  Le paramètre **`level`** correspond au niveau logique choisi : **`HIGH`** (équivalent du 5 V ou du 1 logique) ou **`LOW`** (équivalent du 0 V ou 0 logique).
  Exemple d'utilisation : l'instruction **`digitalWrite(1,LOW)`** permet de générer sur la broche 1 un 1 logique.

- **`digitalRead(pin)`** : permet de relever l'information présente sur l'entrée spécifiée.
  Le paramètre **`pin`** correspond à la valeur de la broche de la carte Arduino.
  La méthode retourne l'information sous forme d'une valeur numérique correspondant à la tension présente sur la broche.
  Exemple d'utilisation : l'instruction **`donnée=digitalRead(3)`** permet de stocker dans la variable donnée la valeur de tension lue sur la broche 3.

Méthodes de la librairie time

- **`time.sleep(durée)`** : attente d'une durée choisie.
  Le paramètre **`durée`** correspond à la valeur de l'attente en seconde.

- **`time.time()`** : délivre l'heure courante.
  La méthode retourne l'heure courante exprimée en seconde.

FIN

IMPRIMERIE NATIONALE – 19 1148 – D'après documents fournis

CONCOURS COMMUN INP

Numéro d'inscription

Numéro de table

Né(e) le

Nom : _____

Prénom : _____

Emplacement QR Code

Filière : MP

Session : 2019

Épreuve de : Sciences Industrielles

Consignes

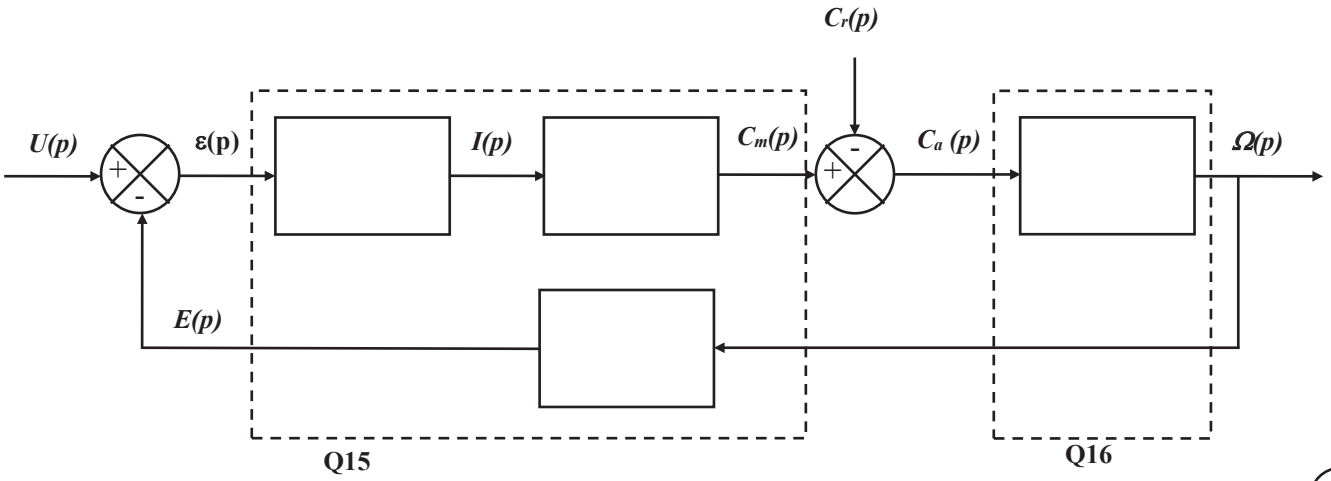
- *Remplir soigneusement l'en-tête de chaque feuille avant de commencer à composer*
- *Rédiger avec un stylo non effaçable bleu ou noir*
- *Ne rien écrire dans les marges (gauche et droite)*
- *Numéroter chaque page (cadre en bas à droite)*
- *Placer les feuilles A3 ouvertes, dans le même sens et dans l'ordre*

MPSI007

Documents réponse

DR1 - Schéma bloc du modèle de la MCC

Q15 – Q16.

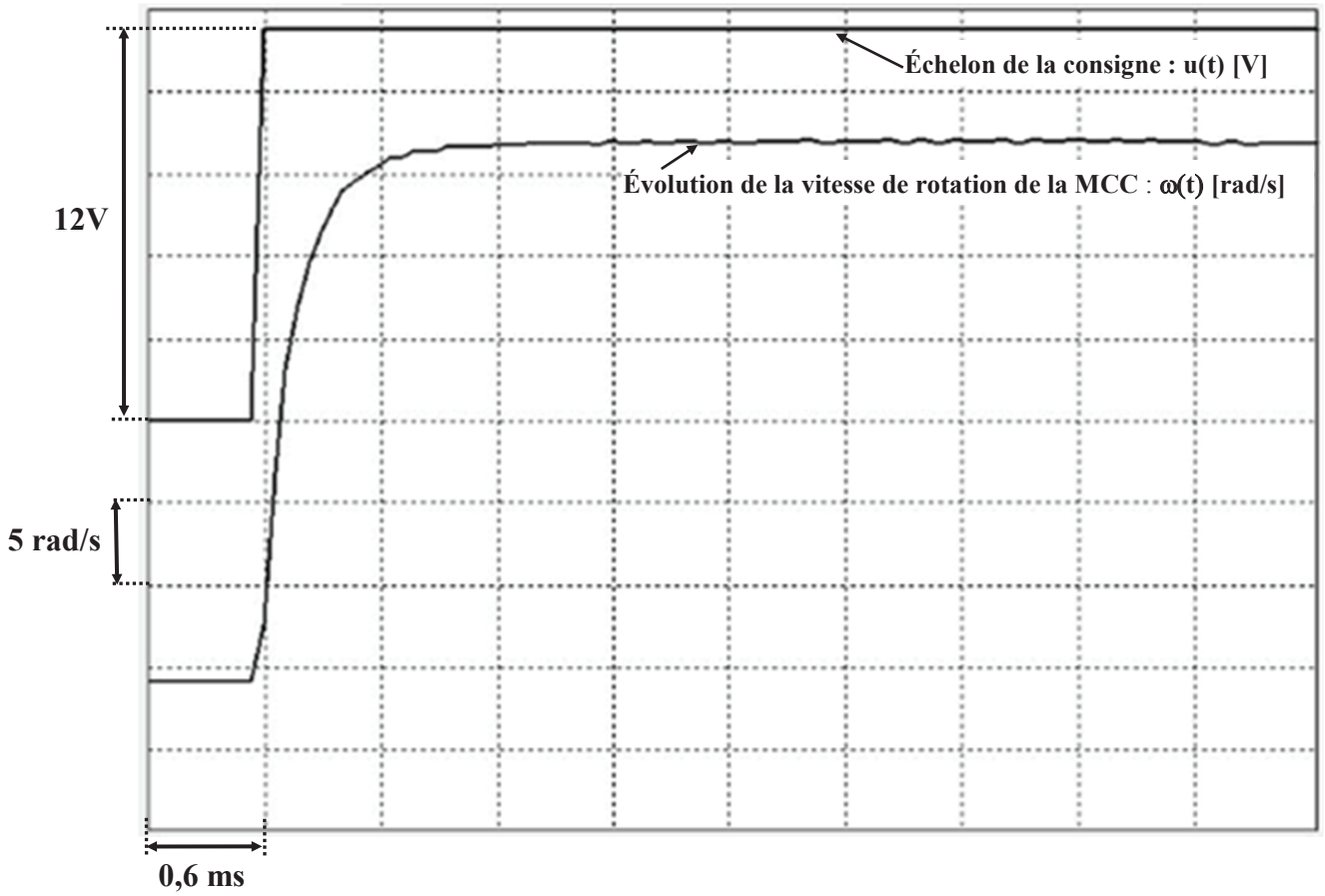


B

NE RIEN ÉCRIRE DANS CE CADRE

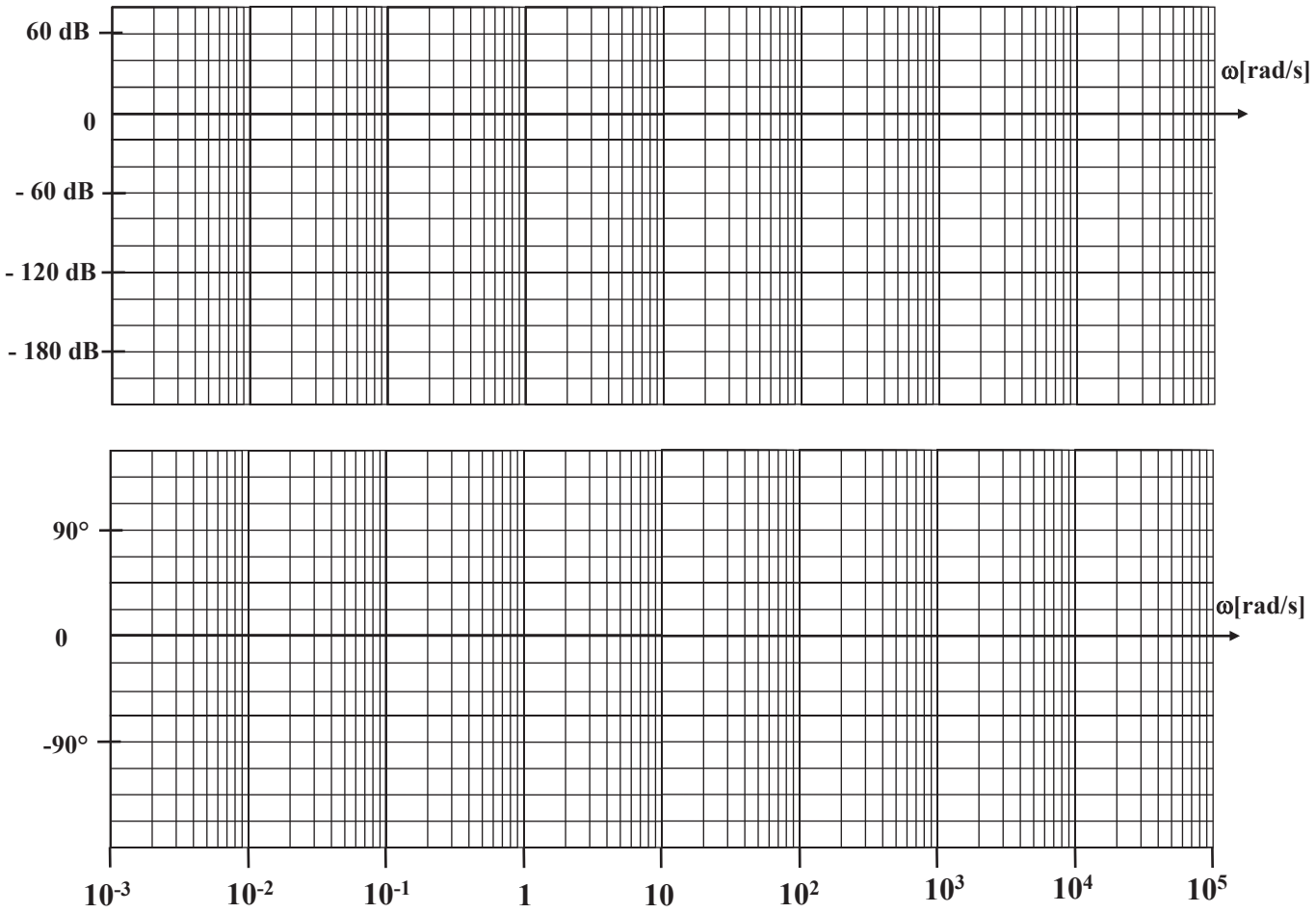
DR2 - Réponse indicielle MCC

Q18.



DR3 - Diagrammes de Bode

Q21.



DR4 - Fonction `calcul_distance(E)`

Q29.

```
def calcul_distance(E) :
      while (digitalRead(E) == 0) :
            pulse_start = time.time()
      while (digitalRead(E) == 1) :
            pulse_end = time.time()
      pulse_duration = pulse_end - pulse_start
      distance = pulse_duration * 17150
      return (distance)
```

DR5 - Synthèse

Q35.

	Id=002	Id=003	Id=004	Id=005	Id=006	Id=007	Id=008
Partie I							
Partie II							
Partie III							
Partie IV							
Partie V							
Partie VI							
Partie VII							

Travailler les chapitres de ce sujet

Prepa Help suit le programme de MP 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

- Cinématique des mécanismes : composition des mouvements, contact ponctuel, lois entrée-sortie et fermetures
- Cinématique du solide : paramétrage, vitesse, taux de rotation et torseur cinématique
- Statique des solides : principe fondamental et stratégie d'isolement
- Transmetteurs de puissance et trains d'engrenages
- Géométrie des masses : centre d'inertie, matrice d'inertie, théorème de Huygens
- Dynamique des systèmes de solides : principe fondamental, stratégie d'isolement, équilibrage
- Simplification d'un modèle : linéarisation, non-linéarités, pôles dominants, validité
- 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/ccinp/mp