

Proposition de corrigé

Concours : Concours Commun INP

Année : 2025

Filière : MP

Épreuve : Sciences Industrielles pour l'Ingénieur

Ceci est une proposition de corrigé des concours de CPGE, réalisée bénévolement par des enseignants de Sciences Industrielles de l'Ingénieur et d'Informatique, membres de l'[UPSTI](#) (Union des Professeurs de Sciences et Techniques Industrielles).

La distribution et la publication de ce document sont strictement interdites !

Conditions de diffusion

Ce document n'a pas vocation à être diffusé, et sa consultation est exclusivement réservée aux adhérents de l'UPSTI.

Les adhérents peuvent en revanche s'en inspirer librement pour toute utilisation pédagogique.

Si vous constatez que ce document est disponible en téléchargement sur un site tiers, veuillez s'il vous plaît nous en informer [à cette adresse](#), afin que nous puissions protéger efficacement le travail de nos adhérents.

Licence et Copyright

Toute représentation ou reproduction (même partielle) de ce document faite sans l'accord de l'UPSTI est **interdite**. Seuls le téléchargement et la copie privée à usage personnel sont autorisés (protection au titre des [droits d'auteur](#)).

L'équipe UPSTI

Robot à géométrie variable

Corrigé UPSTI

1 Caractérisation des performances de franchissement du robot et établissement de la condition de fonctionnement à géométrie variable

- Objectif

vérifier que l'exigence 1.2.1 relative au ratio de franchissement du robot peut être satisfaite et établir la condition de compatibilité géométrique entre l'élongation et l'inclinaison de la partie avant du robot B2P2.

1.1 Caractérisation du franchissement par le ratio de franchissement

- Objectif

définir le ratio de franchissement et vérifier celui du robot B2P2.

Modélisation du franchissement d'un obstacle par une roue simple

Question 1 En isolant la roue, quel théorème doit-on appliquer pour déterminer F_S sans faire intervenir les actions au niveau du point I ?

On utilisera le TMS (Théorème du Moment Statique) en I projeté sur \vec{z}_0 .

Question 2 Déterminer F_S en fonction de M , g et des dimensions caractéristiques du problème h et R .

Remarque : en A il n'y a pas d'action mécanique. Il y a 3 actions mécaniques extérieures à la roue :

- la force motrice de résultante \vec{F} en G
- l'action de l'obstacle de résultante \vec{R}_I en I.
- l'action du poids de résultante \vec{P} en G

Pour appliquer le TMS, on doit déplacer les moments résultants en I avec $\vec{IG} = -\lambda\vec{x}_0 + (R-h)\vec{y}_0$ où $\lambda = \sqrt{R^2 - (R-h)^2} = \sqrt{h(2R-h)}$:

$$- M_I(\vec{P}) = M_G(\vec{P}) + \vec{IG} \wedge \vec{P} = \vec{0} + (-\sqrt{h(2R-h)}\vec{x}_0 + (R-h)\vec{y}_0) \wedge (-Mg\vec{y}_0) = \sqrt{h(2R-h)}Mg\vec{z}_0$$

$$- M_I(\vec{F}) = M_G(\vec{F}) + \vec{IG} \wedge \vec{F} = \vec{0} + (-\sqrt{h(2R-h)}\vec{x}_0 + (R-h)\vec{y}_0) \wedge (F\vec{x}_0) = -(R-h)F\vec{z}_0$$

$$- M_I(\vec{R}_I) = \vec{0}$$

Ainsi le TMS en I projeté sur \vec{z}_0 donne :

$$\sqrt{h(2R-h)}Mg - (R-h)F = 0 \text{ et donc } F_S = \frac{\sqrt{h(2R-h)}}{R-h}Mg$$

Question 3 Que vaut F_S dans les cas extrêmes où $h = R$ et $h = 0$? Expliquer pourquoi le ratio de franchissement d'un robot classique vaut 0,5.

$$\lim_{h \rightarrow R} F_S = +\infty$$

$$\lim_{h \rightarrow 0} F_S = 0$$

Ainsi, tant que $h < R$, l'obstacle est franchissable. La limite de franchissement $h = R$ ramené à la dimension de la roue $2R$ donne un ratio de franchissement d'un robot classique $\boxed{ratio = \frac{R}{2R} = 0.5}$

Question 4 En adaptant la démarche de l'étude statique, calculer F_D sous la forme $F_D = F_S + \Delta F$. Déterminer ΔF en fonction de J , $\dot{\Omega}(t_i)$, M , $\ddot{x}(t_i)$ et des dimensions caractéristiques du problème R et h .

On ajoute la composante dynamique de la roue de résultante $M\ddot{x}(t)\vec{x}_0$ en G et de moment $J\dot{\Omega}(t)\vec{z}_0$ en G.

On déplace le moment dynamique en I : $\overrightarrow{\delta_I(rooue/0)} = \overrightarrow{\delta_G(rooue/0)} + \vec{IG} \wedge M\ddot{x}(t)\vec{x}_0 = (J\dot{\Omega} - (R-h)M\ddot{x}(t))\vec{z}_0$

Le TMD en I sur \vec{z}_0 donne :

$$\sqrt{h(2R-h)}Mg - (R-h)F = J\dot{\Omega} - (R-h)M\ddot{x}(t) \text{ et donc } F_D = \frac{\sqrt{h(2R-h)}}{R-h}Mg + \frac{(R-h)M\ddot{x}(t) - J\dot{\Omega}(t)}{R-h}$$

Ainsi $\boxed{\Delta F = \frac{(R-h)M\ddot{x}(t) - J\dot{\Omega}(t)}{R-h}}$.

Question 5 En étudiant le signe de $\ddot{x}(t_i)$ et de $\dot{\Omega}(t_i)$ au moment où la roue entre en contact avec l'obstacle, comparer F_S et F_D et indiquer si l'on doit utiliser davantage de force en dynamique ou en statique pour effectuer le basculement.

Au moment du contact, l'avance du robot est ralentie, on a donc :

- $\Omega < 0$ et croissant $\Rightarrow \dot{\Omega} > 0$
- $\dot{x} > 0$ et décroissant $\Rightarrow \ddot{x} < 0$

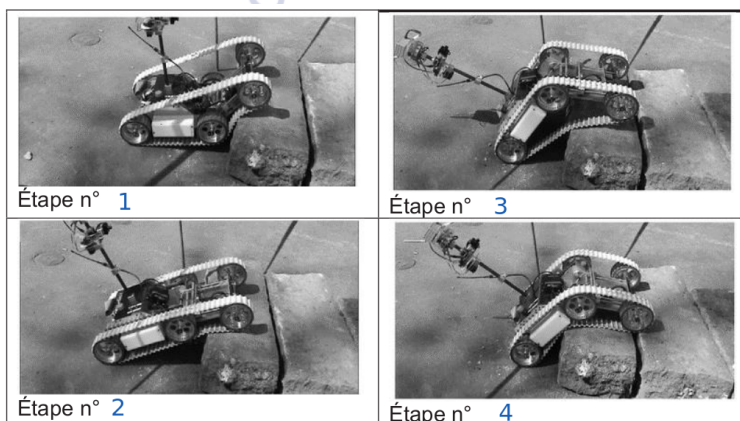
Ainsi $\Delta F < 0$, il faudra moins de force en dynamique qu'en statique pour effectuer le basculement.

Ratio de franchissement pour un robot B2P2

Question 6 Donner la plage de variation approximative sur laquelle évolue l'angle θ lors du franchissement de cet obstacle de type « marche ». Est-ce compatible avec le cahier des charges ?

A la lecture de la figure 5, $\theta \in [-63^\circ, 45^\circ]$ or l'amplitude angulaire (id 1.2.3.1.1) sera de $\pm 75^\circ$ par rapport au chassis. Donc c'est compatible avec le cahier des charges.

Question 7 Numéroté, dans l'ordre, les différentes phases de franchissement d'une marche de 22 cm (étape 1, étape 2, étape 3 et étape 4).



Question 8 Exprimer à l'aide de la figure 4, le ratio de franchissement dans le cas du robot B2P2 en fonction de R, L et de θ . Donner un ordre de grandeur pour la valeur maximale de $\theta = \theta_{max}$ et vérifier la valeur du ratio de franchissement de l'exigence 1.2.1. Conclure.

Par définition, le ratio égal $\frac{h}{2R} = \frac{R+L \sin \theta}{2R}$

Pour $\theta = \theta_{max} = 75^\circ$, le ratio vaut : $\frac{63.5+280 \sin 75}{2 \cdot 63.5} \approx \frac{60+280}{2 \cdot 60} \approx \frac{17}{6} \approx 2.8 > 2.5$

La valeur du ratio de franchissement étant supérieure à l'exigence, le cahier des charges est respecté.

1.2 Condition géométrique de fonctionnement

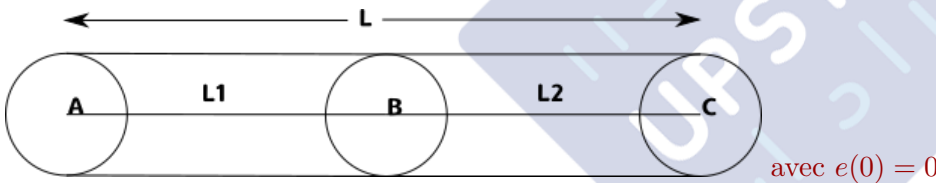
- Objectif

établir la condition de compatibilité géométrique entre l'élongation et l'inclinaison de la partie avant du robot B2P2.

Question 9 Distinguer parmi les paramètres L_1, L_2, e, L, θ et α ceux qui sont des paramètres constants et ceux qui sont des paramètres variables.

- Paramètres constants : L_1, L_2
- Paramètres variables : e, L, θ, α

Question 10 Dans la situation où $\theta = \alpha = 0$, faire un croquis et exprimer la relation entre L_1, L_2, D et L_c



$$L_c = \pi D + 2(L_1 + L_2)$$

Question 11 À l'aide de la figure 7 et sachant que la longueur de la chenille est constante, indiquer la relation entre les grandeurs L_1, L_2, e, L, D et L_c dans le cas général.

$$L_c = L_1 + L_2 + e + L + R\theta + R(\pi - \alpha) + R(\pi - (\theta - \alpha))$$

$$L_c = L_1 + L_2 + e + L + \pi D$$

Question 12 En associant les deux relations obtenues dans les deux questions précédentes, montrer que $L + e = cste$ et préciser cette constante en fonction des données du problème.

$$L_c = \pi D + 2(L_1 + L_2) = L_1 + L_2 + e + L + \pi D$$

$$e + L = L_1 + L_2 \text{ Ainsi la constante vaut } L_1 + L_2$$

Question 13 Donner la fermeture géométrique entre les points A, B et C sous forme vectorielle ainsi que les deux projections dans la base (\vec{x}_0, \vec{y}_0) .

$$\vec{AB} + \vec{BC} + \vec{CA} = \vec{0}$$

$$L_1 \vec{x}_0 + (L_2 + e) \vec{x}_2 - L \vec{x}_1 = \vec{0}$$

$$L_1 + (L_2 + e) \cos \theta - L \cos \alpha = 0$$

$$L_1 + (L_2 + e) \sin \theta - L \sin \alpha = 0$$

Question 14 À l'aide des deux relations scalaires précédentes, exprimer la relation $L(\theta)^2$ en fonction de L_1 , L_2 , $e(\theta)$ et de θ .

$$L(\theta)^2 = (L_1 + (L_2 + e(\theta)) \cos \theta)^2 + ((L_2 + e(\theta)) \sin \theta)^2$$

Question 15 En utilisant la relation mise en place à la question Q12., exprimer la relation $e(\theta)$ en fonction de L_1 , L_2 et de θ en la mettant sous la forme : $e(\theta) = \frac{F[1-\cos\theta]}{G+H\cos\theta}$. On explicitera F , G et H en fonction de L_1 et de L_2 .

$$L^2 = (L_1 + (L_2 + e(\theta)) \cos \theta)^2 + ((L_2 + e(\theta)) \sin \theta)^2 = L_1^2 + L_2^2 + e^2 + 2L_2e + 2L_1L_2 \cos \theta + 2L_1e \cos \theta$$

et

$$L^2 = ((L_1 + L_2) - e(\theta))^2 = L_1^2 + L_2^2 + e^2 + 2L_1L_2 - 2(L_1 + L_2)e$$

ainsi

$$L_1^2 + L_2^2 + e^2 + 2L_2e + 2L_1L_2 \cos \theta + 2L_1e \cos \theta = L_1^2 + L_2^2 + e^2 + 2L_1L_2 - 2(L_1 + L_2)e$$

$$e(2L_2 + L_1 + L_1 \cos \theta) = L_1L_2(1 - \cos \theta)$$

$$e(\theta) = \frac{L_1L_2(1-\cos\theta)}{2L_2+L_1+L_1\cos\theta}$$

Par identification :

$$F = L_1L_2 ; G = L_1 + 2L_2 ; H = L_1$$

2 Vérification des performances des systèmes de commande inclinaison et élongation pour faire varier la géométrie du robot

- Objectif -

vérifier que l'exigence 1.2.3.1.2 relative aux performances de la commande asservie d'inclinaison peut être satisfaite.

2.1 Principe de la commande pour l'inclinaison

2.2 Modélisation de l'axe d'inclinaison

- Objectif -

élaborer un modèle de connaissance de l'axe d'inclinaison et réaliser la synthèse de la commande.

Modélisation de la motorisation

Question 16 Déterminer l'expression du moment d'inertie équivalent J_{eq} de la partie orientable, ramenée sur l'axe de rotation du moteur. Comparer son ordre de grandeur avec J et conclure.

Pour cela, on calcule l'énergie cinétique totale :

$$E_{c,tot} = \frac{1}{2}J_{eq}\dot{\theta}^2 = \frac{1}{2}J\dot{\theta}_m^2 + \frac{1}{2}mV_C^2 \text{ avec } V_C = d\dot{\theta} = dK_r\dot{\theta}_m$$

Ainsi, par identification :

$$J_{eq} = J + md^2K_r^2 \approx 4.2 \cdot 10^{-6} + 2 * 0.15^2 \frac{1}{43^2} \approx 4.2 \cdot 10^{-6} + 2 * 10^{-2} * 0.35^2 \approx 4.2 \cdot 10^{-6} + 24 \cdot 10^{-6} \text{ kg.m}^2$$

L'inertie du déplacement de la partie avant est prépondérante par rapport à l'inertie du moteur.

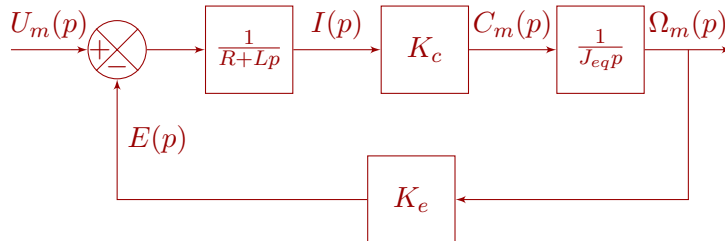
Question 17 Déterminer les transformées de Laplace des équations (1) à (4) du moteur en considérant des conditions initiales nulles. Compléter les blocs correspondants sur le schéma bloc par les transmittances manquantes.

$$(1) U(p) = (R + Lp)I(p) + E(p)$$

$$(2) C_m(p) = K_c(p)I(p)$$

$$(3) E(p) = K_e I(p)$$

$$(4) C_m(p) = J_{eq}p\Omega_m(p) \text{ (en considérant } C_{re}(p) = 0)$$

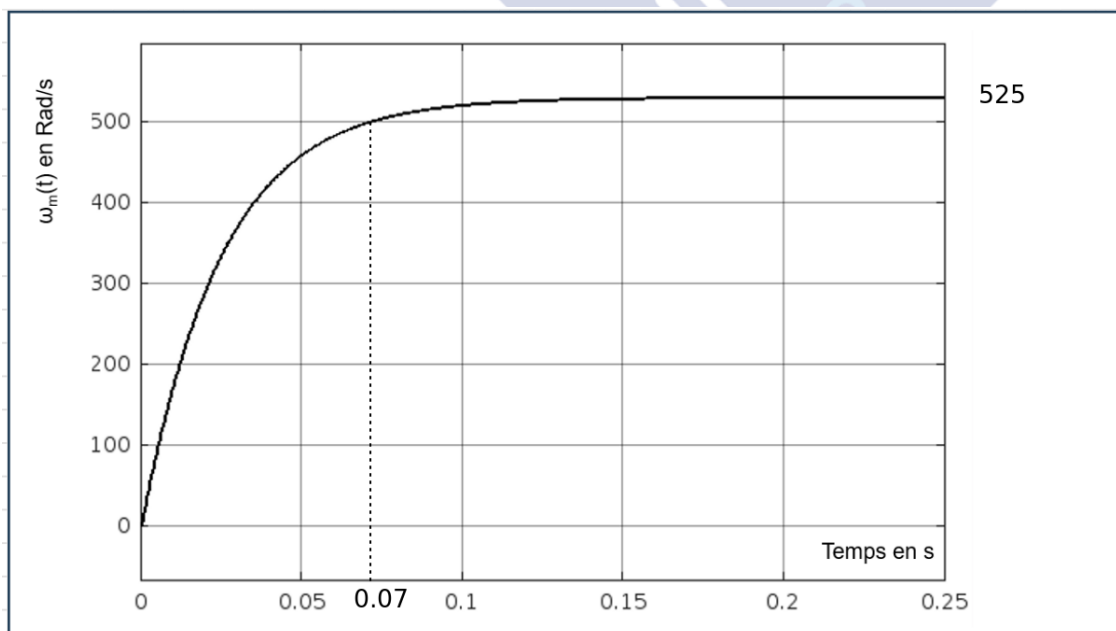


Question 18 Calculer $H_m(p) = \frac{\Omega_m(p)}{U(p)}$ et la mettre sous la forme $H_m(p) = \frac{K_m}{1 + \tau_{em}p + \tau_{em}\tau_e p^2}$.

$$\text{La relation de black donne : } H_m(p) = \frac{\frac{1}{R+Lp} K_c \frac{1}{J_{eq}p}}{1 + \frac{1}{R+Lp} K_c \frac{1}{J_{eq}p} K_e} = \frac{\frac{1}{K_e}}{1 + \frac{R J_{eq}}{K_c K_e} p + \frac{L J_{eq}}{K_c K_e} p^2}$$

Par identification $\tau_{em} = \frac{R J_{eq}}{K_c K_e} \approx 31 \text{ ms}$ et $\tau_{em}\tau_e = \frac{L J_{eq}}{K_c K_e}$ donc $\tau_e = \frac{L}{R} \approx 0.17 \text{ ms}$, enfin $\frac{1}{K_e} \approx 52.3 \text{ (rad/s)/V}$

Question 19 À partir de la réponse $H_m(p)$ à un échelon de 10 V, identifier $H_m(p)$ et la mettre sous la forme canonique.



remarque : $525 * 0.95 \approx 500$

La réponse temporelle est stable, sans dépassement avec une tangente à l'origine non horizontale. On prendra la réponse temporelle à un échelon d'un système d'ordre 1 où $\tau = \frac{T_{5\%}}{3} = \frac{0.07}{3} \approx 0.023 \text{ s}$ et $K = \frac{\Delta\Omega}{\Delta U} = \frac{525}{10} = 52.5 \text{ rad.s}^{-1}.\text{V}^{-1}$

$$\text{et donc } H_m(p) = \frac{52.5}{1 + 0.023p}$$

Question 20 Comparer les résultats des questions Q18 et Q19. Expliquer les éventuels écarts.

Dans le modèle de connaissance, on peut remarquer que $(1 + \tau_{em}p)(1 + \tau_e p) \approx 1 + \tau_{em}p + \tau_{em}\tau_e p^2$ et donc que τ_{em} est un pôle dominant permettant une approximation tel que $H_m(p) \approx \frac{K_m}{1 + \tau_{em}p}$.

On obtient la même forme que le modèle de comportement avec des gains statiques équivalent et une différence de 30% pour les constante de temps, ce qui n'est pas négligeable. Il faudrait confirmer les valeurs des calculs approchés et revoir l'estimation de l'inertie équivalente pour rapprocher les modèles.

Modélisation de la boucle d'asservissement en position de l'axe d'inclinaison

Question 21 Déterminer $H_1(p)$, $H_2(p)$ et l'expression de K_a pour que le système soit correctement contrôlé.

Le bloc H_1 est un bloc intégrateur et donc $H_1(p) = \frac{1}{p}$

Le bloc H_2 est un bloc réducteur de gain K_r et donc $H_2(p) = K_r$

Pour obtenir un asservissement correcteur de la grandeur θ on veut que $\epsilon = 0$ lorsque $\theta = \theta_c$ or $\epsilon = K_a \theta_c - \frac{K_{cap}}{K_r} \theta$ et donc il faudra $K_a = \frac{K_{cap}}{K_r}$

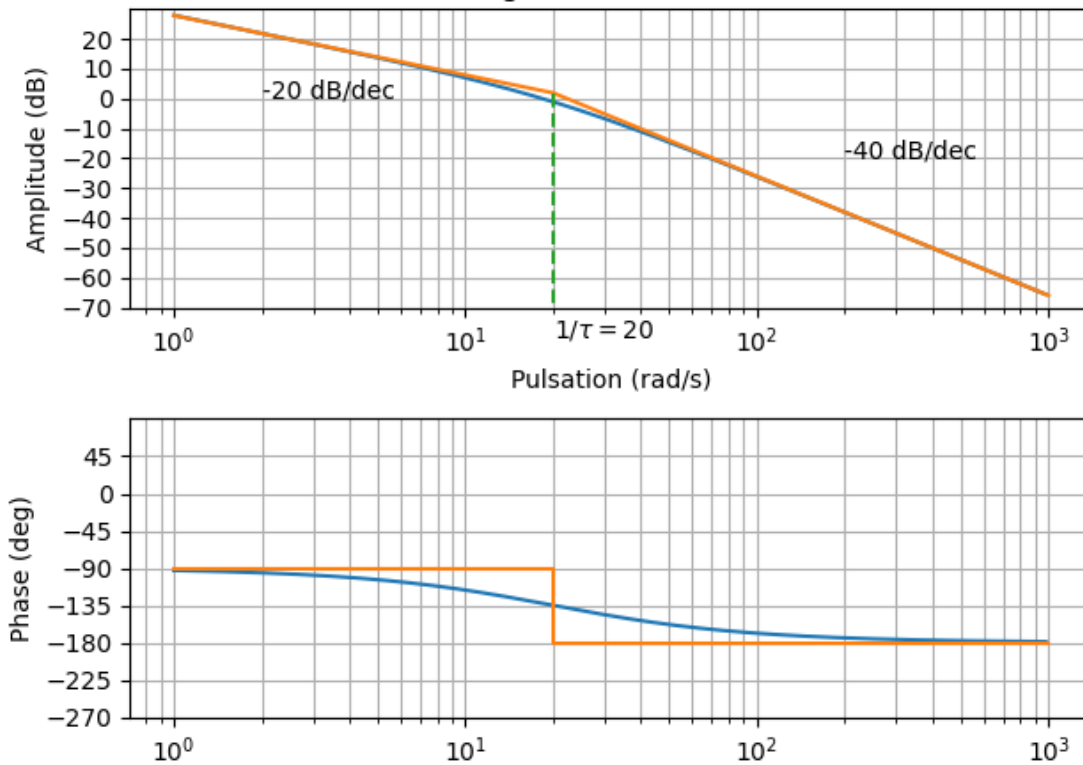
Question 22 Déterminer $H(p)$ en fonction de K_{cor} , K_{cap} , G , K_m et de τ .

Il s'agit de la fonction de transfert en boucle ouverte : $H(p) = K_{cor} \cdot K_{cap} \cdot G \cdot \frac{K_m}{1 + \tau p} \cdot \frac{1}{p}$.

2.3 Analyse des performances de l'asservissement de l'axe d'inclinaison

Question 23 Représenter l'allure des diagrammes asymptotiques et réels pour le gain et la phase de la fonction de transfert $H(p)$ non corrigée (avec $K_{cor} = 1$). On précisera les caractéristiques particulières (valeur de pulsation, pente en dB/dec, etc.).

Diagrammes de Bode



Question 24 Compléter le tableau des performances pour le système non corrigé dans le cas d'un système non perturbé.

Performance	Critère	Niveau	Validation
Stabilité	Marge de phase	$45^\circ < 80^\circ$	non
	Marge de gain	$+\infty > 20\text{dB}$	oui
	Dépassement	$21\% > 2\%$	non
Précision	Erreur statique	$0 < 1^\circ$	oui
Rapidité	temps de réponse à 5%	$0.35 \ll 1$ s	non

Question 25 Proposer une origine physique du couple résistant équivalent ramené sur l'axe moteur $C_{re}(t)$ (en dehors des frottements). Préciser dans quel bloc du schéma de la figure 8 intervient cette perturbation.

Lorsque le déplacement n'est pas horizontal (montée ou descente) la pesanteur agit comme une perturbation ramenée à l'axe moteur. Un couple s'ajouterait dans le bloc H_m .

Question 26 Déterminer si l'exigence sur la contribution à l'erreur due à cette perturbation de type échelon est validée en justifiant votre réponse. Proposer et justifier le choix d'un correcteur approprié.

L'intégrateur étant placé après la perturbation, l'exigence d'erreur due à une perturbation a peu de chance d'être respectée.

Pour palier ce problème et rejeter la perturbation, il sera utile de mettre en oeuvre un correcteur de type PI (Proportionnel Intégral). Ainsi l'intégration sera placée avant la perturbation.

2.4 Amélioration des performances de l'asservissement de l'axe d'inclinaison

Question 27 Proposer un couple de valeur pour K_i et τ_i parmi les valeurs proposées afin de valider les exigences du cahier des charges. Faire une synthèse.

Regardons le critère de dépassement avec la figure 11a :

$K_i \setminus \tau_i$	0.1	1	10	100
0.01	non	non	non	oui
0.1	non	non	non	oui
1	non	non	non	non

Le critère de dépassement n'est respecté que pour $\tau_1 = 100$ s.

De plus, le critère de rapidité impose un $T_{5\%} \approx 1$ s. Or avec $\tau_i = 100$ s et $K_i = 0.1$ ce critère est respecté, mais pas avec $K_i = 1$.

Les autres critères pour $K_i = 0.1$ et $\tau_i = 100$ s donnent :

Performance	Critère	Niveau	Validation
Stabilité	Marge de phase	80°	oui
	Marge de gain	+infini	oui
Précision	Erreur statique	0°	oui

Ainsi, l'exigence 1.2.3.1.2 est intégralement respectée.

Vérification du non dépassement de la tension maximale supportable par le moteur

Question 28 Déterminer dans quel cas la tension maximale admissible pour le moteur a été dépassée. Proposer un composant à disposer en sortie de variateur afin de limiter la tension d'alimentation du moteur. Préciser l'influence de ce composant sur la performance de rapidité pour le cas d'échelon de forte amplitude.

- La tension maximale admissible pour le moteur a été dépassée pour une consigne de 50° .
- On pourra utiliser un écrêteur de tension pour limiter la tension.
- Avec ce type de composant le moteur prendra plus de temps pour monter au régime souhaité. Le temps de réponse pour les échelons de forte amplitude sera diminué.

3 Contrôle de la stabilité du robot B2P2

- Objectif -

mettre en place le traitement des informations reçues de l'accéléromètre afin de les rendre utilisables par la carte de commande dans le but de vérifier la stabilité lors de la modification de la géométrie (exigence 1.2.4).

3.1 Étalonnage du capteur ADXL335

- Objectif -

montrer que la mesure par un accéléromètre associé à un traitement de données va permettre de connaître le positionnement du châssis par rapport au sol.

3.1.1 Étalonnage du capteur ADXL335

Question 29 Que mesure-t-on avec A_x ? Déterminer les grandeurs permettant d'obtenir l'offset en incréments. Donner la valeur de l'offset en tension exprimé en Volt. Est-ce en accord avec la documentation technique?

- Le capteur étant immobile, A_x mesure l'accélération de la pesanteur g ,
- A_y et A_z ne subissent pas de pesanteur, ils permettent donc d'obtenir l'offset en incréments,
- La pleine échelle étant de 5V et la résolution de 10 bits soit 1024 incréments, l'offset en tension sera de $\frac{5}{1024} * 336 \approx 1.6 V$,
- La mesure donnant 1.65 V à 0g est en accord avec la documentation qui donne 1.65 V à 0g.

Question 30 Déterminer le gain du capteur en mV/g avec g , l'accélération de la pesanteur. Est-ce en accord avec la documentation technique?

On trouve un gain de $\frac{409-336}{1024} \cdot 5 \approx 7 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \approx 350 mV/g$: La sensibilité est du même ordre de grandeur qu'annoncée par le constructeur.

3.2 Traitement de données avec Python : création de listes de données

Question 31 Compléter le tableau en donnant la signification des lignes 23, 24, 25, 26 et 28 à l'aide de l'annexe 2.

L23	Enlève le caractère de fin de ligne
L24	Remplace les virgules par des points (pour le traitement python après)
L25	Créer une liste des chaînes de caractères (contenant des nombres) On sépare le temps, A_x , A_y et A_z
L26	Ajouter cette liste de valeurs (en chaîne de caractère) à la liste de résultats 'resu'
L28	Enlever la première ligne qui correspond à la légende du tableau récupéré.

Question 32 Déterminer le type de données « resu » et « resufloat » ? Donner leur premier élément et leur dimension. Donner la ligne de code permettant maintenant d'obtenir la liste temps (float).

Pour cette question, nous allons considérer que l'intégralité des instructions a été exécutée.

	type	1° élément	dimension
resu	une liste de liste de 4 chaînes de caractères	['0', '0.040649', '0.013535', '-1.00293']	120
resufloat	une liste de liste de 4 nombres flottants	[0, 0.040649, 0.013535, -1.00293]	120

On pourra obtenir la liste temps avec la commande suivante :

```
temps=[x[0] for x in resufloat]
```

3.3 Traitement de données avec Python : filtrage des données brutes

Question 33 Donner l'équation différentielle reliant $A(t)$ et $A_f(t)$.

on donne $\frac{A_f(p)}{A(p)} = \frac{1}{1+\tau p}$ ainsi $A_f(p) + \tau p A_f(p) = A(p)$

En appliquant la transformée de Laplace inverse, cela donne :

$$A_f(t) + \tau \frac{dA_f(t)}{dt} = A(t)$$

Question 34 Donner l'expression de A_{i+1}^f en fonction de A_i^f , A_i , t_{i+1} , t_i et de τ en utilisant la méthode d'Euler explicite. Proposer une valeur pour A_0^f .

Le schéma d'Euler explicite donne : $\frac{dA_f(t_i)}{dt} \approx \frac{A_{i+1}^f - A_i^f}{t_{i+1} - t_i}$

La discrétisation de l'équation différentielle donne :

$$A_i^f + \tau \frac{A_{i+1}^f - A_i^f}{t_{i+1} - t_i} = A_i \text{ et donc } \boxed{A_{i+1}^f = A_i^f + \frac{t_{i+1} - t_i}{\tau} (A_i - A_i^f)}$$

Question 35 Donner la fonction **Filtrage(A,temps,f)** qui prend pour argument une liste A des mesures à filtrer (float) , une liste $temps$ (float), de même dimension, représentant le temps et f la fréquence de coupure du filtre passe-bas (float) et qui renvoie une liste Af (float) des mesures filtrées par cette méthode.

Remarque : $\tau = \frac{1}{2\pi f}$

```
def filtrage(A:[float], temps:[float], f:float)->[float]:
    Af=[0.]*len(A)
    Af[0]=A[0]
    w=2*np.pi*f
    for i in range(0,len(A)-1):
        Af[i+1]=Af[i]+(temps[i+1]-temps[i])*w*(A[i]-Af[i])
    return Af
```

Question 36 Quelle est l'influence de la fréquence de coupure f sur la qualité du filtrage ?

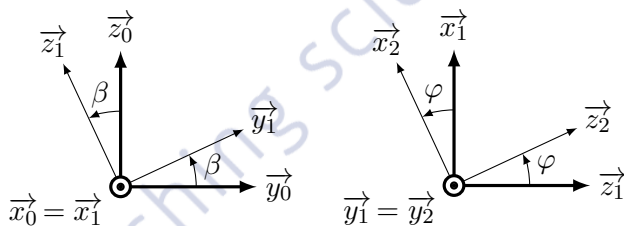
Une fréquence de coupure trop élevée ne filtre pas le bruit. Une fréquence de coupure trop faible retarde le signal et engendre un lissage trop important qui peut faire perdre des informations.

Question 37 Donner un encadrement de la fréquence de coupure f utilisée.

La fréquence de coupure retenue se situe entre 2 et 20Hz.

3.4 Détermination des angles de tangage β et de roulis φ dans le cas général

Question 38 Représenter les deux figures planes de travail.



Question 39 Après avoir déterminé l'expression des accélérations A_{x2} , A_{y2} et A_{z2} en fonction de g , β et de φ , déterminer les expressions de β et de φ en fonction de A_{x2} , A_{y2} et A_{z2} dans le cas où β et de φ varient de 0 à $\pi/2$.

On projette \vec{Z}_0 dans la base 2 :

$$\vec{Z}_0 = \cos \beta \vec{Z}_1 + \sin \beta \vec{Y}_1 = \cos \beta (\cos \varphi \vec{Z}_2 - \sin \varphi \vec{X}_2) + \sin \beta \vec{Y}_2$$

$$-g \vec{Z}_0 = g \cos \beta \sin \varphi \vec{X}_2 - g \sin \beta \vec{Y}_2 - g \cos \beta \cos \varphi \vec{Z}_2$$

Ainsi : $A_{x2} = -g \cos \beta \sin \varphi$, $A_{y2} = g \sin \beta$ et $A_{z2} = g \cos \beta \cos \varphi$

Les relations précédentes donnent :

$$\beta = \arcsin \frac{A_{y2}}{g} \text{ et } \varphi = \arctan \frac{-A_{x2}}{A_{z2}}$$

3.5 Traitement de données avec Python : détermination des angles de tangage β dans le cas test particulier de retournement du capteur ($\varphi = 0$)

Question 40 Déterminer l'expression littérale de l'accélération $\overrightarrow{a_{M \in \text{capteur}/0}}$ du point M appartenant au capteur par rapport au sol. En déduire une valeur approchée de sa norme. Comparer cette valeur à g . Conclure sur la validité de la mesure d'inclinaison lors du cas test à l'aide de l'hypothèse de la sous-partie III.4.

$$\overrightarrow{a_{M \in \text{capteur}/0}} = -r\dot{\beta}^2 \vec{Y}_1$$

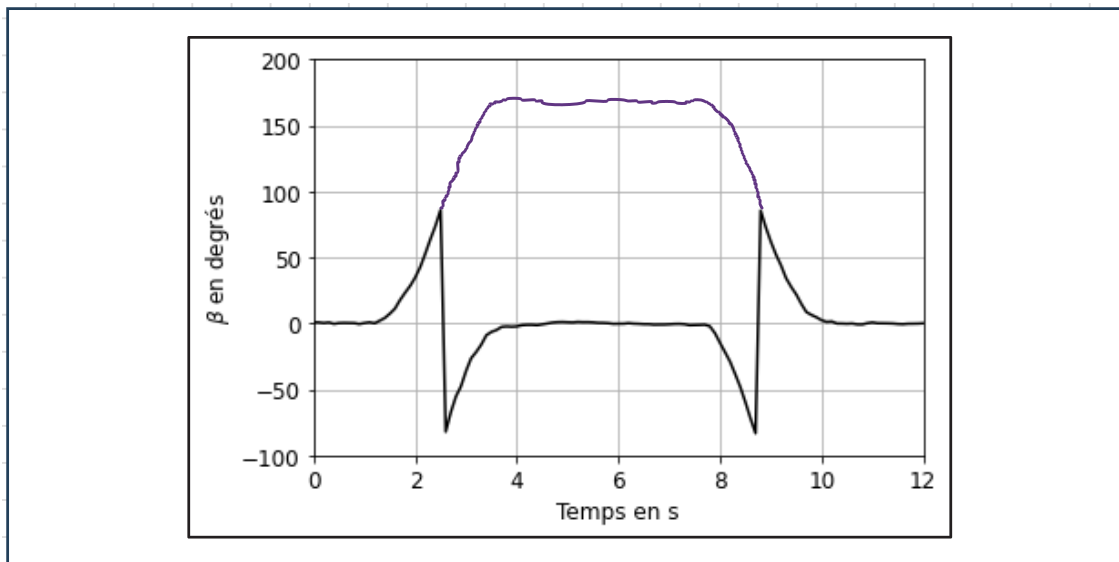
$$\left\| \overrightarrow{a_{M \in \text{capteur}/0}} \right\| \approx 0.02 * (3.14/2.5)^2 \approx 0.031 \text{ m.s}^{-2} \ll 9.81 \text{ m.s}^{-2} \text{ soit environ } 0.3\% \text{ de } g.$$

L'hypothèse de mouvement faible (<5% de g) est donc vérifiée.

Question 41 Donner la fonction **ControleA(A)** qui prend pour argument une liste A (norme de l'accélération - float) et qui renvoie le nombre de valeurs hors critère (int), le pourcentage de valeurs hors critère (float) et la valeur de la séquence consécutive et maximum de valeurs hors critère sur l'ensemble de l'échantillon (float).

```
def ControleA(A:[float]) -> (int, float, float):
    n_hc=0
    val_hc=0.05
    n_seq, n_seq_max=0,0
    for i in range(len(A)):
        if A[i]>val_hc:
            n_hc+=1
            n_seq+=1
        else :
            if n_seq>n_seq_max:
                n_seq_max=n_seq
            n_seq=0
    if n_seq>n_seq_max:
        n_seq_max=n_seq
    return n_hc, n_hc/len(A)*100, n_seq_max/len(A)
```

Question 42 Donner, sur le graphe de la courbe de tangage du **Document Réponse**, l'allure de la courbe que l'on devrait réellement obtenir dans le cas du test de retournement en la superposant à la courbe de tangage fournie. Déterminer la cause de la discontinuité observée.



La discontinuité est due à la propriété mathématique de la fonction \arctan qui est à image dans $]-\frac{\pi}{2}; \frac{\pi}{2}[$.

En effet, lors du retournement du capteur, β dépasse l'angle $\frac{\pi}{2}$, l'accélération A_{z2} passe de 0^+ à 0^- , donc $\frac{A_{y2}}{A_{z2}}$ passe de $+\infty$ à $-\infty$ et \arctan passe de $\frac{\pi}{2}$ à $-\frac{\pi}{2}$.

Question 43 Donner la fonction **Tangagecorrige(beta,accz,accy)** qui prend pour argument une liste beta (angle β en degrés - float) précédemment obtenue, une liste accz (float) de l'accélération filtrée Az et une liste accy (float) de l'accélération filtrée Ay (de même dimension que la liste beta). Cette fonction, effectuant simplement un correctif de l'angle β , renvoie une liste betacor (float) de l'angle de tangage β corrigé en tenant compte des différents cas identifiés dans la figure 19 hormis celui de la dernière ligne.

```
def Tangagecorrige(beta:[float], accz:[float], accy:[float]) -> [float]:
    betacor=beta[:]
    for i in range(len(beta)):
        if accz[i]<0:
            if accy[i]>=0:
                betacor[i]+=180
            else:
                betacor[i]-=180
        elif accz[i]==0:
            if accy[i]>0:
                betacor[i]=90
            else:
                betacor[i]=-90
    return betacor
```

4 Édition d'un rapport d'étude

- Objectif

déterminer la méthode pour éditer un rapport d'étude à partir de données récupérées par les capteurs d'un robot B2P2 en situation d'évolution sur des sites explorés. Ces données peuvent ensuite être traitées sur un ordinateur par un logiciel qui permet d'établir des rapports d'étude via des requêtes SQL.

Question 44 Donner la différence entre les attributs encadrés et les attributs soulignés.

Les attributs encadrés correspondent aux clefs primaires des tables.

Les attributs soulignés correspondent à des clefs étrangères utiles pour la jointure des tables.

Question 45 Écrire une requête SQL permettant de renvoyer les dates de début et de fin de l'étude du site de nom "SITE1".

```
SELECT dates  
FROM Site  
WHERE nom= 'SITE1'
```

Question 46 Écrire une requête SQL permettant de déterminer la durée passée à étudier les zones du site de nom "SITE1".

```
SELECT SUM(duree)  
FROM Zone  
JOIN Site ON Site.refsite=Zone.refsite  
WHERE Site.nom= 'SITE1'
```

Question 47 Écrire une requête SQL permettant de renvoyer les listes temps, grandeur1 et grandeur3 de la première mesure (numérotée 1, valeur à utiliser dans la requête) de la deuxième zone (numérotée 2, valeur à utiliser dans la requête) effectué sur le site de nom "SITE1".

```
SELECT temps, grandeur1, grandeur3  
FROM Mesure  
JOIN Zone ON Zone.refzone=Mesure.refzone  
JOIN Site ON Site.refsite=Zone.refsite  
WHERE Site.nom= 'SITE1' AND refmesure=1 AND refzone=2
```

Synthèse globale de l'étude

Question 48 En prenant comme point de départ l'objectif global fixé et la démarche proposée présentés en début de sujet, réaliser une synthèse reprenant les différents points abordés dans le cadre de cette étude. Conclure sur l'aptitude des solutions retenues à satisfaire les exigences du cahier des charges abordées au cours de l'étude.

Partie 1 :

- ratio de franchissement : après appropriation de la notion de ratio de franchissement, nous avons pu vérifier celui du robot B2P2 (Id 1.2.1 vérifié).

- relation angle d'inclinaison de la partie avant et longueur de la chenille : cette étude nous a permis de vérifier les conditions à respecter entre l'inclinaison de la partie avant, la longueur de la partie avant et la longueur de la chenille (Id 1.2.3.1.1 vérifié).

Partie 2 - commande de l'inclinaison de la partie avant : après la modélisation du moteur et de l'asservissement en poursuite du bras avant, nous avons décidé des paramètres du correcteur PI permettant de respecter le cahier des charges (Id 1.2.3.1.2 vérifié)

Partie 3 - Contrôle de la stabilité du robot B2P2 : pour cela, nous avons étudié le capteur et ses problématiques (étalonnage, récupération des données, filtrage, opération inverse *accélération* => *angle* avec la contrainte du retournement) (un élément nécessaire à la vérification de 1.2.4).

Partie 4 - Édition d'un rapport d'étude : dans cette partie, nous avons expérimenté la récupération de grandeurs caractéristiques comme les dates d'étude d'un site, ou la durée d'étude des zones d'un site, etc. Le rapport d'étude pourra être édité avec toutes les informations souhaitées.

Les solutions retenues ont toutes permis de vérifier les sous-exigences de Id 1.2 étudiées dans ce sujet.

**** FIN ****

for innovation



teaching sciences