

CONCOURS GÉNÉRAL DES LYCÉES

—

SESSION 2025

—

Sciences de l'ingénieur

RAPPORT DE JURY

Composition du jury

- Pascale Costa, inspectrice générale de l'éducation, du sport et de la recherche, présidente du jury
- Stéphanie Texier, inspectrice d'académie-inspectrice pédagogique régionale, académie de Créteil, vice-présidente du jury
- Geneviève Faburel, professeure, Lycée Raoul Follereau, Belfort, académie de Besançon
- Régis Lamoureux, professeur, Lycée Germaine Tillion, Montbéliard, académie de Besançon
- Rachid Ait Said, professeur, Lycée Jean-Baptiste Say, Paris, académie de Paris
- Thibault Gorris, professeur, Lycée Livet, Nantes, académie de Nantes
- Cédric Lusseau, professeur, Lycée Hoche, Versailles, académie de Versailles
- Thomas Lusseau, professeur, Lycée Robert Doisneau, Corbeil-Essonnes, académie de Versailles

Quelques chiffres

	Candidats inscrits	Candidats présents	% de filles
Session 2025	88	88	16 %

La répartition des candidats est assez représentative de celle des classes de spécialité sciences de l'ingénieur. Il est à noter que le nombre de candidats par rapport à l'année dernière est en forte baisse.

Le jury incite les enseignants de terminale à encourager leurs élèves à présenter le concours général, c'est un exercice très formateur qui valorise leurs élèves et leur établissement.

Palmarès de la session 2025

Le jury félicite l'ensemble des candidats à l'épreuve de sciences de l'ingénieur du concours général des lycées. Cette année trois prix, cinq accessits et dix mentions ont été attribués.

Les trois premiers candidats ont reçu leur prix lors d'une cérémonie en Sorbonne à Paris en présence de la ministre de l'Éducation nationale et de la jeunesse le 10 juillet 2025.

Présentation du support de l'épreuve

Les robots collaboratifs, ou « cobots » sont en train de révolutionner le secteur de la robotique. Ils ont été pensés pour interagir et coexister avec l'homme (figure 1). Ils permettent ainsi de réduire la pénibilité du travail, en maniant des charges trop lourdes et d'améliorer la productivité. C'est sans doute sa plus grande force. Malgré une forme simple, il peut effectuer toute une variété de tâches trop épuisantes, difficiles ou peu gratifiantes pour l'humain ; évitant des tâches dangereuses et qui peuvent mettre en péril la santé du personnel.



Figure 1 : Vue générale du Morfose

Si le cobot peut en théorie revêtir de multiples formes, la plus commune est celle d'un bras robotisé et articulé, comme le robot Morfose, figure 2, capable de visser, poncer, saisir, frapper, coller, souder, peindre ... En fonction de sa programmation (extrêmement simple et ne nécessitant pas de compétences robotiques poussées), ou de ses extensions (capteurs de force, pinces, etc.) il peut remplir énormément de tâches.

La popularité croissante du cobot ne s'explique pas uniquement par ses capacités, mais également par le coût de l'application et de son exploitation. Le coût est encore réduit grâce à sa polyvalence. Là où les robots étaient auparavant faits pour une et unique tâche, le cobot est reprogrammable à l'envie. Plus besoin d'acheter une autre machine en cas d'apparition d'un nouveau besoin. La programmation est simple et ne nécessite pas l'intervention coûteuse d'un spécialiste.

Commentaires généraux

Le jury encourage vivement les élèves de première et de terminale souhaitant se présenter au concours général des lycées à se préparer spécifiquement pour cette épreuve. Pour cela, il faut développer des compétences portant sur l'ensemble des attendus du programme de la spécialité sciences de l'ingénieur. Une maîtrise, même très bonne, de seulement quelques parties du programme ne permet pas de se classer parmi les meilleurs candidats. Certains ont montré, cette année encore, une aisance remarquable sur l'ensemble du sujet proposé.

Le sujet était abordable par une majeure partie des candidats et leur permettait d'exprimer leurs compétences sur une grande partie du programme.

Les meilleures copies abordaient la totalité des questions du sujet et étaient d'un bon niveau. Toutefois, le jury regrette que certains candidats aient traité le sujet linéairement, passant trop de temps sur les premières parties, au détriment de la suite. Il est rappelé aux candidats que la pondération des parties n'est pas forcément homogène (voir, en partie suivante, les poids relatifs des différentes parties dans la note finale). Il est par ailleurs rappelé que les réponses rédigées doivent apparaître dans l'ordre des questions du sujet.

Concernant les applications numériques, il est rappelé qu'une valeur numérique sans unité n'est pas une réponse valide. Des ordres de grandeur sont à avoir en tête pour les valeurs numériques (une puissance, un couple), et un regard critique est bienvenu en cas de doute de la part du candidat.

Les vecteurs doivent comporter une flèche sur leur partie supérieure. L'écriture des torseurs répond à une notation bien particulière qui est à respecter.

Il est important d'apporter du soin lors de la rédaction des copies, en particulier l'orthographe.

Commentaires spécifiques partie par partie

Partie 1 : environ 1 % des points

Cette première partie d'entrée en matière a été bien traitée, même si certains candidats répondent par une mini dissertation.

Partie 2 : environ 8 % des points

Peu de candidats savent lire un schéma cinématique correctement. Le calcul d'une surface circulaire n'est pas su.

Problème de vision dans l'espace : les candidats n'arrivent pas à discerner la zone d'intervention du robot plan ou spatial et ainsi le nombre de modules à ajouter pour répondre au cahier des charges.

Partie 3 : environ 50 % des points

Aux questions 7 et 17, peu de candidats savent dessiner un graphe des liaisons, certains le confondent avec un schéma cinématique. Les actions mécaniques extérieures, telles que la pesanteur ou les couples moteurs ne sont pas représentés.

Les hypothèses simplificatrices sont importantes pour la compréhension de la suite du sujet.

Aucun, ou presque, candidat n'a donné la bonne réponse à la question 10 ; c'est-à-dire donné les vecteurs rotation justes.

Aux questions 11 à 14, la relation de Chasles était à utiliser ainsi que la projection des vecteurs unitaires dans un repère, mais beaucoup de candidats ne maîtrisent pas ces notions simples.

À la question 15, rechercher l'équation complète d'une droite pose souvent problème.

A la question 16, la création d'une liste de deux valeurs pour tracer une droite en langage Python a posé problème à beaucoup de candidats.

À la question 19, le théorème utilisé doit être cité clairement avec ses éléments caractéristiques (axes, points), les calculs doivent être détaillés au minimum.

Aux questions 20 à 22, lors des comparaisons avec des valeurs trouvées dans les annexes ou dans un cahier des charges et des valeurs numériques calculées, il faut rappeler ces valeurs chiffrées pour pouvoir les comparer entre elles et conclure.

Partie 4 : environ 21 % des points

À la question 23, le calcul du rapport de réduction a été correctement traité, mais le sens de rotation n'a pas toujours reçu la bonne justification.

Les questions 26 à 35 n'ont pas eu beaucoup de succès. Elles portaient sur l'utilisation de codeurs absolus pour vérifier les précisions en position et en vitesse angulaire.

A la question 30, le programme en langage Python demandé n'a été correctement complété que par trop peu de candidats.

A la question 35, les justifications apportées pour répondre sont trop souvent approximatives et pas chiffrées.

Partie 5 : environ 10 % des points

Cette partie traitait des asservissements.

Les relevés, tracés, calculs d'erreurs statiques, de temps de réponses à 5% et de correcteurs n'ont été traités que partiellement.

A la question 38, pour le temps de réponse à 5 %, certains candidats calculent 5 % de la consigne au lieu de 5 % de la valeur finale, ce qui conduit évidemment à une réponse fautive.

Partie 6 : environ 6 % des points

Cette partie a plutôt été bien traitée par l'ensemble des candidats.

Partie 7 : environ 4 % des points

Lorsque les candidats ont réussi à traiter cette dernière question, les réponses étaient plutôt réalistes avec souvent la mention d'Intelligence artificielle. Mais certains ont quand même voulu faire de la science-fiction !

LES COBOTS, L'AUTOMATISATION A TAILLE HUMAINE

Éléments de correction

Le corrigé de l'épreuve écrite ci-après n'est qu'une proposition qui n'a d'autre but que celui d'aider les futurs candidats dans leur préparation au concours général des lycées ; il ne s'agit pas d'un modèle normatif.

1/ Présentation des cobots

Q1. Aide aux opérateurs (santé du personnel), coût faible, modularité rapide et polyvalent, programmation simple, sécurité des opérateurs, précision et rapidité.

2/ Choix du type de cobot

Q2. 3 mouvements de rotation autour de z_0 , z_1 et z_2 .

Q3. Surface circulaire de rayon L_1+L_2 .

$$L_1+L_2 = 510 + 510 = 1020 \text{ mm} ; S = \pi \times (L_1+L_2)^2, S = 3,26 \text{ m}^2$$

Le cahier des charges demandait un volume, ce robot ne répond donc pas au cahier des charges.

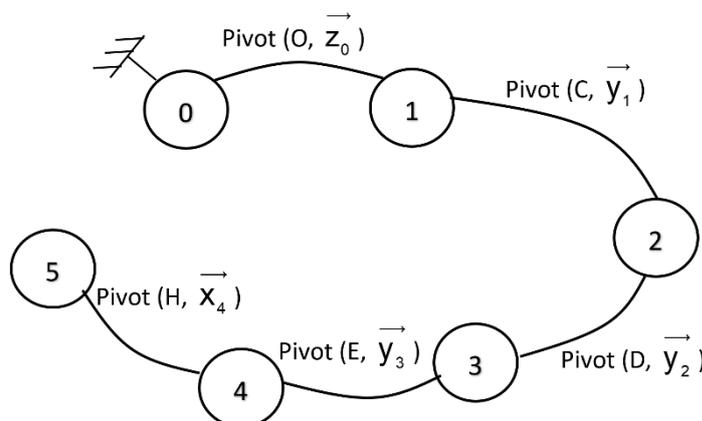
Q4. Ce robot ne pourrait peindre qu'une ligne sur la pièce, or il faut pouvoir peindre un objet volumique sur toutes ses faces.

Q5. Il faut ajouter un module M1 épaule (ou base) pour obtenir une zone de travail en volume.

Q6. Il faut placer en coïncidence le pion en face de la lumière (action 1), emboîter les 2 modules (action 2), puis visser (action 3).

3/ Déplacement et dimensionnement

Q7.



Q8. Étude plane, dans le plan (\vec{x}_0, \vec{z}_0) .

Q9. Mouvement de translation selon l'axe \vec{x}_0 , puisque le robot doit peindre des bandes horizontales.

Q10. $\boxed{\vec{\Omega}_{2/0} = \dot{\beta} \cdot \vec{y}_0 = \dot{\beta} \cdot \vec{y}_2}$, $\boxed{\vec{\Omega}_{3/2} = \dot{\gamma} \cdot \vec{y}_2 = \dot{\gamma} \cdot \vec{y}_3}$ et $\boxed{\vec{\Omega}_{4/0} = \dot{\theta} \cdot \vec{y}_0 = \dot{\theta} \cdot \vec{y}_4}$

Q11. Position linéaire X (param 1), positions angulaires β et γ (param 2) et toutes les longueurs constantes : L_1, L_2, d, e (param 3).

Q12. $\vec{OB} = \vec{OD} + \vec{DE} + \vec{EH} + \vec{HB} \Rightarrow \boxed{\vec{OB} = L_1 \cdot \vec{x}_2 + L_2 \cdot \vec{x}_3 + d \cdot \vec{x}_0 - e \cdot \vec{z}_0}$

Q13. $\vec{OB} = L_1 \cdot \vec{x}_2 + L_2 \cdot \vec{x}_3 + d \cdot \vec{x}_0 - e \cdot \vec{z}_0$
 $\vec{x}_2 = \cos \beta \cdot \vec{x}_0 - \sin \beta \cdot \vec{z}_0$ $\vec{z}_2 = \cos \beta \cdot \vec{z}_0 + \sin \beta \cdot \vec{x}_0$
 $\vec{x}_3 = \cos \gamma \cdot \vec{x}_2 - \sin \gamma \cdot \vec{z}_2 = \cos \gamma \cdot (\cos \beta \cdot \vec{x}_0 - \sin \beta \cdot \vec{z}_0) - \sin \gamma \cdot (\cos \beta \cdot \vec{z}_0 + \sin \beta \cdot \vec{x}_0)$
 $\vec{x}_3 = (\cos \gamma \cdot \cos \beta - \sin \gamma \cdot \sin \beta) \cdot \vec{x}_0 - (\cos \gamma \cdot \sin \beta + \sin \gamma \cdot \cos \beta) \cdot \vec{z}_0$
 $\vec{OB} = L_1 \cdot (\cos \beta \cdot \vec{x}_0 - \sin \beta \cdot \vec{z}_0)$
 $+ L_2 \cdot [(\cos \gamma \cdot \cos \beta - \sin \gamma \cdot \sin \beta) \cdot \vec{x}_0 - (\cos \gamma \cdot \sin \beta + \sin \gamma \cdot \cos \beta) \cdot \vec{z}_0] + d \cdot \vec{x}_0 - e \cdot \vec{z}_0$

$\boxed{\vec{OB} = [L_1 \cdot \cos \beta + L_2 \cdot (\cos \gamma \cdot \cos \beta - \sin \gamma \cdot \sin \beta) + d] \cdot \vec{x}_0 - [L_1 \cdot \sin \beta + L_2 \cdot (\cos \gamma \cdot \sin \beta + \sin \gamma \cdot \cos \beta) + e] \cdot \vec{z}_0}$

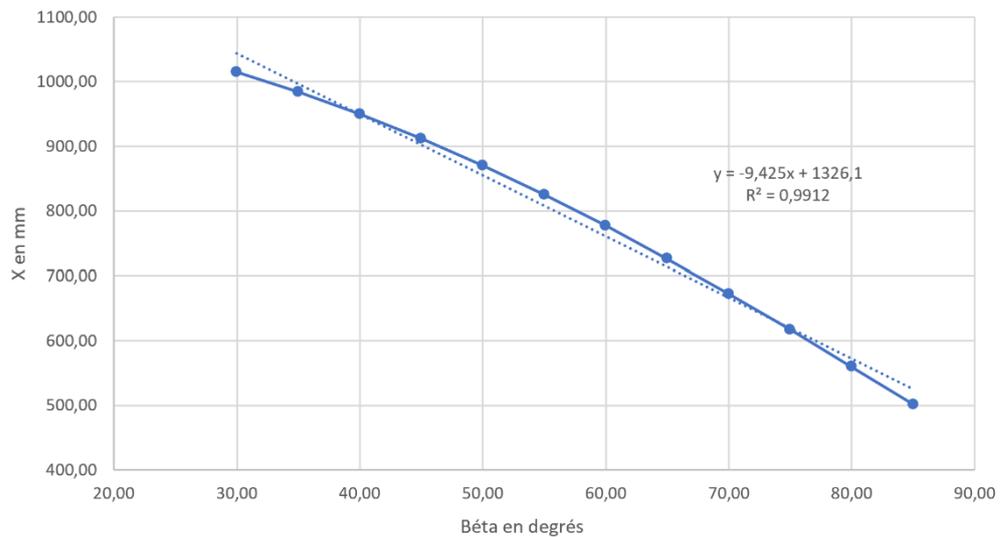
$\vec{OB} \cdot \vec{x}_0 = X = L_1 \cdot \cos \beta + L_2 \cdot (\cos \gamma \cdot \cos \beta - \sin \gamma \cdot \sin \beta) + d$

$X = L_1 \cdot \cos \beta + L_2 \cdot \cos(\gamma + \beta) + d$

avec $L_1 = L_2 = L$ et $\beta = -2 \cdot \gamma$, l'équation devient : $\boxed{X = L \cdot \left[\cos \beta + \cos \frac{\beta}{2} \right] + d}$

Q14. Non, pas possible de linéariser sur toute la zone d'évolution de l'angle β . Il est possible de linéariser sur l'intervalle $\beta \in [30^\circ; 85^\circ]$.

Q15.



$X \approx \frac{500 - 1010}{85 - 30} \cdot \beta + X_0 \Rightarrow \boxed{X \approx -9,27 \cdot \beta + 1320}$

Avantage : facilité de programmation, de modélisation.

L'inconvénient serait d'avoir un système peu précis dans la position du pistolet de peinture et ainsi que la couche de peinture ne soit pas uniforme sur toute la surface.

```

Q16. import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np

L=510 # en mm
d=80 # en mm
beta=np.arange(0,90,5) # angle beta de 0 à 85 degrés avec un pas de 5 degrés
X=L*(np.cos(beta/180*np.pi)+np.cos(beta/2/180*np.pi))+d # Distance X en mm
plt.plot(beta,X,"o-b") # tracé de La distance X en fonction de L'angle béta

beta_pour_droite=[30,85]

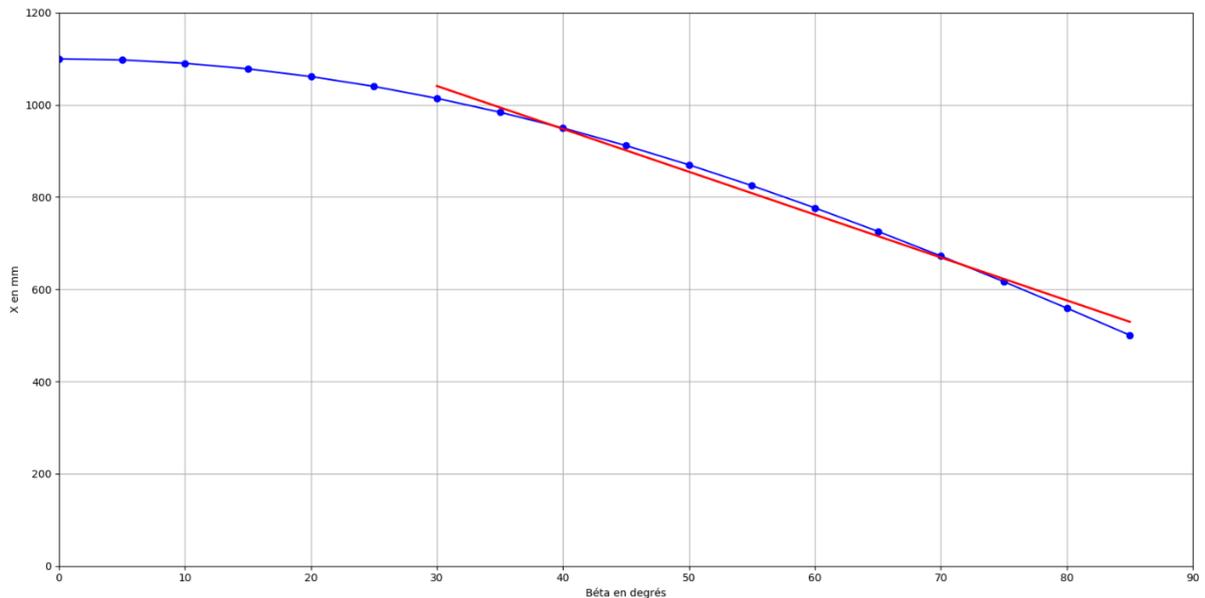
X_linearise= .. [-9.3*30+1320,-9.3*85+1320] ou [1040,530] ..... # A COMPLETER

plt.plot(beta_pour_droite,X_linearise,"r",linewidth=2)

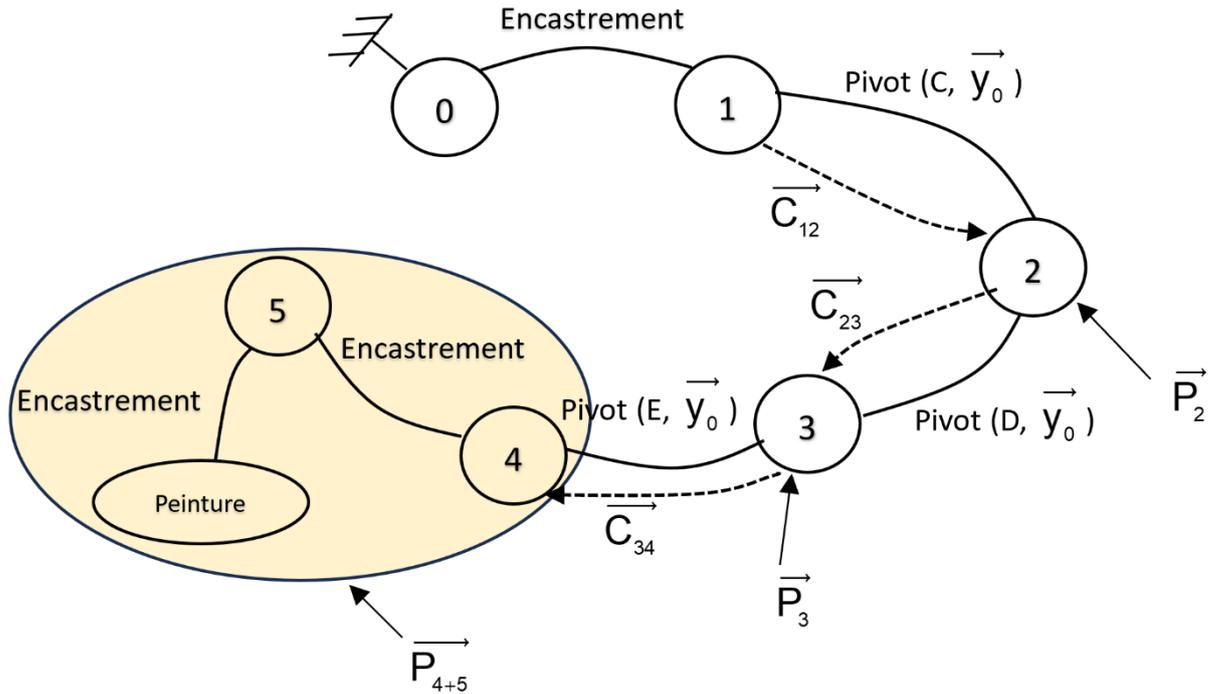
plt.grid()
plt.axis([0,90,0,1200])
plt.xlabel("Béta en degrés")
plt.ylabel("X en mm")
plt.show()

```

Résultat du tracé :



Q17.



Q18. BAME à { 2, 3, 4 + 5 } :

- Action de la pesanteur sur (4+5) :

$$-\{\tau_{g \rightarrow (4+5)}\} = \begin{Bmatrix} 0 & \vec{y}_0 \\ - & 0 \\ -m_{4+5} \cdot g & - \end{Bmatrix}_{G_{4+5}, R_0} = \begin{Bmatrix} 0 & - \\ - & m_{4+5} \cdot g \cdot (L_1 + L_2 + d) \\ -m_{4+5} \cdot g & - \end{Bmatrix}_{O, R_0}$$

$$\overrightarrow{M_0(\overrightarrow{P_{4+5}})} = \boxed{\overrightarrow{M_{G_{4+5}}(\overrightarrow{P_{4+5}})}} + \overrightarrow{OG_{4+5}} \wedge \overrightarrow{P_{4+5}} \text{ avec}$$

$$\overrightarrow{OG_{4+5}} = \overrightarrow{OD} + \overrightarrow{DE} + \overrightarrow{EH} + \overrightarrow{HG_{4+5}} = L_1 \cdot \vec{x}_0 + L_2 \cdot \vec{x}_0 + d \cdot \vec{x}_0 - e' \cdot \vec{z}_0$$

$$(L_1 \cdot \vec{x}_0 + L_2 \cdot \vec{x}_0 + d \cdot \vec{x}_0 - e' \cdot \vec{z}_0) \wedge (-m_{4+5} \cdot g \cdot \vec{z}_0) = m_{4+5} \cdot g \cdot (L_1 + L_2 + d) \cdot \vec{y}_0$$

- Action de la pesanteur sur 3 : $\{\tau_{g \rightarrow 3}\} = \begin{Bmatrix} 0 & \vec{y}_0 \\ - & 0 \\ -m_3 \cdot g & - \end{Bmatrix}_{G_3, R_0} = \begin{Bmatrix} 0 & - \\ - & m_3 \cdot g \cdot (L_1 + c') \\ -m_3 \cdot g & - \end{Bmatrix}_{O, R_0}$

$$\overrightarrow{M_0(\overrightarrow{P_3})} = \boxed{\overrightarrow{M_{G_3}(\overrightarrow{P_3})}} + \overrightarrow{OG_3} \wedge \overrightarrow{P_3} \text{ avec } \overrightarrow{OG_3} = \overrightarrow{OD} + \overrightarrow{DG_3} = L_1 \cdot \vec{x}_0 + c' \cdot \vec{x}_0$$

$$(L_1 \cdot \vec{x}_0 + c' \cdot \vec{x}_0) \wedge (-m_3 \cdot g \cdot \vec{z}_0) = m_3 \cdot g \cdot (L_1 + c') \cdot \vec{y}_0$$

- Action de la pesanteur sur 2 : $\{\tau_{g \rightarrow 2}\} = \begin{Bmatrix} 0 & \vec{y}_0 \\ - & 0 \\ -m_2 \cdot g & - \end{Bmatrix}_{G_2, R_0} = \begin{Bmatrix} 0 & - \\ - & m_2 \cdot g \cdot b' \\ -m_2 \cdot g & - \end{Bmatrix}_{O, R_0}$

$$\overrightarrow{M_0(\overrightarrow{P_2})} = \boxed{\overrightarrow{M_{G_2}(\overrightarrow{P_2})}} + \overrightarrow{OG_2} \wedge \overrightarrow{P_2} \text{ avec } \overrightarrow{OG_2} = b' \cdot \vec{x}_0$$

$$b' \cdot \vec{x}_0 \wedge (-m_2 \cdot g \cdot \vec{z}_0) = m_2 \cdot g \cdot b' \cdot \vec{y}_0$$

- Action du moteur 1 sur 2 : $\{\tau_{1 \rightarrow 2}\} = \begin{Bmatrix} 0 & - \\ - & -C_{12} \\ 0 & - \end{Bmatrix}_{O, R_0}$

Q19. On applique le Théorème du Moment Statique à { 2, 3, 4 + 5 } en O projeté sur l'axe \vec{y}_0 : $\sum \overrightarrow{M_0} = \vec{0}$

$$/\vec{y}_0 : -C_{12} + m_{4+5} \cdot g \cdot (L_1 + L_2 + d) + m_3 \cdot g \cdot (L_1 + c') + m_2 \cdot g \cdot b' = 0$$

$$/\vec{y}_0 : C_{12} = g \cdot [m_{4+5} \cdot (L_1 + L_2 + d) + m_3 \cdot (L_1 + c') + m_2 \cdot b']$$

$$C_{12} = 9,81 \cdot [20 \cdot (0,51 + 0,51 + 0,08) + 7 \cdot (0,51 + 0,38) + 8 \cdot 0,38]$$

$$\boxed{C_{12} = 307,7 \approx 300 \text{ N} \cdot \text{m}}$$

Q20. L'annexe donne un couple max de 621 N·m. Celui calculé est de 300 N·m. Le moteur peut donc déplacer dans la position la plus défavorable le pistolet de peinture avec son réservoir.

Q21. La vitesse angulaire du module est de 101,25 °/s.

$$\omega_1 = \frac{101,25 \times 2\pi}{360} = 1,76 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1} \quad P_1 = C_{12} \cdot \omega_1 = 350 \cdot 1,76 = 616 \quad \boxed{P_1 = 616 \text{ W}}$$

Q22. La somme (616 + 400 = 1016 W) est inférieure à la consommation maxi de 1500 W (relevé de l'annexe). Le cobot peut donc peindre l'objet.

4/ Détection d'obstacle

Q23. $r = \frac{320-322}{320} = -0,00625$, le sens de rotation de l'entrée est inversé par rapport à celui de la sortie (présence du signe -).

$$\begin{aligned} \text{Q24. } r = \frac{\omega_{\text{sortie}}}{\omega_{\text{entrée}}} \Rightarrow \omega_{\text{entrée}} &= \frac{\omega_{\text{sortie}}}{r} = \frac{1,7}{0,00625} = 272 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1} \\ \rightarrow N_e &= \frac{60 \cdot \omega_{\text{entrée}}}{2\pi} = \frac{60 \times 272}{2\pi} = 2597,4 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1} \end{aligned}$$

Q25.

Modules						Moteurs				
Modules	Couple nominal (Nm)	Couple max (Nm)	L (mm)	Poids (Kg)	Vitesse module (°/s)	Référence	Kt (Nm/A)	Couple nominal moteur (Nm)	Couple max moteur (Nm)	Vitesse nominal (rpm)
M1	271	621	120	7	101,25	TBM2G-9426D-ANAA-00	0,16	3,67	8,4	2700
M2	149	402	100	4,5	105	TBM2G-08513C-ANAA-00	0,14	1,65	4,44	2800
M3	81	225	80	3,5	72	TBM2G-07613A-ANAA-00	0,28	1,23	3,43	1200

La vitesse nominale du moteur est de 2800 rpm > 2600 tr /min, c'est donc validé.

Q26. Pour le codeur C2 en sortie du réducteur : $r2min \left[\log_2 \left(\frac{360}{p_1} \right) \right] \left[\log_2 \left(\frac{360}{0,1} \right) \right]$

Pour le codeur C1 : $r1min \left[\log_2 \left(\frac{360}{p_1} \times |r| \right) \right] \left[\log_2 \left(\frac{360}{0,1} \times 0,00625 \right) \right]$

Q27. Le codeur C1 placé en amont du réducteur permet d'obtenir la meilleure précision angulaire en sortie du réducteur : $p = \frac{360}{2^{20}} \times |r| = \frac{360}{2^{20}} \times 0,00625 \approx 2,1 \cdot 10^{-6}$ degré.

$$\text{Q28. } T2min = 21 \times T + Tp = \frac{21}{f} + Tp = \frac{21}{1.10^6} + 21 \cdot 10^{-6} = 42 \mu\text{s}$$

$$\text{Q29. } \Delta\theta = T2min \times \omega_s = 42 \cdot 10^{-6} \times 1,7 = 7,14 \cdot 10^{-5} \text{ rad} \approx 4 \cdot 10^{-3} \text{ degré}$$

Le cahier des charges demande une précision minimale de 0,1 degré ce qui est largement supérieur à l'angle parcouru entre deux transmissions de la position angulaire. La vitesse de la transmission est donc largement suffisante.

Q30.

def CalculVitesse(Navant, Napres):

r=6.25e-3

Delta_t=200e-6

Angle_avant=Navant*360/220**

Angle_apres=Napres*360/220**

Vitesse_sortie_reducteur=(Angle_apres-Angle_avant)/(2*Delta_t)*r

return Vitesse_sortie_reducteur

La multiplication par le rapport de réduction r est à faire mais elle peut être faite dans le calcul de Angle_avant et Angle_apres ou dans le calcul de la vitesse_sortie (l'un ou l'autre).

Q31. La vitesse angulaire en sortie du réducteur est calculée à partir de la relation $\omega = \frac{\theta_{apres} - \theta_{avant}}{2\Delta t} \times r$ (angles mesurés par le codeur C1 en entrée du réducteur). La précision sur la mesure d'angle (en degré) du codeur C1 en entrée du réducteur est $\frac{360}{2^{20}}$.

La précision sur la vitesse angulaire est donc égale à $\omega = \frac{2 \times \frac{360}{2^{20}}}{2\Delta t} \times r = \frac{360}{2^{20} \times 200 \cdot 10^{-6}} \times 0,00625 \approx 0,01 \text{ } ^\circ/\text{s}$.

Le cahier des charges demande une précision minimale de $0,1^\circ/\text{s}$, il est donc respecté.

Q32. Le courant absorbé par le moteur est directement proportionnel au couple fourni par le moteur. Une mesure du courant absorbé par le moteur permettrait donc d'observer une soudaine augmentation non prévue qui pourrait être provoquée par un obstacle.

Q33. Pour détecter un obstacle, il faut détecter un couple de torsion de 10 Nm. D'après la figure 17, ce couple de torsion provoque un angle de torsion minimal de 0,5 minute d'arc, soit $\frac{0,5}{60} \approx 0,008 \text{ } ^\circ$.

Q34. $\frac{\phi}{r} = \frac{0,008}{0,00625} = 1,3 \text{ } ^\circ$

Q35. Le codeur absolu C1 qui mesure l'angle α_M a une résolution de 20 bits. Sa précision angulaire est donc $\frac{360}{2^{20}} = 3,4 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ$ ce qui est très largement inférieur à $1,3 \text{ } ^\circ$. Il y a possibilité de détecter un obstacle en utilisant la torsion de l'axe du réducteur.

5/ Contrôle en vitesse

Q36. A $t = 0,05 \text{ s}$, une perturbation apparaît. Ce peut être un couple résistant qui s'oppose à la rotation du moteur, comme un frottement visqueux (graisse), dans un roulement à billes, par exemple.

Q37. $e(t) = 1$; $s(+\infty) = 0,9$

Erreur statique absolue : $\varepsilon_S = 1 - 0,9 = 0,1 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ (1)

Erreur statique relative : $\varepsilon_{S\%} = \frac{1-0,9}{1} \times 100 = 0,1 \times 100 = 10 \text{ } \%$ (2)

Ne répond pas au critère du cahier des charges puisqu'il est demandé une erreur statique nulle (3)

Q38. Tracé du -5% : $0,9 \times 0,95 = 0,855$
Le temps de réponse à 5% est relevé à environ 6 s.

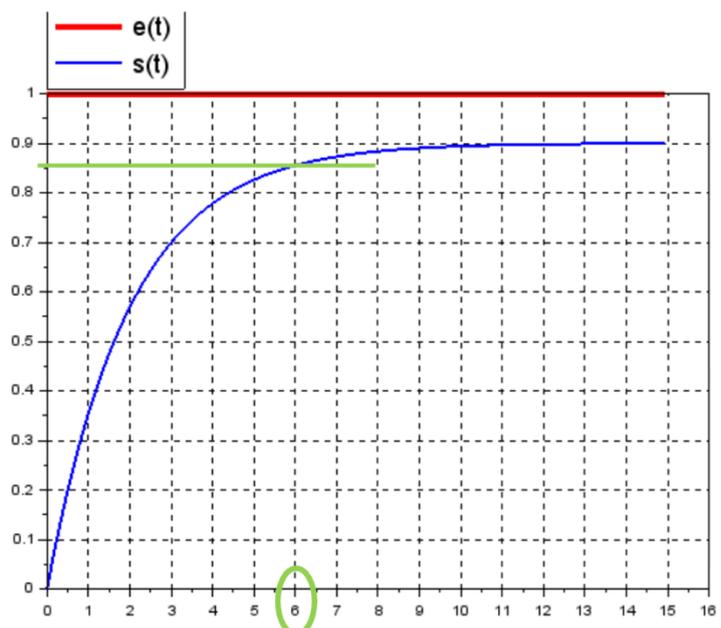
Autre méthode :

$0,63 \times s(+\infty) = 0,63 \times 0,9 = 0,567$

Relevé graphique $t = \tau = 2 \text{ s}$; $t_{5\%} =$

$3 \cdot \tau = 3 \times 2 = 6 \text{ s}$

Ne répond pas au critère du cahier des charges, puisqu'il est demandé un temps de réponse inférieur à 0,1 s.

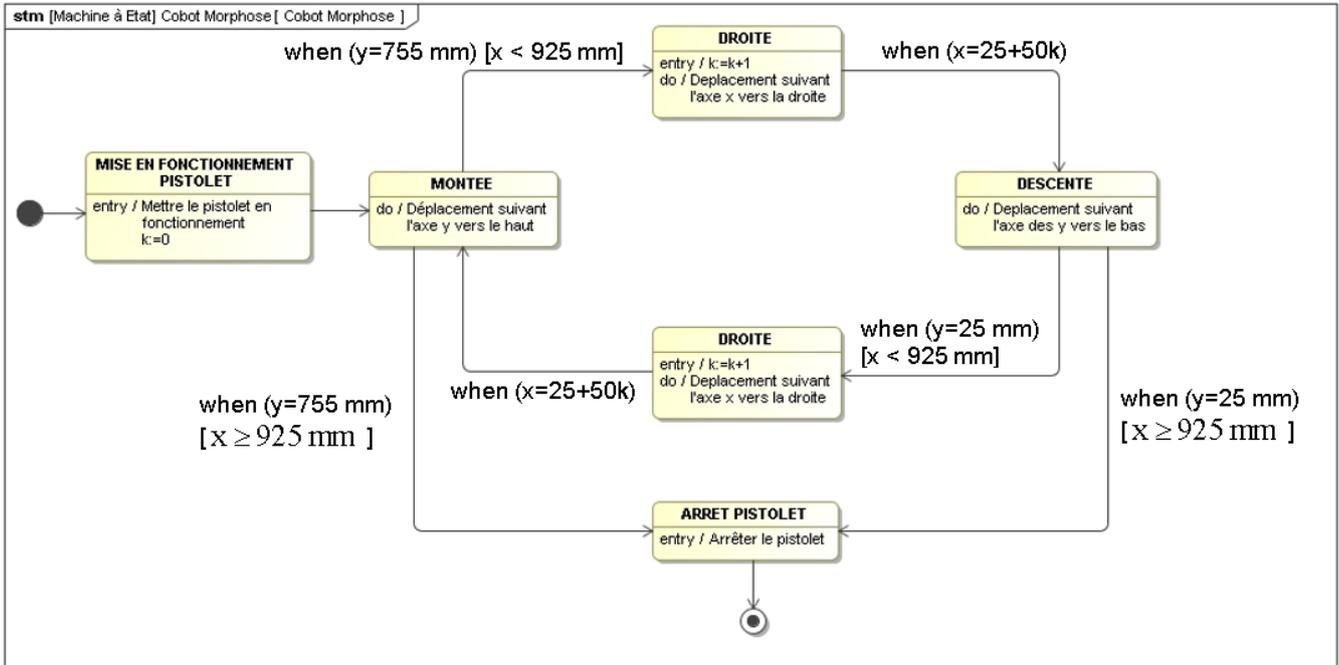


Q39. Afin d'améliorer les critères de précision et de rapidité, il faut augmenter la valeur du gain proportionnel K_p du correcteur de courant.

6/ Peinture des portières

Q40. $D1 = \frac{780-2 \times 25}{0,45 \times 10^3} \approx 1,62 \text{ s}$ et $D2 = \frac{50}{0,45 \times 10^3} \approx 0,11 \text{ s}$.

Q41.



Q42. Il y aura besoin de $\frac{950}{50} = 19$ déplacements verticaux (vers le haut ou le bas) et de 18 déplacements horizontaux (vers la droite).

On aura donc : $D = 19 \times D1 + 18 \times D2 + D_c = 19 \times 1,62 + 18 \times 0,11 + 5 \approx 37,76 \text{ s}$.

Q43. La cadence maximale sera donc $\frac{3600}{D} = \frac{3600}{37,76} \approx 95,34$ portières / heure. Cette valeur est bien supérieure à la cadence imposée par le cahier des charges de 50 portières par heure.

7/ Conclusion

Q44. Il lui manque l'IA avec une programmation différente avec des algorithmes. La plupart du temps, les dispositifs d'intelligence artificielle ont recours au *machine learning*. C'est un processus dans lequel les algorithmes sont entraînés à répondre à des requêtes à partir de données qu'ils ont acquis préalablement.