

**BACCALAURÉAT GÉNÉRAL**

**SÉRIE SCIENTIFIQUE**

**ÉPREUVE DE SCIENCES DE L'INGÉNIEUR**

**Session 2019**

Corrigé

Ce corrigé comporte 8 pages numérotées de 1 sur 8 à 8 sur 8.

## 1. Présentation du système

## 2. Analyse du besoin

### Qualité

**Q1. Expliquer**, à l'aide de la figure 5, pourquoi le robot DINO est particulièrement adapté au désherbage des légumes en planche.

DINO convient pour le désherbage des légumes en planches parce qu'il garantit la même qualité de désherbage que l'agriculteur, voire même supérieure.

Sur les 3 mois de 2016 où la comparaison a eu lieu, DINO a toujours eu une note de satisfaction supérieure à 7. La note de 8 est la plus basse pour le robot alors que la note de 7 a été attribuée à l'agriculteur.

### Coût

**Q2.** Pour les deux modes de désherbage, **calculer** le temps et le coût total pour une surface de 1 000 m<sup>2</sup>.

Modalité	Temps	Coût total
robot	7h17 min	85 €
agriculteur	16h31min	205 €

**Q3. Calculer** la différence de coût entre les deux modes de désherbage pour une surface moyenne.

À chaque parcelle de 1000m<sup>2</sup> désherbée, l'agriculteur économise  $230 - 85 = 120$  €.

Pour une surface moyenne de 65000m<sup>2</sup>, soit 65 parcelles, l'économie est de 7 800€.

**Q4.** Pour une exploitation moyenne, **calculer** le nombre de désherbages et le nombre d'années nécessaires pour amortir le prix d'achat du robot.

Pour amortir le prix d'achat du robot pour une exploitation moyenne de 65000m<sup>2</sup>, il faut :  $70\ 000 / 7\ 778 = 8,98$  soit 9 désherbages, ce qui correspond à trois années pour amortir le robot.

### Conclusion

**Q5. Expliquer** pourquoi il est judicieux pour le maraîcher d'acquérir ce robot.

Au niveau qualité, le robot DINO a la note maximale de satisfaction.

Au niveau coût, il suffit seulement de trois années sur une exploitation moyenne pour amortir le coût du robot.

### 3. Gestion du positionnement des socs de binage

#### Validation des exigences sur la distance $h$

**Q6. Relever**, à partir des courbes de la figure 9 page 9 les longueurs minimales et maximales des vérins permettant d'assurer les exigences de positionnement sur  $h$  définies dans le tableau 2 page 9.

Pour  $h = 30 \text{ cm}$  ;

- longueur du vérin de relevage : 500 mm ;
- longueur du vérin d'horizontalité : 320 mm.

Pour  $h = 0 \text{ cm}$  ;

- longueur du vérin de relevage : 320 mm ;
- longueur du vérin d'horizontalité : 370 mm.

**Q7. En déduire** la longueur minimale et la course nécessaire des vérins.

La longueur minimale est de 320 mm.

La course du vérin de relevage vaut :  $500 - 320 = 180 \text{ mm}$

La course des vérins d'horizontalité vaut :  $370 - 320 = 50 \text{ mm}$ .

Si les vérins sont identiques, il faut une course de 180 mm.

#### Détermination de la résolution minimale sur la longueur du vérin d'horizontalité

**Q8. Déterminer**, à partir de la figure 10, la valeur de la précision nécessaire sur le déplacement des vérins d'horizontalité pour atteindre l'exigence de  $\pm 5 \text{ mm}$  sur le positionnement.

Pour  $h = 10 \text{ cm} - 0,5 \text{ cm} = 9,5 \text{ cm}$ , le déplacement est de  $343,20 \text{ mm} - 342,25 \text{ mm} = 0,95 \text{ mm}$

Pour  $h = 10 \text{ cm} + 0,5 \text{ cm} = 10,5 \text{ cm}$ , le déplacement est de  $342,25 \text{ mm} - 341,30 \text{ mm} = 0,95 \text{ mm}$

**Q9. Calculer** la variation de longueurs des vérins d'horizontalité induisant une variation angulaire de  $5^\circ$  sur l'orientation du porte-outils.

Il faut convertir l'angle en radian, puis faire le calcul.  $\Delta x = 8,3 \text{ mm}$ .

**Q10. En déduire** la valeur de la précision nécessaire sur les vérins pour assurer à la fois le positionnement et l'orientation du porte-outils.

Contrainte de précision sur  $h$  :  $\Delta x = 0,95 \text{ mm}$ .

Contrainte de précision sur  $\alpha$  :  $\Delta x = 8,3 \text{ mm}$  en négligeant les variations induites par le vérin de relevage.

On prend  $\Delta x = 0,95 \text{ mm}$ . La contrainte sur  $\alpha$  sera vérifiée même en tenant compte du vérin de relevage qui est identique.

## Validation de la résolution de la commande

**Q11. Déterminer** la valeur hexadécimale des 11 bits d'identification du vérin d'horizontalité.

Bloc de puissance de type 8 : 1000

Carte de puissance d'adresse 5 : 101

Identifiant du message : 0000

Valeur binaire des 11 bits d'identification : 100 0101 0000

Valeur hexadécimale des 11 bits d'identification : 450

**Q12. Déterminer** la valeur (en décimal, arrondie à l'entier naturel inférieur) de la consigne de position à envoyer sur DATA 0 afin que la longueur du vérin d'horizontalité soit de 340 mm.

Pour une longueur totale de 340 mm, il faut que la tige sorte d'une distance de 30 mm.

La consigne de position de 30 mm correspond à 15 % de la course maximale (200 mm).

La valeur à envoyer sur DATA 0 est de 38 en décimal.  $38 = 15 \% \text{ de } 255$ .

**Q13. Déterminer** la précision, en mm, de la commande du vérin d'horizontalité.

Pour DATA 0 = 255, la tige du vérin d'horizontalité se déplace de 200 mm.

Pour DATA 0 = 1, la tige du vérin d'horizontalité se déplace de 0,78 mm.

**Q14. Vérifier** la compatibilité de la précision, en mm, de la commande du vérin d'horizontalité avec la précision déterminée précédemment.

Le déplacement de la tige du vérin d'horizontalité est commandé avec une précision de 0,78 mm.

La précision voulue sur le déplacement de la tige du vérin d'horizontalité est de 0,95 mm.

C'est compatible.

## 4. Dispositif de maintien du contact entre la roue du soc et le sol

**Q15. Exprimer** l'équation scalaire issue du théorème du moment dynamique appliqué en B à l'ensemble isolé E dans son mouvement par rapport au sol.

Si les effets dynamiques sont négligeables, le principe fondamental de la dynamique en moment en B s'écrit :  $M_{B, \text{sol} \rightarrow E} + M_{B, \text{poide}} + M_{B, \text{supérieure} \rightarrow E} = \vec{0}$ .

Le problème plan donne une l'équation scalaire :

$$-79F_A(\text{sol} \rightarrow E) + 51P(E) + 112F_C(\text{supérieure} \rightarrow E) = 0$$

**Q16. Déterminer** l'action du sol sur le soc au point A. **Calculer** l'écart entre cette valeur et celle indiquée dans le cahier des charges puis **conclure**.

La résolution de l'équation de moments donne :

$$F_A(sol \rightarrow E) = \frac{(51P(E) + 112F_C(supérieure \rightarrow E))}{79}$$

$$F_A(sol \rightarrow E) = 118 N$$

Le cahier des charges impose un effort de  $120N \pm 20 \%$  pour assurer un binage de qualité. L'écart est donc de 2N ou  $1,67 \% < 20 \%$ .

L'effort calculé est bien conforme à la valeur du cahier des charges.

**Q17. Comparer** l'effort sur le soc obtenu par simulation et celui spécifié dans le cahier des charges. **Conclure**.

Sur l'amplitude de déplacement du point A (extrémité du soc), l'effort obtenu par simulation est compris entre 95N et 145N.

Dans le cahier de charges, l'effort doit être compris entre 96N et 144N.

L'effort estimé est donc acceptable au regard du cahier des charges.

## 5. Gestion de l'alignement latéral des socs de binage

### Modélisation de la chaîne d'énergie

**Q18. Déterminer** la vitesse de translation de la tige du vérin à partir des données constructeur, en supposant que le moteur tourne à la vitesse de rotation nominale de  $3\,600 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$  durant tout le déplacement.

$$V_{tige} = \frac{p}{2\pi} \cdot k_r \cdot \Omega_m = \frac{p}{2\pi} \cdot \frac{1}{6,25} \cdot \frac{2\pi \cdot 3600}{60} = 48 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$$

**Q19.** À partir de la mesure et de la simulation, figure 18, **déterminer** les vitesses expérimentales et simulées de translation de la tige du vérin. **Conclure** quant à la vitesse de rotation du moteur au cours de son fonctionnement.

	Mesure	Simulation
$V_{tige}$	$\frac{10}{2,8} = 3,57 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$	$\frac{10}{2,1} = 4,76 \text{ cm/s}$

Le moteur fonctionne donc à une vitesse inférieure au régime nominal.

**Q20. Quantifier** les écarts sur la valeur finale du déplacement et le temps de réponse entre d'une part le système simulé et le système réel, et d'autre part entre le système réel et le système souhaité. **Conclure** sur la validité du modèle.

Critère	Système souhaité	Mesure	Système simulé
Dépassement	0 cm	0 cm	0 cm
Écart statique	0 cm	0 cm	0 cm
Temps de réponse	0,3s pour 1 cm 3s pour 10 cm	2,8 s pour 10 cm	2,1 s pour 10 cm
Écarts réel / souhaité	Ecart uniquement sur le temps de réponse de 0,2s soit de 6,6 %. Cahier des charges respecté.		
Écarts simulé / réel	Ecart uniquement sur le temps de réponse de 0,7s soit de 25 % . Le modèle n'est pas valide et doit être affiné.		

**Q21. En déduire** la valeur mesurée de la résistance d'induit  $R_m$ .

Lors de l'essai à rotor bloqué la fcém est nulle.

$$R_m = \frac{U_m}{I_m} = \frac{1,3}{2} = 0,65 \Omega$$

Cette valeur est supérieure à celle renseignée dans le modèle.

**Q22. Déterminer** à partir de la réponse expérimentale de l'essai en charge, et en régime permanent, la constante de fcém  $k_m$  et le couple de frottement sec  $C_0$ .  
**Conclure.**

$$k_m = \frac{U_m - R_m \cdot I_m}{\Omega_m} = \frac{12 - 0,65 \cdot 5}{285} = 0,0307 \text{ V} \cdot \text{rad}^{-1} \cdot \text{s}$$

Cette valeur correspond à celle renseignée dans le modèle multiphysique.

$$C_0 = k_m \cdot I_m = 0,0307 \cdot 5 = 153,5 \text{ mN} \cdot \text{m}$$

Cette valeur est supérieure à celle renseignée dans le modèle multiphysique, ce qui explique le temps de réponse plus long.

### Modélisation de la chaîne d'acquisition

**Q23. Recopier et compléter** les lignes 17 à 24 de l'algorithme de RANSAC permettant de déterminer la droite de score maximal.

```
POUR i DE 1 à 4 FAIRE
  POUR j DE 1 à Nb_Iterations_max FAIRE
    D ← Calcul_Droite(i)
    Score ← Score_droite(D)
    SI Score > Score_max ALORS
      D_max ← D
      Score_max ← Score
    FIN SI
  FIN POUR
```

**Q24. Recopier et compléter** la ligne 27, permettant de déterminer la position moyenne des rangées, notée POS\_MOYENNE, à partir des résultats de l'algorithme de RANSAC.

```
POS_MOYENNE ← (POS_RANGEE[1] + POS_RANGEE[2] + POS_RANGEE[3] + POS_RANGEE[4]) / 4
```

**Q25. Déterminer** le nombre d'itérations maximal Nb\_Iterations\_max possible permettant de respecter le temps de traitement de l'information du cahier des charges. **Conclure.**

Il y a 4 rangées et la boucle POUR est effectuée  $nb\_iterations$  fois.

$4 \cdot 20 \cdot 10^{-6} \cdot nb\_iterations < 30 \text{ ms}$

$nb\_iterations < 375$

### Vérification des performances du système rebouclé

**Q26. Vérifier** si toutes les performances exigées par le cahier des charges données sur la tableau 5 sont respectées. **Conclure** quant à la qualité de l'alignement des socs par cette solution intégrant un traitement algorithmique de l'image.

Aucun dépassement puisque c'est un premier ordre. Le système est stable.

La valeur finale de la réponse coïncide avec la consigne. Pas d'erreur statique.

Le temps de réponse à 95 % de la valeur finale est de 0,275 s. C'est meilleur que ce que demande le cahier des charges.

Cette solution est performante car stable, précise et rapide.

## 6. Synthèse

**Q27. Conclure** sur la pertinence économique, écologique et technique de la mise en œuvre du robot DINO.

### Pertinence économique

- Moins cher que le travail manuel

### Pertinence écologique

- Pas d'utilisation de désherbants chimiques
- Les salades ne sont pas abîmées grâce à un traitement de l'information vidéo à l'intérieur d'un asservissement simple (faible dynamique).

### Pertinence technique

- Le positionnement vertical du porte-outils est assuré avec une bonne précision (angle par rapport à l'horizontale inférieur à  $5^\circ$ )
- Les roues restent bien en contact avec le sol grâce au choix adéquat d'un ressort