

**BACCALAURÉAT GÉNÉRAL**

**SÉRIE SCIENTIFIQUE**

**ÉPREUVE DE SCIENCES DE L'INGÉNIEUR**

**Session 2019**

Corrigé

Ce corrigé comporte 9 pages numérotées de 1 sur 9 à 9 sur 9.

## 1. Analyse du besoin et du système

**Q1.** À partir des documents techniques DT2 et DT3, **indiquer** les principales solutions techniques choisies par le constructeur pour répondre à ces deux fonctions de service.

Pour la fonction de service « couvrir une grande zone de surveillance » :

- le chariot motorisé qui permet le déplacement de la caméra sur un rail;
- une tourelle avec orientations horizontale (azimut) et verticale (élévation).
- zoom (jusqu'à x36)

Pour la fonction de service « transmettre sur une grande distance » :

- Réseau Ethernet ;
- et/ou câble ;
- et/ou CPL ;
- et/ou Wifi.

**Q2. Compléter** le tableau du document réponse DR1 en indiquant, pour chaque liaison repérée de 1 à 4 :

- le nom de la liaison ;
- le mouvement auquel elle participe à choisir parmi les trois proposés (élévation, azimut et déplacement sur rail) ;
- l'axe du mouvement dans le repère associé.

Repère	Nom de la liaison	Axe de la liaison dans le repère associé	Mouvement : - orientation verticale (élévation) - orientation horizontale (azimut) - déplacement sur rail
1	Pivot	Y	Déplacement sur rail
2	Glissière	X	Déplacement sur rail
3	Pivot	Z	Orientation horizontale (azimut)
4	Pivot	X1	Orientation verticale (élévation)

## 2. Performances de déplacement de la caméra

**Q3. Caractériser** la nature du mouvement pour chacune des trois phases de ce déplacement.

- Phase 1 ( $T_1$ ) : mouvement rectiligne uniformément accéléré ;
- Phase 2 ( $T_2$ ) : mouvement rectiligne uniforme ;
- Phase 3 ( $T_3$ ) : mouvement rectiligne uniformément décéléré.

**Q4. Déterminer** les durées  $T_1$  et  $T_3$ . En **déduire** les distances parcourues lors des phases d'accélération et de la décélération. **Déterminer** la durée  $T_2$ . En **déduire** la durée totale du déplacement sur la portion de rail de 10 m

$$v(T_1) = 0,65 = a_1 \cdot T_1 ; \rightarrow T_1 = 0,65/0,25 = 2,6 \text{ s}$$

$$T_1 = T_3 = 2,6 \text{ s.}$$

$$X_1 = x(T_1) = 0,5 \times 0,25 \times 2,6^2 \rightarrow X(T_1) = 0,845 \text{ m}$$

Pendant la phase d'accélération le chariot parcourt 0,845 m, idem pour la phase de décélération.

Lors de la phase 2 (mouvement rectiligne uniforme), le chariot parcourt  $10 - 2 \times 0,845 = 8,31 \text{ m}$ .

$$T_2 = 8,31/0,65 = 12,78 \text{ s}$$

$$\text{Durée totale : } T = 12,78 + 2 \times 2,6 = 17,98 \text{ s.}$$

**Q5. Justifier** que le profil de vitesse permet de répondre au cahier de charges (figure 1 page 3) en terme de durée de déplacement.

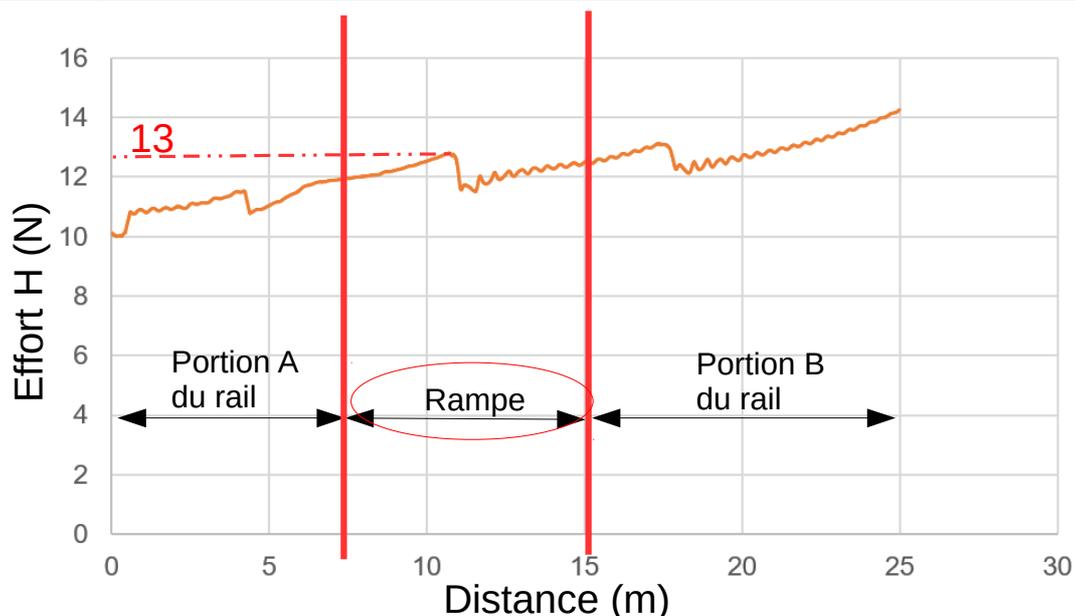
Le cahier des charges indique un temps de déplacement maxi de 20 s.

L'écart  $\Delta t$  est de  $\Delta t = 20 - 17,98 = 2,02 \text{ s}$ .

Le temps de déplacement est inférieur de 2 secondes par rapport aux exigences du cahier des charges. Le profil de vitesse est donc bien adapté.

### Étude du déplacement de la caméra sur le rail.

**Q6. Relever**, sur le graphique du document technique DT5, la valeur maximale de  $\|\vec{H}\|$  correspondant à la situation étudiée.



$$\|\vec{H}\| = 13 \text{ N}$$

**Q7. Appliquer** le théorème de la résultante dynamique à l'ensemble isolé S en projection sur l'axe  $\vec{x}_4$ . En **déduire** la valeur de la composante suivant l'axe  $\vec{x}_4$  de la résultante la  $\vec{R}_{rail \rightarrow galet}$  pendant la phase d'accélération positive.

en projection sur l'axe  $x_4$  :

$$X_{4P} + T_A + X_{4H} = M \cdot a_G$$

$$T_A = M \cdot a_G - X_{4H} - X_{4P}$$

application numérique :  $T_A = 17 \times 0,25 + 13 + 17 \times 9,81 \times \sin(15) = 60,4 \text{ N}$

**Q8. Calculer** la valeur de l'effort normal  $\|\vec{N}_A\|$  à appliquer au galet.

$$\|\vec{N}_A\| = 60,4 / 0,6 = 100,6 \text{ N}$$

**Q9. Appliquer** le théorème du moment statique à l'ensemble ST considéré comme fixe par rapport à un repère galiléen et **déterminer** la valeur de  $\|\vec{E}_{ressorts}\|$ . En **déduire** la course de serrage ( $S_n$ ) correspondante pour les ressorts utilisés.

$$\sum \vec{M}(C, \vec{ST} \rightarrow ST) = \vec{0}$$

Par la méthode du « bras de levier » :

$$3 \times 9,81 \times 0,102 + X_E \times 0,055 - 120 \times 0,075 = 0$$

$$X_E = -110 \text{ N}$$

chaque ressort reprend  $110/2 = 55 \text{ N}$

$$S_n = F_{ressort} / \text{raideur}$$

$$S_n = 55 / 1,86 = 29,6 \text{ mm.}$$

Par conséquent, les ressorts conviennent car  $55 \text{ N} < 80 \text{ N}$ , et  $29,6 \text{ mm} < 43 \text{ mm}$

Dans le sens de déplacement étudié, l'effort normal va être amplifié par l'effort tangentiel

**Q10. Conclure** quant à la capacité du système à répondre au cahier des charges.

Le système peut répondre aux attentes du client car les ressorts permettent un réglage de la pression sur le galet suffisant pour maintenir l'adhérence.

### 3. Performances de positionnement de la caméra

**Q11.** Indiquer, sur feuille de copie, pour chaque repère (de 1 à 4) de la chaîne fonctionnelle de la figure 6, la forme d'énergie transmise ainsi que les variables d'effort et de flux associées.

Repère	Domaine physique	Variables d'effort et de flux
1	Électrique	Tension / Courant
2	Électrique	Tension / Courant
3	Mécanique de rotation	Couple / Vitesse angulaire
4	Mécanique de rotation	Couple / Vitesse angulaire

**Q12.** À partir des indications fournies dans la figure 8, **déterminer** le rapport de réduction de la transmission poulies-courroie. En **déduire** l'angle de rotation d'azimut et d'élévation de la caméra pour une rotation d'un pas de l'arbre moteur.

Le rapport de réduction de la transmission poulies-courroie est de 17/85 soit 1/5.

Un pas moteur fait tourner l'axe de  $1,8^\circ$  et donc la caméra de  $1,8/5$  soit de  $\alpha = 0,36^\circ$ .

**Q13.** Indiquer pourquoi l'utilisation de moteurs pas à pas permet de connaître la position angulaire de la caméra sans utiliser de capteur.

À chaque impulsion fournie par la carte de traitement, la caméra exécute une rotation de  $0,36^\circ$ . La carte de traitement peut donc connaître la position angulaire de la caméra en comptant les impulsions.

**Q14.** Déterminer la valeur de la distance  $d$  pour une rotation d'un pas de l'arbre du moteur. Comparer cette valeur avec la valeur de la déviation maximale attendue.

$d = 20 \times \alpha$  (avec  $\alpha$  exprimé en rad), l'angle étant petit, la longueur de l'arc est très proche de  $d$ ,

$$d = 125,7 \text{ mm}$$

$$125,7 \text{ mm} < 200 \text{ mm.}$$

#### Ajustement automatique de la vitesse de rotation de la caméra

**Q15.** Calculer, en pas/s, les valeurs de  $f_1$  et  $f_2$  de la fréquence de rotation du moteur.

Pour un réglage du zoom x1 La vitesse de rotation de la caméra est de  $36^\circ/\text{s}$ , la vitesse de rotation du moteur est donc de  $5 \times 36 = 180^\circ/\text{s}$  ; soient  $180/1,8 = 100$  pas/s.

Pour un réglage du zoom x26 La vitesse de rotation de la caméra est de  $0,9^\circ/\text{s}$ , la vitesse de rotation du moteur est donc de  $5 \times 0,9 = 4,5^\circ/\text{s}$  soient  $4,5/1,8 = 2,5$  pas/s.

**Q16. Déterminer** l'équation de la caractéristique de pilotage à renseigner dans le programme à implanter dans le module « TRAITER » (figure 10).

$$Freq\_pilot = a \times Reg\_zoom + b \quad a = -97,5/25 = -3,9$$

$$100 = -3,9 \times 1 + b \rightarrow b = 103,9$$

$$\text{équation de la droite : } Freq\_pilote = -3,9 \times Reg\_zoom + 103,9$$

**Q17. À partir de ces relevés, déterminer** les vitesses moyennes de rotation de la caméra puis les **comparer** avec les valeurs attendues indiquées par le constructeur.

Pour zoom x1 : Vitesse moyenne =  $360/10 = 36 \text{ }^\circ/\text{s}$

Pour zoom x 26 : Vitesse moyenne =  $9/10 = 0,9 \text{ }^\circ/\text{s}$ .

La simulation donne des résultats conforme aux attentes.

### Mémorisation des positions

**Q18. Déterminer**, en millimètres, la valeur de la précision de positionnement sur le rail. **Comparer** cette valeur à celle indiquée dans le cahier des charges de la figure 1.

Il faut déterminer le déplacement du chariot sur le rail correspondant à la période des impulsions du codeur incrémental, c'est à dire pour 1/100 tour de l'axe du motoréducteur soit 1/100 tour du galet d'entraînement.

$$\text{Précision} = (\pi \times D)/100 = 2,827 \text{ mm.}$$

Cette valeur est inférieure à celle attendue :  $2,827 < 5 \text{ mm}$  donc la précision est correcte.

**Q19. Déterminer** la valeur maximale du compteur d'impulsions après un déplacement de 25 m. En **déduire** la taille minimale de la variable *Nbrs\_Imp* en nombre de bits et **justifier** l'utilisation de 2 octets pour mémoriser cette variable.

$$\text{Valeur maximale du compteur } Compt_{\max} = 25\,000 / 2,827 = 8844$$

Il faut au minimum 14 bits pour coder la valeur maximale.

Deux octets (16 bits) sont donc nécessaires

**Q20. Déterminer** le nombre d'impulsions nécessaires pour couvrir les amplitudes maximales des angles de rotation en élévation et en azimut. **En déduire** le nombre d'octets nécessaires pour mémoriser chaque position.

Pour un pas du moteur, la caméra tourne de  $1,8/5 = 0,36^\circ$ .

$$\text{Azimut : } 360^\circ / 0,36 = 1000 \text{ valeurs} \quad \text{élévation : } 180^\circ / 0,36 = 500 \text{ valeurs}$$

Un octet permet de coder 255 valeurs.

Pour coder les 500 valeurs du déplacement vertical (élévation), il faut 9 bits et pour coder les 1000 valeurs du déplacement horizontal (azimut), il faut 10 bits. Il faudra donc utiliser 2 octets pour chacune des positions.

**Q21. Calculer** le nombre d'octets disponibles et **vérifier** si la mémoire réservée sur la carte de traitement est suffisante pour mémoriser 32 positions pré-enregistrées de la caméra.

Pour une position de la caméra, il faut donc 6 octets. 2 octets pour la position sur le rail, 2 octets pour l'angle d'élévation et 2 octets pour l'angle d'azimut.

Pour mémoriser les 32 positions il faut donc  $32 \times 6 = 192$  octets.

L'espace mémoire réservé a une capacité de  $(180)_{16}$  soit  $1 \times 16^2 + 8 \times 16 = 384$  octets.

L'espace mémoire réservé est donc suffisant.

**Q22. Conclure** quant aux performances du robot de surveillance à se positionner convenablement et à effectuer une observation correcte.

L'orientation de la caméra est réalisée par des moteurs pas à pas. Chaque pas du moteur engendre un déplacement inférieur à 200 mm du centre de vision à une distance de 20 m ; ce qui correspond aux exigences du client.

La vitesse de rotation de la caméra est automatiquement adaptée à la position du zoom, ce qui facilite le pilotage de la caméra.

Enfin, le positionnement automatique sur 32 positions préenregistrées est possible sans modifications importantes du système.

Les performances du robot permettent donc de satisfaire les exigences du client en terme de positionnement manuel ou automatique (sur positions préenregistrées) de la caméra.

#### 4. Évolutions du produit

**Q23. Déterminer**, pour un cycle du scénario type, la consommation en A.h.

Consommation :  $3,8 \times 10 + 1,6 \times 8 + 1,2 \times 8 + 0,9 \times 4 = 64$  A.s soit 0,0178 A.h

**Q24. Déterminer**, en A.h, la capacité minimale que devra posséder la batterie.

Consommation pour une semaine :  $7 \times 10 \times 0,0178 = 1,246$  A.h ce qui doit correspondre à 80 % de la capacité de la batterie.

Capacité batterie :  $1,246 / 0,8 = 1,56$  A.h

**Q25. À** raison de 10 cycles par jour, **déterminer**, à partir des résultats de la simulation, l'autonomie du robot. **Comparer** cette valeur avec les attendus du client.

La décharge ne doit pas être inférieure à 20 %, ce qui correspond à une durée de  $8,2 \times 10^5$  s. soit 9,5 jours.

$9,5 > 7$  jours, donc la batterie convient parfaitement.

**Q26. Relever** la valeur du courant nominal du motoréducteur à partir des caractéristiques techniques présentées dans le document technique DT7. **Justifier** le choix de ce motoréducteur compte tenu des résultats de la simulation du document technique DT8.

Sur la caractéristique de courant, on relève  $I_m = 3 \text{ A}$  pour le couple nominal de  $2,7 \text{ N}\cdot\text{m}$ .

On constate que, en dehors du démarrage, le courant maximal a une intensité inférieure à la valeur nominale du courant ( $3 \text{ A}$ ). Le couple aura donc une valeur inférieure à sa valeur nominale. Le moteur est donc correctement choisi.

**Q27.** À partir des relevés de mesures représentés sur les figures 17 et 18, **déterminer**, pour chaque essai, la valeur de la vitesse de déplacement du chariot en  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  ainsi que la valeur de l'intensité du courant. **Comparer** ces valeurs avec celles issues de la simulation présentée sur le document technique DT8 page 25 et **justifier** les écarts.

Pour les déplacements horizontaux :

Période :  $T_1 = 3,6 \text{ ms}$  d'où une fréquence du signal en sortie du codeur incrémental  $f_1 = 1/0,0036 = 277,78 \text{ Hz}$

Fréquence de rotation du galet entraîneur :  $277,8/100 = 2,78 \text{ Hz}$

d'où la vitesse :  $V_1 = 2,78 \times 3,14 \times 0,09 = 0,78 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Valeur de l'intensité du courant :  $I_1 = 5,2 \text{ div} \times 0,2 = 1,04 \text{ A}$

Pour le déplacement sur la rampe :

Période :  $T_2 = 4,2 \text{ ms}$  d'où une fréquence du signal en sortie du codeur incrémental  $f_2 = 1/0,0042 = 238,1 \text{ Hz}$

Fréquence de rotation du galet entraîneur :  $238,1/100 = 2,38 \text{ Hz}$

d'où la vitesse :  $V_2 = 2,38 \times 3,14 \times 0,09 = 0,67 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Valeur de l'intensité du courant :  $I_2 = 5,9 \text{ div} \times 0,5 = 2,95 \text{ A}$

On constate que les vitesses mesurées sont légèrement inférieures aux valeurs simulées et que les valeurs des courants mesurées sont supérieures aux valeurs simulées.

Ceci indique qu'en réalité, le couple moteur est supérieur par rapport au modèle.

Le modèle ne prend pas en compte les différents frottements.

**Q28. Conclure** quant à la pertinence de cette proposition d'amélioration du système.

Aux vues des simulations et des mesures réalisées, les solutions techniques envisagées pour faire évoluer le robot de surveillance sont pertinentes. La batterie utilisée permet une autonomie supérieure à celle souhaitée et la nouvelle motorisation à courant continu est correctement dimensionnée et permet de satisfaire les exigences du client.

## 5. Synthèse

**Q29. Synthétiser** les performances étudiées du robot et **vérifier** son aptitude à répondre aux spécifications du cahier des charges.

La motorisation du chariot, permettant le déplacement de la caméra sur le rail est correctement dimensionnée aussi bien sur le plan de vitesse que celui de la puissance, même pour gravir la rampe.

La fonction « automouv » permettant d'adapter la vitesse d'orientation de la caméra en fonction de la position du zoom ainsi que le positionnement automatique sur une position préenregistrée permettent de répondre aux besoins du client en matière de pilotage et de qualité d'observation.

L'évolution consistant à supprimer le câble traîné par le chariot impose de rendre le robot autonome en énergie. Cette évolution supprime les efforts exercés par le câble sur le chariot et permet d'envisager des configurations particulières.