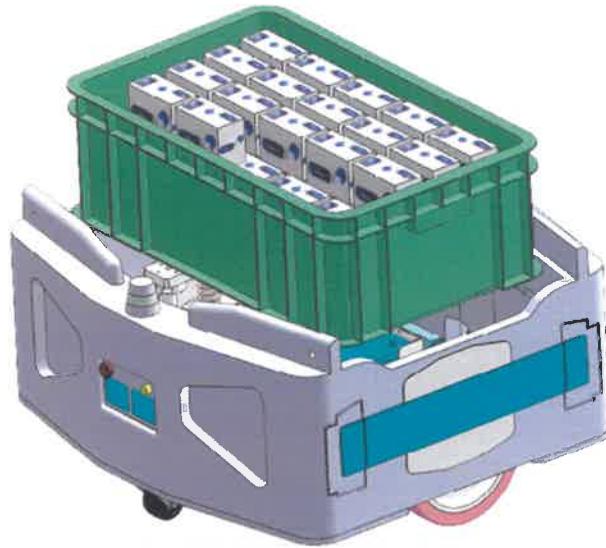


الصفحة 1 8 *** _____	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا الدورة العادية 2021 - عناصر الإجابة -	NR 44	السلطة الرابعة وزارة التربية الوطنية والتكوين المهني والتعليم العالي والبحث العلمي المكتب الوطني للتفتيش والامتحانات
3h	مدة الإجاز المعامل	علوم المهندس شعبة العلوم الرياضية (ب)	المادة الشعبة أو المسلك

Eléments de corrigé



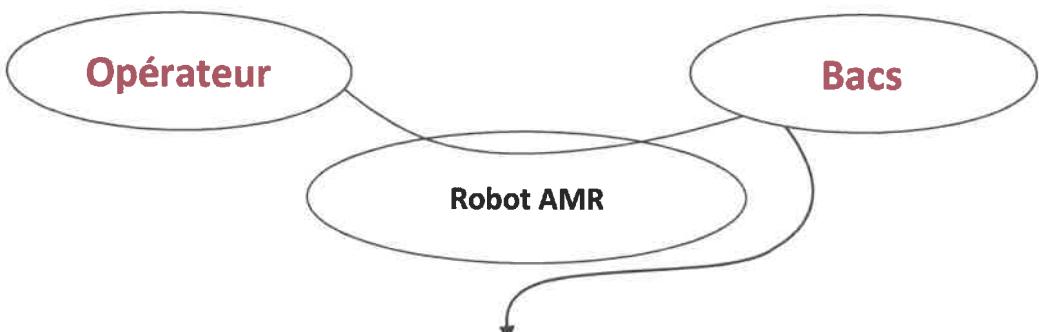
Robot mobile autonome (AMR)

الصفحة	2	NR 44	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2021 - عناصر الإجابة
8	- مادة: علوم المهندس- شعبة العلوم الرياضية (ب)		

D.Rep 1

/2,75 Pts

Q.01. « Bête à cornes » du robot AMR.

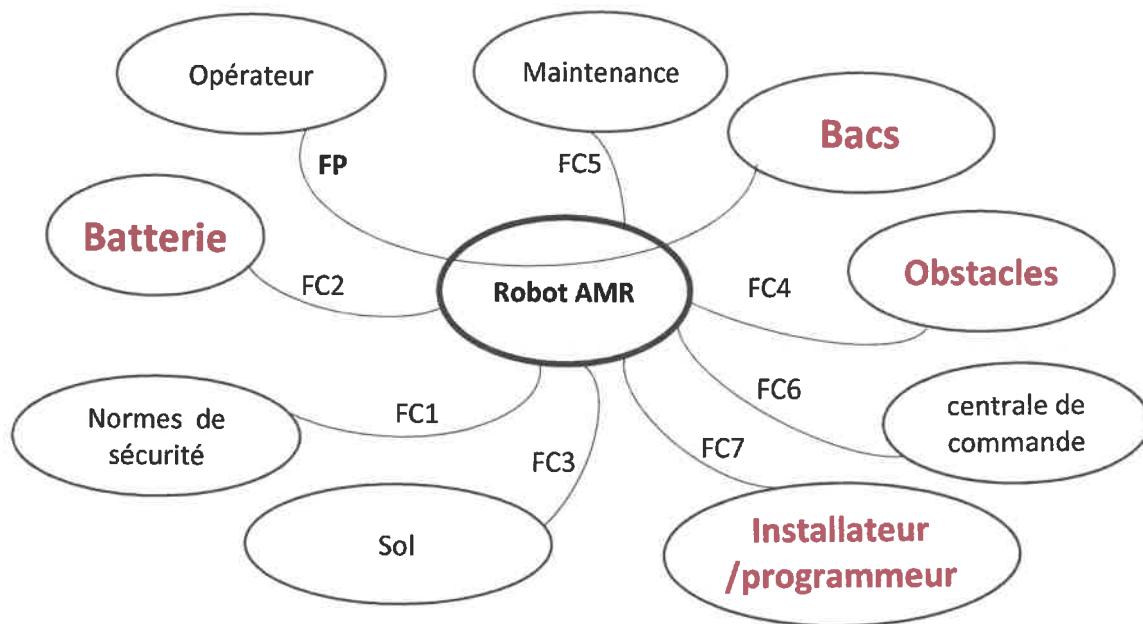


/0,75

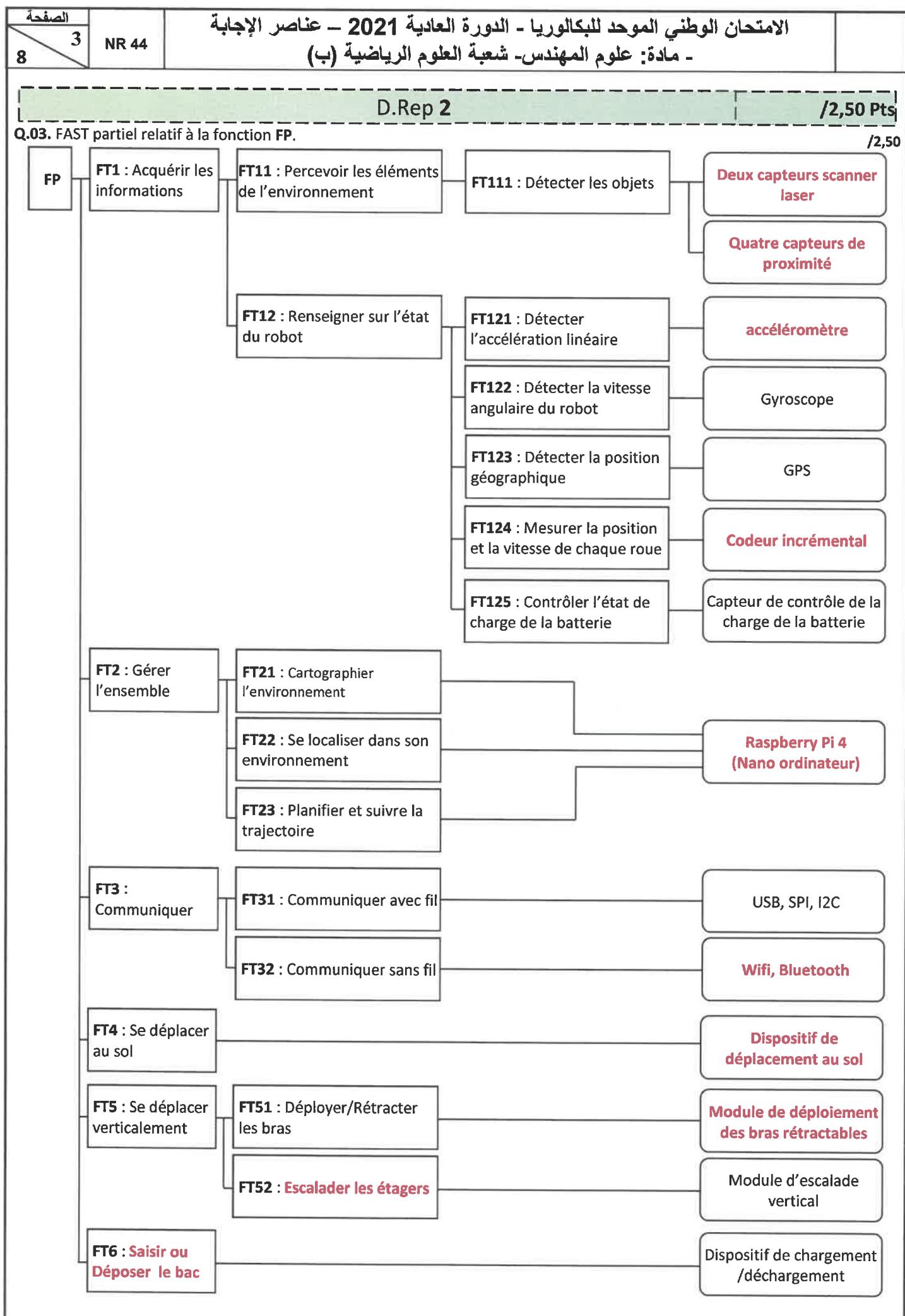
Ramener de façon autonome des bacs contenant les produits

Q.02. Diagramme des interactions et tableau des fonctions contraintes relatives au robot.

/2,00



FC1	Respecter les normes de sécurité
FC2	Être autonome en énergie
FC3	Être stable sur le sol
FC4	Réagir aux obstacles et les contourner
FC5	Être facile à maintenir
FC6	Communiquer avec la centrale de commande
FC7	Être facile à installer



الصفحة 8	4	NR 44	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2021 - عناصر الإجابة - مادة: علوم المهندس- شعبة العلوم الرياضية (ب)																			
D.Rep 3 /4,75 Pts																						
<p>Q.04. FAST relatif à la fonction FT4. /0,75</p> <table border="0"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 25%;">FT4 : Se déplacer au sol</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 25%;">FT41 : Elaborer les ordres de déplacement</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 25%;">Raspberry Pi 4 (Nano ordinateur)</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px;">FT42 : Traiter l'information</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Microcontrôleur</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px;">FT43 : Modifier le sens, la direction et la valeur de la vitesse du robot</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Système d'entraînement droit</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px;">FT431 : Entrainer la roue motrice droite du robot à la vitesse convenable</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Système d'entraînement gauche</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px;">FT432 : Entrainer la roue motrice gauche du robot à la vitesse convenable</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px;">2 roues omnidirectionnelles</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px;">FT44 : Assurer la stabilité du robot</td> <td></td> </tr> </table>					FT4 : Se déplacer au sol	FT41 : Elaborer les ordres de déplacement	Raspberry Pi 4 (Nano ordinateur)		FT42 : Traiter l'information	Microcontrôleur		FT43 : Modifier le sens, la direction et la valeur de la vitesse du robot	Système d'entraînement droit		FT431 : Entrainer la roue motrice droite du robot à la vitesse convenable	Système d'entraînement gauche		FT432 : Entrainer la roue motrice gauche du robot à la vitesse convenable	2 roues omnidirectionnelles		FT44 : Assurer la stabilité du robot	
FT4 : Se déplacer au sol	FT41 : Elaborer les ordres de déplacement	Raspberry Pi 4 (Nano ordinateur)																				
	FT42 : Traiter l'information	Microcontrôleur																				
	FT43 : Modifier le sens, la direction et la valeur de la vitesse du robot	Système d'entraînement droit																				
	FT431 : Entrainer la roue motrice droite du robot à la vitesse convenable	Système d'entraînement gauche																				
	FT432 : Entrainer la roue motrice gauche du robot à la vitesse convenable	2 roues omnidirectionnelles																				
	FT44 : Assurer la stabilité du robot																					
<p>Q.05. FAST relatif à la fonction FT431. /1,25</p> <table border="0"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 25%;">FT431 : Entrainer la roue motrice droite du robot à la vitesse convenable</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 25%;">FT4311 : Distribuer l'énergie électrique</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 25%;">Hacheur Hd</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px;">FT4312 : Convertir l'énergie électrique en énergie mécanique de rotation</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Moteur de traction MTd</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px;">FT4313 : Changer la direction de l'axe de transmission</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Renvoi d'angle</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px;">FT4314 : Adapter la fréquence de rotation</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Réducteur</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px;">FT4315 : Convertir l'énergie mécanique de rotation en énergie mécanique de translation</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Roue motrice droite</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px;">FT4316 : Adhérer au sol</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Ressort + Pneu</td> </tr> </table>					FT431 : Entrainer la roue motrice droite du robot à la vitesse convenable	FT4311 : Distribuer l'énergie électrique	Hacheur Hd		FT4312 : Convertir l'énergie électrique en énergie mécanique de rotation	Moteur de traction MTd		FT4313 : Changer la direction de l'axe de transmission	Renvoi d'angle		FT4314 : Adapter la fréquence de rotation	Réducteur		FT4315 : Convertir l'énergie mécanique de rotation en énergie mécanique de translation	Roue motrice droite		FT4316 : Adhérer au sol	Ressort + Pneu
FT431 : Entrainer la roue motrice droite du robot à la vitesse convenable	FT4311 : Distribuer l'énergie électrique	Hacheur Hd																				
	FT4312 : Convertir l'énergie électrique en énergie mécanique de rotation	Moteur de traction MTd																				
	FT4313 : Changer la direction de l'axe de transmission	Renvoi d'angle																				
	FT4314 : Adapter la fréquence de rotation	Réducteur																				
	FT4315 : Convertir l'énergie mécanique de rotation en énergie mécanique de translation	Roue motrice droite																				
	FT4316 : Adhérer au sol	Ressort + Pneu																				
<p>Q.06. Nom de la liaison entre les classes d'équivalences CE2 et CE3 et nom de la solution utilisée pour la réaliser. /0,50</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 25%;">Liaison entre</th> <th style="width: 25%;">Nom de la liaison</th> <th style="width: 25%;">Nom de la solution pour la réaliser</th> <th style="width: 25%;"></th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">CE2 et CE3</td> <td style="text-align: center;">Glissière</td> <td style="text-align: center;">Deux formes cylindriques</td> <td style="text-align: center;">/0,50</td> </tr> </table>					Liaison entre	Nom de la liaison	Nom de la solution pour la réaliser		CE2 et CE3	Glissière	Deux formes cylindriques	/0,50										
Liaison entre	Nom de la liaison	Nom de la solution pour la réaliser																				
CE2 et CE3	Glissière	Deux formes cylindriques	/0,50																			
<p>Q.07. Nom de la liaison entre les classes d'équivalences CE1 et CE3, et nom de la solution utilisée pour la réaliser. /0,50</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 25%;">Liaison entre</th> <th style="width: 25%;">Nom de la liaison</th> <th style="width: 25%;">Nom de la solution pour la réaliser</th> <th style="width: 25%;"></th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">CE1 et CE3</td> <td style="text-align: center;">Pivot</td> <td style="text-align: center;">Roulements</td> <td style="text-align: center;">/0,50</td> </tr> </table>					Liaison entre	Nom de la liaison	Nom de la solution pour la réaliser		CE1 et CE3	Pivot	Roulements	/0,50										
Liaison entre	Nom de la liaison	Nom de la solution pour la réaliser																				
CE1 et CE3	Pivot	Roulements	/0,50																			
<p>Q.08. Repères de deux pièces de la nomenclature qui appartiennent à la classe d'équivalence CE1 et repères de deux pièces qui appartiennent à la classe d'équivalence CE3. /1,00</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 25%;">Classe d'équivalences</th> <th style="width: 25%;">Repère de pièces</th> <th style="width: 25%;"></th> <th style="width: 25%;"></th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">CE1</td> <td style="text-align: center;">2, 3, 6, 7, 8, 9</td> <td style="text-align: center;">/1,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">CE3</td> <td style="text-align: center;">1, 5</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>					Classe d'équivalences	Repère de pièces			CE1	2, 3, 6, 7, 8, 9	/1,00		CE3	1, 5								
Classe d'équivalences	Repère de pièces																					
CE1	2, 3, 6, 7, 8, 9	/1,00																				
CE3	1, 5																					
<p>Q.09. Surfaces de l'axe 2 de la roue qui permettent de réaliser le MIP de la liaison entre 2 et 3. (entourer les bonnes réponses) /0,75</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%; text-align: center;">S1</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">S2</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">S3</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">S4</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">S5</td> <td style="text-align: center;">S6</td> <td style="text-align: center;">S7</td> <td></td> </tr> </table>					S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7											
S1	S2	S3	S4																			
S5	S6	S7																				

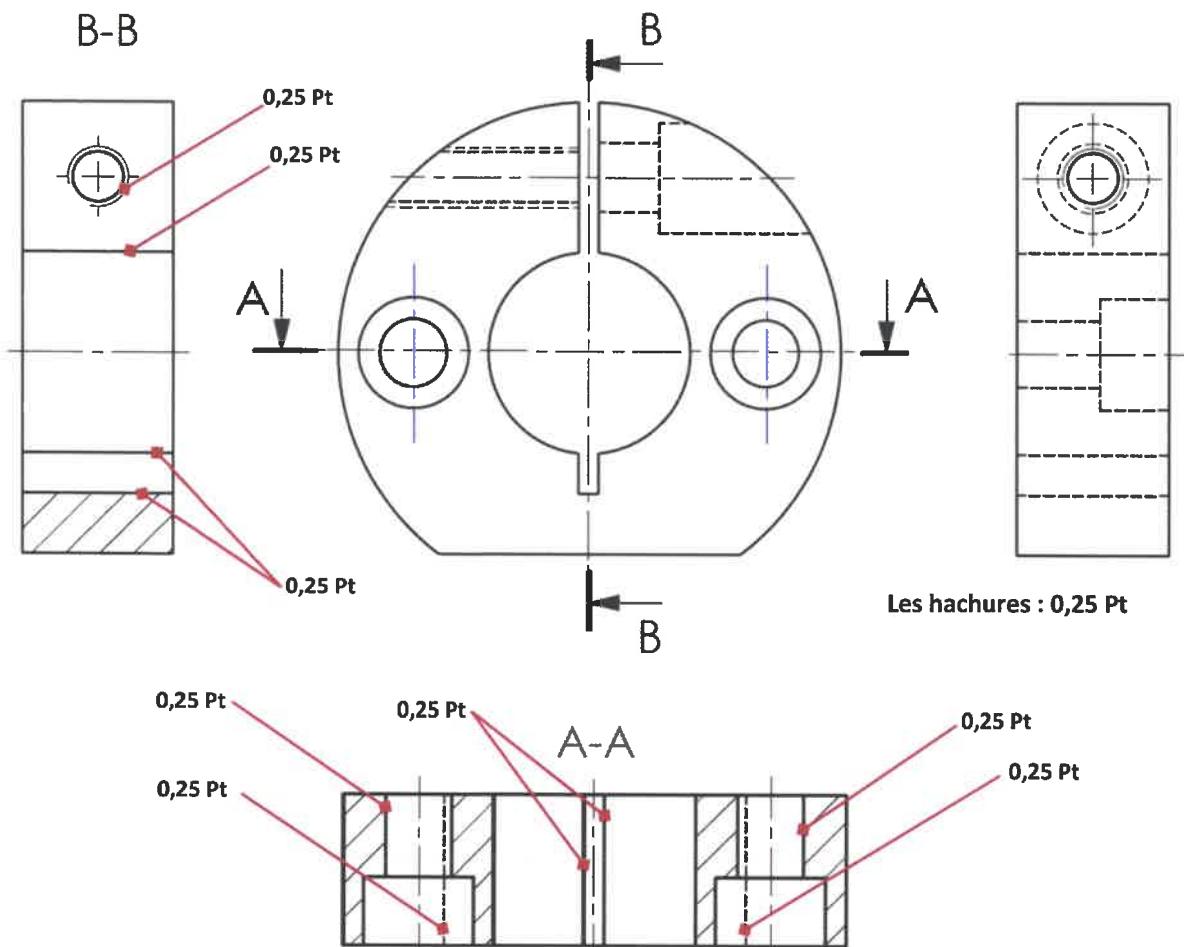
D.Rep 4

/4,25 Pts

Q.10. Dessin de la chape en :

- Vue de droite en coupe B-B (Ne pas représenter les formes cachées).
- Vue de dessus en coupe A-A (Représenter les formes cachées).

/2,25



Q.11. Liaisons L1, L2, L3 et L4.

/1,00

Liaison	Nom de la liaison	Nombre de degrés de liberté
L1	Pivot	1
L2	Rotule à doigt	2
L3	Glissière	1
L4	Rotule à doigt	2

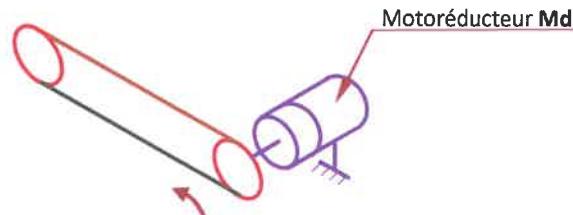
/0,75

Q.12. Noms des solutions constructives choisies par le constructeur pour réaliser les liaisons L2, L3 et L4.

Liaison	Solution constructive
L2	Joint de Cardan simple (Joint articulé)
L3	Cannelures
L4	Joint de Cardan simple (Joint articulé)

/0,25

Q.13. Sens de rotation du motoréducteur Md pour retirer les bras rétractables.



D.Rep 5

/2,00 Pts

Q.14. Comparaison entre les vitesses linéaires V_d et V_g pour chacune des phases du trajet type du robot.

Phase	Comparaison	
Entre les points A et B	$V_g = V_d$	
Entre les points B et C	$V_g > V_d$	
Entre les points D et E	$V_g < V_d$	

/0,50

Q.15. Calcul des vitesses linéaires V_d et V_g (en m/s) pour faire parcourir au robot la phase DE du trajet type.

/0,50

$$V = \frac{V_d + V_g}{2} \text{ et } R_c = \frac{L}{2} \cdot \frac{V_d + V_g}{V_d - V_g}$$

$$\text{Donc: } V_d + V_g = 2 \cdot V \text{ et } V_d - V_g = \frac{L}{2} \cdot \frac{2V}{R_c}$$

$$V_d + V_g + V_d - V_g = 2 \cdot V + \frac{L}{2} \cdot \frac{2V}{R_c}$$

$$V_d = V + \frac{L}{2} \cdot \frac{V}{R_c} \text{ et } V_g = 2 \cdot V - V_d$$

A.n. :

$$V_d = 1,5 + \frac{0,470}{2} \cdot \frac{1,5}{0,670} = 2,03 \text{ m/s et } V_g = 2 \cdot 1,5 - 2,03 = 0,97 \text{ m/s}$$

Q.16. Déduction de la fréquence de rotation N_{md} et N_{mg} de chacun des moteurs de traction (en tr/min).

/0,50

$$kr = \frac{N_{rd}}{N_{md}} \text{ et } V_d = \pi \frac{N_{rd} D_m}{30 \cdot 2}$$

$$\text{donc: } N_{md} = \frac{60 V_d}{\pi kr D_m} \text{ et } N_{mg} = \frac{60 V_g}{\pi kr D_m}$$

$$\text{A.n. : } N_{md} = \frac{60 \cdot 2,03}{\pi \cdot 1 \cdot 0,100} = 2713,91 \text{ tr/min}$$

$$\text{Et } N_{mg} = \frac{60 \cdot 0,97}{\pi \cdot 1 \cdot 0,100} = 1296,79 \text{ tr/min}$$

Q.17. Calcul des rapports cycliques α_d et α_g des signaux délivrés par le microcontrôleur.

/0,50

$$\alpha_d = \frac{U_{md}}{E_0} = \frac{40}{48} = 0,83$$

$$\alpha_g = \frac{U_{mg}}{E_0} = \frac{20}{48} = 0,42$$

الصفحة 8	7	NR 44	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2021 - عناصر الإجابة - مادة: علوم المهندس- شعبة العلوم الرياضية (ب)	D.Rep 6	/1,75 Pt
<p>Q.18. Calcul de la vitesse de montée V_m (en m/s) du robot. /0,25</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> $V_m = L/t$ $V_m = 10/10 = 1 \text{ m/s}$ $V_m = 1 \text{ m/s}$ </div> <p>Q.19. Calcul de la fréquence de rotation N_r (en tr/min) des pignons d'escalade 1 et 2. /0,25</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> $V_m = \omega_r \cdot D/2 \quad \text{avec } \omega_r = 2 \cdot \pi \cdot N_r / 60$ $N_r = V_m \cdot 60 \cdot 2 \cdot 10^3 / (2 \cdot \pi \cdot D)$ $N_r = (1 \cdot 60 \cdot 2 \cdot 10^3) / (2 \cdot \pi \cdot 78) \quad N_r = 244,85 \text{ tr/min}$ </div> <p>Q.20. Calcul de la fréquence de rotation N_m (en tr/min) du moteur d'escalade ME1. /0,25</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> $N_m = N_r / (k_1 \cdot k_2)$ $N_m = 244,85 / 0,122$ $N_m = 2006,97 \text{ tr/min}$ </div> <p>Q.21. Calcul de la puissance nécessaire pour faire monter la charge P_{ch} (en W). /0,25</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> $P_{ch} = F \cdot V_m = M \cdot g \cdot V_m$ $P_{ch} = 1 \cdot 78 \cdot 9,81$ $P_{ch} = 765,18 \text{ W}$ </div> <p>Q.22. Calcul de la puissance utile P_u (en W) que doit avoir le moteur pour faire monter la charge. /0,25</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> $P_u = P_{ch} / \eta_t \quad P_u = 765,18 / 0,865$ $P_u = 884,60 \text{ W}$ </div> <p>Q.23. Calcul du couple utile C_u (en N.m) que doit développer le moteur pour faire monter la charge. /0,25</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> $C_u = P_u / \omega_m = 884,60 \cdot 60 / 2 \cdot \pi \cdot 2006,97$ $C_u = 4,21 \text{ N.m}$ </div> <p>Q.24. Déduction de la référence constructeur du moteur convenable. /0,25</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p>LT098-2-B</p> </div>					

D.Rep 7

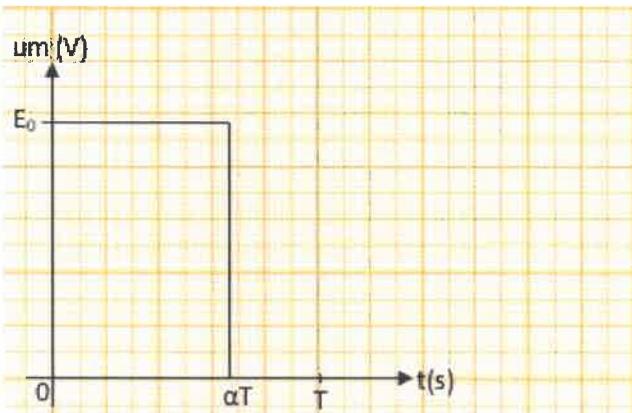
/2,00 Pts

Q.25. Détermination de la position des interrupteurs K1, K2, K3 et K4 (fermé/ouvert) lors de la montée et de la descente du robot.

	K1	K2	K3	K4	
Montée	fermé	ouvert	ouvert	fermé	
descente	ouvert	fermé	fermé	ouvert	

/0,25

Q.26. Allure de la tension aux bornes du moteur $u_m(t)$ lors de la montée pour $\alpha=0,67$.



/0,25

Q.27. Calcul de la valeur moyenne U_m (en V) de la tension $u_m(t)$.

/0,25

$$U_m [\text{moyenne}] = \alpha \cdot E_0 = 0,67 \cdot 48 = 32,16 \text{ V}$$

$$U_m [\text{moyenne}] = 32,16 \text{ V}$$

Q.28. Nom d'un composant électronique pouvant assurer la fonction de chacun des interrupteurs K_i .

/0,25

Transistor

Q.29. Calcul de l'énergie W_t (en Wh) totale nécessaire pour assurer 200 trajets types.

/0,25

$$W_t = W \cdot 200 = 5,5 \cdot 200$$

$$W_t = 1100 \text{ Wh}$$

Q.30. Calcul de la capacité C_c (en Ah) fournie par la batterie pour assurer les 200 trajets types.

/0,25

$$C_c = W_t/E_0 = 1100/48$$

$$C_c = 22,92 \text{ Ah}$$

Q.31. Comparaison de C_c avec $0,8 \times C_b$ et conclusion pour la validité de la batterie.

/0,25

$$C_b = 29 \text{ Ah}, \text{ Les } 80\% \text{ de } C_b \text{ égale à } 23,2 \text{ Ah}$$

La batterie est valide car $C_c < 0,8 \times C_b$ respect du cahier des charges

Q.32. Mode de branchement des deux batteries élémentaires identiques et détermination de la f.e.m. E_e et la capacité C_e de chacune d'elles.

/0,25

Branchement en série, $E_e = 24 \text{ V}$ et $C_e = 29 \text{ Ah}$