

Attention ceci est un corrigé, ne pas distribuer

2. ÉTUDE DU FONCTIONNEMENT

Q.1) À partir des informations ci-dessus et du schéma bloc (DT5 C), indiquer sur feuille de copie les éléments constituant la fonction « acquérir ».

- Potentiomètre de recopie
- Accéléromètre
- Gyromètre
- Capteur de courant

Q.2) Préciser le rôle de la fonction « distribuer » et indiquer le type et les caractéristiques des énergies se trouvant à l'entrée et à la sortie de la fonction « distribuer ».

Produire une tension dont la valeur moyenne dépendra de la vitesse souhaitée.

En entrée : Tension continue 24 V

En sortie : Tension 24 V modulée

Q.3) Indiquer ce qui se passerait dans le cas où il y aurait une coupure d'électricité.

Justifier la nécessité de surveiller en permanence l'état de charge de la batterie.

Forcément, comme l'équilibre est dynamique, si la batterie était trop déchargée ou défaillante, il y aurait une chute.

Si les batteries se déchargent trop :

- ces dernières risquent de ne plus pouvoir être rechargées correctement ;
- la tension pouvant chuter considérablement, l'alimentation du moteur risque d'être insuffisante et les moteurs ne réagiront plus comme on aurait pu l'espérer.

3. LIMITATION DU RAYON DE BRAQUAGE

3-1. Condition de non dérapage :

Q.4) Exprimer le rayon du virage de la roue gauche noté R_{int} et le rayon du virage de la roue droite noté R_{ext} en fonction de R et de e .

$$R_{int} = R - e/2$$

$$R_{ext} = R + e/2$$

Q.5) En utilisant la figure 2, exprimer $\left\| \overrightarrow{V_{A \in S / R_0}} \right\|$ en fonction de la vitesse V de $\{S\}$, de R_{int} et de R .

$$\frac{\left\| \overrightarrow{V_{A \in S / R_0}} \right\|}{OA} = \frac{\left\| \overrightarrow{V_{G \in S / R_0}} \right\|}{OG} = \frac{V}{OG}$$

$$\text{D'où : } \left\| \overrightarrow{V_{A \in S / R_0}} \right\| = \frac{V \cdot R_{int}}{R}$$

Q.6) En faire de même pour la vitesse $\left\| \overrightarrow{V_{B \in S / R_0}} \right\|$ en fonction de la vitesse V de $\{S\}$, de R_{ext} et de R .

$$\left\| \overrightarrow{V_{B \in S / R_0}} \right\| = \frac{V \cdot R_{ext}}{R}$$

Q.7) Déterminer l'expression littérale de la vitesse angulaire de la roue gauche par rapport à l'ensemble $\{S\} = \{\text{Conducteur+ElectroWheelie}\}$ noté $\omega_{RoueG/S}$ en fonction de R_{int} , de R , de V et de Dr .

$$\omega_{RoueG/S} = \frac{\left\| \overrightarrow{V_{A \in S / R_0}} \right\|}{Dr/2} = \frac{2 \cdot V \cdot R_{int}}{R \cdot Dr}$$

Q.8) En utilisant le DT3, déterminer le rapport de transmission $i_{\text{moteur/RoueG}}$ fonction de Z_m et Z_r .

$$r_{\text{roueG/MoteurG}} = \frac{\omega_{\text{roueG}}}{\omega_{\text{moteurG}}} = -\frac{Z_m}{Z_r}$$

Q.9) En déduire l'expression littérale de la vitesse angulaire ($\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$) du moteur gauche ω_{moteurG} puis de la fréquence de rotation ($\text{tr}\cdot\text{min}^{-1}$) du moteur gauche N_{moteurG} en fonction de R_{int} , de R , de V , de D_r , de Z_m et de Z_r .

$$\omega_{\text{MoteurG}} = -\frac{2 \cdot V \cdot R_{\text{int}}}{R \cdot D_r} \cdot \frac{Z_r}{Z_m} \quad N_{\text{MoteurG}} = -\frac{2 \cdot V \cdot R_{\text{int}}}{R \cdot D_r} \cdot \frac{Z_r}{Z_m} \cdot \frac{30}{\Pi}$$

Q.10) Sachant qu'une démarche identique aurait pu être conduite avec la roue droite (roue extérieure), donner l'expression littérale de la fréquence de rotation du moteur droit N_{moteurD} en fonction de R_{ext} , de R , de V de D_r , de Z_m et de Z_r .

$$N_{\text{MoteurD}} = -\frac{2 \cdot V \cdot R_{\text{ext}}}{R \cdot D_r} \cdot \frac{Z_r}{Z_m} \cdot \frac{30}{\Pi}$$

Q.11) Vérifier alors la relation suivante liant les fréquences de rotation des moteurs gauche et droit :

$$\frac{N_{\text{mot.G}}}{N_{\text{mot.D}}} = \frac{R_{\text{int}}}{R_{\text{ext}}} = \frac{2 \cdot R - e}{2 \cdot R + e}$$

Q.12) Justifier la nécessité de connaître la valeur précise du rapport entre N_{moteurG} et N_{moteurD} afin de garantir la condition de non-dérapage de l'ElektorWheelie en virage.

La connaissance de ce rapport fonction de R permet de maîtriser parfaitement le comportement de l'ElektorWheelie lorsque celui-ci s'engage dans un virage.

3-2. Condition de non basculement :

Q.13) Écrire le théorème du moment en B en projection sur l'axe \vec{y}_0 donne :

$$-M \cdot \frac{V^2}{R} \cdot h = -P \cdot \frac{e}{2} + Z_A \cdot e$$

Q.14) Le basculement de l'ensemble $\{S\} = \{\text{conducteur} + \text{ElektorWheelie}\}$ vers l'extérieur à lieu lorsque la roue intérieure n'est plus en contact avec le sol, indiquer la conséquence pour la composante Z_A .

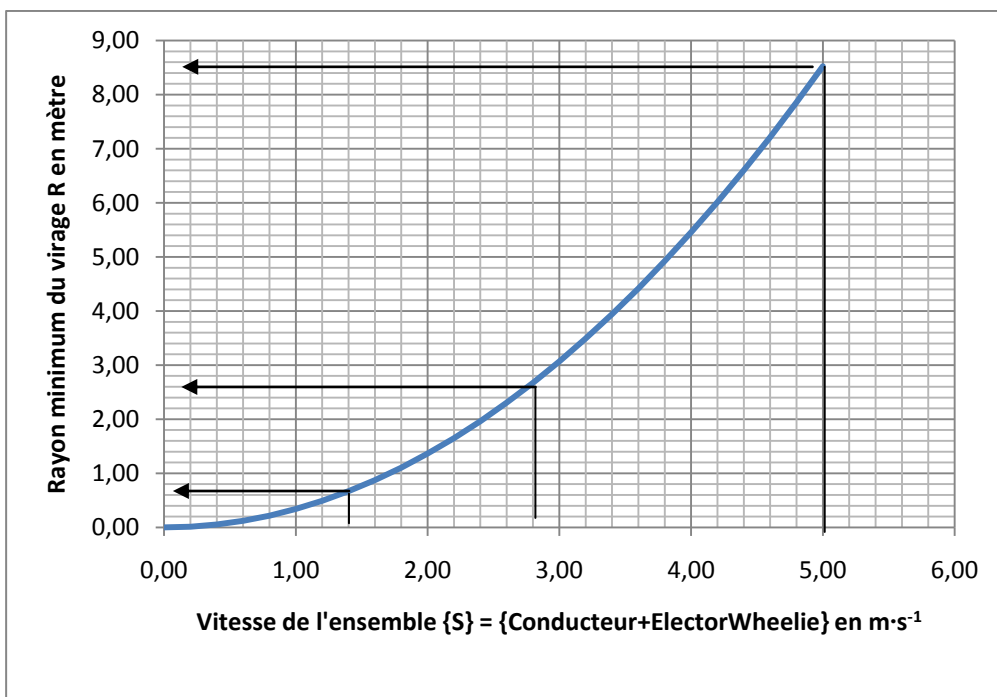
S'il y a basculement, la roue intérieure n'est plus en contact avec le sol et donc $Z_A = 0$

Q.15) En utilisant l'expression du théorème du moment en B, déterminer alors l'expression littérale du rayon du virage R en fonction de la vitesse V, de h, de e et de g.

$$M \cdot \frac{V^2}{R} \cdot h - P \cdot \frac{e}{2} + Z_A \cdot e = 0 \quad \text{Or : } Z_A = 0 \quad \text{D'où : } M \cdot \frac{V^2}{R} \cdot h - P \cdot \frac{e}{2} = 0$$

On en déduit :
$$R = \frac{2 \cdot V^2 \cdot h}{e \cdot g}$$

Q.16) En utilisant ce graphe et en laissant apparaître les tracés, déterminer, pour les trois conditions de fonctionnement (à la vitesse d'un homme qui marche : 5 km·h⁻¹, à la vitesse d'un homme qui court : 10 km·h⁻¹ et à la vitesse maximale : 18 km·h⁻¹), les rayons de virage minimums que l'ensemble {S} = {Conducteur+ElektorWheelie} doit prendre pour ne pas basculer. À cet effet, compléter le tableau fourni sur le document réponse DR1.



Conditions de fonctionnement	Vitesse (en km·h ⁻¹)	Vitesse (en m·s ⁻¹)	Rayon (en m)
Homme qui marche	5	1,4	0,7 m
Homme qui court	10	2,8	2,7 m
Vitesse maximale	18	5	8,5 m

Q.17) Vérifier que ces valeurs correspondent aux valeurs préconisées par le constructeur en FC3 et indiquer ce qu'il pourrait advenir si le conducteur ne respectait pas ces préconisations.

FS4 : Rester manœuvrable dans la circulation	Dérapage : aucun	
	Basculement : aucun	
	Vitesse	Rayon de virage minimal admissible
	5 km/h	0,8 m
	10 km/h	3 m
	18 km/h	9 m

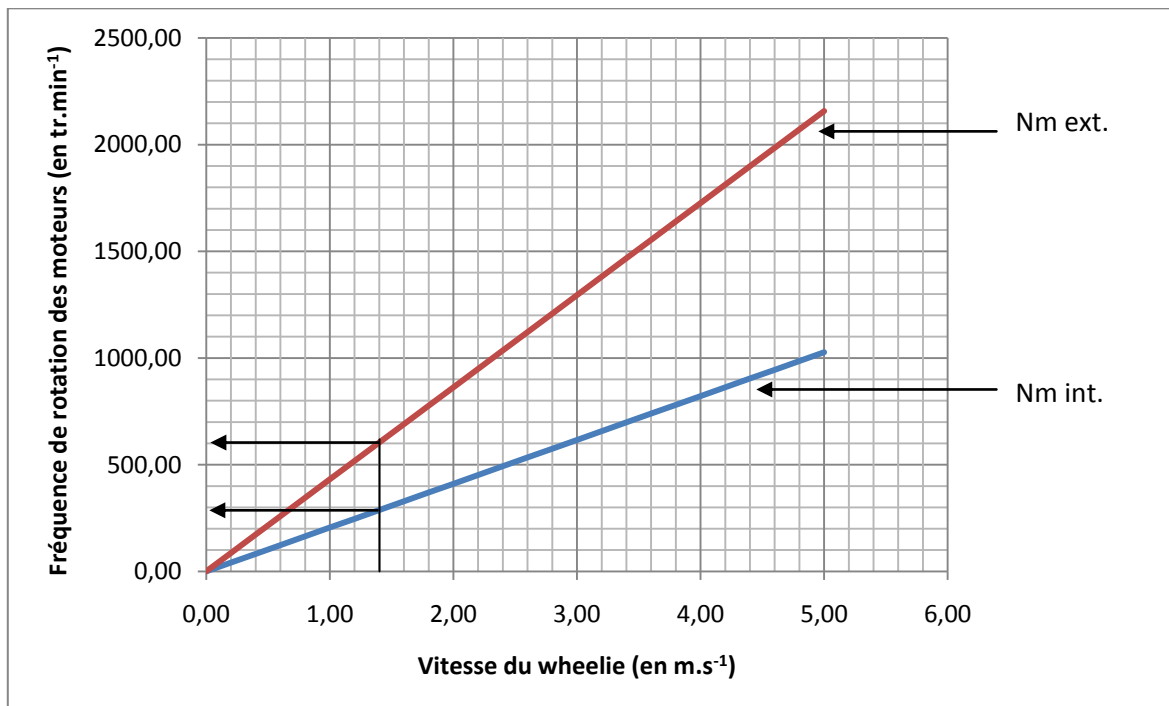
Il y a bien correspondance entre les valeurs trouvées et les valeurs préconisées par le constructeur. Si le conducteur ne respecte pas ces préconisations, il y a risque de basculement de l'ensemble {Conducteur+ElektorWheelie} vers l'extérieur du virage.

3-3. Mise en sécurité du Conducteur :

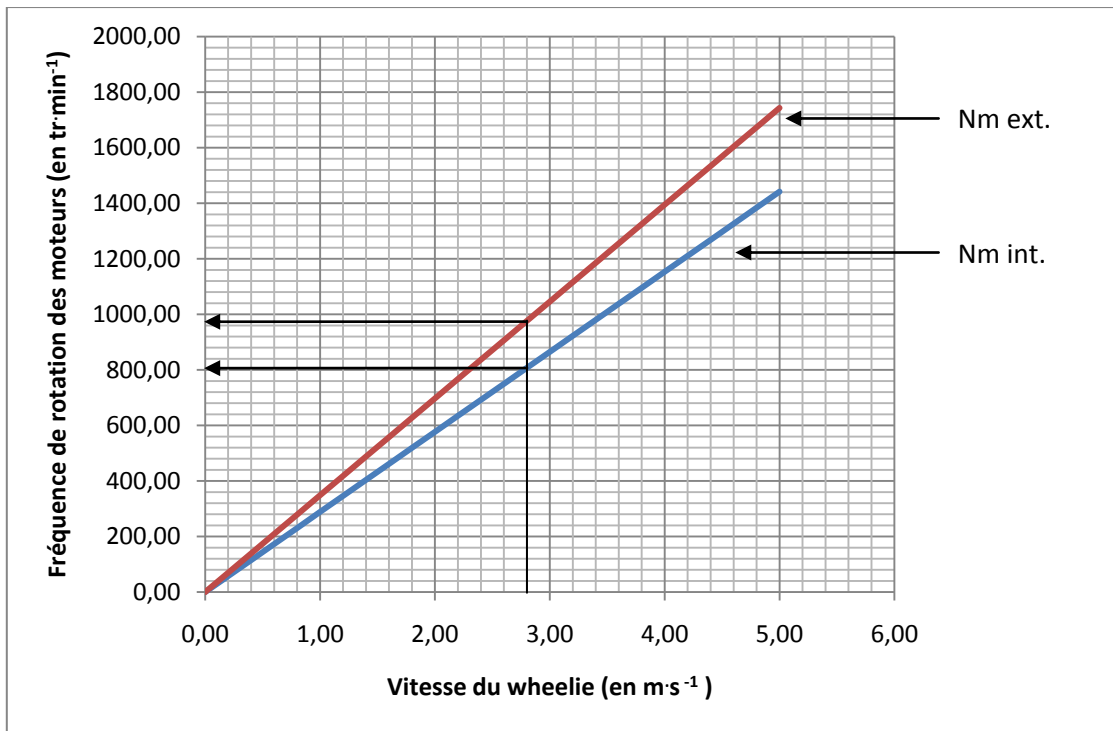
Q.18) En utilisant les courbes fournies dans les documents réponses DR1 et DR2 et en laissant apparaître les tracés, déterminer, pour les trois conditions de fonctionnement, les fréquences de rotation des moteurs gauche et droit (intérieur et extérieur) à commander pour éviter tout dérapage et basculement de l'ensemble {Conducteur+ElektorWheelie} en courbe. Compléter le tableau fourni sur le document réponse DR2.

Conditions de fonctionnement	Vitesse (en km/h)	Vitesse (en m/s)	Rayon (en m)	Nm int (en tr/min)	Nm ext (en tr/min)
Homme qui marche	5	1,4	0,8	290	600
Homme qui court	10	2,8	3	800	950
Vitesse maximale	18	5	9	1540	1640

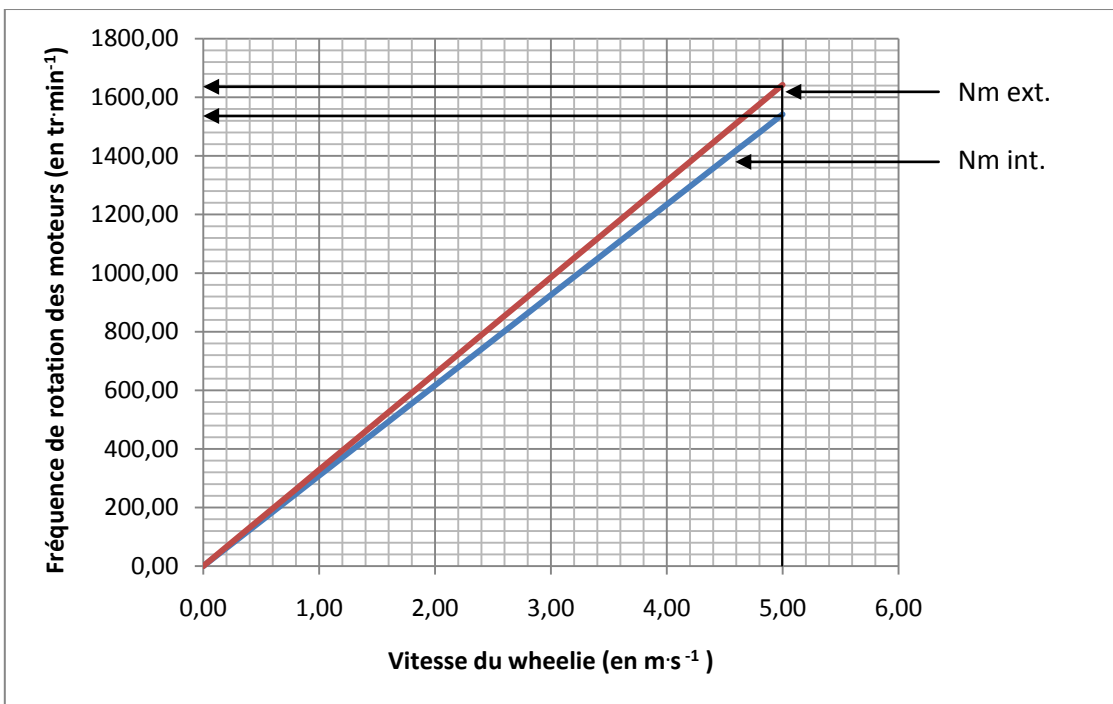
Courbe $N_{\text{moteur}} = f(V)$ pour un rayon de virage de 0,8 m :



Courbe $N_{\text{moteur}} = f(V)$ pour un rayon de virage de 3 m :



Courbe $N_{\text{moteur}} = f(V)$ pour un rayon de virage de 9 m :



Q.19) À l'aide du document technique DT5-D, compléter le document réponse DR3 en précisant les valeurs des consignes CD et CG ainsi que l'écart entre ces consignes Δp , Δc , Δw .

Conditions de fonctionnement	U _{moteur int} (en V)	U _{moteur ext} (en V)	Consigne MAXI moteur int	Consigne MAXI moteur ext	Différence MAXI entre les deux consignes
Homme qui marche	1,7	3,6	19	38	$\Delta p = 19$
Homme qui court	4,8	5,7	51	61	$\Delta c = 10$
Vitesse maximale	9,3	9,9	99	105	$\Delta w = 6$

Q.20) Compléter l'algorithme sur le document réponse DR3.

Constantes :

CP : consigne vitesse piéton

CC : consigne vitesse coureur

CWm : consigne vitesse max Wheelie

Δ_p = différence maximum entre les consignes de vitesse Gauche et Droite en mode piéton

Δ_c = différence maximum entre les consignes de vitesse Gauche et Droite en mode coureur

Δ_w = différence maximum entre les consignes de vitesse Gauche et Droite lorsque le Wheelie avance à 18 km/h

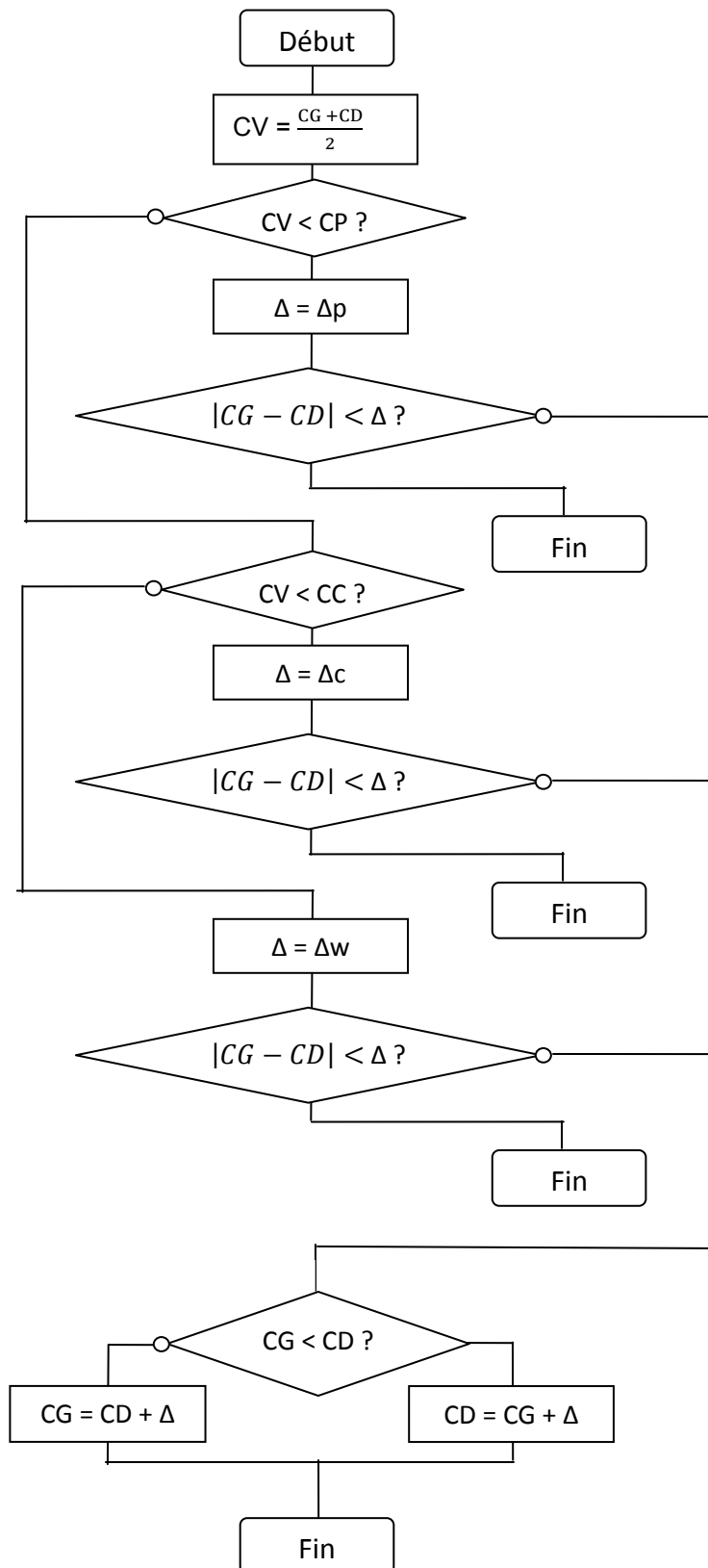
Variables :

CG : consigne vitesse moteur Gauche

CD : consigne vitesse moteur Droite

CV : consigne vitesse moyenne du Wheelie

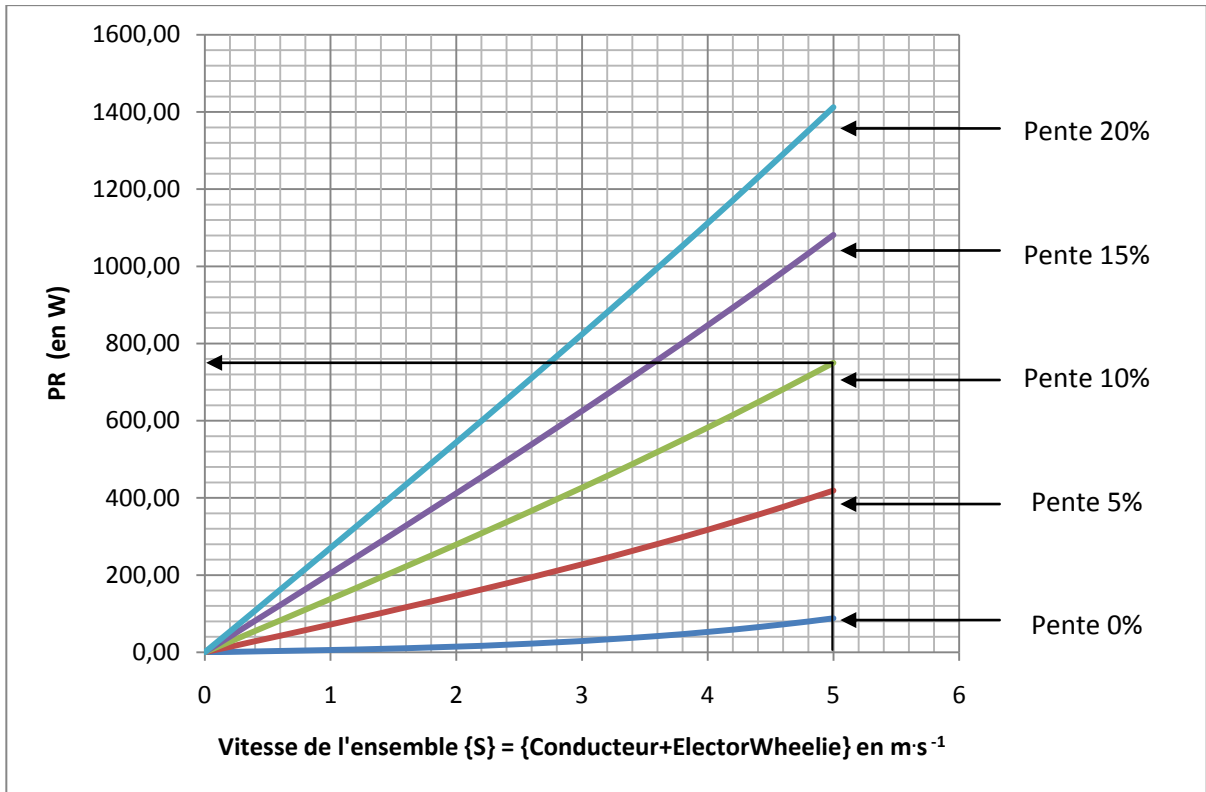
Δ = différence entre les consignes de vitesse Gauche et Droite



4. COMPORTEMENT DANS UNE PENTE À 10%

4-1. Vérification du critère de la fonction contrainte FC1 :

Q.21) À l'aide de ce graphe et en laissant apparaître les tracés, indiquer pour le cas de la pente correspondant au critère FC1 du cahier des charges, la valeur de la puissance nécessaire à vitesse maximale à délivrer aux roues pour la gravir.



PENTE (%)	PR (en W)
10	750

Q.22) En déduire la valeur de la puissance à délivrer à chaque roue : P_{red} .

PENTE (%)	PR (en W)	P_{red} (en W)
10	750	375

Q.23) En étudiant le synoptique de la transmission de puissance fourni ci-dessus, indiquer la relation liant P_{mot} et P_{red} .

$$\eta_{red} = \frac{P_{red}}{P_m} \quad \text{d'où} \quad P_m = \frac{P_{red}}{0,92}$$

Q.24) En déduire la valeur de la puissance délivrée par un moteur électrique : P_{mot} .

PENTE (%)	PR (en W)	P_{red} (en W)	P_m (en W)
10	750	375	407,6

Q.25) En fonction des caractéristiques des moteurs qui équipent le gyropode ElectorWheelie, conclure quant au respect de la fonction contrainte FC1.

La puissance nominale des moteurs qui équipent le gyropode étant de 500 W chacun, l'ensemble {Conducteur+ElectorWheelie} ne peut gravir à vitesse maximale des pentes qui n'excèdent pas 10%.

C'est conforme au critère de la fonction contrainte FC1.

Q.26) En justifiant votre démarche par des calculs, indiquer ce qui se passerait si le conducteur s'engage à vitesse maximale dans une pente de 15%.

PENTE (%)	PR (en W)	P _{red} (en W)	P _m (en W)
15	1080	540	586,9

En procédant de la même manière que précédemment, la puissance que devraient délivrer les moteurs doit alors être de 586,9 W donc supérieure à la puissance nominale des moteurs qui équipent l'ElectorWheelie. Le conducteur chuterait...

4-2. Vérification des paramètres du calculateur :

Q.27 Préciser sur la caractéristique du capteur (document réponse DR4), le point de repos du gyropode. On notera ce point « **Repos** ». En déduire la tension délivrée par ce capteur lorsque le gyropode est au repos.

on obtient 1,515 V

Q.28) Placer ensuite le point pour une inclinaison de 7,5° : on le notera « **Pente** ».

En déduire la tension délivrée par ce capteur lorsque le gyropode gravit une pente maxi.

on obtient 1,523 V

Q.29) Comparer l'écart des valeurs fournies par le capteur entre la position **Repos** et la **Pente** de 7,5°. Justifier la nécessité d'améliorer la sensibilité du dispositif et indiquer le nom de la fonction à assurer par le conditionneur.

$$1,523 \text{ V} - 1,515 \text{ V} = 8 \text{ mV}$$

L'écart est faible et source d'erreurs de mesure...

(L'erreur de quantification lors de la CAN est déjà d'environ 3 mV).

Solution : placer un amplificateur / soustracteur à la sortie du capteur.

Q.30) Décrire la procédure que devra mettre en œuvre le calculateur afin de surveiller le gyropode puis le placer en sécurité dans le cas où ce dernier se mettrait à gravir une pente trop importante.

Le calculateur surveillera la pente grâce à la tension fournie par l'accéléromètre. Si la pente est supérieure à 7,5°. Il mesurera le courant à l'aide de la sonde de courant. Si ce dernier augmente c'est que le couple augmente et qu'il est probablement en train de gravir une pente. Si ces deux conditions existent, alors il devra placer le gyropode en sécurité.

5. AUTONOMIE DU GYROPODE « ELEKTORWHEELIE »

Q.31) À partir des informations ci-dessus, donner la valeur de la tension U_{bat} qui doit déclencher le signal d'arrêt du gyropode.

Tension nominale : $2 \times 12 \text{ V} = 24 \text{ V}$

$U_{bat_{min}} = 24 (1-0,1) = 21,6 \text{ V}$

Q.32) En déduire la valeur de la tension U_m qui doit déclencher le signal d'arrêt.

$U_m = U_{bat} \times \frac{R_2}{R_1+R_2} = 2,77 \text{ V}$

Q.33) Calculer la valeur numérique que le programme doit détecter afin de donner l'ordre d'arrêt du gyropode.

$2^{10} (\text{ou } 2^{10} - 1) \times 2,77 / 3 = 945,5$. La valeur numérique est donc de 945.

Q.34) À partir du document technique DT6-E, donner la valeur du courant moyen consommé à 18 km/h.

Tension oscilloscope = $4,5 \text{ carreaux} \times 0,2 = 0,9 \text{ V}$

Avec une sonde 100 mV/A, on obtient un courant moyen de 9 A.

Q.35) À partir du document technique DT6-F, en déduire dans ces conditions le temps maximal d'utilisation du gyropode.

La tension de seuil pour une batterie est de $21,6 / 2 = 10,8 \text{ V}$

Lorsque cette dernière consomme 9 A, sa tension chute à 10,8 V au bout d'environ 25 mn

Q.36) D'après le document technique DT4, indiquer le rayon d'action estimé par le constructeur et en déduire son autonomie estimée. Comparer cette valeur avec celle déterminée à la question précédente.

Rayon d'action constructeur = 8 km ; Autonomie = $8 \text{ km/h} / 18 \text{ km} = 0,4 \text{ h}$ soit 24 mn

Les mesures confirment les données du constructeur.

On notera cependant que le Wheelie n'est pas prévu pour avancer à sa vitesse maxi en permanence, là où la consommation est la plus importante.

D'autre part on peut supposer que le constructeur a été optimiste quand au rayon d'action, le Wheelie fonctionnant beaucoup par « à coups » et donc avec des pointes de courant élevées, ce qui réduit d'autant l'autonomie.

Q.37) Proposer en justifiant une solution afin d'augmenter l'autonomie du gyropode.

- * remplacer les batteries au plomb par des batteries au lithium
- * augmenter la capacité de chacune des batteries (de 9 A.h à 12 A.h par exemple)
- * augmenter le diamètre des roues
- * Toute réponse intelligente qui est argumentée peut être correcte.

6. BILAN ET CONCLUSION

Q38) Analyser les résultats obtenus et proposer d'autres améliorations simples qui pourraient être apportées à l'ElektorWheelie.

On pourrait :

- doubler les capteurs,
- placer des capteurs afin de mesurer la vitesse réelle des roues,
- amplifier le signal de l'accéléromètre.

BARÈME / 80

Partie	Question	Points	Pts / partie		Remarque(s)
2	1	1	5		
	2	2			
	3	2			
3	4	1	35		
	5	1			
	6	1			
	7	2			
	8	2			
	9	2			
	10	1			
	11	2			
	12	2			
	13	2			
	14	1			
	15	2			
	16	2			
	17	2			
	18	2			
	19	4			
	20	6			
	4	21		2	23
22		2			
23		3			
24		1			
25		3			
26		4			
27		1			
28		1			
29		3			
30		3			
5		31	2	15	
	32	1			
	33	3			
	34	2			
	35	3			
	36	2			
	37	2			
6	38	2	2		
total		80			