

TRAINING!

2021-2022

**SCIENCES
INGÉNIEUR**

**PREMIÈRE
SPÉCIALITÉ**



SUJET SI-E3C-25-01

Constitution du sujet

- **Étude d'une performance du produit** Pages 4 à 6
- **Commande du fonctionnement du produit ou modification de son comportement** Pages 7 à 9
- **Documents réponses** Pages 10 à 11

Rappel du règlement de l'épreuve

Le sujet comporte deux exercices indépendants l'un de l'autre, équilibrés en durée et en difficulté, qui s'appuient sur un produit unique.

Un premier exercice s'intéresse à l'étude d'une performance du produit. Les candidats doivent mobiliser leurs compétences et les connaissances associées pour qualifier et/ou quantifier cette performance, à partir de l'analyse, de la modélisation de tout ou partie du produit ou de relevés expérimentaux.

Le second exercice porte sur la commande du fonctionnement du produit ou la modification de son comportement. L'étude s'appuie sur l'algorithmique et de la programmation, à partir de ressources fournies au candidat qu'il devra exploiter, compléter ou modifier.

Présentation du Produit

Stéphane Rachmulh et Antoine d'Acremont, deux entrepreneurs français férus de bicyclette, ont trouvé la solution pour transformer n'importe quel vélo en vélo à assistance électrique (VAE). Leur concept : Rool'in.

Le Rool'in est une **roue électrique amovible** que vous pouvez installer sur votre vélo. Elle remplace la roue avant de votre bicyclette.

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :


(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat : N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le : / /



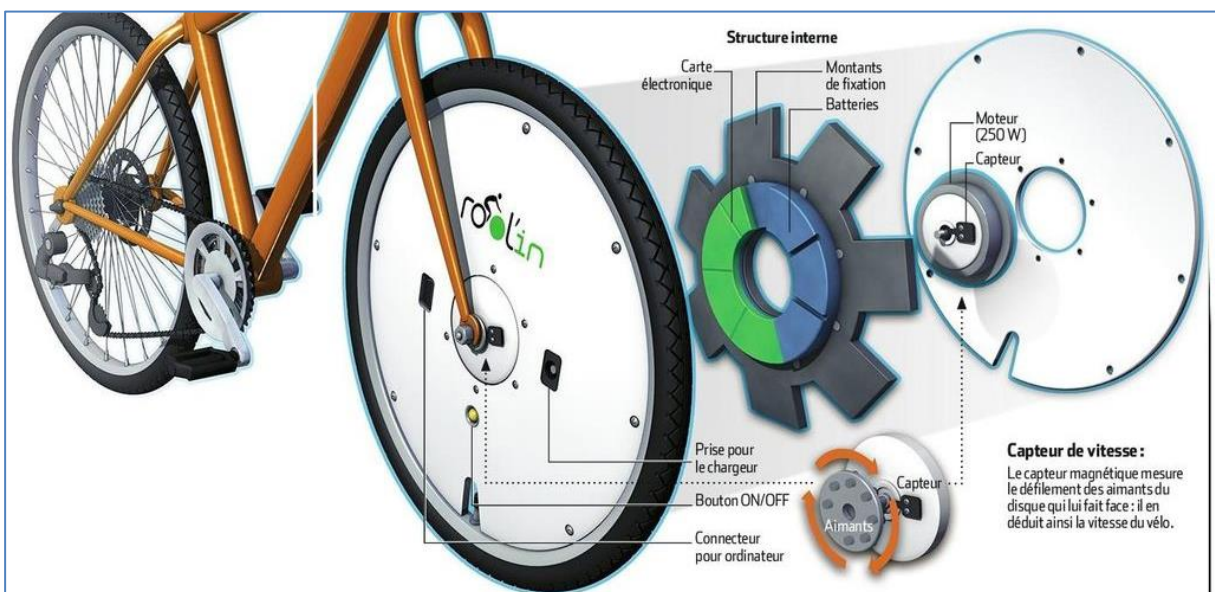
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1



Le système Rool'in se compose d'une roue avant dont le moyeu contient un moteur électrique, des batteries et un capteur de vitesse, d'un détecteur de pédalage, d'un détecteur de freinage et d'une console électronique. Dès qu'un mouvement de pédalage est détecté, la console électronique transmet, par WiFi, l'ordre au moteur électrique de se mettre à tourner.

Le moteur fournit ainsi une assistance électrique tant que la vitesse, surveillée par le capteur intégré dans la roue, ne dépasse pas $25 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, la limite légale autorisée en Europe.





Étude d'une performance du produit

Problématique : la batterie du Rool'in permet-elle de satisfaire les attentes des usagers en matière d'autonomie ?

La roue Rool'in, comme tous les vélos à assistance électrique, fait l'objet d'une certification afin d'être classée dans la catégorie cycle et non cyclomoteur (catégorie nécessitant le port d'un casque et la prise d'une assurance particulière).

Cette certification impose trois contraintes :

- arrêt du moteur dès que le cycliste arrête de pédaler ou freine,
- arrêt du moteur lorsque la vitesse atteint ou dépasse $25 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$,
- puissance de la motorisation inférieure ou égale à 250 W .

De façon à pouvoir comparer les performances de différents vélos à assistance électrique, les essais sont réalisés sur circuits standardisés représentatifs de différentes configurations d'utilisation des vélos.

Le circuit utilisé pour réaliser les essais ci-dessous est le suivant :

- sol en revêtement bitume,
- sol sec,
- pas de pente,
- pas de vent.

Les graphiques ci-dessous montrent l'évolution de la vitesse du V.A.E et du courant moteur au cours du temps lors d'un cycle sur le circuit décrit ci-dessus. La durée du cycle est 90 secondes. Le cycle commence à la date $t=10 \text{ s}$. Le niveau d'assistance demandé est maximal.

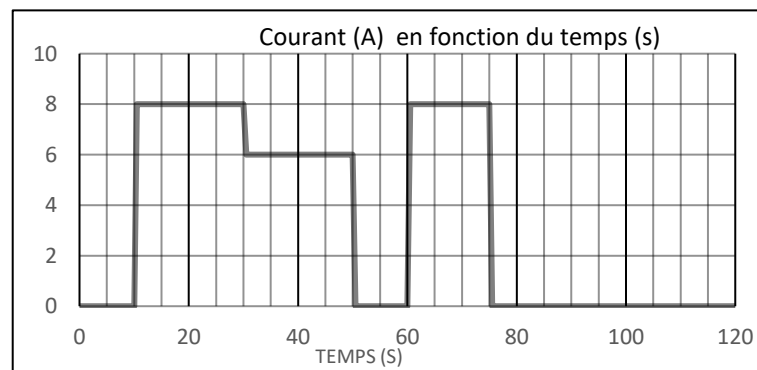


Figure 1-1 : évolution du courant moteur en fonction du temps

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :


(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat : N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le : / /



1.1

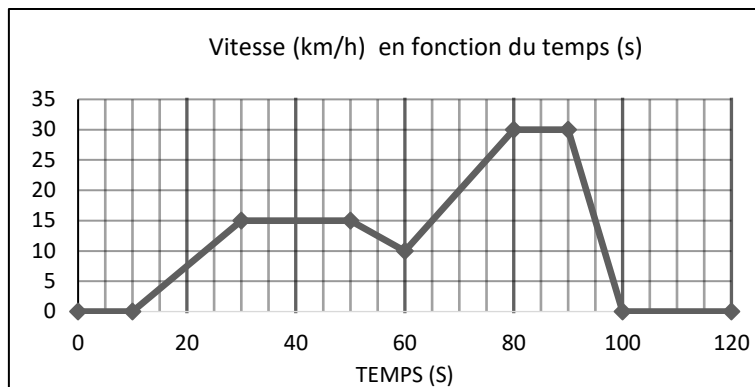


Figure 1-2 : évolution de la vitesse du VAE en fonction du

Question I-1 A partir du graphique de la vitesse du vélo au cours du temps, lors d'un cycle, **compléter**, sur le document réponse DR1 QI-1, le tableau par des croix pour indiquer le type de mouvement et l'état de l'assistance. **Calculer** la distance parcourue par le vélo.

La batterie du Rool'in est composée d'accumulateurs Lithium-ion. La capacité de la batterie est de 17 A·h et la tension à ses bornes est de 30 V.

Rappel : Energie (Wh) = Capacité (A·h) x Tension (V)

Question I-2 **Calculer** la quantité d'énergie stockée dans la batterie. Pour éviter une décharge profonde de la batterie, on limitera le taux de décharge à 80%. **Calculer** l'énergie exploitable dans la batterie.

Le constructeur indique que l'autonomie de la roue est comprise entre 40 et 60 km en fonction du niveau d'assistance choisie.

Question I-3 A partir du graphique du courant en fonction du temps et sachant que la tension aux bornes de la batterie est de 30 V, **calculer** l'énergie nécessaire à la réalisation de ce cycle ainsi que l'autonomie du vélo en heure, puis en kilomètres s'il ne parcourt que des cycles identiques à celui présenté. **Comparer** vos résultats avec les performances attendues.

En 2017, la start-up Rool'in a commercialisé une roue électrique motorisée équipée de cellules photovoltaïques pour étendre son autonomie. Se rechargeant automatiquement aussi bien à l'arrêt qu'en mouvement, ses créateurs assurent pouvoir vous faire gagner jusqu'à 20 km d'autonomie quotidienne en fonction de l'exposition.



Pour mettre en évidence les transferts d'énergie et d'information entre les constituants de la roue Rool'in, un diagramme de flux a été tracé sur le DR1 QI-4.



Question I-4 Sur DR1 QI-4, **associer** les noms des composants aux numéros correspondants sur le tableau proposé. **Compléter** les cases vides sous les liens de puissance avec la nature de ce lien avec les mentions suivantes : Mécanique (M) ou Electrique (E).

Le diagramme ci-dessous représente les caractéristiques courant-tension d'une des 24 cellules utilisées sur la roue Rooll'in :

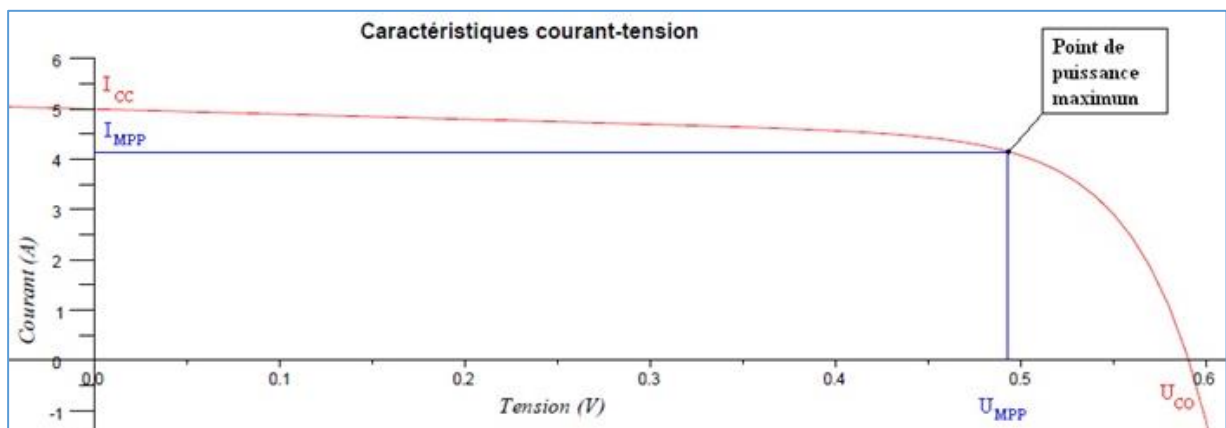


Figure 1-3 : Caractéristique courant/tension d'une cellule

Question I-5 A partir du diagramme ci-dessous, **relever** le courant I et la tension U au point de puissance maximum. Sachant que la roue dispose, sur chaque face de 12 cellules photovoltaïques, **comment doit-on les brancher** (série ou parallèle) pour que chaque face puisse générer une différence de potentiel environ égale à 6 V ?

L'énergie supplémentaire stockée issue des cellules photovoltaïques à Copenhague est 140 Wh ce qui garantit une autonomie kilométrique de 20 km supplémentaires pour la période de mars à octobre. Vous considérerez qu'une seule face est exposée au soleil et toutes les cellules fournissent un courant I_{MPP} lu sur la caractéristique courant-tension.

Question I-6 **Calculer** le temps d'exposition solaire en heure permettant d'atteindre 140 Wh. **Conclure** sur l'intérêt des panneaux pour augmenter l'autonomie.

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :


(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat : N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le : / /



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

Commande du fonctionnement du produit ou modification de son comportement

Problématique : Valider la stratégie de limitation d'assistance en cas de dépassement de la vitesse maximale autorisée.

Pour que l'utilisation de la roue soit agréable, l'assistance n'est pas brutalement coupée lorsque le vélo dépasse la vitesse de $25 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ mais décroît progressivement. Pour les mêmes raisons de confort d'utilisation, lorsque la vitesse du vélo passe en dessous des $25 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, l'intensité de l'assistance augmente progressivement. Pour mettre en évidence ce fonctionnement, l'étude portera lorsque la vitesse du vélo est située autour de $25 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

Pour comprendre la stratégie de limitation d'assistance en cas de dépassement de la vitesse autorisée ($25 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$), on réalise un essai sur un banc instrumenté ce qui permet d'obtenir les chronogrammes de la figure 2-1. La zone sombre sur la figure 2-1 partie gauche correspond aux fluctuations du couple moteur. La partie droite de la figure 2-1 représente le détail de la zone entourée sur la partie gauche autour de l'instant $t = 4\,012 \text{ s}$. Pour recréer les conditions d'obtention d'un dépassement de la vitesse maximale autorisée ($25 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$), l'assistance choisie est le niveau d'assistance maximal.

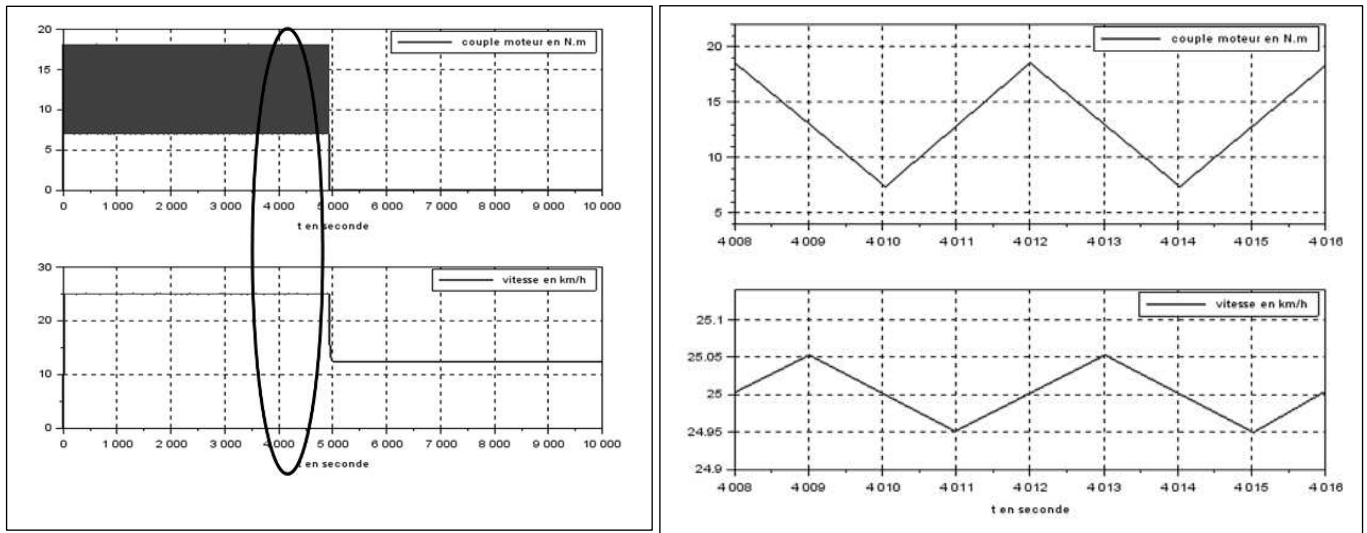
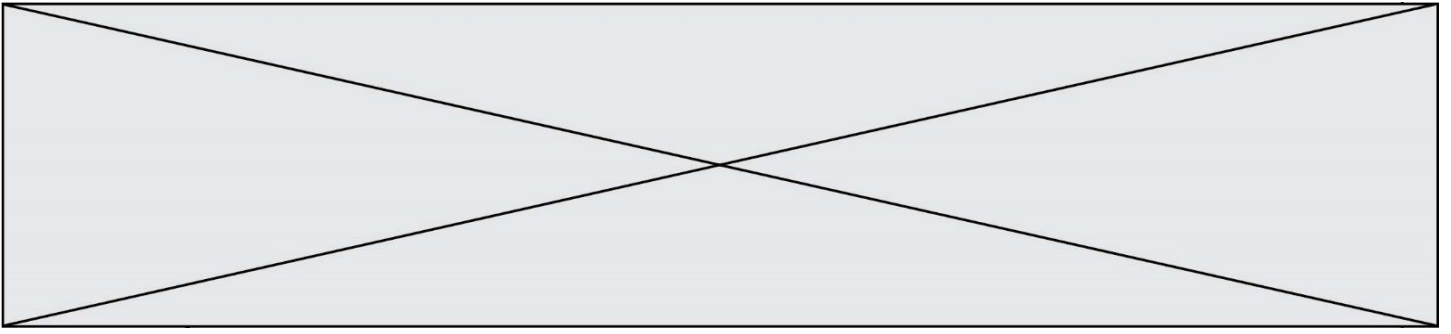


Figure 2-1 : Essai sur banc instrumenté

On appelle C_{musc} le couple musculaire ramené sur la roue arrière. Ce couple est supposé constant ($C_{musc} = 7,25 \text{ N}\cdot\text{m}$). Le niveau d'assistance choisi est le niveau d'assistance maximal. Il est caractérisé par un coefficient $N_a = 2,5$, tel que : $P_{mot} = N_a \cdot P_{musc}$. Sachant que $P_{mot} = N_a \cdot P_{musc}$ et que le diamètre des deux roues est



identique, on peut en déduire que le couple moteur est donné par la relation :
 $C_{mot} = N_a \cdot C_{musc}$ si la vitesse du cycliste par rapport au sol ne dépasse pas $25 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.
 S'il y a dépassement établie de cette valeur, le couple moteur sera réduit linéairement jusqu'à éventuellement s'annuler.

Question II-1 D'après la figure 2-1, **Indiquer** la condition sur la vitesse qui entraîne la croissance ou décroissance du couple.

Question II-2 A partir des valeurs maximale (C_{mot_max}) et minimale (C_{mot_min}) du couple moteur relevées sur les courbes précédentes à **préciser, justifier** la valeur du rapport $\frac{C_{mot_max}}{C_{mot_min}}$.

La roue avant motorisée est équipée de 16 aimants sur la partie tournante, et d'un capteur à effet Hall ($Capt_H$) sur la partie fixe. Le passage d'un aimant devant le capteur déclenche en sortie une impulsion à l'état haut (figure 2-2). On donne le diamètre de la roue :

$$D_r = 0,7 \text{ m.}$$

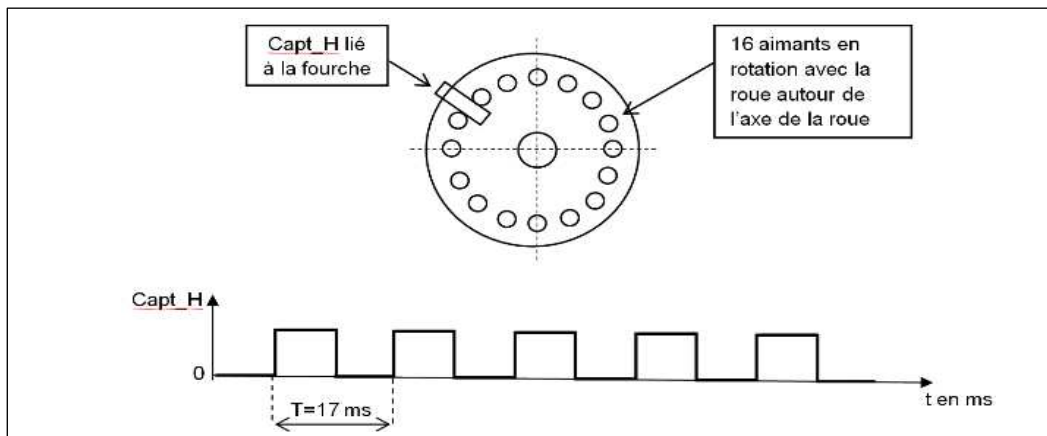



Figure 2-2 : Chronogramme de Capt_H

Question II-3 A partir du chronogramme de la figure 2-2, **déterminer** le nombre N_{imp} d'impulsions (ou périodes) par seconde issues du capteur $Capt_H$ (arrondi au nombre entier le plus proche) et **en déduire** la vitesse du cycliste $V_{cycl/sol}$ par rapport au sol correspondante en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ et $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$.

Modèle CCYC : ©DNE																				
Nom de famille (naissance) : <small>(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)</small>																				
Prénom(s) :																				
N° candidat :											N° d'inscription :									
 <small>Liberté • Égalité • Fraternité</small> <small>RÉPUBLIQUE FRANÇAISE</small>	<small>(Les numéros figurent sur la convocation.)</small>																			
	Né(e) le :			/			/													

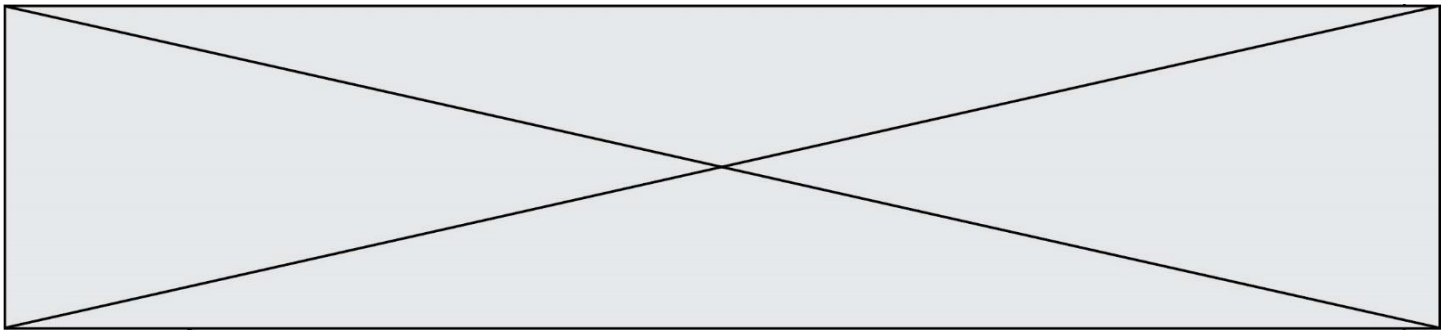
1.1

Pour la suite, on appelle $N_{max} = 50$, le nombre d'impulsions par seconde lié à la vitesse maximale du cycliste par rapport au sol. Le programme en charge de la limitation de couple est composé de deux tâches logicielles distinctes :

- un sous-programme d'interruption qui se déclenche à chaque front montant de $Capt_H$, gère l'incrémentation d'un compteur N ;
- une tâche de fond, qui se déclenche toutes les 100 ms, contrôle le courant i délivré par la batterie et réinitialise la variable N . En cas de survitesse, i décroît linéairement jusqu'à s'annuler éventuellement de façon à réduire le couple moteur. En cas de sous-vitesse, i peut recroître sans dépasser la valeur de consigne i_{cons} correspondant au niveau d'assistance demandé.

Question II-4 **Compléter**, dans les cases repérées en trait fort sur le document réponse DR2 QII-4, le sous-programme d'interruption et la tâche de fond en fonction des indications précédentes.

Question II-5 **Expliquer**, en 5 lignes au maximum, pourquoi le dispositif de contrôle de la vitesse utilisé par le V.A.E. n'est pas un asservissement de vitesse. On pourra envisager le comportement du vélo en descente.

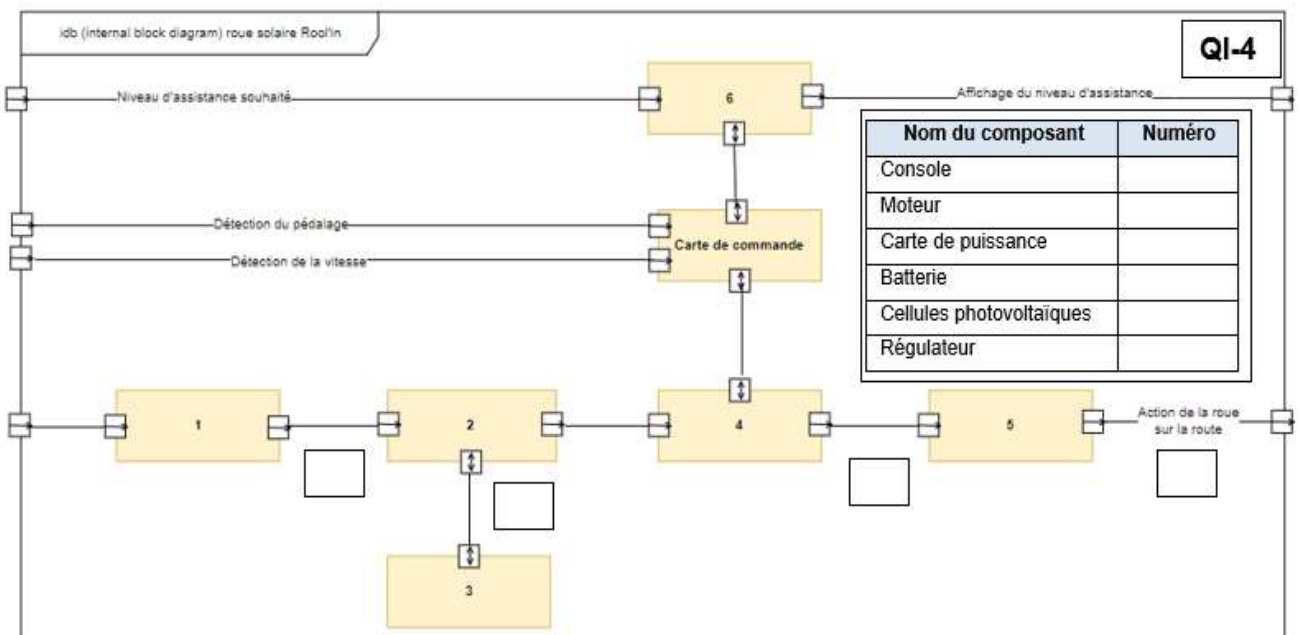


Documents Réponse DR1

QI-1

	Analyse du mouvement			Assistance électrique	
	Vitesse constante	Accélération	Décélération	Active	Inactive
De 10 à 30s					
De 30 à 50s					
De 50 à 60s					
De 50 à 65s					
De 60 à 75s					
De 75 à 80s					
De 80 à 90s					
De 90 à 100s					

QI-4



Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :

N° d'inscription :



Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

1.1

Document Réponse DR2

QII-4 :

