





**BACCALAURÉAT GÉNÉRAL**  
**Épreuve Commune de Contrôle Continu**  
**E3C**  
**SCIENCES DE L'INGÉNIEUR**

Coefficient 5

Durée : 2 heures

Aucun document autorisé

L'usage des calculatrices est autorisé dans les conditions suivantes :

- l'usage de calculatrice avec mode examen actif est autorisé ;
- l'usage de calculatrice sans mémoire, « type collègue » est autorisé.

***Information aux candidats :** les candidats qui disposent d'une calculatrice avec mode examen devront l'activer le jour des épreuves et les calculatrices dépourvues de mémoire seront autorisées. Ainsi tous les candidats composeront sans aucun accès à des données personnelles pendant les épreuves.*

**Constitution du sujet**

- **Étude d'une performance du produit**..... Pages 5 à 7
- **Commande du fonctionnement du produit ou modification de son comportement** ..... Pages 8 à 11
- **Documents techniques** ..... Pages 12 à 15
- **Documents réponses** ..... Pages 16 à 18





### **Description :**

Le gyropode est constitué de 2 plateformes (droite et gauche) reliées entre elles par un axe leurs permettant une rotation relative l'une par rapport à l'autre.

Chaque plateforme contient :

- Un ensemble moteur brushless associé à une roue ;
- Un capteur d'inclinaison permettant d'acquérir l'angle d'inclinaison de la plateforme par rapport à l'horizontale ;
- Un capteur de vitesse permettant d'acquérir la vitesse de rotation du moteur ;
- Un capteur de présence.

L'ensemble contient également une batterie et une carte électronique (carte de commande et de puissance, carte Leds).

### **Fonctionnement :**

Par l'intermédiaire de ses pieds, l'utilisateur génère l'inclinaison des plateformes par rapport à l'horizontal de manière indépendante. La mesure de cette inclinaison, est interprétée par la carte électronique comme une consigne de vitesse pour les moteurs. La carte électronique génère alors le signal correspondant de commande de la tension d'alimentation des moteurs.

### **Caractéristiques :**

- Puissance Moteur : 700 Watts (2 moteurs de 350W) ;
- Batterie : 36 V - 4.4 Ah (lithium-ion) ;
- Autonomie : 1h environ ou 5 km avec une charge complète (varie selon le poids de l'utilisateur, le type de terrain pratiqué et la vitesse d'utilisation) ;
- Temps de chargement : 2 à 3 heures ;
- Vitesse maximale : 15 km·h<sup>-1</sup> en fonction du poids de l'utilisateur ;
- Charge maximale de l'utilisateur : 120 kg.





Cette courbe présente l'évolution du courant délivré par la batterie lors d'un déplacement type à une vitesse de  $6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  sur un sol plat (vitesse maximale autorisée sur une voie piétonne). La distance totale parcourue lors de ce parcours est de 8 mètres. Ce parcours type est composé de quatre phases :

- Phase 1 : démarrage et déplacement de 3 m en ligne droite sur un plan horizontal (vitesse :  $6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) ;
- Phase 2 : montée sur 1 m en ligne droite sur un plan incliné à  $10^\circ$  (vitesse :  $2,46 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) ;
- Phase 3 : déplacement de 3 m en ligne droite sur un plan horizontal (vitesse :  $6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) ;
- Phase 4 : ralentissement sur 1 m jusqu'à l'arrêt complet.

Durant ce parcours, la valeur de la tension aux bornes de la batterie est considérée constante et égale à 36 V.

**Question I-2** Identifier sur le document DR2 les différentes phases du parcours type (phases 1 à 4) puis relever sur la fig. 1 la valeur du courant électrique  $i_1$  lorsque le gyropode se déplace sur un sol horizontal et la valeur du courant électrique  $i_2$  lorsque le gyropode se déplace sur une montée inclinée à  $10^\circ$ .

La mesure des courants consommés pendant les différentes phases du parcours précédent sur le système réel a permis d'obtenir la courbe de la fig. 2

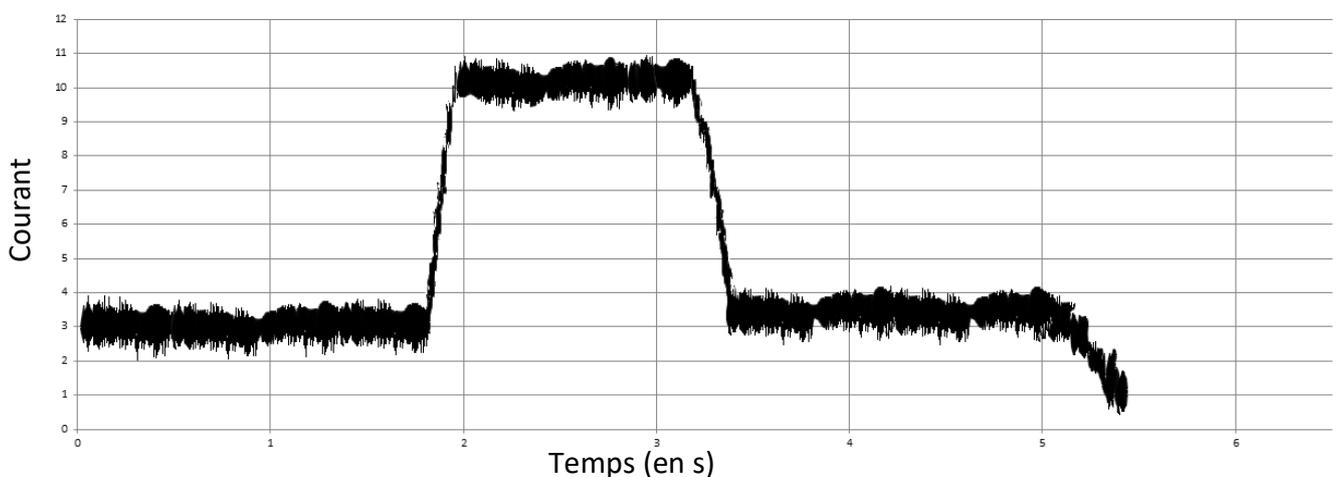


Fig.2 Intensité délivrée par la batterie durant le parcours type réel





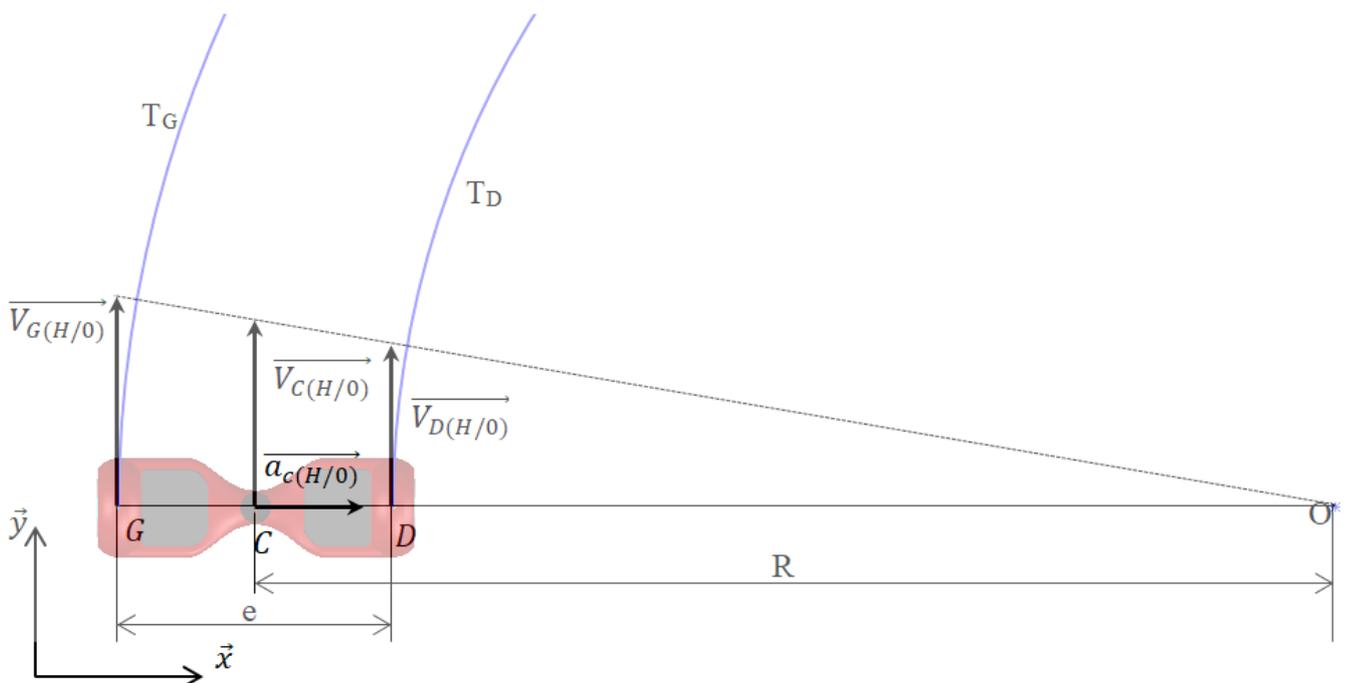
## EXERCICE 2 : MODIFICATION DU COMPORTEMENT DE L'HOVERBOARD

Lors de l'utilisation du gyropode, il est apparu que les chutes interviennent principalement lorsque l'utilisateur prend des virages trop serrés à trop grande vitesse.

En effet, dans le cas d'un virage, l'utilisateur génère une accélération centripète qui se traduit par une force d'inertie centrifuge qui le déstabilise.

**Objectif** : Pour améliorer la sécurité de son Hoverboard, le constructeur souhaite élaborer un algorithme permettant de limiter l'accélération centripète au centre du gyropode à  $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  en limitant la norme de la vitesse du centre du gyropode tout en conservant sa direction, c'est-à-dire le rayon de courbure du virage.

**Notations et limites** : On se limite, dans cette étude, au cas d'un virage à droite.



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

On note :

- $G$  et  $D$  les centres respectivement des roues gauche et droite ;
- $C$  le centre du gyropode ;
- $R$  le rayon de courbure du virage ;
- $e$  l'empattement du gyropode ( $e = GD$ ) ;
- $\vec{V}_{G(H/0)}$ ,  $\vec{V}_{C(H/0)}$ ,  $\vec{V}_{D(H/0)}$  les vitesses respectivement en  $G$ ,  $C$  et  $D$  du gyropode par rapport au sol ;
- $\omega_G$  et  $\omega_D$  les normes des vitesses de rotation des roues droite et gauche par rapport au gyropode.

Pour simplifier les écritures, on notera dans la suite :

$$V_G = \|\vec{V}_{G(H/0)}\|, V_C = \|\vec{V}_{C(H/0)}\|, V_D = \|\vec{V}_{D(H/0)}\|$$

Une première réflexion permet d'établir l'algorithme fonctionnel suivant :

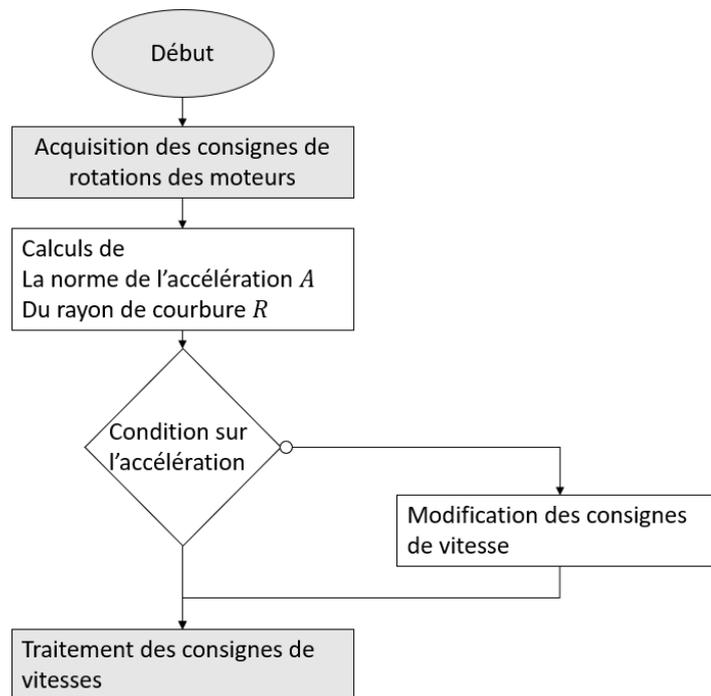


Fig.3 : Algorithme fonctionnel

La norme de la vitesse du centre  $C$  du gyropode par rapport au sol est la moyenne des vitesses en  $G$  et en  $D$  du gyropode par rapport au sol.



**Question II-1** Donner l'expression de  $V_D$  et  $V_G$  en fonction des vitesses de rotation des roues  $\omega_D$  et  $\omega_G$  et du diamètre  $D$  des roues.

En déduire l'expression  $V_C$  en fonction de  $\omega_D$  et  $\omega_G$  et du diamètre  $D$  des roues.

D'autre part, on peut montrer que l'on a la relation :

$$\frac{V_G}{V_D} = \frac{R + e}{R - e}$$

**Question II-2** Déterminer alors l'expression du rayon  $R$  en fonction de  $\omega_D$  et  $\omega_G$ .

La norme de l'accélération centripète du centre  $C$  du gyropode par rapport au sol est donnée par :

$$A = \|\vec{a}_{C(H/0)}\| = \frac{V_C}{R^2}$$

Ainsi, si on conserve le rayon  $R$  et que l'on impose  $A$ , on a  $\omega_G = 2 \cdot \frac{R+e}{D} \cdot R \cdot A$

**Question II-3** Quelle est alors l'expression de  $\omega_D$  en fonction de  $R$ ,  $e$ ,  $D$  et  $A$  ?

**Question II-4** Reprendre l'algorithme fonctionnel fig. 3 donné page précédente, le refaire en introduisant les résultats des questions II.1 à II.3. Vous pouvez ajouter les blocs (étapes) qui vous semblent nécessaires.

***Vous ne modifierez pas les blocs grisés.***

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

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

Prénom(s) :

N° candidat :

N° d'inscription :



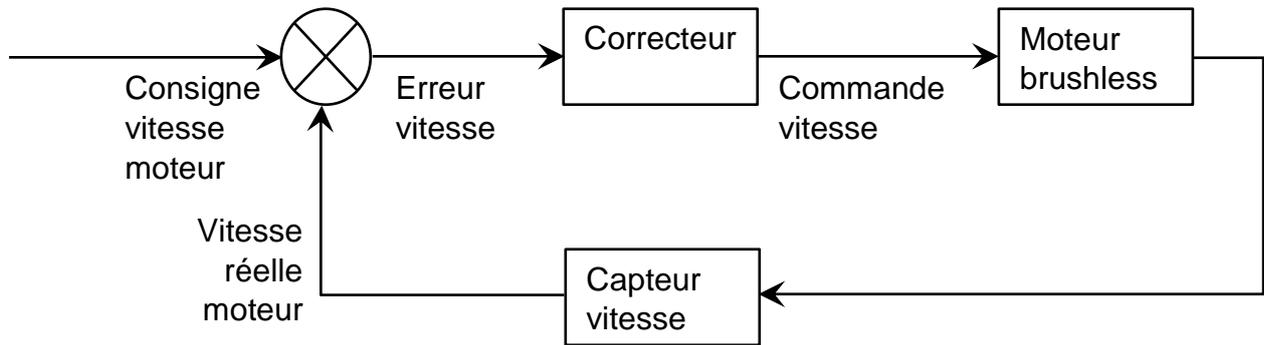
Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

1.1

Afin de s'assurer qu'un virage soit pris en toute sécurité, il est nécessaire d'acquérir les vitesses de rotation réelles des moteurs et de les comparer avec les consignes de vitesse émises par la carte électronique. L'asservissement en vitesse présenté ci-dessous doit donc être mis en œuvre pour chaque moteur :



**Question II-5**

Compléter le diagramme des blocs internes (voir document réponse DR3), de façon à faire apparaître cet asservissement en vitesse.



Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :  
(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :

N° d'inscription :

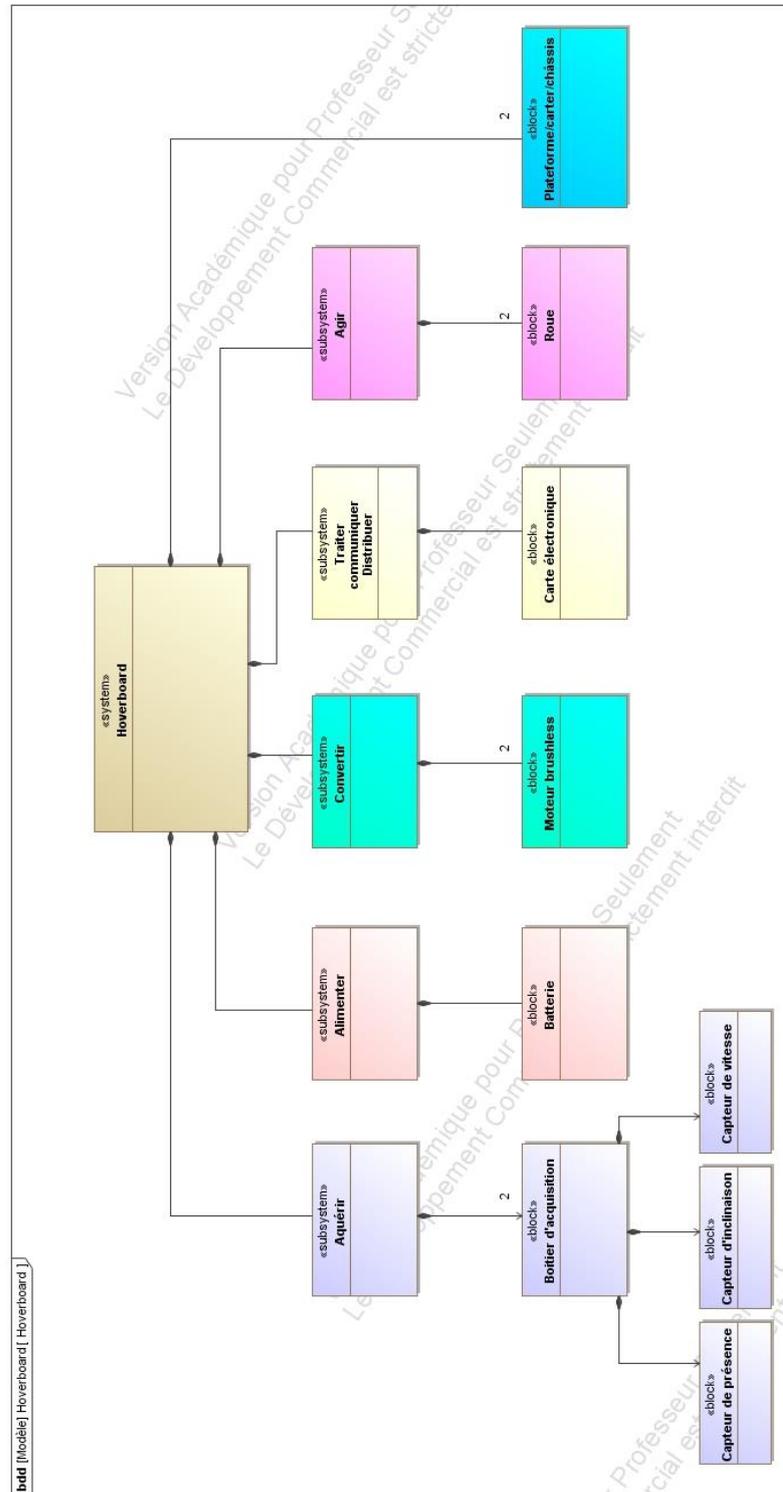


Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

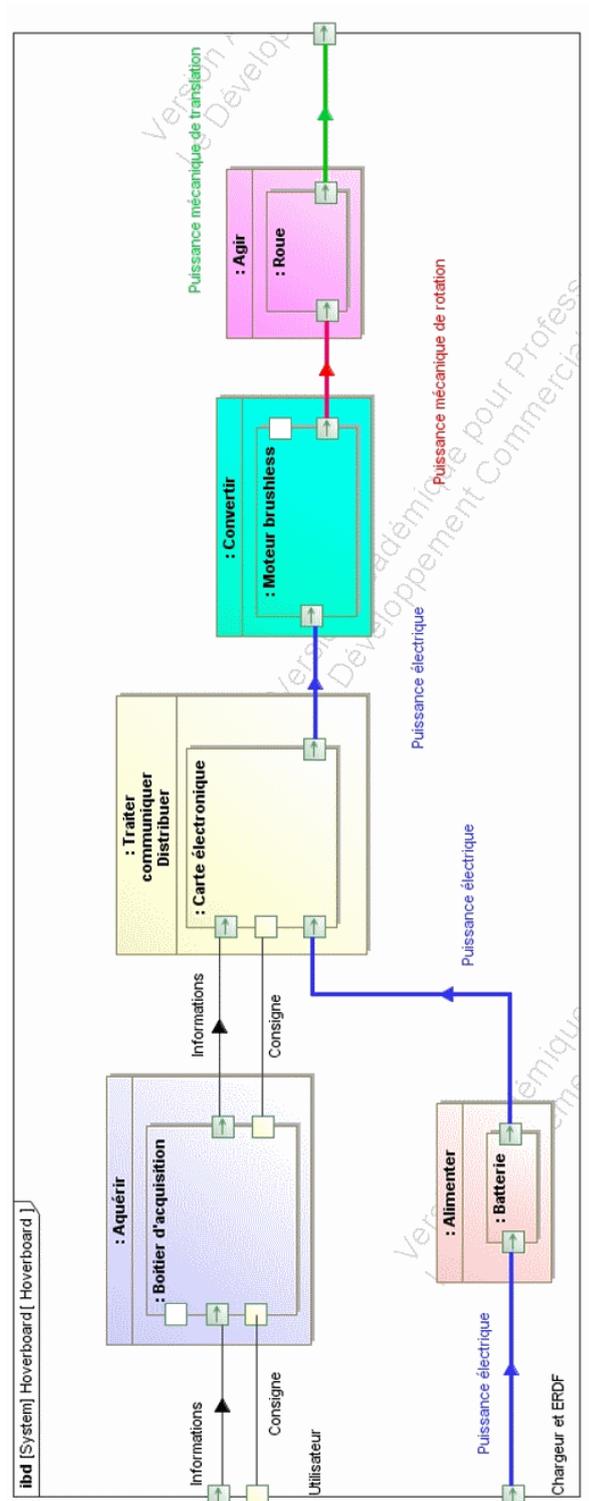
1.1

## DT2 Diagramme de définition de blocs





DT3 Diagramme de blocs internes (partiel)





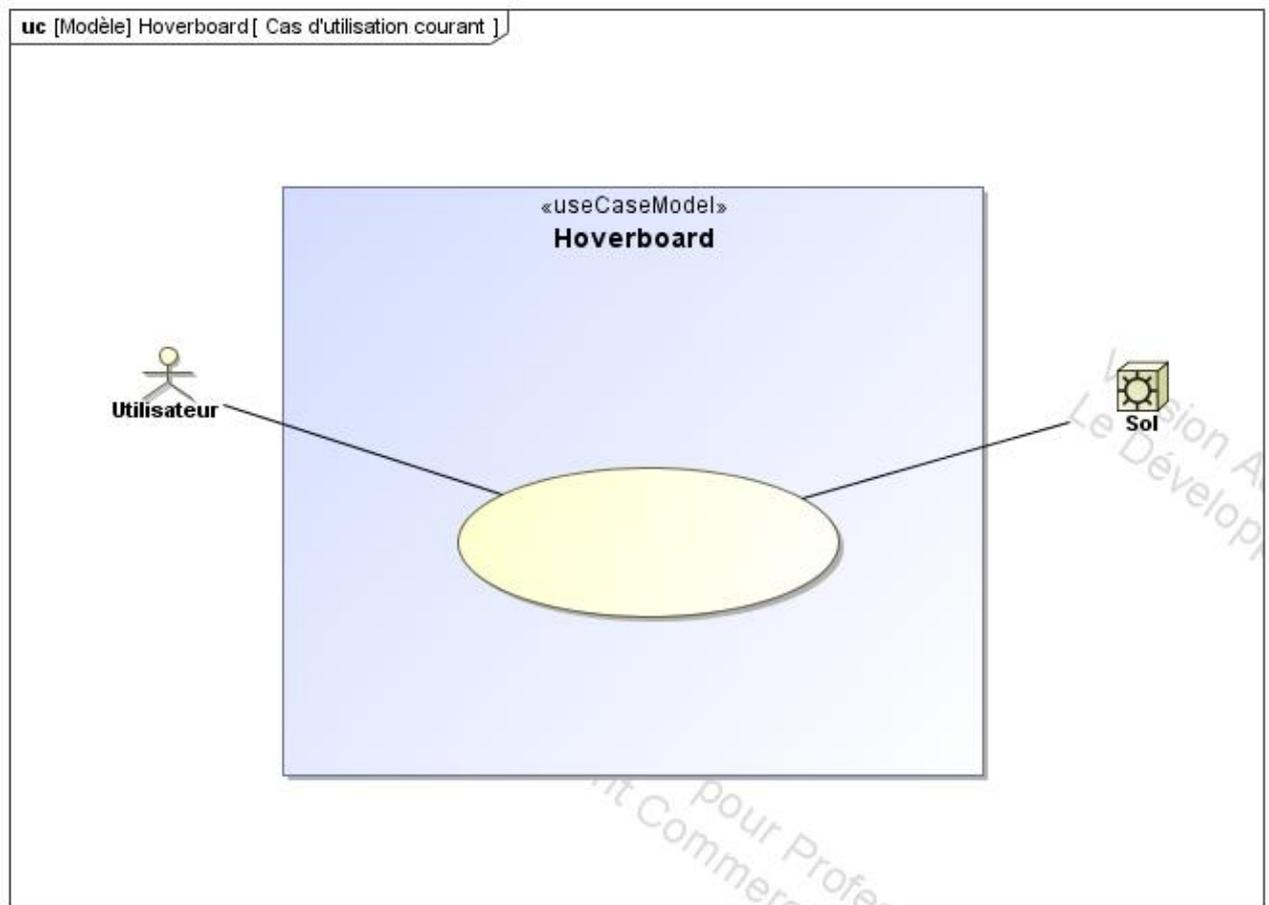


## DOCUMENTS RÉPONSES

---

DR1

Question I-1 : Diagramme de cas d'utilisation



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 :

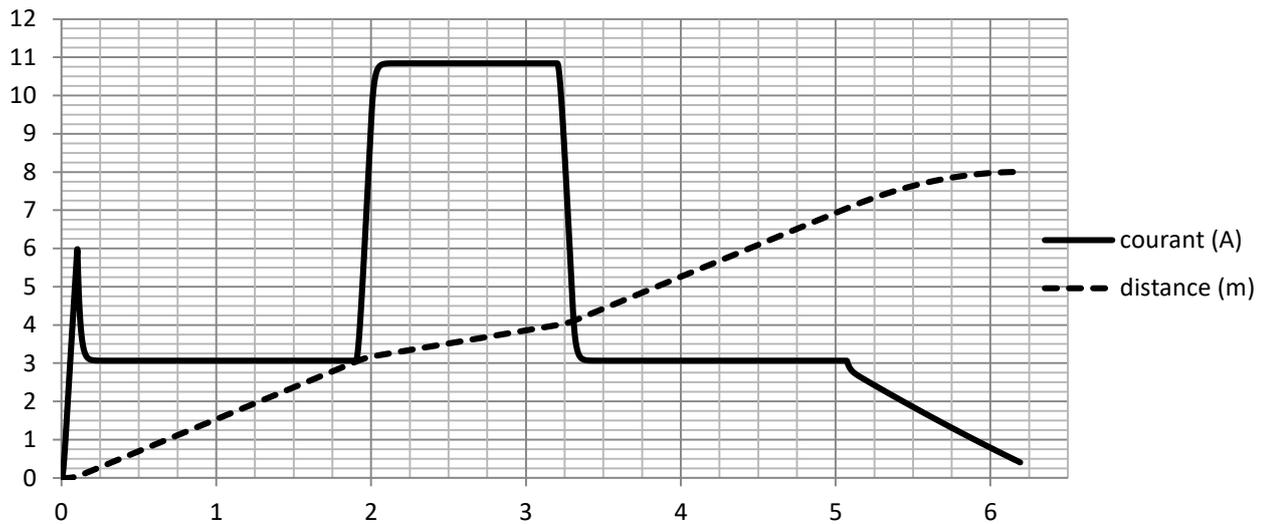
(Les numéros figurent sur la convocation.)

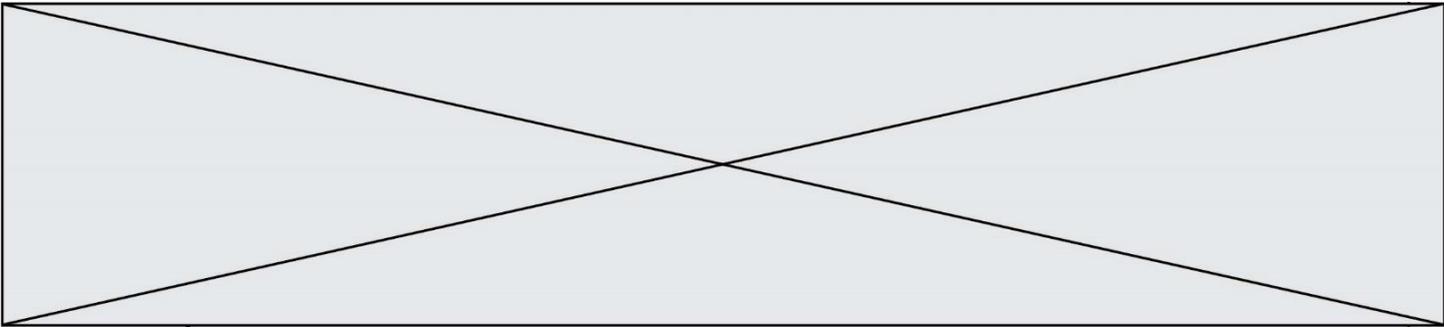
1.1

## DR2

Question I-2 : phases du parcours type

Question I-5 : évaluation de la charge de batterie consommée





DR3

Question II-5 : Diagramme de blocs internes

