



BACCALURÉAT GÉNÉRAL

ÉVALUATION

SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

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 collège » 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

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

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.

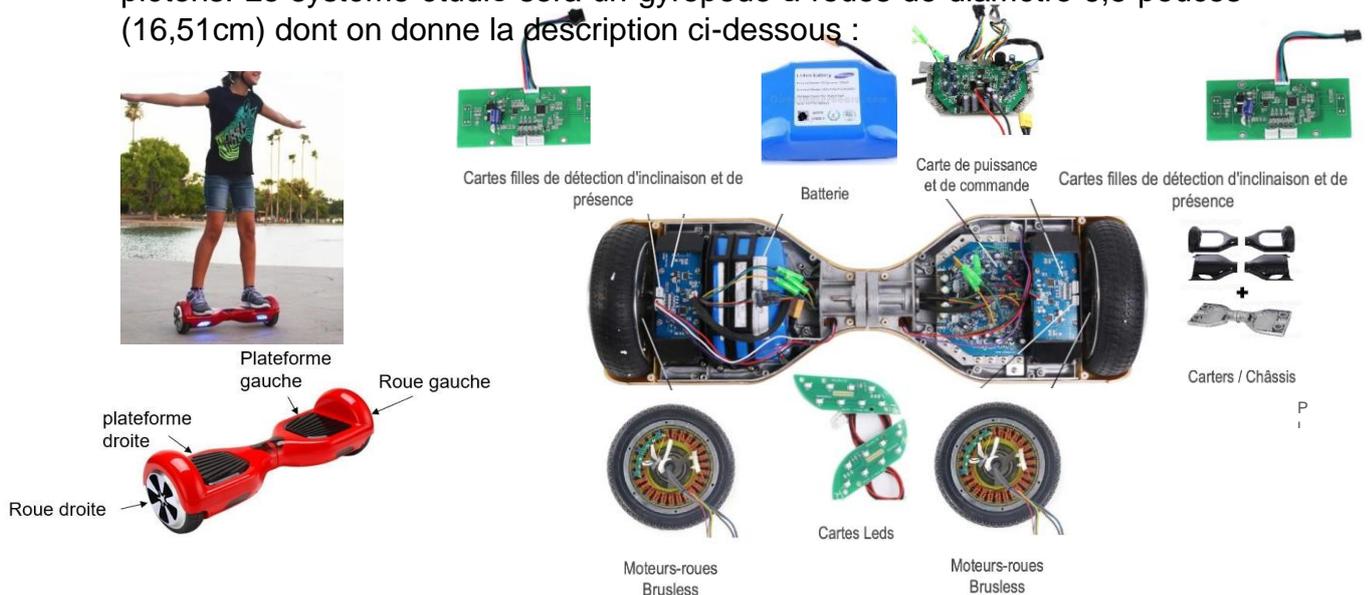
Un premier exercice s'intéresse à l'étude d'une performance du produit. Les candidats doivent mobiliser leurs compétences et les connaissances associées pour qualifier et/ou quantifier cette performance, à partir de l'analyse, de la modélisation de tout ou partie du produit ou de relevés expérimentaux.

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.

GYROPODE « HOVERBOARD »

L'objet de cette étude est un gyropode (souvent appelé « hoverboard »).

Un gyropode est un véhicule de loisirs permettant de se déplacer rapidement, silencieusement et sans émission polluante dans l'espace dévolu aux piétons. Le système étudié sera un gyropode à roues de diamètre 6,5 pouces (16,51cm) dont on donne la description ci-dessous :





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⁻¹ 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° (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° .

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

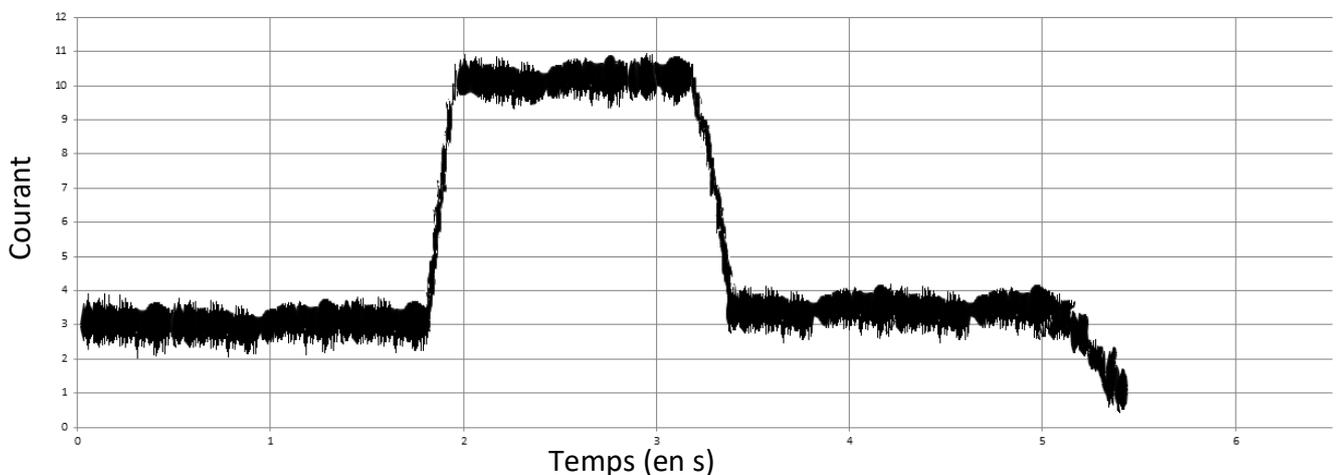


Fig.2 Intensité délivrée par la batterie durant le parcours type réel



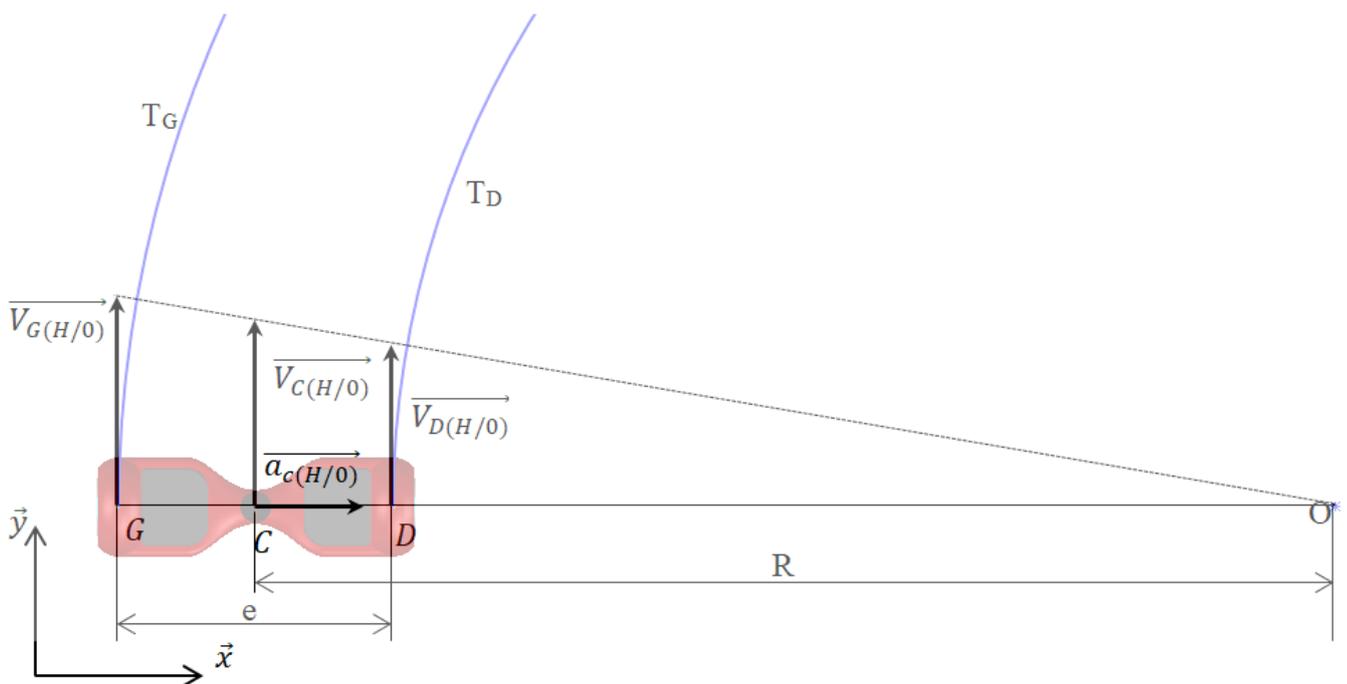
EXERCICE 2 : MODIFICATION DU COMPORTEMENT DE L'HOVERBOARD

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.



On note :

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

- 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 ;
- ω_G et ω_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 :

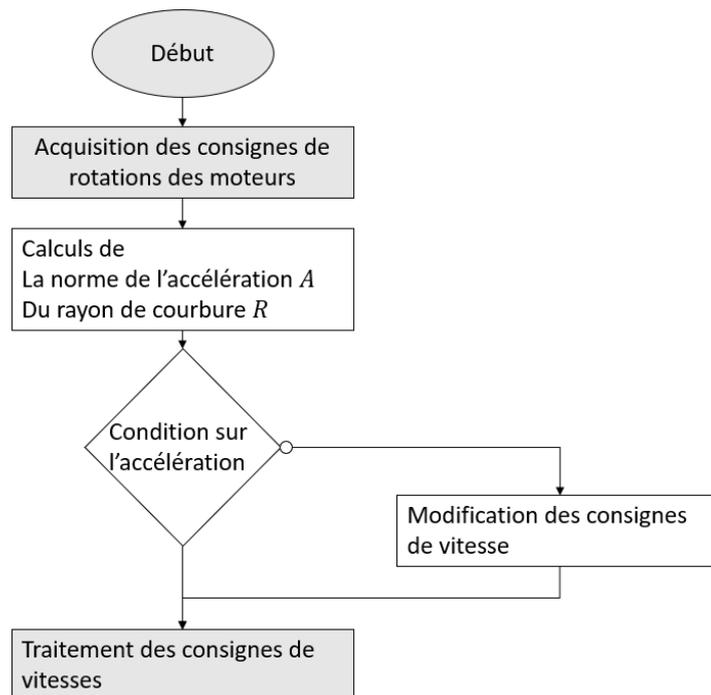


Fig.3 : Algorithme fonctionnel

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 ω_D et ω_G et du diamètre D des roues.

En déduire l'expression V_C en fonction de ω_D et ω_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 ω_D et ω_G .

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

$$A = \|\overrightarrow{a_{C(H/0)}}\| = \frac{V_C}{R^2}$$

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

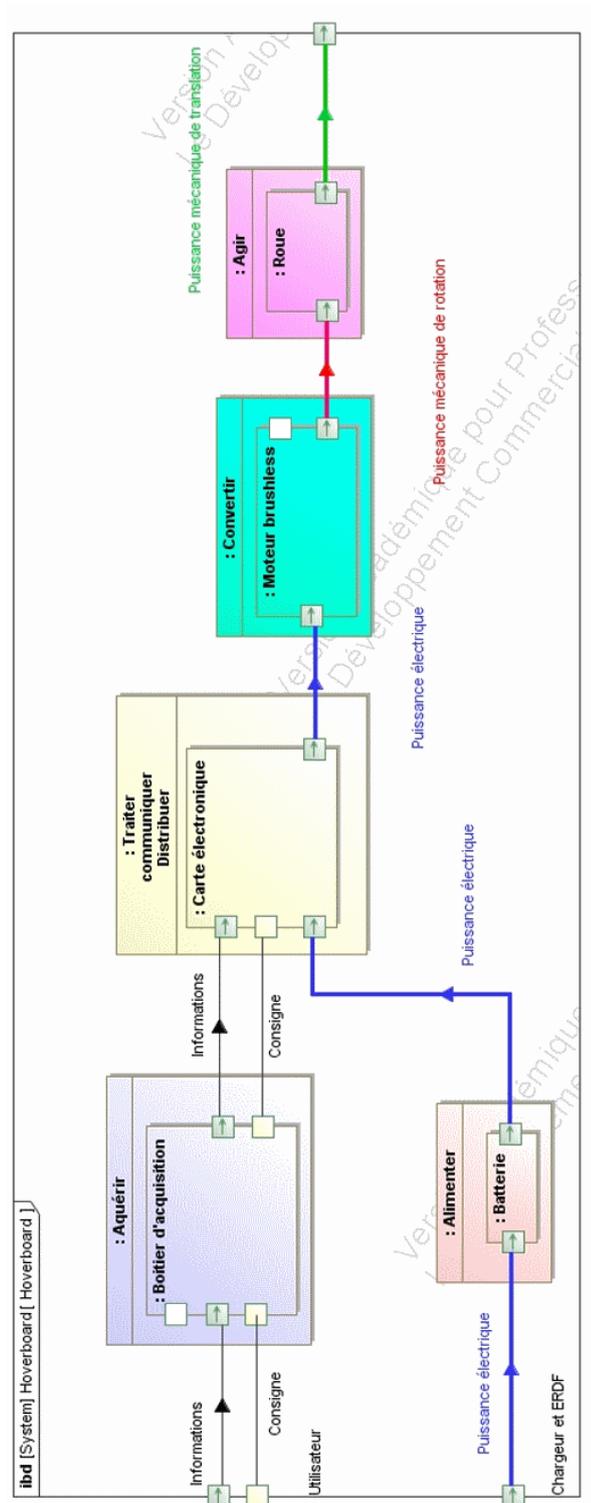
Question II-3 Quelle est alors l'expression de ω_D en fonction de R , e , D et A ?

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.



DT3 Diagramme de blocs internes (partiel)



Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

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

Prénom(s) :

N° candidat :

N° d'inscription :

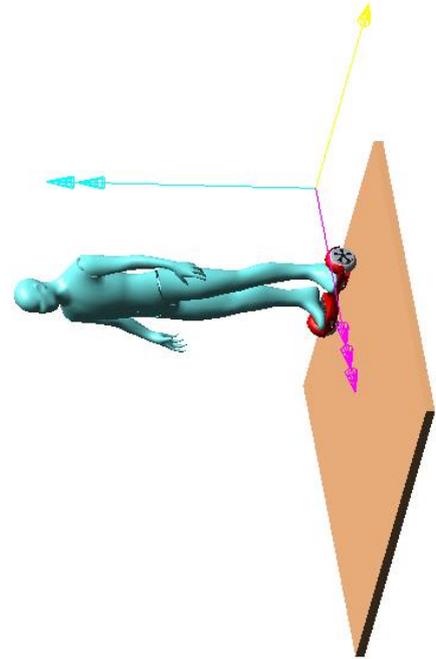
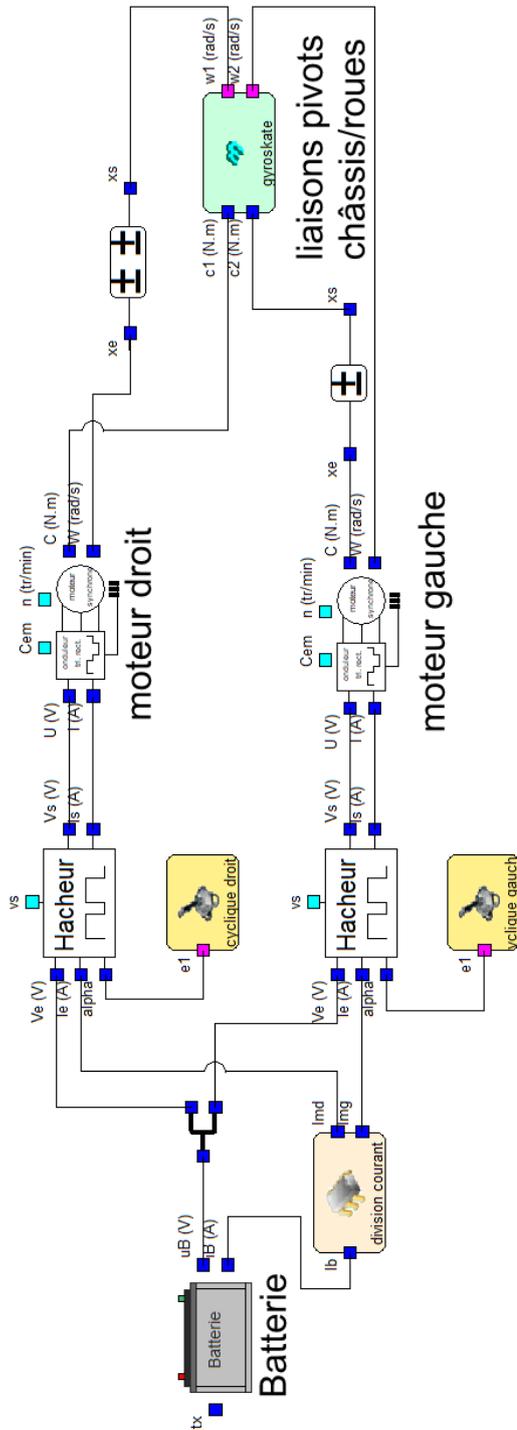
(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :



1.1

DT4 Schéma multi-physique

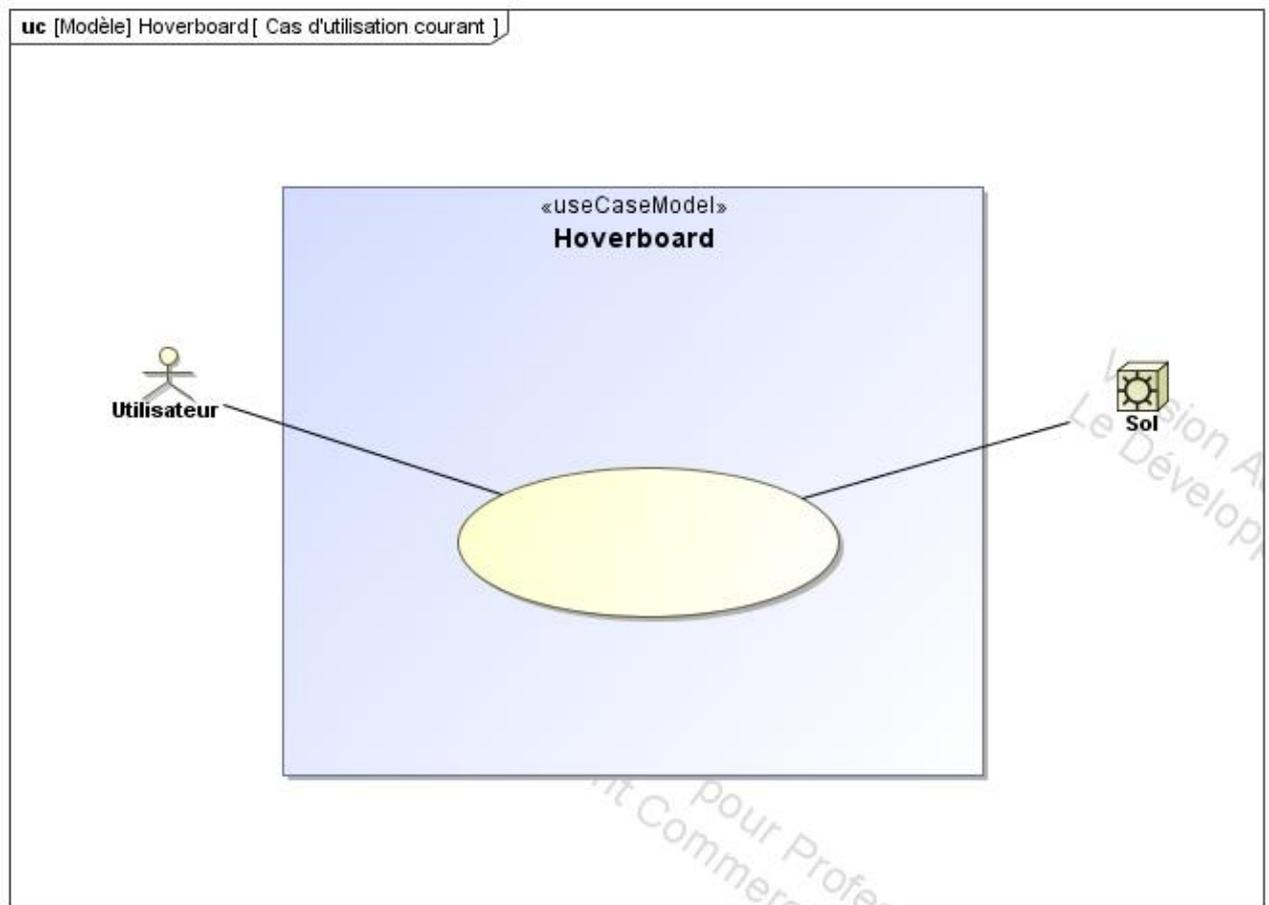




DOCUMENTS RÉPONSES

DR1

Question I-1 : Diagramme de cas d'utilisation





DR3

Question II-5 : Diagramme de blocs internes

