





## PRÉSENTATION DU PRODUIT

---

Le déplacement individuel des personnes est un secteur très porteur dans notre société ces 5 dernières années.

Que cela soit dans un but de loisirs, de sport ou de solutions alternatives à un autre mode de déplacement, il existe à ce jour de très nombreux produits proposés à la vente, certains électriques, d'autres non (trottinette, skateboard, vélo ...)

Le support d'étude de cette épreuve est un skateboard électrique permettant à son utilisateur, grâce à une télécommande, de se déplacer dans un milieu urbain.

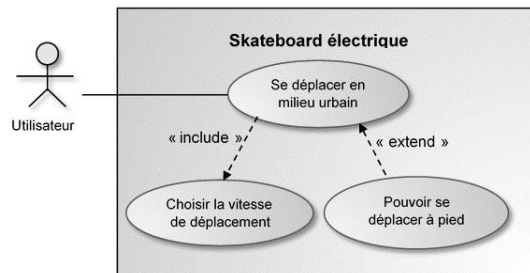
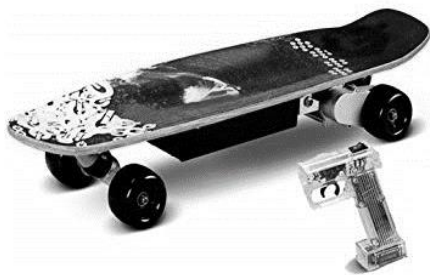


Figure 1 : Diagramme de cas d'utilisation du skateboard

## ÉTUDE D'UNE PERFORMANCE DU PRODUIT

---

En cas de chute de l'utilisateur le leash (laisse en français) qui relie le skate à l'utilisateur coupe la commande, le skateboard s'éloigne encore de plusieurs mètres avant de s'arrêter.

**Problématique** : comment réduire la distance parcourue par le skateboard à moins de deux mètres suite à la chute de l'utilisateur?

La figure 2 illustre la distance parcourue par le skateboard lors d'une utilisation normale suivie d'une chute de l'utilisateur au bout de 10 s.

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

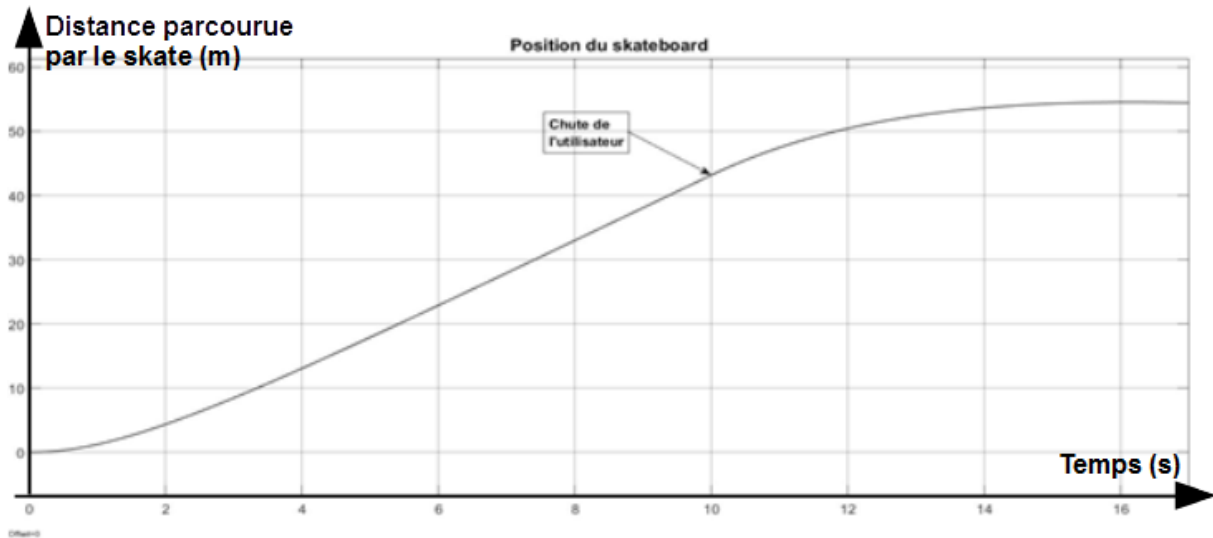


Figure 2 : Distance parcourue par le skateboard

Question I.1 À l'aide de la figure 2 et sachant que l'utilisateur chute au bout de 10 secondes, **montrer** que la course parcourue par le skate après la chute de son utilisateur est supérieure à celle mentionnée dans la problématique

Le moteur à courant continu du skate permet de convertir l'énergie électrique provenant de la batterie en une énergie mécanique de rotation. Un ensemble formé d'une courroie et de deux poulies permet de transmettre cette énergie à la roue motrice du skate. La figure 3 illustre la chaîne de puissance du skateboard.



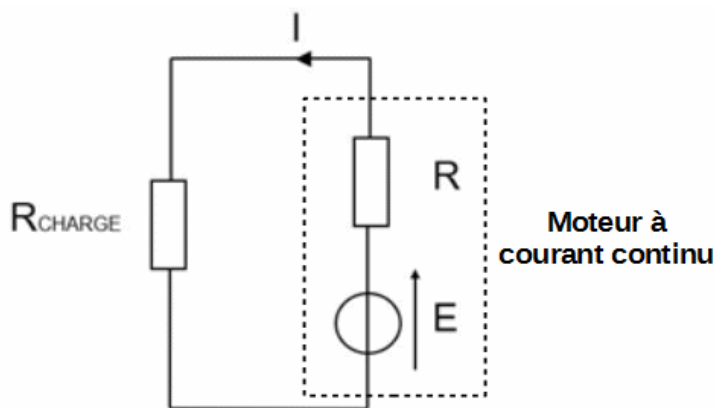
Figure 3 : Chaîne de puissance du skateboard

Le diamètre de la roue motrice est de 19,6 cm et le rapport de réduction de l'ensemble poulies / courroie est de  $\frac{15}{65}$ . Le modèle multiphysique établi nous permet d'observer que, au moment de la chute de l'utilisateur, la vitesse de rotation de l'arbre moteur est de  $225 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ .



Question I.2 À l'aide de la figure 2, **calculer** la vitesse du skateboard au moment de la chute de l'utilisateur. **Conclure** quant à la validité du modèle multiphysique établi.

Pour réduire la distance parcourue par le skate après la chute de son utilisateur on souhaite créer un couple de freinage permettant de le ralentir. Pour cela, dès que la chute de l'utilisateur est détectée, on connecte une résistance  $R_{\text{CHARGE}}$  aux bornes du moteur à courant continu. La figure 4 illustre le schéma électrique équivalent du moteur associé à la résistance  $R_{\text{CHARGE}}$ .



Hypothèse simplificatrice :

Dans ce schéma on néglige l'influence de l'inductance du moteur à courant continu.

**Figure 4 : Schéma électrique équivalent au moteur associé  $R_{\text{CHARGE}}$**

Question I.3 À l'aide de la figure 4, **déterminer** l'expression du courant  $I$  en fonction  $E$ ,  $R$  et de  $R_{\text{CHARGE}}$ .

Le couple de freinage imposé sur l'arbre du moteur dépend du courant  $I$  circulant dans le moteur. On peut déterminer le couple de freinage à l'aide de la formule  $I = \frac{C_{\text{FREINAGE}}}{k}$  où  $I$  est le courant traversant le moteur,  $C_{\text{FREINAGE}}$  le couple de freinage provoqué par le moteur et  $k$  est la constante électromagnétique du moteur.

Question I.4 À l'aide de la relation qui lie  $C_{\text{FREINAGE}}$  à  $I$  et de votre réponse à la question précédente, **montrer** que le couple résistant augmente lorsque la valeur de  $R_{\text{CHARGE}}$  diminue.

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

La relation qui lie la position atteinte par le skate après la chute de son utilisateur avec la résistance  $R_{\text{CHARGE}}$  a été déterminée à l'aide de la modélisation du skateboard. La formule obtenue est la suivante :

$$P_F = a \times R_{\text{CHARGE}} + P_0$$

Où :

$$a = 12,87 \text{ m} \cdot \Omega^{-1} ;$$

$P_0$  est la position du skateboard au moment de la chute de l'utilisateur ;

$P_F$  est la position finale atteinte par le skateboard une fois celui-ci immobilisé.

Question I.5 **Déterminer** la valeur maximale que devra prendre  $R_{\text{CHARGE}}$  pour pouvoir respecter le cahier des charges. Le choix de la valeur de  $R_{\text{CHARGE}}$  s'étant finalement portée vers la valeur normalisée de  $0,15 \Omega$ , **conclure** quant à la capacité du skateboard à respecter le cahier des charges.



## COMMANDE DU FONCTIONNEMENT DU PRODUIT OU MODIFICATION DE SON COMPORTEMENT

---

Le fabricant du skateboard électrique souhaite élargir son utilisation à un plus jeune public. Pour cela il souhaite s'assurer qu'il n'y a aucun risque de chute de l'utilisateur en cas d'utilisation à vitesse maximale ou de forte accélération lors du démarrage.

**Problématique** : Comment limiter la vitesse maximale et l'accélération du skateboard pour prévenir toute chute de l'utilisateur?

Le cahier des charges fixe la vitesse maximale souhaitée à  $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , et l'accélération maximale désirée à  $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . Les figures 6 et 7 montrent respectivement les courbes d'accélération et de vitesse du skateboard lorsque l'utilisateur demande au démarrage la plus forte montée en vitesse.

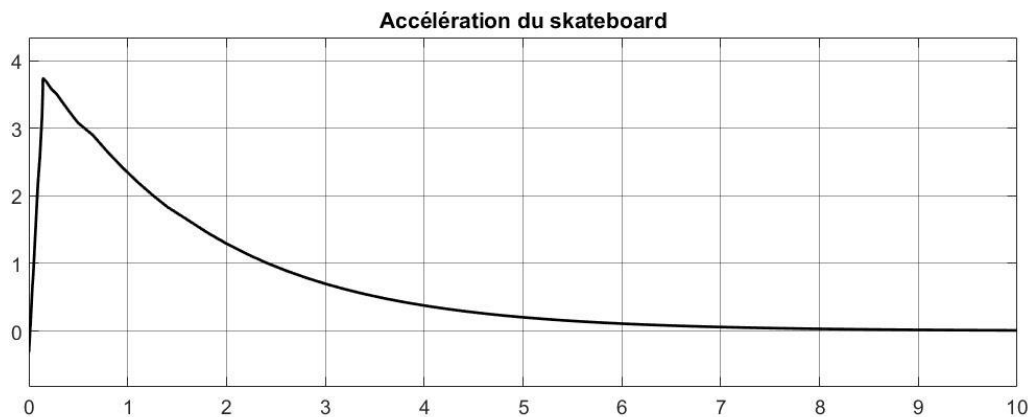


Figure 6 : Evolution de l'accélération du skateboard en  $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$

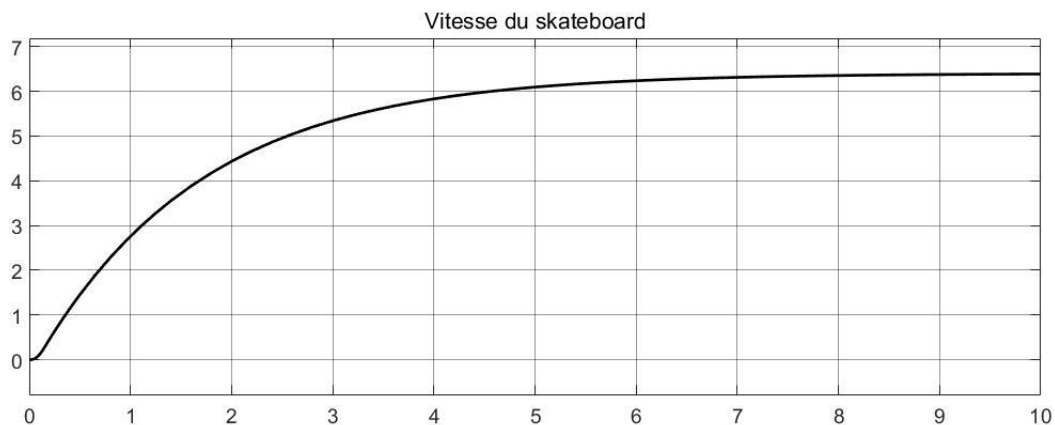


Figure 7 : Evolution de la vitesse du skateboard en  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

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.)

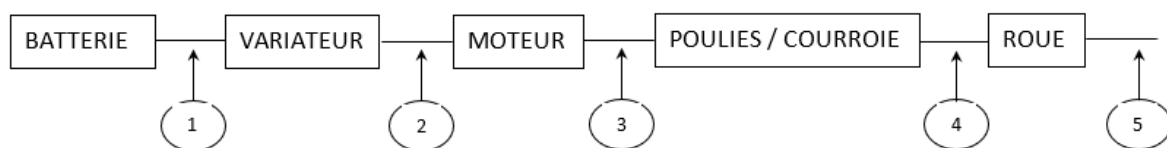
Né(e) le :  /  /

Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

Question II.1 À partir des figures 6 et 7 **quantifier** les écarts entre la vitesse et l'accélération maximales du skateboard actuel et les performances souhaitées par le cahier des charges. **Conclure** quant à la nécessité de modifier le skateboard actuel.

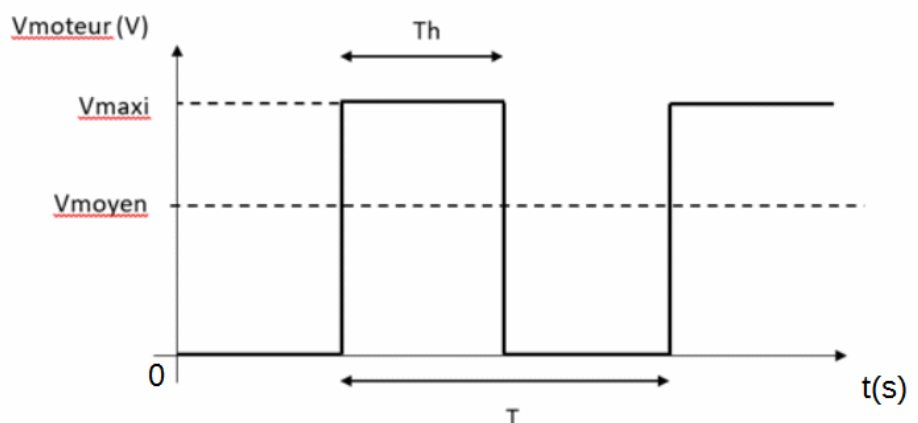
Une description schématique de la chaîne de puissance du skateboard est illustrée par la figure 8.



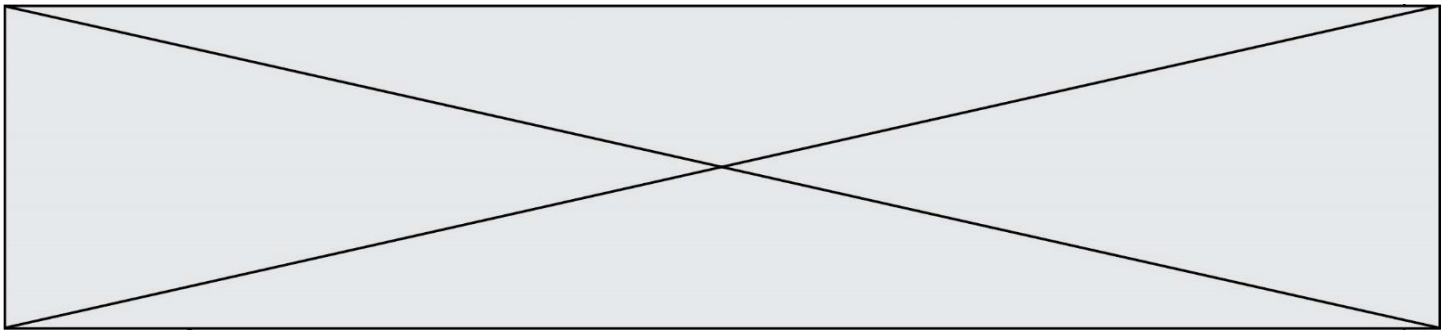
**Figure 8 : Chaîne de puissance du skateboard**

Question II.2 **Citer** les différents types d'énergies mobilisées le long de la chaîne de puissance pour tous les repères de 1 à 5. Pour chaque repère **préciser** les grandeurs de flux et d'efforts correspondantes.

La vitesse du skateboard évolue proportionnellement à la valeur moyenne de la tension de commande issue du variateur. On souhaite donc contrôler la tension  $V_{\text{moteur}}$  en sortie du variateur (repère 2 sur la figure 8). La figure 9 illustre l'allure temporelle de cette tension, il s'agit d'un signal rectangulaire dont le rapport cyclique est variable selon la commande de l'utilisateur.



**Figure 9 : Signal électrique de commande du moteur**



Question II.3 À partir des éléments de la figure 9, **exprimer**  $V_{\text{moyen}}$  en fonction de  $V_{\text{maxi}}$ ,  $T_h$  et  $T$ .

Afin de paramétrer la tension issue du variateur des essais sont effectués sur le skateboard. Ces essais montrent que le skateboard atteint une vitesse maximale de  $6,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  lorsque la tension  $V_{\text{moteur}}$  est une tension continue de  $13,8 \text{ V}$  (cas où  $T_h = T$ ) directement issue de la batterie. La période de la tension  $V_{\text{moteur}}$  est fixée à  $1 \text{ ms}$ .

Question II.4 Sachant que la vitesse du skateboard est directement proportionnelle à  $V_{\text{moyen}}$ , **calculer** la valeur de  $T_h$  permettant de limiter la vitesse de l'appareil à la valeur désirée.

Afin de réduire l'accélération à la valeur désirée on propose, au moment du démarrage, de faire évoluer progressivement la vitesse du skateboard jusqu'à sa valeur de croisière. C'est donc le variateur qui va imposer la limitation d'accélération en augmentant progressivement la valeur de  $V_{\text{moyen}}$  en 10 paliers identiques successifs. La figure 10 représente l'évolution temporelle souhaitée de  $V_{\text{moyen}}$ .

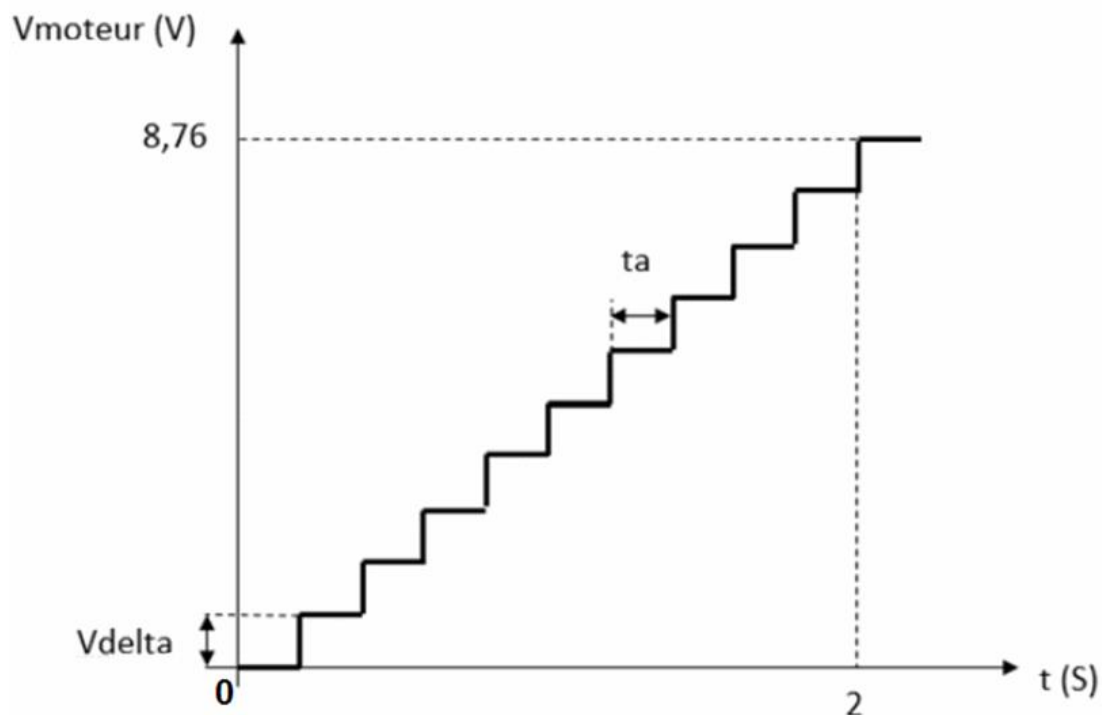


Figure 10 : Évolution progressive de la valeur moyenne de  $V_{\text{moyen}}$



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

On rappelle que la tension de la batterie est de 13,8 V.

Question II.5 **Justifier** la valeur de 8,76 V proposée comme valeur maximale de  $V_{\text{moyen}}$  puis **calculer**, à l'aide la figure 10, les valeurs de  $t_a$  et de  $V_{\text{delta}}$ .

Question II.6 À l'aide la figure 10, **déterminer** la valeur d'accélération imposée au skateboard. **Conclure** quant à la conformité de l'accélération obtenue vis-à-vis du cahier des charges.