

Trottinette électrique



Éléments de correction

Partie 1 - sciences de l'ingénieur

1. Sous-partie 1 : adhérence lors d'un freinage

Question 1. *Mouvement de translation rectiligne uniformément décéléré.*

- $V_0 = 25 \text{ km.h}^{-1} = 6,944 \text{ m.s}^{-1}$
- équation de la vitesse en fonction du temps $V(t) = a_G(t - t_0) + V_0$ d'où

$$a_G = \frac{V(t) - V_0}{(t - t_0)} = \frac{0 - 6,944}{2,3} = -3 \text{ m.s}^{-2}$$

Question 2. *Théorème de la résultante dynamique en translation rectiligne.*

$$\sum \vec{F}_{(ext/T)} = M \cdot \vec{a}_G \text{ donc } \vec{P}_{(Pes \rightarrow T)} + \vec{A}_{(Sol \rightarrow T)} + \vec{B}_{(Sol \rightarrow T)} = M \cdot \vec{a}_G$$

- projection sur l'axe \vec{x} : $T_A + T_B = M \cdot a_G$ **(équation 1)**

$$T_A + T_B = (14,2 + 75) \times (-3) \text{ d'où } T_A + T_B = -267,6N$$

- projection sur l'axe \vec{y} : $N_A + N_B - P = 0$ **(équation 2)**

$$N_A + N_B = P \text{ d'où } N_A + N_B = (14,2 + 75) \times 9,81 = 875N$$

Question 3. *Théorème du moment dynamique en translation rectiligne.*

$$\sum \vec{M}_{G(ext/T)} = \vec{M}_{G(SolA/T)} + \vec{M}_{G(SolB/T)} + \vec{M}_{G(Pes/T)} = \vec{0}$$

$$\vec{M}_{G(SolA/T)} = \vec{GA} \wedge \vec{A}_{(sol \rightarrow T)} = \begin{vmatrix} l_1 & T_A & 0 \\ -h & N_A & 0 \\ 0 & 0 & (l_1 \cdot N_A) + (h \cdot T_A) \end{vmatrix}$$

$$\vec{M}_{G(SolB/T)} = \vec{GB} \wedge \vec{B}_{(sol \rightarrow T)} = \begin{vmatrix} -l_2 & T_B & 0 \\ -h & N_B & 0 \\ 0 & 0 & -(l_2 \cdot N_B) + (h \cdot T_B) \end{vmatrix}$$

$$\vec{M}_{G(Pes/T)} = \vec{GG} \wedge \vec{P}_{(Pes \rightarrow T)} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & -M \cdot g & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

- projection sur l'axe \vec{z} : $l_1 \cdot N_A + h \cdot T_A - l_2 \cdot N_B + h \cdot T_B = 0$

$$l_1 \cdot N_A - l_2 \cdot N_B = -h \cdot (T_A + T_B)$$

avec l'équation 2 : $N_B = P - N_A \Rightarrow l_1 \cdot N_A - l_2 \cdot (P - N_A) = -h \cdot (T_A + T_B)$

$$\text{d'où } N_A = \frac{l_2 \cdot P - h \cdot (T_A + T_B)}{l_1 + l_2}$$

avec l'équation 1 : $N_A = \frac{l_2 \cdot P - h \cdot M \cdot a_G}{l}$

Question 4. Applications numériques avec $a_G = -3 \text{ m.s}^{-2}$

- application numérique : $N_A = \frac{l_2 \cdot P - h \cdot M \cdot a_G}{l} = \frac{(420 \times 875) - [900 \times 89,3 \times (-3)]}{810} = 751,37 \text{ N}$
- application numérique : $N_B = P - N_A = 875 - 751,37 = 123,63 \text{ N}$
- application numérique :

$$\begin{cases} T_A + T_B = M \cdot a_G \\ T_A = \frac{86}{100} \times M \cdot a_G \\ T_B = \frac{14}{100} \times M \cdot a_G \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} T_A + T_B = -267,6 \\ T_A = \frac{86}{100} \times (-267,6) \\ T_B = \frac{14}{100} \times (-267,6) \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} T_A = -230 \text{ N} \\ T_B = -37,55 \text{ N} \end{cases}$$

$$\frac{T_A}{N_A} = \frac{230}{751,37} = 0,3$$

Question 5. Calcul du coefficient d'adhérence

- application numérique : $\tan \varphi_A = f_A = \frac{T_A}{N_A} = \frac{230}{751,37} = 0,3$
- $\tan \varphi_B = f_B = \frac{T_B}{N_B} = \frac{37,55}{123,63} = 0,3$

- **conclusion** : la condition de non glissement est bien vérifiée au regard du cahier des charges quel que soit l'état de la chaussée. L'utilisateur de la trottinette peut freiner en toute sécurité.

2. Sous-partie 2 : la récupération d'énergie

Question 6.

La période du signal est d'environ 17,5 ms.

Fréquence du signal = $1 / 17,5 \cdot 10^{-3} = 57 \text{ Hz}$

Fréquence de rotation de la roue = $Fr = 57 / 8 = 7,125 \text{ tr}\cdot\text{s}^{-1}$

Question 7.

Vitesse linéaire de la trottinette = $Fr \times 2\pi \times R = 7,125 \times 2\pi \times 0,108 = 4,835 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

Vitesse linéaire de la trottinette = $17,4 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$

Relation vitesse = $f(T)$ avec vitesse en $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ et T en ms :

Vitesse = $(3,6 \times 1000 \times 2\pi \times R / 8) / T = 305,4 / T$

$$vitesse = \frac{3,6 \times 1000 \times 2\pi \times R}{8 \times T} = \frac{305,4}{T}$$

Question 8.

	Calculer en pourcentage l'écart maximal entre la vitesse obtenue en simulation et la consigne de vitesse (hors phase de démarrage).	Indiquer si l'exigence de régulation de vitesse est respectée dans ces conditions.
Première simulation : - Fmontee = -80 N, - Fdescente = +40 N, - Fvent = 0 N.	L'écart maximal est de $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. L'écart maximal en pourcentage est donc de : $100 \times (0,5) / 6 = 8,3\%$.	Oui, l'exigence de $\pm 10\%$ est validée dans ces conditions.
Deuxième simulation : - Fmontee = -80 N, - Fdescente = +80 N, - Fvent = 0 N.	L'écart maximal est de $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. L'écart maximal en pourcentage est donc de : $100 \times (1,5) / 6 = 25\%$.	Non, l'exigence de $\pm 10\%$ n'est pas validée dans ces conditions.
Troisième simulation : - Fmontee = -80 N, - Fdescente = +40 N, - Fvent = -60 N.	L'écart maximal est de $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. L'écart maximal en pourcentage est donc de : $100 \times (1) / 6 = 16,6\%$.	Non, l'exigence de $\pm 10\%$ n'est pas validée dans ces conditions.

Conclure sur l'efficacité de la régulation dans les différents cas proposés :

Dans des conditions pas trop sévères (pente < 10%, vent modéré), la régulation de vitesse permet bien de maintenir la vitesse de la trottinette à la valeur de consigne avec une tolérance de $\pm 10\%$ sur un profil varié, et ceci, sans écart une fois cette vitesse stabilisée.

En revanche, on observe certains décrochements dans des conditions trop sévères :

- lorsque la descente est trop forte pour que le frein moteur réussisse à maintenir à lui seul la vitesse à $6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,

lorsqu'avec le vent de face, la trottinette n'arrive plus à maintenir sa vitesse à $6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ dans la montée.

Au final, on peut donc considérer que cette régulation de vitesse apporte en effet du confort de pilotage à l'utilisateur dans la grande majorité des situations, lui évitant ainsi de sans cesse actionner la gâchette du guidon.

Question 9. *Calcul de l'énergie récupérée lors d'un freinage.*

$$E_{\text{récupérable}} = \int_{t_0}^t P(t).dt = \frac{1}{2} \times 1552 \times 2,3 = 1785J$$

$$E_{\text{récupérée}} = E_{\text{récupérable}} \times \eta_{\text{KERS}} = \frac{1785}{3600} \times \frac{1}{2} = 0,248Wh$$

$$Q_{\text{récupérée}} = E_{\text{récupérée}} \times \frac{1000}{36} = 6,88mA \cdot h$$

Question 10. *Calcul quantité d'électricité récupérée pour 40 freinages.*

$$Q_{40 \text{ freinages}} = Q_{\text{récupérée}} \times 40 = 6,88 \times 40 = 275,5mA \cdot h$$

$$\tau_{\text{récupération}} = \frac{Q_{40 \text{ freinages}}}{Q_{\text{conso}}} \times 100 = \frac{275,5}{5740} \times 100 = 4,8\%$$

Question 11. *Conclusion :*

$$Q_{\text{réelle}} = Q_{\text{conso}} - Q_{40 \text{ freinages}} = 5740 - 275,5 = 5464,4mA \cdot h$$

Pour une charge complète de la batterie :

$$\text{La distance parcourue sans le KERS} = \frac{Q_{\text{batterie}}}{Q_{\text{conso}}} \times d_{\text{trajet}} = \frac{12800}{5740} \times 17,2 = 38,35km$$

$$\text{La distance parcourue avec le KERS} = \frac{Q_{\text{batterie}}}{Q_{\text{réelle}}} \times d_{\text{trajet}} = \frac{12800}{5464,4} \times 17,2 = 40,24km$$

La récupération d'énergie est intéressante (4,8%) pour environ 5% exigée dans le cas d'un trajet urbain où les arrêts sont fréquents. Cette récupération d'énergie peut permettre de rouler ($40,24 - 38,35 = 2 \text{ km}$) de plus, l'exigence d'autonomie de plus de 39 km est bien validée.

3. Sous-partie 3 : la régulation de vitesse et la sécurisation

Question 12.

Voir DR2.

Question 13.

Il est possible de verrouiller ou déverrouiller la trottinette grâce à l'application jusqu'à une distance maximale de 100 m.

Cela n'est pas forcément pertinent. En effet, le constructeur aurait pu choisir une connexion Bluetooth de classe 2 (voire 3), car le besoin de verrouiller ou déverrouiller la trottinette à une telle distance n'est vraiment pas avéré. Cette action se fait en utilisation normale à seulement quelques mètres de la trottinette.

Question 14.

Nombre d'octets à transmettre = $4 + 4 + 4 + 1 = 13$ octets

Nombre de bits à transmettre = $13 \times 8 = 104$ bits

$104 \text{ bits} < 240 \text{ bits max possibles dans la trame}$

Toutes les données peuvent donc être transmises dans la même trame Bluetooth.

Question 15.

Ligne de code permettant de s'assurer que la trottinette avance avant d'activer la régulation :

```
if Acquisition_vitesse() > 0:
```

Après appui sur le bouton bleu « Activer » :

- nouvelle couleur du bouton = orange,
- nouveau texte du bouton = « Désactiver ».

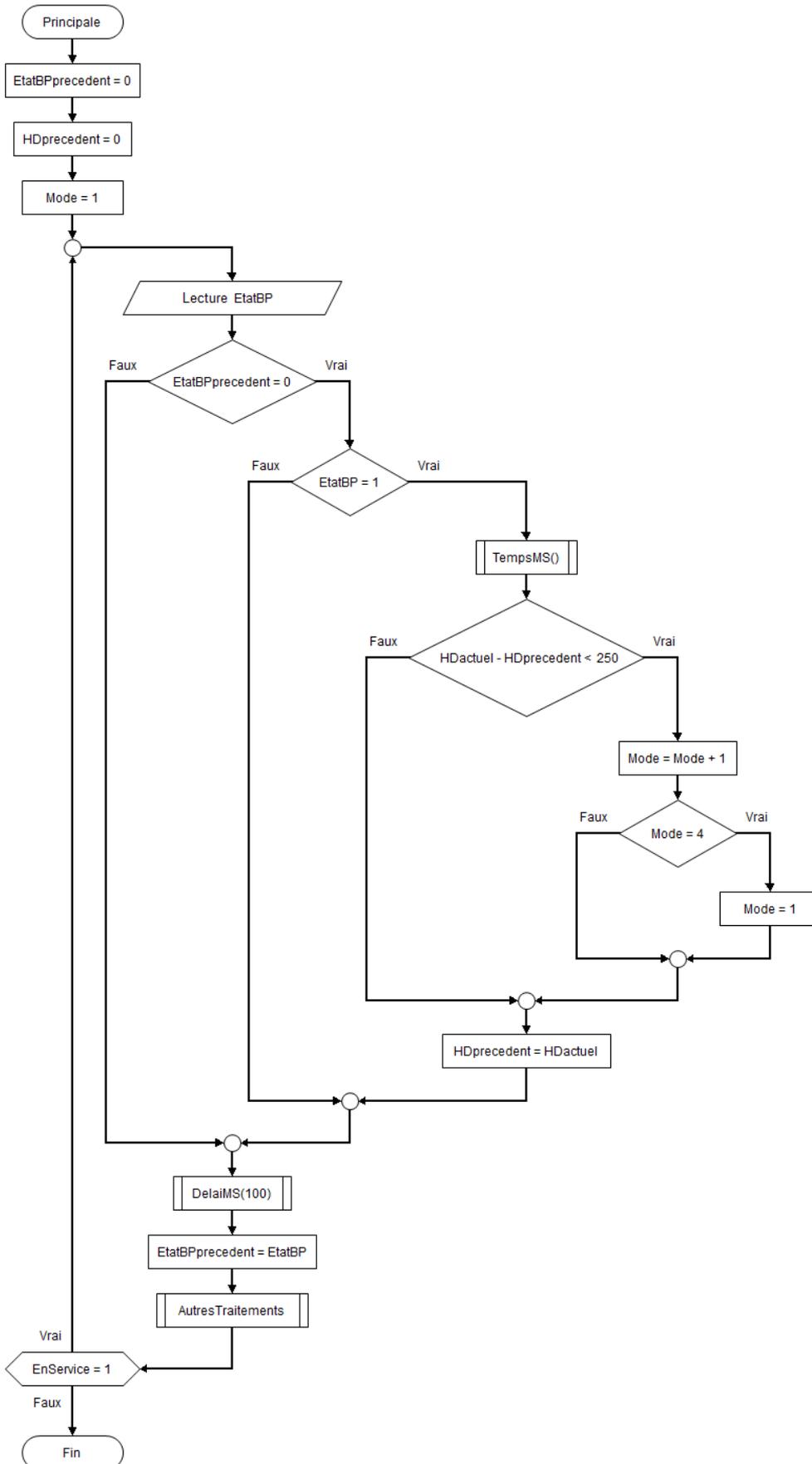
Question 16.

Voir DR3.

Question 17.

Ces deux aspects de la sécurisation permettent de renforcer la protection de l'utilisateur comme de la trottinette. Le premier permet de garantir le fait de rester sur un mode adapté à l'utilisateur, et donc pas trop rapide et nerveux pour les novices. Le second permet d'empêcher un potentiel voleur de partir en trottinette. Par ailleurs, si ce dernier vole quand même la trottinette en la portant, il ne pourra pas l'utiliser par la suite car le mot de passe du premier utilisateur reste bien stocké dans le microcontrôleur de cette trottinette.

Question 12



Documents réponses DR3

Question 15 et 16

```
global etat_verrouillage
global etat_regulation

from tkinter import *

def Clic(event):
    global etat_verrouillage
    global etat_regulation
    X = event.x
    Y = event.y
    (xmin, ymin, xmax, ymax) = Appli.coords(Bouton)
    if xmin<=X<=xmax and ymin<=Y<=ymax:
        if Acquisition_vitesse()>0:
            if etat_regulation==True:
                etat_regulation=False
                Appli.itemconfig(Bouton, fill='blue')
                Appli.itemconfig(Texte_bouton, text='Activer')
            else:
                etat_regulation=True
                Appli.itemconfig(Bouton, fill='orange')
                Appli.itemconfig(Texte_bouton, text='Désactiver')
        else:
            if etat_verrouillage==True:
                etat_verrouillage=False
                Appli.itemconfig(Bouton, fill='red')
                Appli.itemconfig(Texte_bouton, text='Déverrouiller')
            else:
                etat_verrouillage=True
                Appli.itemconfig(Bouton, fill='green')
                Appli.itemconfig(Texte_bouton, text='Verrouiller')

etat_verrouillage=False
etat_regulation=False
```