Amérique du Nord 2023 Sujet 1
CORRECTION Yohan Atlan © https://www.vecteurbac.fr/

CLASSE : Terminale	**EXERCICE 1 :** 11 points
VOIE : ☒ Générale	**ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ:** PHYSIQUE-CHIMIE
DURÉE DE L'EXERCICE : 1h56	**CALCULATRICE AUTORISÉE :** ☒Oui « type collège »

EXERCICE 1 Le street - une pratique olympique

A. Glisse sur plan incliné

Q.1.

L'énergie cinétique est : $E_c = \frac{1}{2}m.v^2$

D'après l'énoncé : « Le skateboardeur est à l'arrêt au point A » soit v_A=0 m.s^{-1} donc $E_c(A) = \frac{1}{2} \times m \times v_A^2 = 0$ J

L'énergie cinétique est donc nulle à l'instant initial :

L'énergie E_1 est l'énergie cinétique.

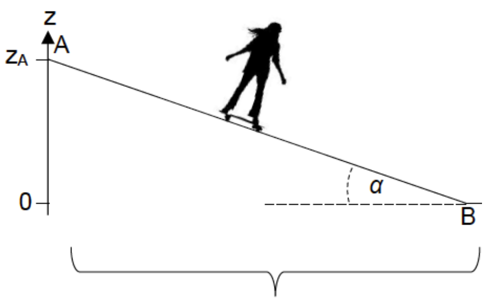
```
import matplotlib.pyplot as plt

#Saisie des valeurs
t=[0.00,0.10,0.20,0.30,0.40,0.50,0.6
E1=[0.0,3.9,15.8,34.3,59.4,91.2,129.
E2=[588.6,583.1,569.7,549.3,521.7,48

#Calcul de E3 à partir de E1 et E2
```

L'énergie potentielle de pesanteur d'un solide est: Epp=mgz

à l'instant initial $z = z_A \neq 0$

Donc $Epp(A) \neq 0$

L'énergie E_2 est l'énergie potentielle.



Glisse sur plan incliné

```
import matplotlit
 
#Saisie des valeu
t=[0.00,0.10,0.2(
E1=[0.0,3.9,15.8,
E2=[588.6,583.1,5
 
```

L'énergie mécanique Em d'un système est définie comme la somme des énergies cinétique et potentielle.

$$E_M=E_C+E_p$$

L'énergie mécanique se calcule à partir de l'énergie cinétique E_1 et de l'énergie potentielle E_2:

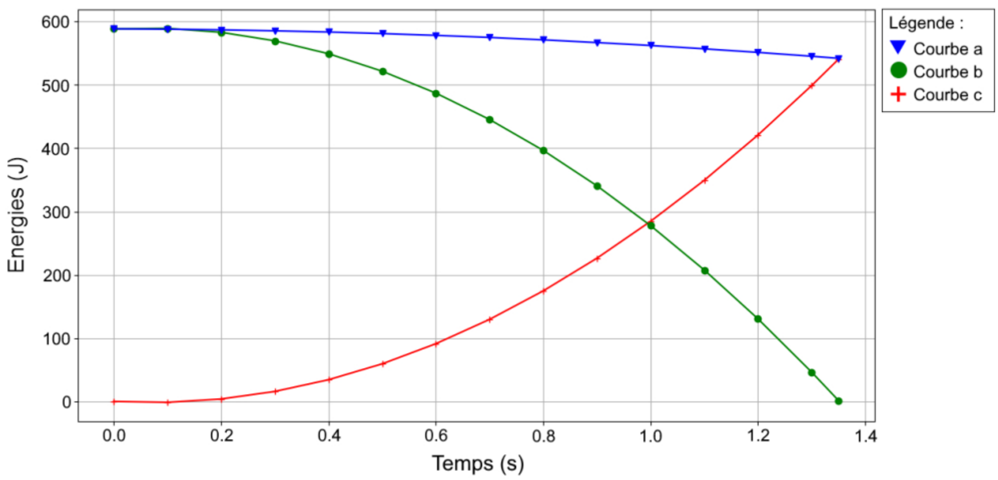
Ainsi, l'énergie E_3 est l'énergie mécanique.

```

#Calcul de E3 à partir de E1 et E2
E3=[]
```

L'énergie cinétique E_1 est nulle à l'instant initial : courbe c.

L'énergie mécanique E_3 est la somme des énergies cinétique et potentielle : courbe a.

L'énergie potentielle E_2 n'est pas nulle à l'instant



initial : courbe b.

Q.2.

La diminution de l'énergie mécanique au cours du temps est due aux forces de frottements.

Q.3.

D'après l'énoncé : « Le script en langage de programmation Python ci-dessous permet de tracer les courbes représentatives des énergies du système en fonction du temps, le long du trajet AB. »

Ainsi, la dernière valeur correspond au point B

```
E1=[0.0,3.9,15.8,34.3,59.4,91.2,129.6,174.6,226.2,284.5,349.3,420.8,498.9,540.5]
```

$$E_c(B) = \frac{1}{2} \times m \times v_B^2$$

$$\frac{1}{2} \times m \times v_B^2 = E_c(B)$$

$$v_B^2 = \frac{2 \times E_c(B)}{m}$$

$$v_B = \sqrt{\frac{2 \times E_c(B)}{m}}$$

$$v_B = \sqrt{\frac{2 \times 540{,}5}{75{,}0}}$$

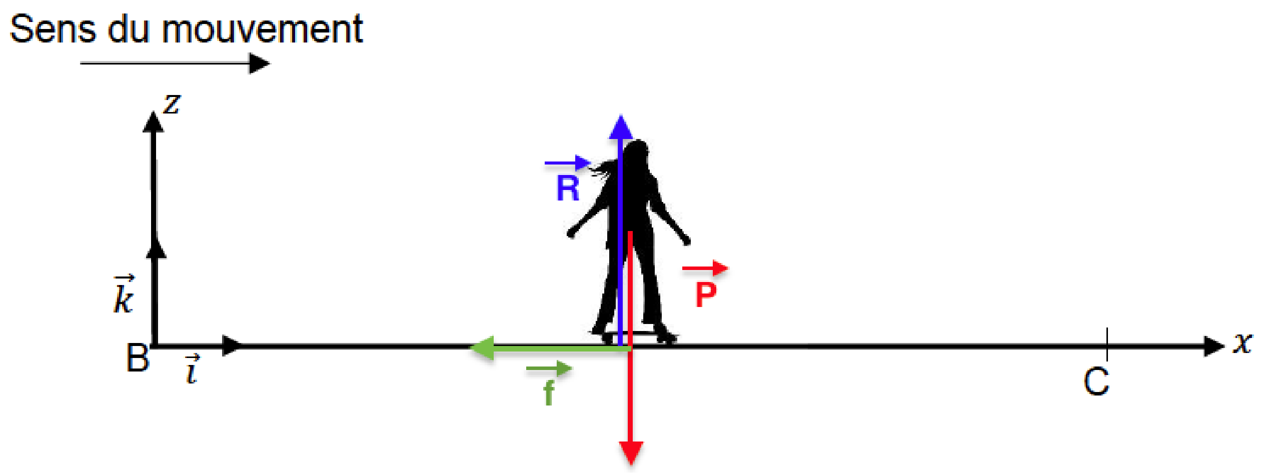
$$v_B = 3{,}80 \text{ m.s}^{-1}$$

B. Phase de mouvement horizontal

Q.4.

Inventaire des forces extérieures appliquées au skateboardeur :

- Le poids $\vec{P}$
- La réaction normale du support $\vec{R}$
- La force de frottement $\vec{f}$



Q.5.

Théorème de l'énergie cinétique appliqué entre les points B et C :

$$\Delta E_C = \Sigma W_{BC}(\vec{F})$$

$$E_{C\,finale} - E_{C\,initiale} = W_{BC}(\vec{P}) + W_{BC}(\vec{R}) + W_{BC}(\vec{f})$$

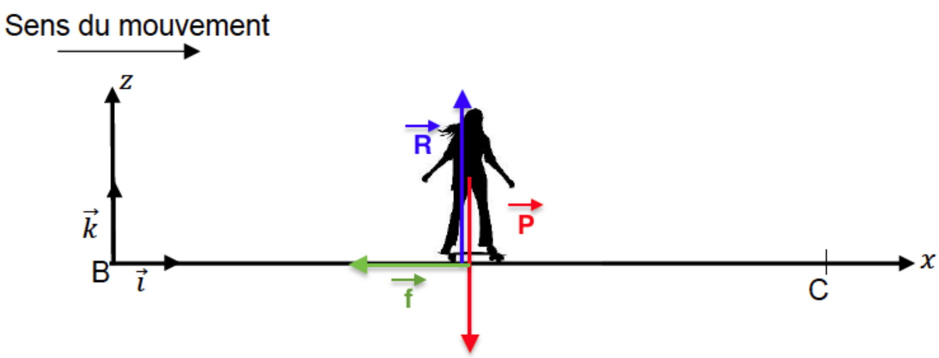
$E_C(C) - E_C(B) = \vec{P}.\overrightarrow{BC} + \vec{R}.\overrightarrow{BC} + \vec{f}.\overrightarrow{BC}$

Or $\vec{P}$ est perpendiculaire à $\overrightarrow{BC}$ donc $\vec{P}.\overrightarrow{BC} = 0$
et $\vec{R}$ est perpendiculaire à $\overrightarrow{BC}$ donc $\vec{R}.\overrightarrow{BC} = 0$
$E_C(C) - E_C(B) = \vec{f}.\overrightarrow{BC}$
$\frac{1}{2} \times m \times v_C^2 - \frac{1}{2} \times m \times v_B^2 = \vec{f}.\overrightarrow{BC}$
Or le skateboardeur glisse jusqu'à s'arrêter au point C ainsi v_C=0 m.s^{-1}
$0 - \frac{1}{2} \times m \times v_B^2 = \vec{f}.\overrightarrow{BC}$
$-\frac{1}{2} \times m \times v_B^2 = f \times BC \times \cos(180)$
$-\frac{1}{2} \times m \times v_B^2 = -f \times BC$
$\frac{1}{2} \times m \times v_B^2 = f \times BC$

Q.6.
$\frac{1}{2} \times m \times v_B^2 = f \times BC$
$f \times BC = \frac{1}{2} \times m \times v_B^2$
Or
$\mu_C = \frac{f}{R}$
$f = \mu_C \times R$

Donc :
$\mu_C \times R \times BC = \frac{1}{2} \times m \times v_B^2$
$BC = \frac{m \times v_B^2}{2 \times \mu_C \times R}$

R est la réaction normale, celle ci compense exactement le poids car il n'y a pas de mouvement sur l'axe z :
Ainsi R=P=mg



$BC = \frac{m \times v_B^2}{2 \times \mu_C \times m \times g}$
$BC = \frac{v_B^2}{2 \times \mu_C \times g}$

Q.7.
$BC = \frac{v_B^2}{2 \times \mu_C \times g}$
$BC = \frac{3{,}8^2}{2 \times 0{,}040 \times 9{,}81}$
$BC = 18\ m$

Q.8.
Un skateboardeur choisit de remplacer les roues habituelles de son skateboard par des roues moins dures de même géométrie
Or, d'après l'énoncé : « Plus les roues sont « dures » plus les frottements sont faibles. »
Ainsi, avec des roues moins dures de même géométrie, la force de frottement augmente.
Or

$$BC = \frac{v_B^2}{2 \times \mu_C \times g}$$

$$\mu_C = \frac{f}{R}$$

$$BC = \frac{v_B^2}{2 \times \frac{f}{R} \times g}$$

$$BC = \frac{v_B^2}{2 \times g} \times \frac{R}{f}$$

La distance d'arrêt du skateboard est inversement proportionnelle à la force de frottement

Lorsque la force de frottement augmente BC diminue.

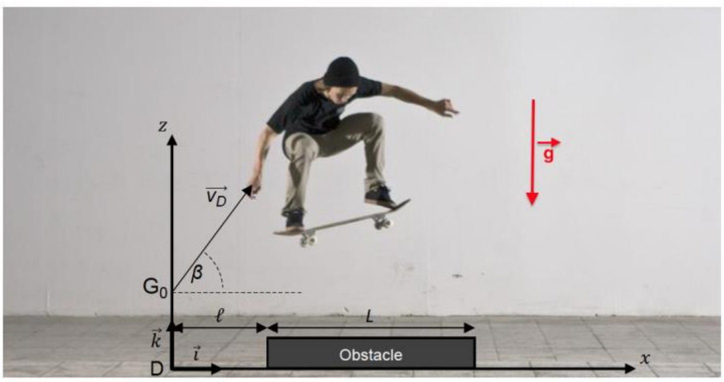
Ainsi, la distance d'arrêt du skateboard diminue lorsqu'il choisit de remplacer les roues habituelles de son skateboard par des roues moins dures de même géométrie

C. Étude d'un saut et photographie

Q.9.
Système : skateboardeur
Référentiel terrestre supposé galiléen.

D'après la deuxième loi de newton :

$$\Sigma\overrightarrow{F_{ext}} = m\vec{a}$$
$$\vec{P} = m\vec{a}$$
$$m\vec{g} = m\vec{a}$$
$$\vec{g} = \vec{a}$$



$$\vec{g} = \vec{a}$$

Or

$$\vec{g}\begin{vmatrix} 0 \\ -g \end{vmatrix}$$

Le vecteur accélération du centre d'inertie du solide est égal au vecteur champ de pesanteur.

$$\boxed{\vec{a}\begin{vmatrix} a_{x(t)} = 0 \\ a_{z(t)} = -g \end{vmatrix}}$$

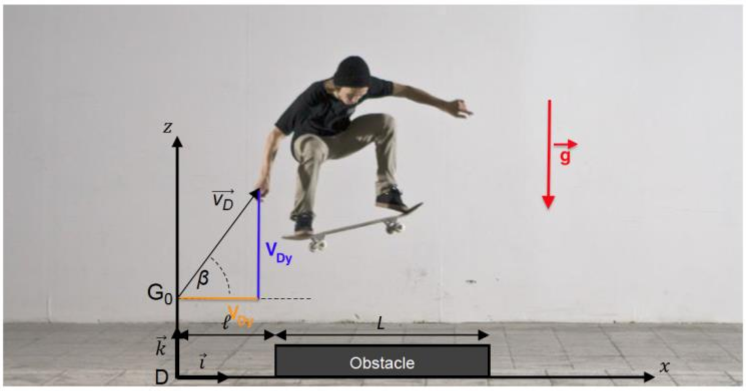
$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

On intègre le système d'équation précédent :

$$\vec{v}\left|\begin{array}{l} v_{x(t)} = C_1 \\ v_{z(t)} = -gt + C_2 \end{array}\right.$$

Pour trouver les constantes, on utilise $\vec{v}_D$

$$\vec{v}_D\left|\begin{array}{l} v_{Dx} = v_D \cos\beta \\ v_{Dz} = v_D \sin\beta \end{array}\right.$$



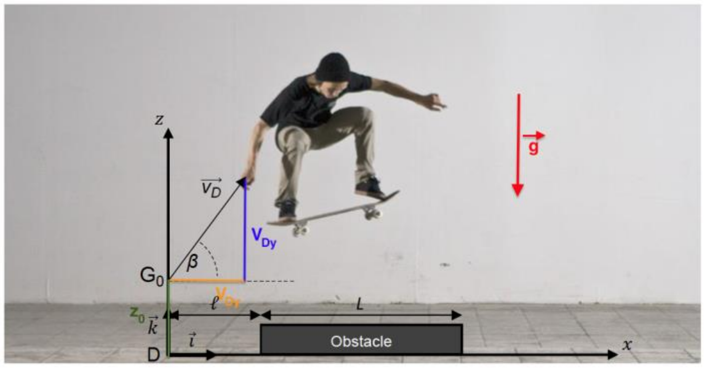
d'ou

$$\boxed{\vec{v}\left|\begin{array}{l} v_{x(t)} = v_D \cos\beta \\ v_{z(t)} = -gt + v_D \sin\beta \end{array}\right.}$$

$$\vec{v} = \frac{d\overrightarrow{OG}}{dt}$$

On intègre le système d'équation précédent :

$$\overrightarrow{OG}(t)\left|\begin{array}{l} x(t) = \ v_D \times \cos(\beta) \times t \ + C_3 \\ z(t) = -\frac{1}{2} \times g \times t^2 + v_D \times \sin(\beta) \times t \ + C_4 \end{array}\right.$$



Pour trouver les constantes, on utilise $\overrightarrow{OG}_0$

$$\overrightarrow{OG}_0\left|\begin{array}{l} x_0 = 0 \\ z_0 \end{array}\right.$$

d'ou

$$\boxed{\overrightarrow{OG}(t)\left|\begin{array}{l} x(t) = v_D \times \cos(\beta) \times t \\ z(t) = -\dfrac{1}{2} \times g \times t^2 + v_D \times \sin(\beta) \times t + z_0 \end{array}\right.}$$

Q.10.

On isole t :

$x = v_D \cos(\beta) \times t$

$v_D \cos(\alpha) \times t = x$

$$\color{red}{t = \frac{x}{v_D \cos(\beta)}}$$

On remplace t dans z :

$$z({\color{red}t}) = -\frac{1}{2} \times g \times {\color{red}t}^2 + v_D \times \sin(\alpha) \times {\color{red}t} + z_0$$

$$z({\color{red}x}) = -\frac{1}{2} g \left(\color{red}{\frac{x}{v_D \cos(\beta)}}\right)^2 + v_D \sin(\alpha) \times \color{red}{\frac{x}{v_D \cos(\beta)}} \color{black}{+ z_0}$$

$$z(x) = -\frac{1}{2} g \frac{x^2}{v_D^2 \cos^2(\beta)} + x.\tan(\beta) + z_0$$

$$z(x) = -\frac{g}{2 \cdot v_D^2 \cdot \cos^2(\beta)} \cdot x^2 + (\tan\beta) \cdot x + z_0$$

Q.11.

$z(x) = -0{,}894\ x^2 + 1{,}22\ x + 0{,}80$

Lorsque le skateboardeur retrouve l'altitude initiale $z = z_0$:

$z(x) = -0{,}894\ x^2 + 1{,}22\ x + 0{,}80$
$z_0 = -0{,}894\ x^2 + 1{,}22\ x + 0{,}80$
$0{,}80 = -0{,}894\ x^2 + 1{,}22\ x + 0{,}80$
$0 = -0{,}894\ x^2 + 1{,}22\ x$
$0 = x(-0{,}894\ x + 1{,}22)$

Un produit de facteur est nul si un de ses facteurs est nul :

$x = 0$: Point initial

$-0{,}894\ x + 1{,}22 = 0$

$-0{,}894\ x = -1{,}22$

$$x = \frac{1{,}22}{0{,}894}$$

$x = 1{,}36\ \text{m}$

Q.12.

D'après l'énoncé : « obstacle de longueur L et de faible hauteur. »

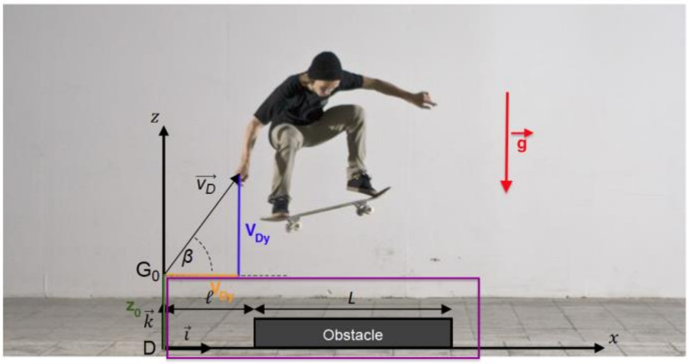
Lorsque le skateboardeur retrouve l'altitude initiale $z = z_0$ (altitude de son centre d'inertie): $x = 1{,}36\ \text{m}$ (Question Q.11)

Pour franchir l'obstacle il doit arriver à une distance supérieure à :

$l + L = 0{,}70 + 1{,}0 = 1{,}7\ \text{m}$

Or $x_2 = 1{,}36\ \text{m}$

$x_2 < l + L$: Le skateboardeur ne franchira donc pas l'obstacle.



Q.13.

Lors de sa décharge, l'interrupteur est sur la position 2

D'après la loi d'additivité des tensions ou loi des mailles :

$U_C(t) + U_r(t) = 0$

or $U_R(t) = R \times i$

D'ou

$U_C(t) + R \times i = 0$

Or

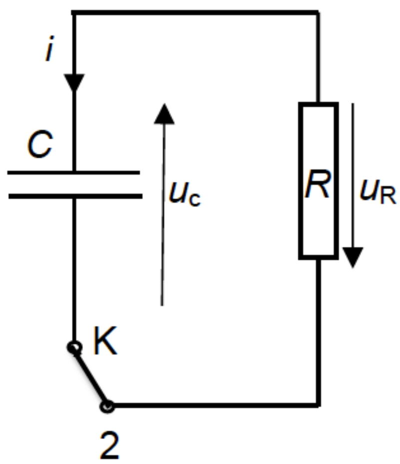
$$i(t) = \frac{dq_{(t)}}{dt}$$

D'ou

$$U_C(t) + R \times \frac{dq_{(t)}}{dt} = 0$$

Or

$q(t) = C \times U_C(t)$



D'ou

$$U_C(t) + R \times \frac{dC \times U_C(t)}{dt} = 0$$

$$U_C(t) + R \times C\frac{dU_C(t)}{dt} = 0$$

$$\frac{1}{R \times C}U_C(t) + \frac{R \times C}{R \times C}\frac{dU_C(t)}{dt} = \frac{0}{R \times C}$$
$$\frac{1}{R \times C}U_C(t) + \frac{dU_C(t)}{dt} = 0$$
$$\frac{dU_C(t)}{dt} + \frac{1}{R \times C}U_C(t) = 0$$

L'équation différentielle modélisant l'évolution de la tension uc aux bornes du condensateur lors de sa décharge peut s'écrire :

$$\frac{dU_C(t)}{dt} + \frac{1}{\tau}U_C(t) = 0$$

Avec $\tau = R \times C$

Q.14.

Vérifions que la solution de cette équation différentielle est de la forme :

$$U_C(t) = A \cdot e^{-\frac{t}{B}}$$

-Dérivons $U_C(t)$:

$$\frac{dU_C(t)}{dt} = A \times \left(\frac{-1}{B}\right) \cdot e^{-\frac{t}{B}}$$
$$\frac{dU_C(t)}{dt} = -\frac{A}{B} \cdot e^{-\frac{t}{B}}$$

-Remplaçons $U_C(t)$ et $\frac{dU_C(t)}{dt}$ dans l'équation :

$$\frac{dU_C(t)}{dt} + \frac{1}{\tau}U_C(t) = 0$$
$$-\frac{A}{B} \cdot e^{-\frac{t}{B}} + \frac{1}{\tau}A \cdot e^{-\frac{t}{B}} = 0$$
$$A \cdot e^{-\frac{t}{B}}\left[-\frac{1}{B} + \frac{1}{\tau}\right] = 0$$

Un produit de facteur est nul si un de ses facteurs est nul :

$$-\frac{1}{B} + \frac{1}{\tau} = 0$$
$$-\frac{1}{B} = -\frac{1}{\tau}$$
$$B = \tau$$

La solution de cette équation différentielle est bien de la forme : $U_C(t) = A \cdot e^{-\frac{t}{B}}$

Trouvons A avec les conditions initiales :

$U_C(t = 0) = A \cdot e^{-\frac{0}{B}}$
$U_C(t = 0) = A$
$A = U_C(0)$

Soit $U_C(t) = U_C(0) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$

Q.15.
Analyse dimensionnelle :
$[\tau] = [R][C]$

Avec
$[R] = \frac{[U]}{[i]}$
Et
$[C] = \frac{[q]}{[U]}$

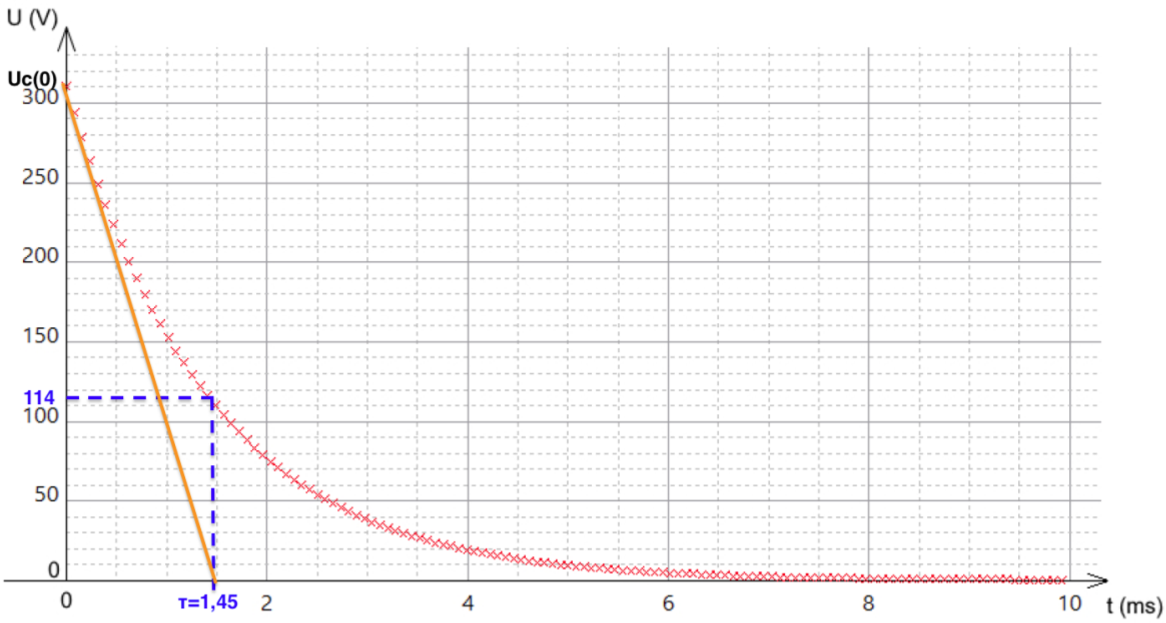
$[\tau] = \frac{[U]}{[i]} \frac{[q]}{[U]}$
$[\tau] = \frac{[q]}{[i]}$

Avec $[i] = \frac{[q]}{[T]}$
$[\tau] = \frac{[q]}{\frac{[q]}{[T]}}$
$[\tau] = [T]$
$[\tau] = s$

La constante τ est homogène à un temps.

Q.16.
τ peut être déterminée graphiquement par deux méthodes :

- ✓ $U_C(\tau) = U_C(0) \cdot e^{-\frac{\tau}{\tau}} = U_C(0) \cdot e^{-1} = 310 \cdot e^{-1} = 114 \text{ V}$
  On lit le temps pour lequel $U_C = 114 \text{ V}$
- ✓ On trace la tangente à la courbe à t=0 et on regarde l'abscisse du point d'intersection entre cette tangente et l'asymptote $U_C = E$ pour la charge.



$\tau = 1{,}45 \text{ ms}$

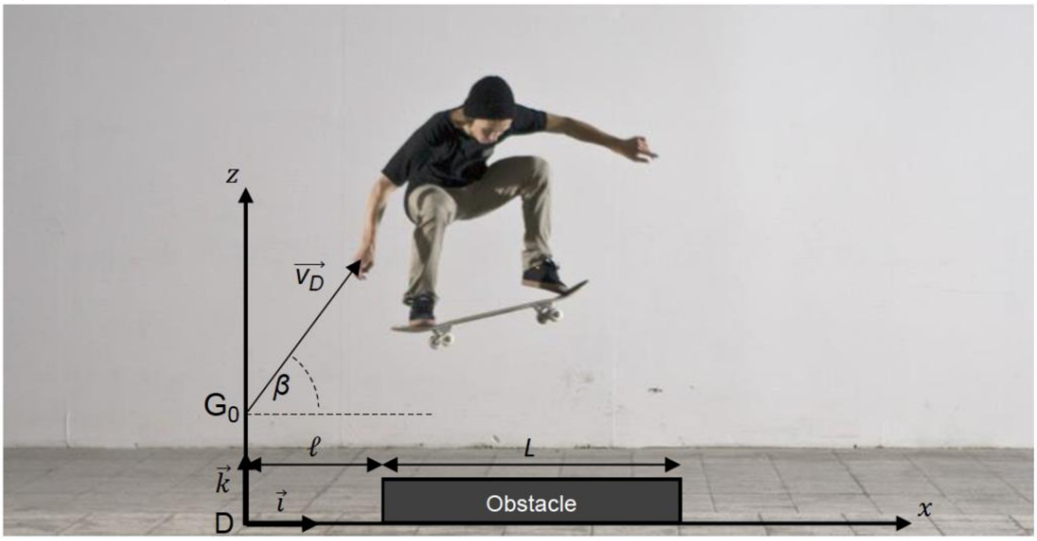
Q.17.

Calculons x pour t=7,5 ms

$x(t) = v_D \times \cos(\beta) \times t$

$x(t = 7{,}5 \times 10^{-3}) = 3{,}5 \times \cos(50{,}7) \times 7{,}5 \times 10^{-3}$

$x(t = 7{,}5 \times 10^{-3}) = 1{,}66 \times 10^{-2} \text{m}$



$x(t = 7{,}5 \times 10^{-3}) < l = 0{,}70\text{m}$

L’étape avant l’obstacle (étape 1) est donc photographiée.