

**CLASSE :** Terminale

**EXERCICE 1 :** commun à tous les candidats (10 points)

**VOIE :** ☒ Générale

**ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ :** PHYSIQUE-CHIMIE

**DURÉE DE L'EXERCICE :** 1h45

**CALCULATRICE AUTORISÉE :** ☒ Oui « type collège »

**EXERCICE 1 commun à tous les candidats**  
**L'aibag (10 points)**

**Partie 1. Étude d'un circuit RC et application à un détecteur de choc**

**1.**

**1.1.**

$E$  est la plus grande valeur de  $u_G(t)$  :



Figure 1. Signal d'entrée  $u_G(t)$  et schéma électrique du circuit

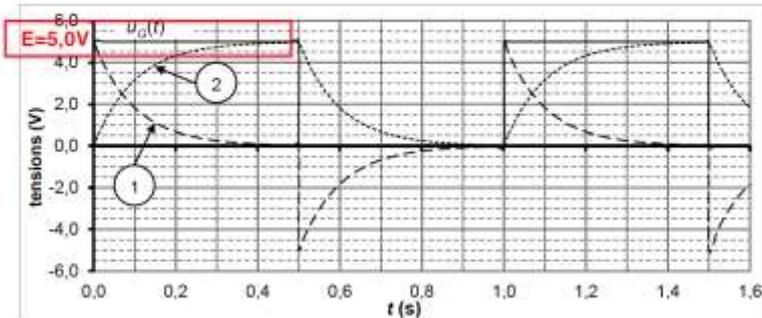


Figure 2. Représentation temporelle simulée des tensions  $u_G(t)$ ,  $u_C(t)$  et  $u_R(t)$

Graphiquement  $E=5,0$  V



Figure 1. Signal d'entrée  $u_G(t)$  et schéma électrique du circuit

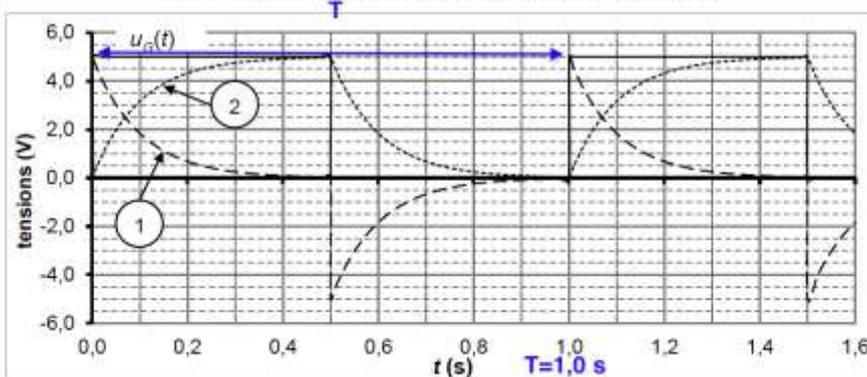


Figure 2. Représentation temporelle simulée des tensions  $u_G(t)$ ,  $u_C(t)$  et  $u_R(t)$

Graphiquement  $T=1,0$  s

$$f = \frac{1}{T}$$

$$f = \frac{1}{1,0}$$

$$f = 1,0 \text{ Hz}$$

## 1.2.

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

$$\text{Or } q(t) = C \times u_C(t)$$

D'où

$$i(t) = \frac{dC \times u_C(t)}{dt}$$

$$i(t) = C \times \frac{du_C(t)}{dt}$$

## 1.3.

### 1.3.1.

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

$$u_C(t) + u_R(t) = u_G(t)$$

$$\text{or } u_R(t) = R \times i$$

$$u_C(t) + R \times i = u_G(t)$$

$$\text{Or } i(t) = C \times \frac{du_C(t)}{dt}$$

$$u_C(t) + R \times C \times \frac{du_C(t)}{dt} = u_G(t)$$

$$\text{Or } u_G(t) = E$$

$$u_C(t) + R \times C \times \frac{du_C(t)}{dt} = E$$

### 1.3.2.

Vérifions que  $u_C(t) = E \left(1 - \exp\left(-\frac{t}{RC}\right)\right)$  est solution de l'équation différentielle.

-Dérivons  $u_C(t)$  :

$$\frac{du_C(t)}{dt} = E \left(-\times -\frac{1}{RC} \exp\left(-\frac{t}{RC}\right)\right)$$

$$\frac{du_C(t)}{dt} = \frac{E}{RC} \exp\left(-\frac{t}{RC}\right)$$

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

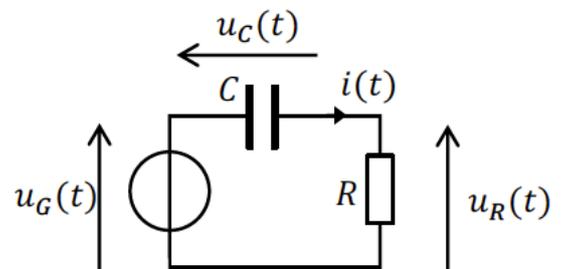
$$u_C(t) + R \times C \times \frac{du_C(t)}{dt} = E$$

$$E \left(1 - \exp\left(-\frac{t}{RC}\right)\right) + R \times C \times \frac{E}{RC} \exp\left(-\frac{t}{RC}\right) = E$$

$$E - E \exp\left(-\frac{t}{RC}\right) + E \exp\left(-\frac{t}{RC}\right) = E$$

$$E = E$$

La solution de la forme  $u_C(t) = E \left(1 - \exp\left(-\frac{t}{RC}\right)\right)$  vérifie l'équation différentielle. Elle est donc bien est solution de l'équation différentielle.



### 1.3.3.

$$u_R(t) = R \times i$$

$$\text{Or } i(t) = C \times \frac{du_C(t)}{dt}$$

$$u_R(t) = R \times C \times \frac{du_C(t)}{dt}$$

Or

$$\frac{du_C(t)}{dt} = \frac{E}{RC} \exp\left(-\frac{t}{RC}\right)$$

$$u_R(t) = R \times C \times \frac{E}{RC} \exp\left(-\frac{t}{RC}\right)$$

$$u_R(t) = E \exp\left(-\frac{t}{RC}\right)$$

### 1.4.

$$u_C(t) = E \left(1 - \exp\left(-\frac{t}{RC}\right)\right)$$

$$u_R(t) = E \exp\left(-\frac{t}{RC}\right)$$

Pour les associer aux courbes 1 et 2, calculons leurs valeurs pour  $t=0$  :

$$u_C(t=0) = E \left(1 - \exp\left(-\frac{0}{RC}\right)\right) = E(1 - 1) = 0$$

$$u_R(t=0) = E \exp\left(-\frac{0}{RC}\right) = E$$

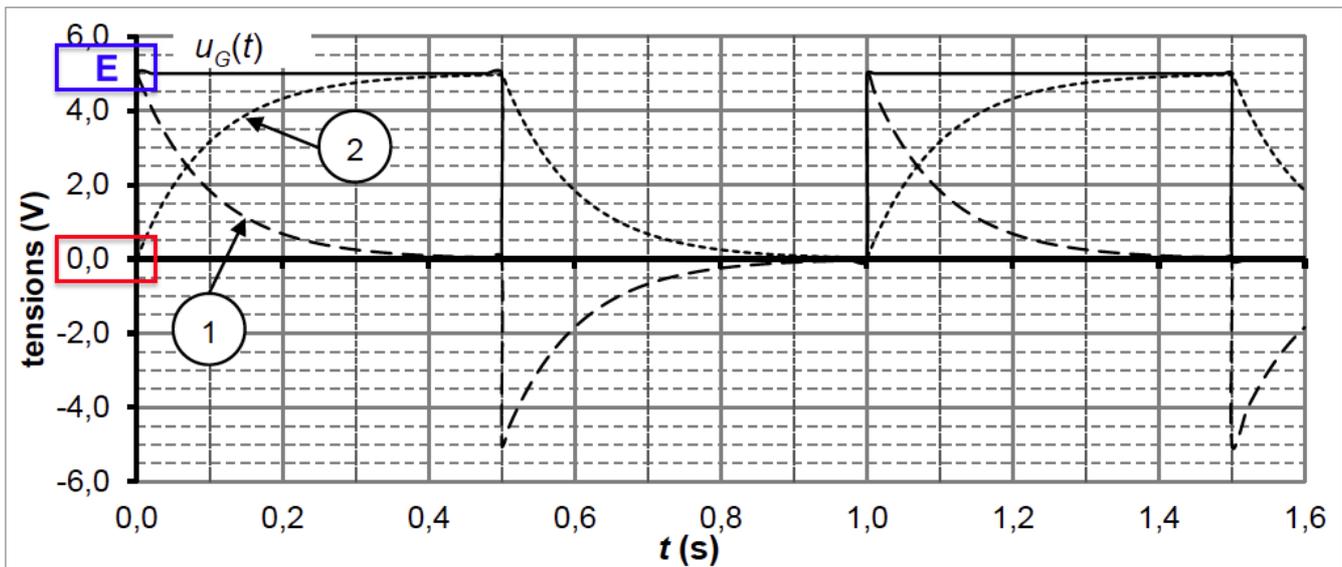


Figure 2. Représentation temporelle simulée des tensions  $u_G(t)$ ,  $u_C(t)$  et  $u_R(t)$

La courbe 1 correspond à  $u_R(t)$

La courbe 2 correspond à  $u_C(t)$

1.5.

La constante de temps  $\tau$ , peut être déterminée graphiquement :

On trace la tangente à la courbe à  $t=0$  et on regarde l'abscisse du point d'intersection entre cette tangente et  $U_C = 0$  pour la décharge sur la courbe 2 correspondant à  $U_C(t)$

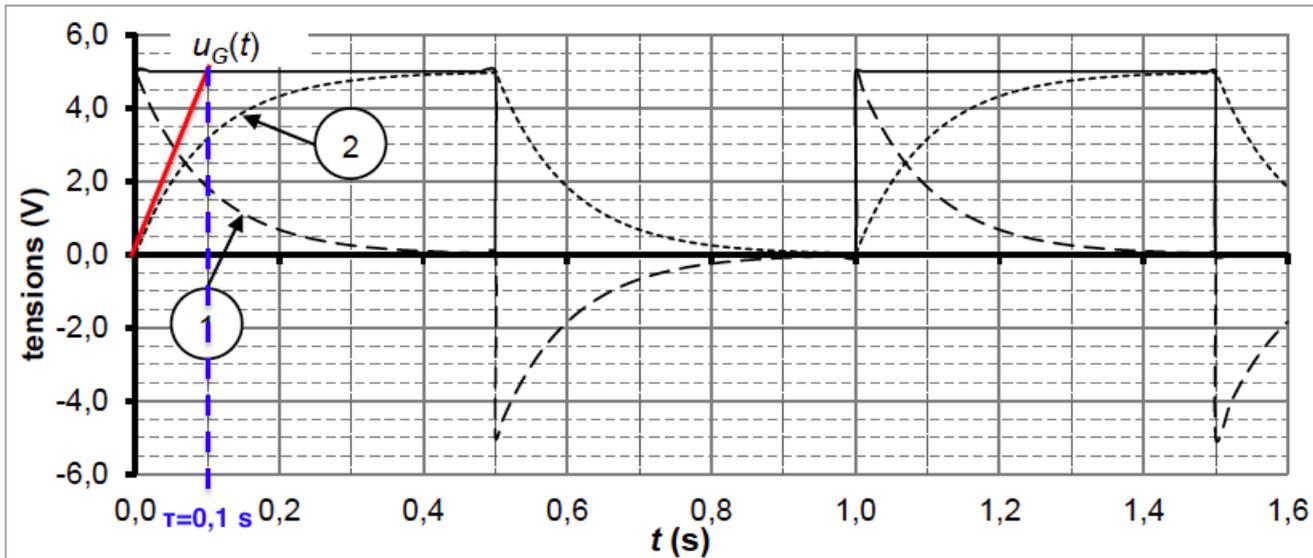


Figure 2. Représentation temporelle simulée des tensions  $u_G(t)$ ,  $u_C(t)$  et  $u_R(t)$

Graphiquement :  $\tau = 0,1$  s

Or

$$\tau = RC$$

$$RC = \tau$$

$$R = \frac{\tau}{C}$$

$$R = \frac{0,1}{1 \cdot 10^{-6}}$$

$$R = 1 \cdot 10^5 \Omega$$

2.

2.1.

$$C = \epsilon \times \frac{S}{e}$$

C est inversement proportionnel à e

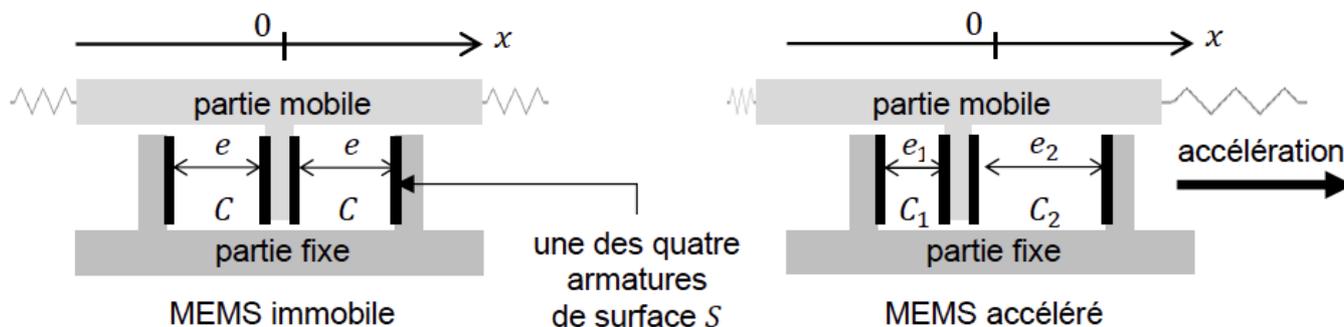


Figure 3. Schémas de principe de l'accéléromètre MEMS

La situation schématisée sur la figure 3 montre  $e_1 < e_2$

Donc  $C_1 > C_2$

## 2.2.

$$C = \epsilon \times \frac{S}{e}$$

C est inversement proportionnel à e

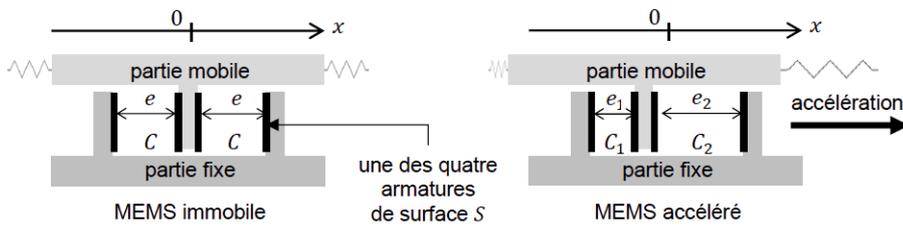


Figure 3. Schémas de principe de l'accéléromètre MEMS

La situation schématisée sur la figure 3 montre  $e_1 < e$

Donc  $C_1 > C$

$$\text{Or } C_1 = C \cdot (1 + k \cdot a_x)$$

$$C \cdot (1 + k \cdot a_x) > C$$

$$1 + k \cdot a_x > \frac{C}{C}$$

$$1 + k \cdot a_x > 1$$

$$k \cdot a_x > 1 - 1$$

$$k \cdot a_x > 0$$

Or  $k > 0$  donc  $a_x > 0$

La situation schématisée sur la figure 3 montre  $e_2 > e$

Donc  $C_2 < C$

$$\text{Or } C_2 = C \cdot (1 - k \cdot a_x)$$

$$C \cdot (1 - k \cdot a_x) < C$$

$$1 - k \cdot a_x < \frac{C}{C}$$

$$1 - k \cdot a_x < 1$$

$$-k \cdot a_x < 1 - 1$$

$$-k \cdot a_x < 0$$

$$k \cdot a_x > 0$$

Or  $k > 0$  donc  $a_x > 0$

## 2.3.

$$V_{\text{out}} = V_0 + S \cdot a_x$$

Lorsque l'accélération est nulle :  $a_x = 0$

$$V_{\text{out}} = V_0 + S \cdot 0$$

$$V_{\text{out}} = V_0$$

Ainsi  $V_0$  est la tension en l'absence d'accélération.

Pour une accélération suivant x de 40 g :

$$V_{\text{out}} = V_0 + S \cdot a_x$$

$$\Delta V = V_{\text{out}} - V_0$$

$$\Delta V = V_0 + S \cdot a_x - V_0$$

$$\Delta V = S \cdot a_x$$

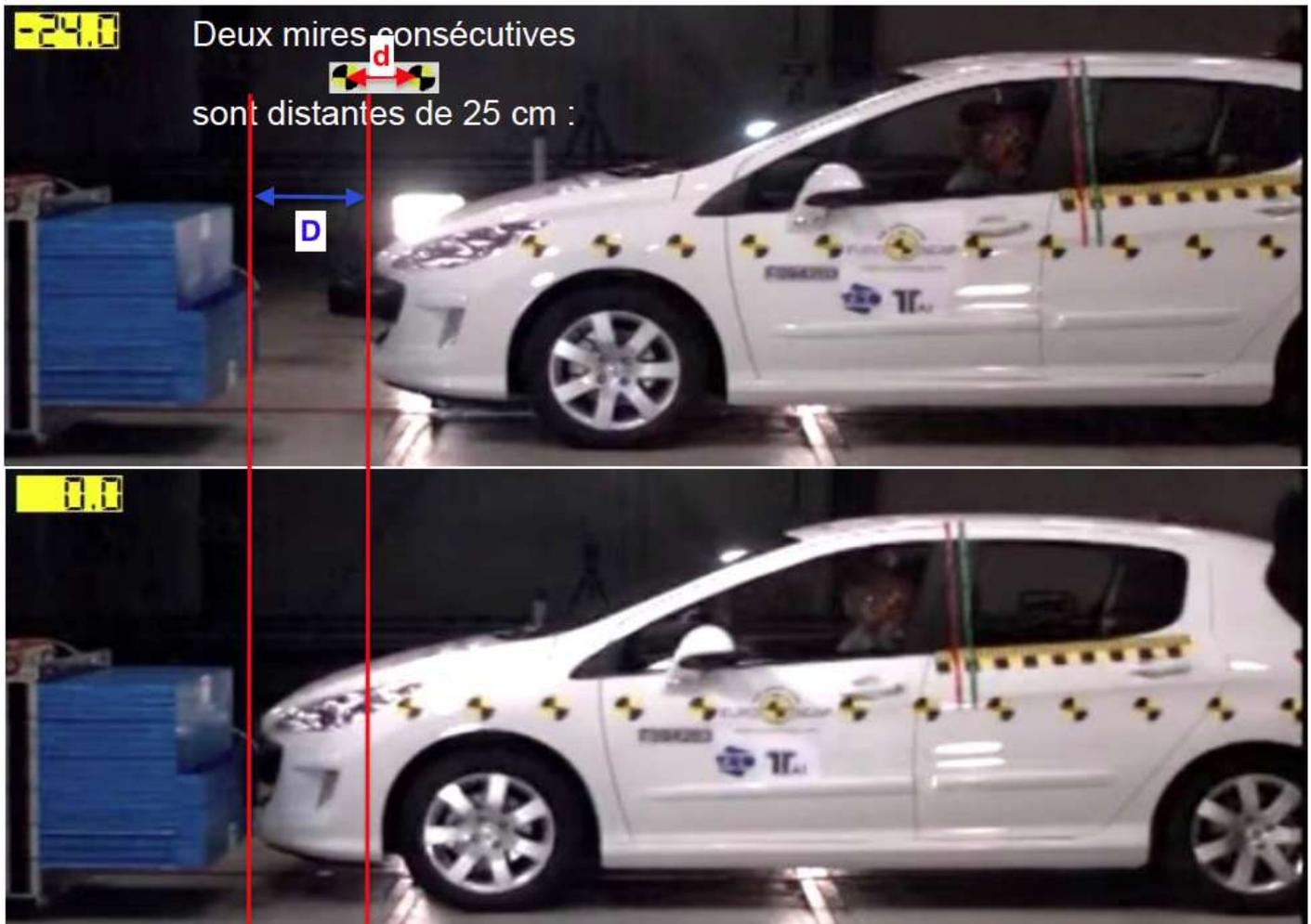
$$\Delta V = 27 \cdot 10^{-3} \times 40$$

$$\Delta V = 1,1 \text{ V}$$

Une petite variation de tension permet de détecter une grande accélération.

## Partie 2. Étude d'un crash-test

1.



Sur la photo	Réel
$d=0,8$ cm	25 cm
$D=1,3$ cm	distance parcourue

En 24 ms , la voiture parcourt une distance :

$$\text{distance parcourue} = \frac{1,3 \times 25}{0,8} = 41 \text{ cm}$$

Considérons que la vitesse est constante :

$$v = \frac{\text{distance parcourue}}{\text{temps de parcours}}$$

$$v = \frac{41 \cdot 10^{-2}}{24 \cdot 10^{-3}}$$

$$v = 17 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$v = 17 \times 3,6$$

$$v = 61 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$$

2.  
2.1.

Pendant les 25 ms suivant la date de l'impact qui a lieu à la date  $t=0$  s, la vitesse de la tête est constante. De plus la voiture roule en ligne droite :  
Le mouvement de la tête est rectiligne uniforme.

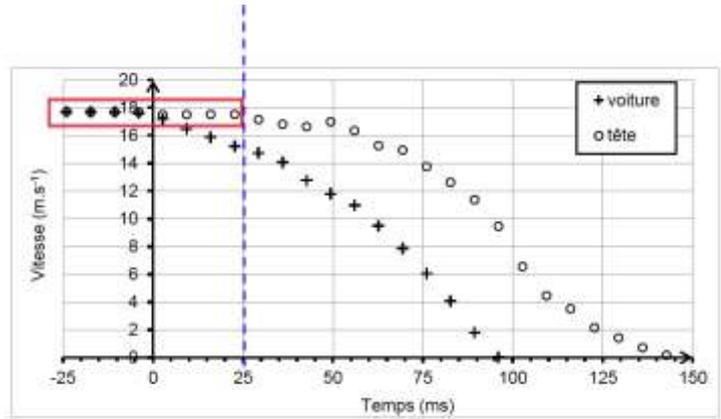
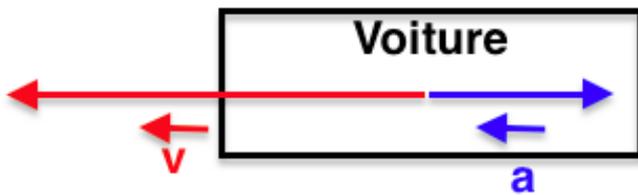


Figure 5. Évolutions au cours du temps des vitesses de la voiture et de la tête

2.2.

Sur la photo, la voiture avance vers la gauche. Le vecteur vitesse est donc dirigé vers la gauche. La vitesse de la voiture diminue : l'accélération est orientée dans l'autre sens donc vers la droite.

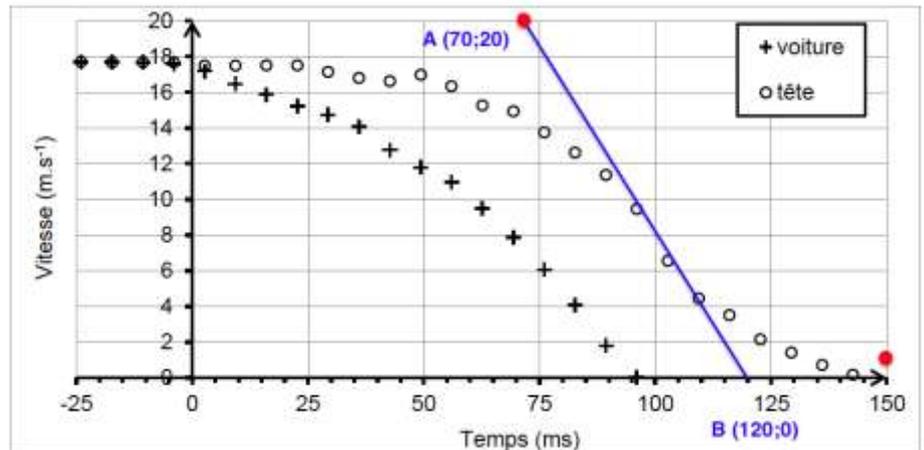


2.3.

$$a = \frac{dv}{dt}$$

L'accélération est maximale lorsque la variation de la vitesse est la plus grande. Ici, l'accélération est maximale pour  $t=100$  ms

La dérivée se calcul en trouvant le coefficient directeur de la tangente en un point de la courbe.



Par exemple pour  $t=100$  ms :

$$k = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$$

$$k = \frac{0 - 20}{120 \cdot 10^{-3} - 70 \cdot 10^{-3}} = -400 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$a_{t=100 \text{ ms}} = 400 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

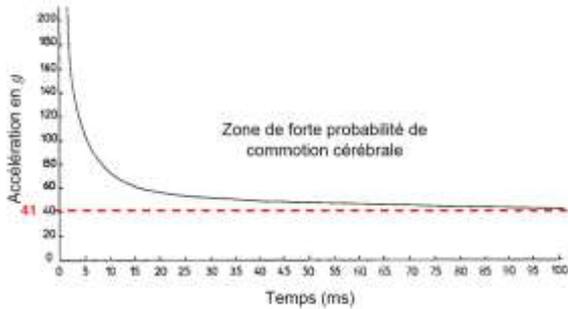
## 2.4.

Calculons l'accélération en g

g	9,81 m. s <sup>-2</sup>
a	400 m. s <sup>-2</sup>

$$a = \frac{400 \times g}{9,81} = 41 \text{ g}$$

Pour une accélération de 41g, quelque soit la durée de l'accélération subie par la tête, nous sommes hors de la zone de forte probabilité de commotion cérébrale.



D'après la Fédération Internationale des Ingénieurs et Techniciens de l'Automobile et de la Society of Automobile Engineers.

Figure 6. Probabilité d'apparition d'une commotion cérébrale

La probabilité d'apparition d'une commotion cérébrale n'est pas importante pour un conducteur lors d'un choc similaire à celui réalisé lors du crash-test étudié.

## Partie 3. Charge explosive

### 1.

L'équation d'état des gaz parfaits s'écrit :  $P \times V = n \times R \times T$

Avec :

- P la pression du gaz en pascal (Pa)
- V le volume du gaz en m<sup>3</sup>
- n la quantité de matière en mol
- R la constante des gaz parfaits  $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$
- T la température en degré kelvin (K)

### 2.

$$P \times V = n \times R \times T$$

$$n \times R \times T = P \times V$$

$$n = \frac{P \times V}{R \times T}$$

$$n = \frac{101.10^3 \times 60.10^{-3}}{8,31 \times (20 + 273)}$$

$$n = 2,5 \text{ mol}$$

### 3.



La réaction est supposée totale :

$$\frac{n_{\text{NaN}_3}}{10} = \frac{n_{\text{N}_2}^{\text{produit}}}{16}$$

$$n_{\text{NaN}_3} = 10 \times \frac{n_{\text{N}_2}^{\text{produit}}}{16}$$

Or

$$n_{\text{NaN}_3} = \frac{m_{\text{NaN}_3}}{M_{\text{NaN}_3}}$$

Donc

$$\frac{m_{\text{NaN}_3}}{M_{\text{NaN}_3}} = 10 \times \frac{n_{\text{N}_2}^{\text{produit}}}{16}$$

$$m_{\text{NaN}_3} = 10 \times \frac{n_{\text{N}_2}^{\text{produit}}}{16} \times M_{\text{NaN}_3}$$

$$m_{\text{NaN}_3} = 10 \times \frac{2,5}{16} \times 65,0$$

$$m_{\text{NaN}_3} = 101 \text{ g}$$

Pour avoir une masse minimale de nitrate de potassium, il faut qu'il soit introduit dans les proportions stœchiométriques :

$$\frac{n_{\text{KNO}_3}}{2} = \frac{n_{\text{NaN}_3}}{10}$$

$$n_{\text{KNO}_3} = 2 \times \frac{n_{\text{NaN}_3}}{10}$$

$$n_{\text{KNO}_3} = \frac{n_{\text{NaN}_3}}{5}$$

Or

$$n_{\text{NaN}_3} = \frac{m_{\text{NaN}_3}}{M_{\text{NaN}_3}}$$

$$n_{\text{KNO}_3} = \frac{m_{\text{KNO}_3}}{M_{\text{KNO}_3}}$$

$$\frac{m_{\text{KNO}_3}}{M_{\text{KNO}_3}} = \frac{m_{\text{NaN}_3}}{5 \times M_{\text{NaN}_3}}$$

$$m_{\text{KNO}_3} = \frac{m_{\text{NaN}_3}}{5 \times M_{\text{NaN}_3}} \times M_{\text{KNO}_3}$$

$$m_{\text{KNO}_3} = \frac{101}{5 \times 65,0} \times 101,1$$

$$m_{\text{KNO}_3} = 31,4 \text{ g}$$

4.

Calculons la pression du diazote stocké dans un réservoir de même volume que celui occupé par les 70cm<sup>3</sup> des réactifs solides à la température de 20° :

$$P \times V = n \times R \times T$$

$$P = \frac{n \times R \times T}{V}$$

$$P = \frac{2,5 \times 8,31 \times (20 + 273)}{70,0 \cdot 10^{-6}}$$

$$P = 8,7 \times 10^7 \text{ Pa}$$

Pression atmosphérique :  $P_0 = 101 \text{ kPa}$  ;

$$\frac{8,7 \times 10^7}{101 \times 10^3} = 861$$

Pour un même encombrement, Il faudrait stocker le diazote à une pression 861 fois supérieure à la pression atmosphérique ce qui implique un réservoir adapté. Les réactifs solides ne demande pas de réservoir particulier. C'est pourquoi on préfère utiliser un dispositif avec des réactifs solides plutôt que du diazote stocké dans un réservoir sous pression à la température de 20°C.