Correction des questions 1-2-3-6-7 de l'exercice "Valoriser l'énergie cinétique d'une rame de métro" (Bac Spécialité SI - Métropole - mai 2022)

Corrigé réalisé par B. Louchart, professeur de Physique-Chimie

1. $1^{ère}$ phase :
Le mouvement du centre de masse G est rectiligne.
De plus, v_G augmente régulièrement.
Donc G a un mouvement rectiligne uniformément accéléré.

$2^{ème}$ phase :
Le mouvement de G est rectiligne.
De plus, v_G est constante, différente de 0.
Donc G a un mouvement rectiligne uniforme.

$3^{ème}$ phase :
Le mouvement de G est rectiligne.
De plus, v_G diminue régulièrement.
Donc G a un mouvement rectiligne uniformément décéléré.

2. Au cours de la phase de freinage, l'énergie maximale récupérable est égale à la perte d'énergie cinétique de la rame :

$E_{max\ récupérable} = E_{c,i} - E_{c,f} = \frac{1}{2}m\,v_{G,i}^2 - \frac{1}{2}m\,v_{G,f}^2 = \frac{1}{2}m\,v_{G,i}^2$ car $v_{G,f} = 0\ m.s^{-1}$

$\Rightarrow\ E_{max\ récupérable} = \frac{1}{2} \times 1{,}4\times10^5 \times \left(\frac{55}{3{,}6}\right)^2 = 1{,}6\times10^7\ J$

La puissance moyenne maximale récupérable lors de cette phase de freinage vaut donc :

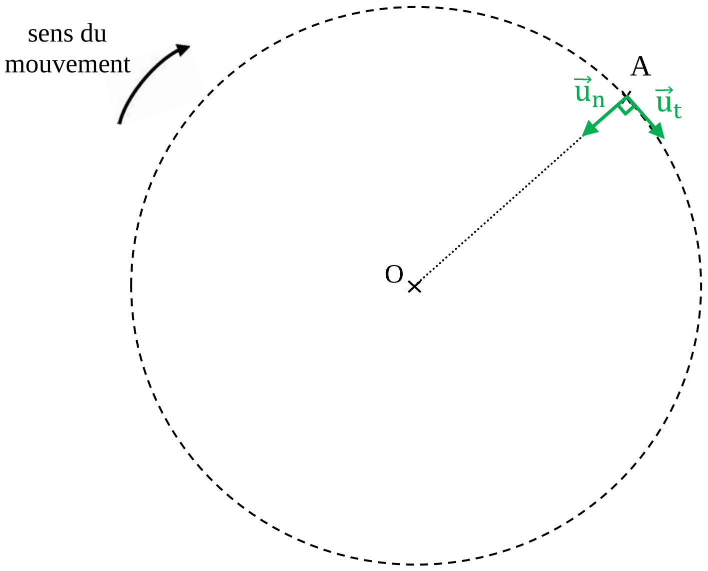
$P_{récup} = \frac{E_{récupérable}}{\Delta t} = \frac{1{,}6\times10^7}{175-160} = 1{,}1\times10^6\ W$

C'est une puissance 1100 fois supérieure à celle consommée par un radiateur électrique de 1 kW = 10^3 W

3. L'énergie nécessaire pour que la rame passe de 0 $km.h^{-1}$ à 55 $km.h^{-1}$ dans la phase 1 est égale à l'énergie cinétique perdue (donc l'énergie maximale récupérable) dans la phase 3, quand elle passe de 55 $km.h^{-1}$ à 0 $km.h^{-1}$.
Mais la durée de la phase 1 étant plus petite (10 s) que celle de la phase 3 (15 s), la puissance à fournir lors de la phase 1 est plus grande que la puissance maximale récupérable lors de la phase 3.

6. Le point A, situé à la périphérie du volant d'inertie a un mouvement circulaire de rayon R.

Donc $\vec{a}_A = \dfrac{dv_A}{dt}\,\vec{u}_t + \dfrac{v_A^2}{R}\,\vec{u}_n$, $\vec{u}_t$ et $\vec{u}_n$ étant les vecteurs de base du repère de Frénet décrit ci-dessous



La vitesse de rotation du rotor diminue, donc v_A diminue également.

On en déduit que $\dfrac{dv_A}{dt} < 0$

Ainsi, le projecté du vecteur $\vec{a}_A$ sur l'axe tangentiel est dirigé dans le sens contraire de $\vec{u}_t$.

Le seul schéma qui respecte cette condition étant le (b), on en déduit que c'est le schéma (b) qui représente correctement les vecteurs vitesse $\vec{v}_A$ et accélération $\vec{a}_A$

7. $a_{An} = \dfrac{v_A^2}{R} = \dfrac{280^2}{35\times10^{-2}} = 2{,}2\times10^5\ \text{m.s}^{-2}$

$$\frac{a_{An}}{g} = \frac{2{,}2\times10^5}{9{,}8} = 2{,}3\times10^4$$

$\Rightarrow$ la composante normale du vecteur accélération est 23000 fois supérieure à la valeur du champ de pesanteur.

Il faut donc que ce volant d'inertie soit très robuste pour résister à cela.