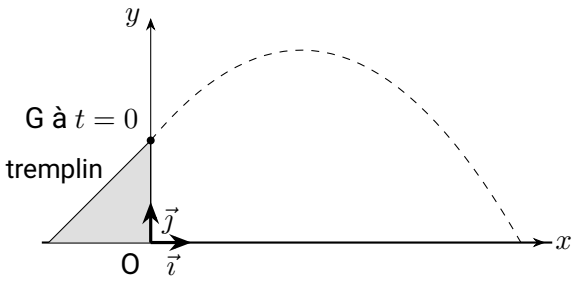
*Calculatrice autorisée*

## Exercice 1 : Saut à vélo depuis un tremplin

**4 points**

Un cycliste prend son élan et quitte le haut d'un tremplin, situé à $1{,}5\,\text{m}$ au-dessus du sol, pour réaliser un saut. On étudie le mouvement du centre de masse G du système {cycliste + vélo} dans le référentiel terrestre, muni du repère $(\text{O};\vec{\imath},\vec{\jmath})$ représenté ci-contre (axe vertical orienté vers le haut). L'instant $t = 0$ est celui où G quitte le tremplin.
L'exploitation d'une vidéo du saut conduit à modéliser les coordonnées de G, exprimées en mètres pour $t$ en secondes, par :



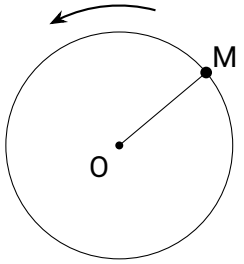

$$x(t) = 4{,}25\,t \qquad y(t) = -4{,}9\,t^2 + 5{,}10\,t + 1{,}5$$

**1)** Établir les expressions des coordonnées $v_x(t)$ et $v_y(t)$ du vecteur vitesse $\vec{v}$ de G.
**2)** En déduire la valeur de la vitesse de G à la date $t = 1{,}0\,\text{s}$.
**3)** Établir les expressions des coordonnées $a_x(t)$ et $a_y(t)$ du vecteur accélération $\vec{a}$ de G.
**4)** Que peut-on dire de la direction et du sens du vecteur accélération ? Varie-t-il au cours du saut ?
**5)** Calculer la valeur de l'accélération de G pendant le saut.

## Exercice 2 : Le caillou d'une fronde

**4 points**

On fait tourner une fronde au-dessus de sa tête : la main reste immobile et la corde, de longueur $L = 60\,\text{cm}$, retient un caillou de masse $m = 48\,\text{g}$. Le caillou décrit, dans un plan horizontal, un cercle de centre O (la main) et de rayon $L$, à la vitesse de valeur constante $v = 9{,}0\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Les actions de l'air sont négligées et, à cette vitesse, le poids du caillou est négligeable devant la force exercée par la corde. L'étude se fait dans le référentiel terrestre.



vue de dessus

**1)** Donner les caractéristiques (direction, sens, valeur) du vecteur accélération du caillou, en précisant son expression dans le repère de Frenet.
**2)** En déduire la valeur de la force exercée par la corde sur le caillou.

## Exercice 3 : Décollage d'un lanceur

**4 points**

Au décollage, la masse d'un lanceur spatial vaut $M = 5{,}4 \times 10^5\,\text{kg}$. Ses moteurs exercent sur lui une force de poussée $\vec{F}$ verticale, dirigée vers le haut, de valeur constante $F = 7{,}5 \times 10^6\,\text{N}$. Le mouvement de son centre de masse G est étudié dans le référentiel terrestre, supposé galiléen, muni d'un axe $(\text{O}; \vec{j})$ vertical orienté vers le haut.

On admet que, pendant la phase étudiée, le lanceur n'est soumis qu'à son poids $\vec{P}$ et à la force $\vec{F}$, et que sa masse et l'intensité de la pesanteur, $g = 9{,}8\,\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$, restent constantes.

**1)** Représenter, sur un schéma et à une échelle que l'on précisera, les forces qui s'exercent sur le lanceur pendant le décollage.

**2)** À l'aide d'une loi de Newton, déterminer les caractéristiques (direction, sens, valeur) du vecteur accélération $\vec{a}$ de G une fois que le lanceur a quitté le sol.

## Exercice 4 : Pot catalytique et monoxyde d'azote

**8 points**

Le monoxyde d'azote NO, gaz polluant, fait partie des gaz rejetés par un moteur à essence. En moyenne, un tel moteur rejette $7{,}5 \times 10^4\,\text{L}$ de gaz d'échappement par heure, dont $0{,}16\,\%$ en volume de monoxyde d'azote (volumes mesurés dans des conditions où le volume molaire des gaz vaut $V_\text{m} = 24\,\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}$).

Le pot catalytique placé sur la ligne d'échappement limite cette pollution. Il contient une structure en nid d'abeille, couverte d'une fine couche de métaux précieux comme le platine Pt ; ces métaux rendent beaucoup plus rapide, entre autres, la réduction des oxydes d'azote en diazote, et ils ne sont pas consommés au cours du fonctionnement. Le pot reste peu efficace tant qu'il n'est pas assez chaud, et il est difficile de récupérer les métaux d'un pot usagé.

Au laboratoire, on étudie la réduction du monoxyde d'azote par le dihydrogène, modélisée par la réaction d'équation :

$$2\,\text{NO}\,(\text{g}) + 2\,\text{H}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{N}_2(\text{g}) + 2\,\text{H}_2\text{O}\,(\text{g})$$

Une enceinte fermée, de volume constant $V = 2{,}0\,\text{L}$, contient au départ un mélange de $3{,}0 \times 10^{-3}\,\text{mol}$ de monoxyde d'azote et de $3{,}0 \times 10^{-3}\,\text{mol}$ de dihydrogène. Elle est maintenue à une température élevée constante, à laquelle l'eau formée reste gazeuse. Un capteur relié à un système d'acquisition permet de suivre la quantité de diazote formé (figure 1).

**1)** Donner la définition d'un catalyseur.

**2)** Relever dans le texte deux informations montrant que le platine joue le rôle de catalyseur.

**3)** Proposer, en justifiant, un capteur permettant de suivre l'évolution du système au cours du temps.

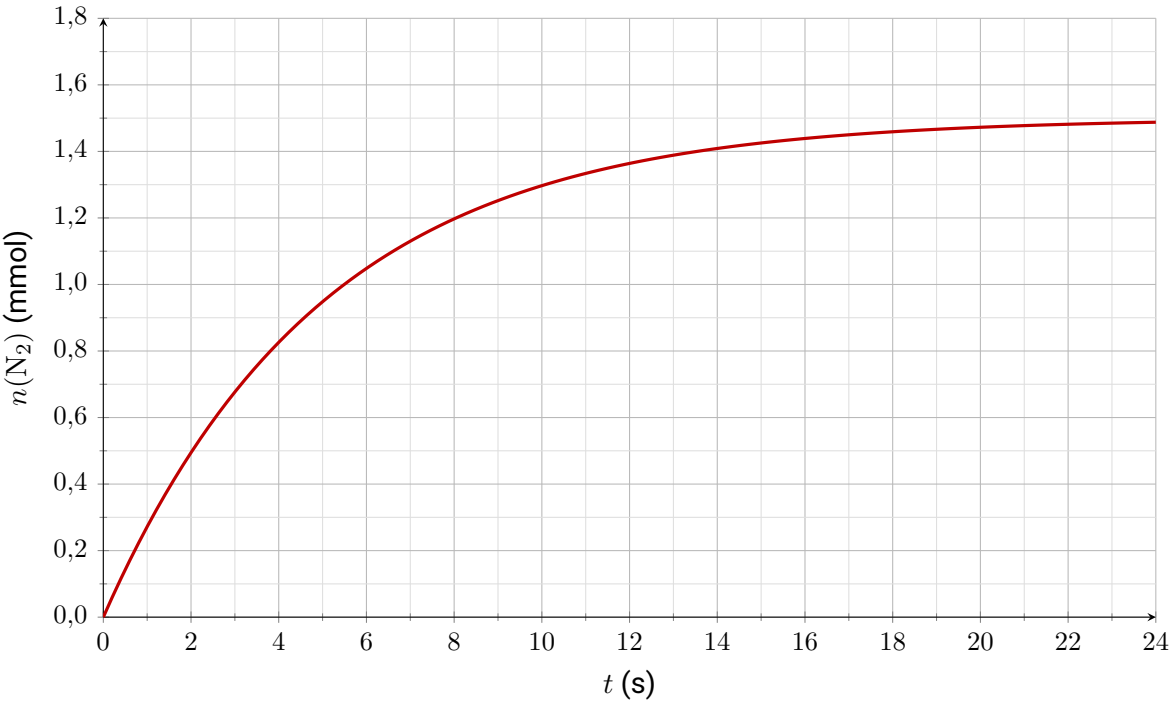



Figure 1 : quantité de diazote formé au cours du temps (à compléter sur le sujet)

**4)** Par une méthode graphique, déterminer la valeur de $\mathrm{d}n(\mathrm{N_2})/\mathrm{d}t$ aux dates $t = 0$ et $t = 4{,}0\,\mathrm{s}$. En déduire la vitesse volumique d'apparition du diazote à ces deux dates.

**5)** Cette réaction, menée dans une enceinte de $2{,}0\,\mathrm{L}$ comme celle de l'expérience, permettrait-elle de traiter le monoxyde d'azote rejeté par le moteur et de remplacer ainsi le pot catalytique ? Argumenter à l'aide d'un calcul. *Toute démarche cohérente, même non aboutie, sera valorisée.*