

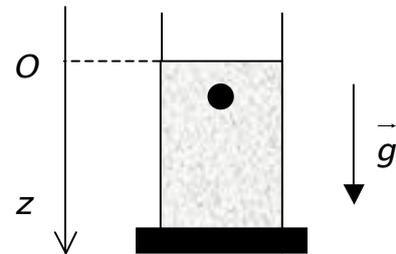
Mécanique et cinétique chimiqueExercice n°1: Mouvement d'une bille dans un liquide visqueux

Le référentiel terrestre est  $\mathfrak{R}_g (O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$  est supposé galiléen et le champ de pesanteur uniforme :  $\vec{g} = 9,81\vec{k} \text{ m.s}^{-2}$ . Une petite bille d'acier de masse  $m$  et de rayon  $r$  est lâchée en  $O$  et sans vitesse initiale dans la glycérine, une solution organique, de viscosité  $\eta$ . Ce liquide visqueux exerce sur la bille en mouvement :

- La poussée d'Archimède  $\vec{\Pi}_A$  (de norme le poids du fluide déplacé et dirigée verticalement de bas en haut).
- Des actions de frottement modélisées par une force  $\vec{f}_f = -6\pi\eta r\vec{v}$  où  $\vec{v}$  est la vitesse de la bille dans  $\mathfrak{R}_g$ .

Données :

- Masse volumique de l'acier  $\rho_{ac} = 7800 \text{ kg.m}^{-3}$ .
- Masse volumique de la glycérine  $\rho_g = 1260 \text{ kg.m}^{-3}$ .
- Masse volumique de l'air  $\rho_{air} = 1,3 \text{ kg.m}^{-3}$ .



- Donner les caractéristiques de la poussée d'Archimède  $\vec{\Pi}_A$  exercée par le fluide sur la bille. Comparer à la poussée d'Archimède qui serait exercée par l'air sur la bille. Faire les applications numériques. Conclure.
- Effectuer un bilan des forces exercées sur la bille (faire un diagramme de forces).
- Etablir l'équation différentielle que vérifie la valeur de la vitesse  $\vec{v}$  de la bille.
- Montrer que la vitesse de la bille tend vers une valeur limite  $v_{lim}$ . Donner son expression en fonction de  $\rho_{ac}, \rho_g, g, r$  et  $\eta$ . Quelle est la constante de temps  $\tau$  du mouvement ?

Représenter graphiquement  $v(t)$  en fonction du temps.

- Pour une bille de rayon  $r = 1,50 \text{ mm}$ , la vitesse limite atteinte est de  $5,2 \text{ cm.s}^{-1}$ . En déduire la viscosité  $\eta$  en précisant son unité. Conclure sur le caractère observable du mouvement.

### Exercice n°2: Tarzan glisse sur un arbre incliné

Tarzan, supposé ponctuel, de masse  $m$  est situé à l'extrémité supérieure de la ligne de plus grande pente  $Ox$  d'un arbre incliné d'angle  $\alpha$ , sans vitesse initiale. On note  $H$  la distance de ce point initial  $O$  au plan horizontal et  $g$  l'accélération de la pesanteur constante.

#### 1) Absence de frottement de glissement:

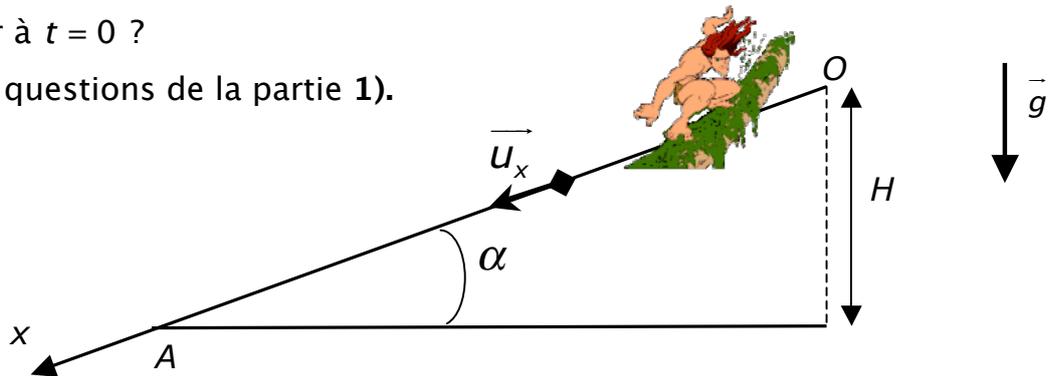
1-1) Déterminer l'accélération de Tarzan à l'instant  $t$ , lorsque les frottements de glissement sont négligeables.

1-2) En déduire la vitesse de Tarzan au point  $A$ .

#### 2) Existence de frottement de glissement:

2-1) Quelle est la condition sur le coefficient  $\mu$  de frottement pour que Tarzan commence à glisser à  $t = 0$  ?

2-2) Reprendre les questions de la partie 1).

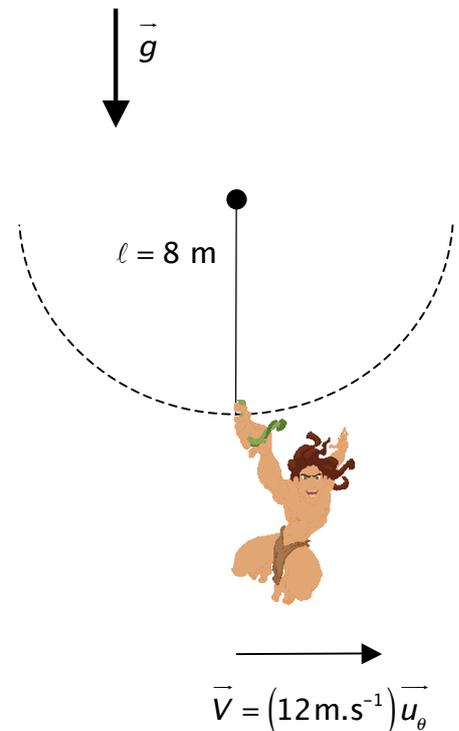


### Exercice n°3: Tarzan et sa liane

Tarzan, dont la masse est de 90 kg, souhaite traverser une rivière avec une liane. Pour être certain que la liane, de longueur 8 m, puisse le supporter, Tarzan teste la liane à l'équilibre (position verticale). La liane résiste bien et Tarzan se lance dans la traversée de la rivière mais la liane se rompt quand Tarzan se trouve au milieu de la rivière (position verticale). Tarzan est très perplexe (il n'a jamais eu la chance d'étudier la physique dans la jungle).

1) Calculer la tension de la corde quand Tarzan (assimilé à un point matériel) teste cette dernière à l'équilibre (position verticale).

2) Calculer la tension de la corde quand Tarzan se trouve au milieu de la rivière (position verticale) sachant qu'il a une vitesse de  $12 \text{ m.s}^{-1}$  et que son mouvement est circulaire (cf. figure ci-contre). Expliquer pourquoi la liane s'est rompue.



**DECOMPOSITION DU PENTAOXYDE DE DIAZOTE**

La décomposition du pentaoxyde de diazote, réalisée en phase gazeuse dans un récipient de volume constant, conduit au dioxyde d'azote et au dioxygène suivant une réaction totale :



Tous les gaz sont supposés parfaits.  $R = 8,31 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$

1. On introduit une mole de  $\text{N}_2\text{O}_5$  dans un récipient de volume  $V = 10 \text{ L}$  maintenu à  $T = 140 \text{ }^\circ\text{C}$  à l'instant initial.

a) Calculer la pression initiale dans le récipient.

b) Quelle sera la pression dans le récipient en fin d'évolution (durée infinie) ?

2. On suit la cinétique de cette réaction en traçant la courbe  $\ln(P_{\text{N}_2\text{O}_5})$  en fonction du temps, où  $P_{\text{N}_2\text{O}_5}$  est la pression partielle en  $\text{N}_2\text{O}_5$  dans le récipient. Cette courbe est un segment de droite.

On constate d'autre part qu'il reste 0,5 mol de  $\text{N}_2\text{O}_5$  dans le récipient à l'instant  $t = 8 \text{ s}$ .

En déduire l'ordre de la réaction et la valeur de la constante de vitesse  $k$ .

3. On recommence l'expérience avec deux moles de  $\text{N}_2\text{O}_5$ . Au bout de combien de temps obtiendra-t-on le même rendement de 50 %. Commenter brièvement.

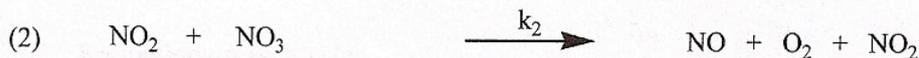
4. Etablir la loi donnant la pression totale  $P$  dans le récipient en fonction du temps et de la pression initiale.

5. L'expérience étant réalisée à  $90 \text{ }^\circ\text{C}$ , on mesure un temps de demi-réaction de 9 minutes.

Calculer l'énergie d'activation de la réaction.

6.a) Pourquoi ne peut-on pas considérer cette réaction comme élémentaire ?

De ce fait on propose le mécanisme suivant :



b) On suppose que l'étape (2) est l'étape cinétiquement déterminante. Montrer que le mécanisme est compatible avec l'ordre expérimental déterminé et exprimer la constante  $k$  en fonction des constantes  $k_i$  des réactions élémentaires.

On considère que l'équilibre (1) est établi rapidement.