





Énergie et précipitation

Travailler avec vos cours et TD ouverts est **chaudement recommandé** : un DM est un entraînement, pas une évaluation. Réfléchir ensemble est une bonne idée, mais le travail de rédaction doit être individuel. En cas de besoin, **n'hésitez pas à me poser des questions**, idéalement à la fin d'un cours ou éventuellement par mail.

Ceinture		Travail à réaliser
	Ceinture blanche	I uniquement
	Ceinture jaune	I uniquement
	Ceinture rouge	En entier
	Ceinture noire	En entier



Flasher ou cliquer pour accéder au corrigé

I - Lancer d'un palet sur une piste en demi-cercle

Un palet M de masse m , assimilé à un point matériel, est lancé sur une piste composée d'une portion rectiligne AB inclinée d'un angle $\alpha = 30^\circ$ par rapport à l'horizontale suivie d'une portion en arc de cercle BC de rayon R et d'angle $(\vec{OC}, \vec{OB}) = \pi/2 + \alpha$. Le palet est initialement lancé depuis A avec une vitesse v_A connue. On néglige tous les frottements.

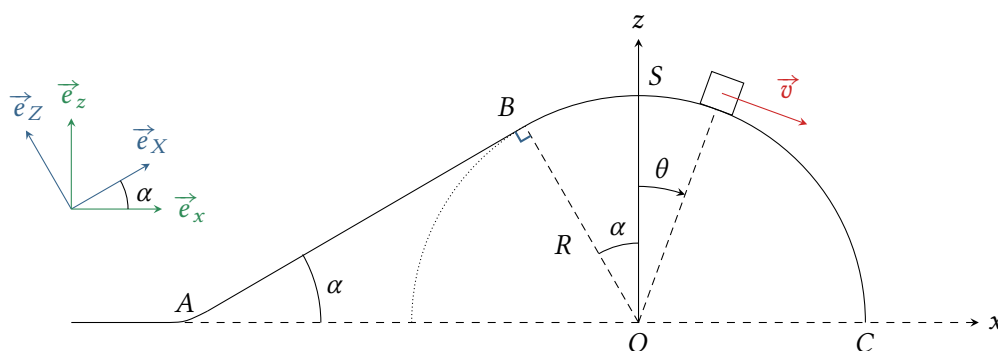


Figure 1 – Piste parcourue par le palet.

On utilisera au choix le repère cartésien (Oxz) , le repère cartésien (OXZ) tourné d'un angle α par rapport au précédent, ou le repère polaire de centre O .

- 1 - Déterminer l'expression littérale de la vitesse v_B au point B en supposant que ce point est bien atteint.
- 2 - En déduire que B n'est effectivement atteint que si v_A est supérieure à une vitesse limite dont on donnera l'expression littérale et la valeur numérique.
- 3 - Montrer que $\frac{dv}{dt} = -g \sin \alpha$, v étant la vitesse instantanée du palet.
- 4 - En déduire le temps de parcours Δt_{AB} de la portion AB en fonction de v_A et v_B .

- 5 - Établir une relation entre la vitesse $v(\theta)$ atteinte en un point de coordonnée angulaire θ et la vitesse initiale v_A .
- 6 - Établir l'expression de la réaction normale \vec{N} de la piste sur le palet lors du mouvement sur la portion circulaire en fonction de θ et de la vitesse initiale v_A notamment.
- 7 - À quelle condition sur v_A le palet décolle-t-il avant d'avoir atteint le sommet S ? Déterminer l'angle de décollage θ_d .
- 8 - On suppose le sommet atteint. Montrer que le palet M quitte nécessairement la piste avant d'atteindre C . Déterminer l'angle de décollage.

II - Prévenir l'eutrophisation



L'eutrophisation est un phénomène d'accumulation de nutriments dans un milieu aquatique provoquant une croissance excessive de plantes et d'algues. Outre des nuisances visuelles et olfactives, cette prolifération conduit à une absorption importante de dioxygène, donc à l'asphyxie des écosystèmes aquatiques (faune et flore). Les marées d'algues vertes en Bretagne nord en sont un exemple emblématique. Bien qu'il existe des phénomènes d'eutrophisation naturelle, les activités humaines en sont souvent la cause principale. L'eutrophisation est alors provoquée par le ruissellement d'eaux pluviales contenant d'importantes quantités d'azote (souvent des nitrates NO_3^-) ou de phosphore (phosphates PO_4^{3-}) issues de rejets agricoles ou industriels.

Cet exercice s'intéresse au principe d'un procédé de lutte contre l'eutrophisation pouvant être intégré à une station d'épuration. Il consiste à ajouter à un effluent une quantité suffisante de chlorure de magnésium, entièrement soluble dans l'eau. L'azote et le phosphore précipitent alors sous forme de struvite $\text{MgPO}_4\text{NH}_4(\text{s})$ suivant la réaction



L'opération a lieu sous un pH maintenu constant : pour faciliter les calculs, on le prendra égal à 9,3. Ce procédé semble particulièrement intéressant car la struvite récupérée peut être valorisée dans une optique d'économie circulaire sous forme d'engrais phosphatés, coûteux à produire par les méthodes traditionnelles.

On raisonne sur un effluent contenant au total $C_P = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ de phosphore sous toutes ses formes et $C_N = 16,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ d'azote sous toutes ses formes.

9 - Le phosphore peut en principe être présent dans l'effluent sous toutes les formes de l'acide phosphorique (H_3PO_4 , H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} et PO_4^{3-}). En s'appuyant sur un diagramme de prédominance, déterminer la forme prépondérante et sa concentration.

10 - L'azote peut se trouver sous forme d'ammoniac NH_3 ou d'ammonium NH_4^+ , issus de la dégradation de l'urée. Peut-on faire une hypothèse analogue à la question précédente ? Donner la ou les concentrations pertinentes.

11 - Ce procédé peut permettre de précipiter 80 % du phosphore de l'effluent. Déterminer la masse de chlorure de magnésium nécessaire pour traiter 1 m^3 d'effluent avec ce rendement.

Cependant, tout le magnésium ajouté n'est pas impliqué dans le précipité : en raison de sa solubilité partielle, une partie demeure en solution. Il est important de l'estimer pour savoir ce que représente la quantité de magnésium ajouté « pour rien » par rapport à la quantité utile.

12 - Déterminer dans l'hypothèse de la question précédente la concentration résiduelle en ions Mg^{2+} dans la solution, et la masse additionnelle de chlorure de magnésium correspondante. Commenter.

13 - Proposer une méthode permettant de récupérer la struvite en vue de la valoriser.

Données :

- ▶ Masse molaire du chlorure de magnésium MgCl_2 : $M = 95 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$;
- ▶ Constantes d'acidité successives de l'acide phosphorique : $\text{p}K_{a1} = 2,1$; $\text{p}K_{a2} = 7,2$; $\text{p}K_{a3} = 12,3$;
- ▶ Constante d'acidité du couple $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$: $\text{p}K_{a4} = 9,3$
- ▶ Produit de solubilité de la struvite $\text{MgPO}_4\text{NH}_4(\text{s})$: $\text{p}K_s = 11$.