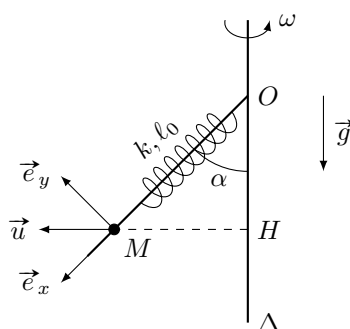


## DM7 : Mécanique, acide-base

Le travail en groupe est fortement encouragé, vous rendrez une copie par groupe de 3. Attention, tous les membres du groupe doivent avoir fait tout le DM ! Il ne s'agit pas de partager le travail.

### Exercice 1 : MASSE ACCROCHÉE À UN RESSORT TOURNANT

Un système est constitué d'une tige ( $T$ ) fixée en  $O$  à un axe vertical  $\Delta$  en formant un angle  $\alpha$  avec la verticale. On fixe en  $O$  un ressort de longueur à vide  $\ell_0$  et de raideur  $k$  dont l'autre extrémité est accrochée à un solide (supposé ponctuel)  $M$  de masse  $m$  reposant sur la tige ( $T$ ) pouvant glisser sans frottement le long de celle-ci. On étudie le système dans le référentiel du laboratoire que l'on suppose galiléen.



1. Le système étant tout d'abord immobile, déterminer la longueur  $\ell_{eq}$  du ressort à l'équilibre en fonction de  $m$ ,  $g$ ,  $k$ ,  $\alpha$  et  $\ell_0$ .

On met maintenant le système en rotation autour de l'axe  $\Delta$  avec une vitesse angulaire  $\omega$  constante suffisamment faible pour que  $M$  repose toujours sur ( $T$ ).

2. Donner la nature et les caractéristiques du mouvement de  $M$ .
3. On note  $\ell'_{eq}$  la longueur du ressort à l'équilibre lorsque le système est en rotation. Exprimer le vecteur accélération  $\vec{a}$  du point  $M$  dans le référentiel du laboratoire en fonction de  $\ell'_{eq}$ ,  $\alpha$ ,  $\omega$  et  $\vec{u}$  (vecteur unitaire dirigé de  $H$  vers  $M$ ,  $H$  étant le projeté orthogonal de  $M$  sur  $\Delta$ ).
4. Exprimer le vecteur accélération  $\vec{a}$  dans la base  $(\vec{e}_x, \vec{e}_y)$ .
5. Déterminer l'expression de  $\ell'_{eq}$  en fonction de  $k$ ,  $\ell_{eq}$ ,  $m$  et  $\omega$ . Que se passe-t-il lorsque  $\omega \rightarrow \sqrt{k/(m \sin^2(\alpha))}$  ?
6. Exprimer la réaction  $\vec{R}$  de la tige ( $T$ ) sur  $M$  dans la base  $(\vec{e}_x, \vec{e}_y)$ .
7. Déterminer, en fonction de  $k$ ,  $g$ ,  $\ell_0$ ,  $m$  et  $\alpha$ , la vitesse de rotation limite  $\omega_0$  pour que le solide  $M$  décolle de la tige ( $T$ ).
8. Discuter qualitativement des limites  $k \rightarrow \infty$  et  $k \rightarrow 0$ .
9. Que vaut  $\omega_0$  pour  $\alpha = \frac{\pi}{2}$  ? Discuter qualitativement ce résultat *a priori* surprenant.

### Exercice 2 : ACIDE SULFURIQUE

## 1 L'acide sulfureux

Lors de sa dissolution dans l'eau, le dioxyde de soufre se transforme totalement en acide sulfureux selon la réaction



L'acide sulfureux est un diacide faible dont les constantes d'acidité à 25 °C sont  $K_{a1} = 10^{-1,8}$  et  $K_{a2} = 10^{-7,2}$ .

1. Écrire les réactions de dissociation en milieu aqueux de ce diacide faible.
2. Après avoir fait barboter, à 25 °C, du dioxyde de soufre dans l'eau pure, on obtient une solution aqueuse de pH = 2,5. Les espèces susceptibles d'être présentes dans le milieu sont exclusivement :  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{HSO}_3^-$  et  $\text{SO}_3^{2-}$ . Écrire une relation entre les concentrations de ces espèces traduisant l'électroneutralité de la solution.
3. Tracer le diagramme de prédominance de l'acide sulfureux. Comment peut-on simplifier l'équation précédente ?
4. Calculer les concentrations molaires de  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{HSO}_3^-$  et  $\text{SO}_3^{2-}$ .

## 2 L'acide sulfurique

L'acide sulfurique  $\text{H}_2\text{SO}_4$  est un diacide dont la première acidité est forte et la seconde a un  $\text{p}K_a = 1,9$ . La masse molaire du soufre est  $M_S = 32 \text{ g mol}^{-1}$ , celle de l'oxygène est  $M_O = 16 \text{ g mol}^{-1}$ .

5. L'acide commercial utilisé est une solution aqueuse à 98 % en masse de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , de masse volumique  $\rho = 1,84 \text{ g cm}^{-3}$ . Déterminer la valeur de la concentration molaire de l'acide sulfurique commercial.
6. On dilue d'un facteur 100 un acide sulfurique commercial et on place un volume  $V_0 = 15,00 \text{ mL}$  de la solution obtenue dans un bécher. Cette solution est titrée par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration molaire  $C_B = 0,500 \text{ mol l}^{-1}$ . Le titrage est suivi par pH-métrie.  
Quelle(s) électrode(s) est (sont) utilisée(s) avec le pH-mètre ?
7. Une simulation de ce titrage est donnée figure 1. Indiquer ce que représente chacune des courbes parmi  $\text{pH} = f(V)$ ,  $x(\text{HSO}_4^-)$  et  $x(\text{SO}_4^{2-})$ . (où  $x(A)$  représente la proportion de l'acide sous forme de l'espèce  $A$  en solution)

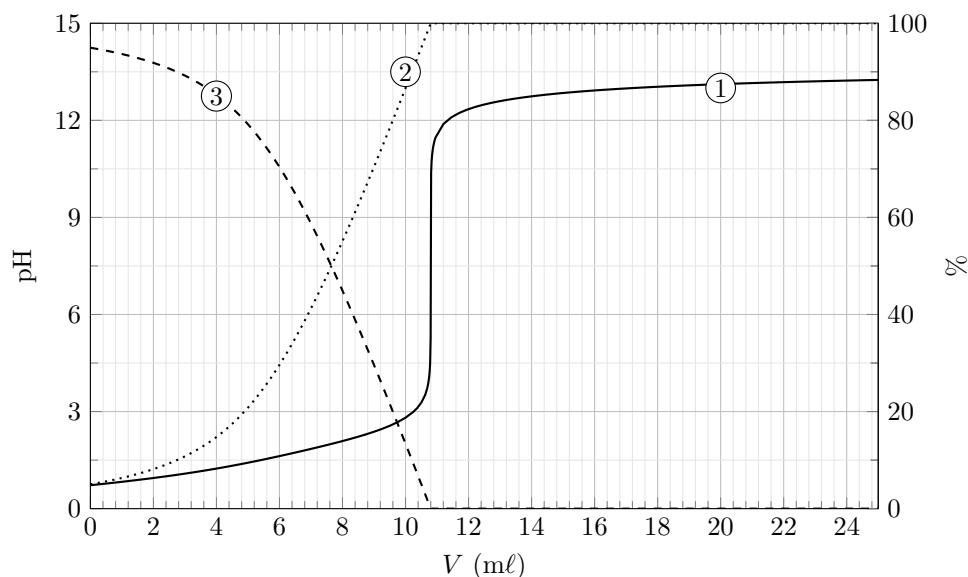


FIGURE 1 – Titrage de l'acide sulfurique.

8. Quelles sont les réactions qui ont lieu avant l'équivalence ? Déterminer leur constante d'équilibre et justifier que l'on n'observe qu'un seul saut de pH.
9. À partir de la courbe de titrage, retrouver la valeur du  $\text{p}K_a$  du couple  $\text{HSO}_4^- / \text{SO}_4^{2-}$
10. Déterminer la concentration  $c_a$  de l'acide commercial titré.