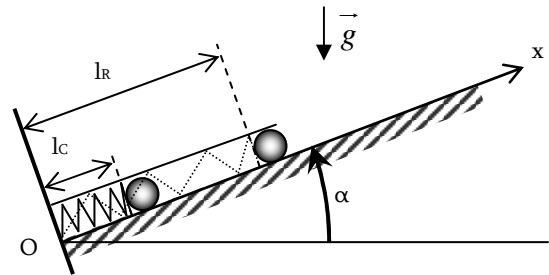


Exercice 1 : Mécanique – Boule de Flipper

Une boule de flipper en acier, de masse m , initialement placée dans son logement cylindrique fixé sur le plateau de flipper, repose contre l'embout d'un ressort de raideur k dont l'autre extrémité O est fixée au fond du logement. Le joueur comprime alors le ressort au maximum, et à un instant $t = 0$ pris comme origine, il relâche brusquement le ressort.

Le plateau et le cylindre sont inclinés d'un angle α par rapport à l'horizontale. La longueur à vide du ressort est l_0 , cette longueur vaut l_R lorsque la bille est au repos contre l'embout, et diminue jusqu'à l_c quand le ressort est comprimé au maximum,

On néglige complètement le frottement de la boule sur le plateau, de sorte qu'elle ne fait que glisser sans rouler ni frotter. On l'assimilera donc à un point matériel de rayon nul. La masse du ressort est supposée négligeable. L'accélération de la pesanteur est g supposée constante.



1. Etude Statique :

- 1.1. La bille reste au contact du plan incliné, dans quel repère allez-vous travailler pour ce problème (2D) et pourquoi (On impose juste l'origine O) ? Et dans quel référentiel ? Peut-il être supposé galiléen et pourquoi ?
- 1.2. Faire un bilan des forces auxquelles est soumise la bille au repos, donner leurs expressions et les représenter sur un schéma ?
- 1.3. Avec le PFS, déterminer l'expression de la longueur au repos l_R en fonction de l_0 , m , g , k et α .
- 1.4. Quelles sont les forces conservatives et leurs énergies potentielles associées ? Les exprimer en fonction du paramètre x . Vérifier que l'on est bien à 1 degré de liberté.
- 1.5. Représenter la fonction énergie potentielle totale de la bille M et retrouver la position d'équilibre de M . Est-elle stable ou instable ? Redémontrer l'expression de l_R en fonction de l_0 , m , g , k et α

2. Etude énergétique globale :

- 2.1. On comprime le ressort jusqu'à $l = l_c$. Donner les valeurs prises par l'énergie potentielle et par l'énergie mécanique de la bille en fonction de l_c , l_0 , m , g , k et α ?
- 2.2. On considère que la boule perd le contact avec le ressort lorsque sa tension s'annule, c'est-à-dire lorsque $l = l_0$. Donner une condition sur l_c pour que la bille quitte réellement le ressort (Il doit lui rester de la vitesse lorsqu'elle passe en $l = l_0$). Calculer alors sa vitesse v_0 en $l = l_0$ en fonction de l_c , l_0 , m , g , k et α ?
- 2.3. Calculer jusqu'à quelle hauteur x_h elle va monter sur le flipper (sans frottements), et exprimer cette longueur x_h maximale atteinte par la bille en fonction de v_0 , l_0 , g et α .

3. Vérification par une étude dynamique – Bille en contact avec le ressort :

- 3.1. Appliquer le PFD pour trouver l'expression de la réaction normale du support R_N et l'équation différentielles du mouvement de la boule pendant la phase de lancer (boule encore en contact avec le ressort). Eliminer l_0 de l'équation à l'aide de la position d'équilibre (toujours sans frottements)
- 3.2. Si on ne tire pas assez sur le ressort, que se passe-t-il ? Donner l'expression de $x(t)$ en fonction de l_c , l_R , ω_0 et du temps. Faites un schéma représentant les longueurs et l'oscillation. Retrouver la valeur maximale l_{cmax} de la longueur l_c du ressort comprimé pour que la boule quitte l'embout du ressort ?

- 3.3. On suppose maintenant que $l_c < l_{cmax}$, la boule va donc perdre le contact avec le ressort lorsque sa tension s'annule. Calculer l'instant t_0 auquel cela arrive. Quelle est alors l'expression de la vitesse v_0 de la boule ? En se souvenant de la relation entre cos et sin (lorsque les 2 sont positifs), exprimer v_0 en fonction de l_0 , l_c , m , g , k et α . Vérifier la valeur du 2.2. Quelle est la méthode la plus simple ?

4. Etude énergétique – boule lancée avec frottement :

- 4.1. On considère que la bille possède la même vitesse v_0 en $l = l_0$, et qu'elle est soumise à un frottement solide de coefficient f lorsqu'elle quitte le ressort. En utilisant l'expression de R_N calculée au 3, déterminer la nouvelle hauteur à laquelle la bille va pouvoir monter.
- 4.2. Application numérique sans frottement : L'ingénieur a choisi un ressort de raideur $k = 100\text{N.m}^{-1}$. Calculer la hauteur x_h qui sera atteinte par la bille sans frottement (Donner en valeur intermédiaire la valeur de la vitesse v_0). On mesure $l_0 - l_c = 7\text{cm}$, $l_0 = 10\text{cm}$, $m = 50\text{g}$, $g = 9.81\text{m.s}^{-2}$ et $\alpha = 20^\circ$. Est-ce satisfaisant ?
- 4.3. Application numérique avec frottement : Refaire les calculs dans les mêmes conditions (même vitesse v_0 qu'au 4.2) mais sans négliger le frottement solide de coefficient $f = 0,25$ (valeur un peu exagérée). Commenter.

Exercice 2 : Chimie – Calculs de pH

1. Solution d'acide fort

On introduit 10^{-3} mol d'acide chlorhydrique HCl dans 1L d'eau pure.

- 1.a) L'acide chlorhydrique est un acide fort, rappeler ce que cela signifie, et dites ce qui va se passer dans la solution.
- 1.b) Déterminer tous les ions en présence avec leur concentration.
- 1.c) Rappeler l'équation de la réaction d'autoprotolyse de l'eau ainsi que sa constante (Attention au sens). Combien d'ions oxonium H_3O^+ apporte-t-elle a priori dans la solution ? Pourquoi peut-on dire que cette réaction est négligeable par rapport à la dissolution du HCl ?
- 1.d) Quel est le pH de cette solution ? (toujours en négligeant l'autoprotolyse)
- 1.e) Et si on rajoute 10g de sel (Chlorure de Sodium NaCl). Cela change-t-il le pH ?
- 1.f) On voit en fait que la réaction d'autoprotolyse aura plutôt tendance à faire disparaître des ions oxonium H_3O^+ selon la réaction inverse $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{HO}^- = 2\text{H}_2\text{O}$, donc à faire diminuer le pH. Quelle est sa constante de réaction ? Est-elle très déplacée vers la droite ou la gauche ?
- 1.g) En supposant qu'il y a initialement $[\text{HO}^-] = 10^{-7} \text{mol.L}^{-1}$, quelle est la quantité d'ions oxonium qui vont disparaître au maximum par cette réaction ? Peut-on toujours la négliger ?

2. Solution d'acide faible

On introduit maintenant 10^{-3} mol d'acide méthanoïque HCOOH dans 1L d'eau pure.

- 2.a) L'acide méthanoïque est un acide faible, rappeler ce que cela signifie, et dites ce qui va se passer dans la solution. Donner la réaction de dissolution de l'acide dans l'eau ainsi que sa constante K_A .
- 2.b) Faire une échelle de pK_A avec les espèces présentes initialement : $pK_A(\text{HCOOH} / \text{HCOO}^-) = 3.8$
- 2.c) Quel est la réaction prépondérante, l'écrire, donner sa constante.
- 2.d) Calculer l'avancement volumique à l'équilibre, en faisant les deux hypothèses habituelles (autoprotolyse négligeable et faible dissociation de l'acide – à vérifier bien entendu a posteriori).
- 2.e) Donner la concentration de tous les ions en présence à l'équilibre.
- 2.f) Quel est le pH de cette solution ?
- 2.g) Tracer un diagramme de prédominance des espèces acides et basiques. Est-ce cohérent avec les concentrations trouvées aux questions précédentes ?