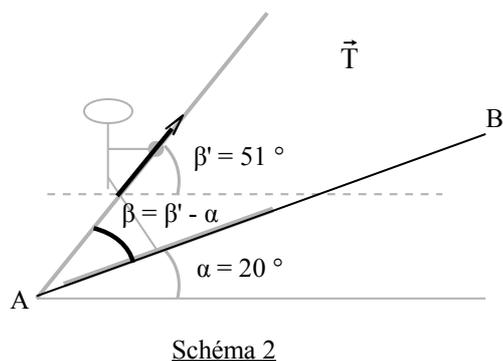
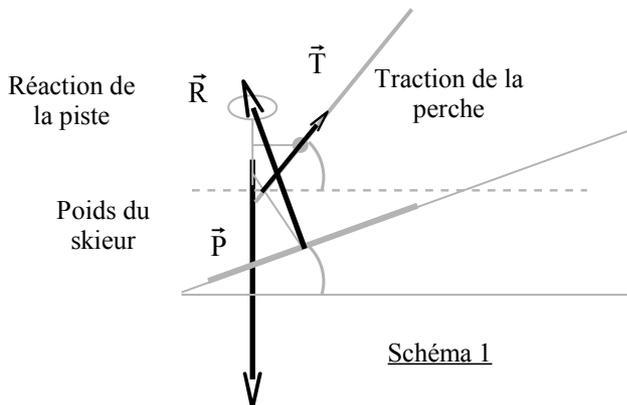


TRAVAIL ET PUISSANCE D'UNE FORCE CONSTANTE
— LES RÉACTIONS ACIDO-BASIQUES —
LES RÉACTIONS D'OXYDO-RÉDUCTION

EXERCICE I

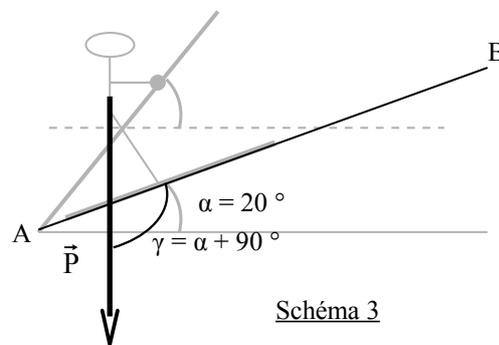
- Puisqu'il est dit dans l'énoncé que toutes les forces de frottement et la poussée d'Archimède sont négligeables, le bilan des forces se réduit à la réaction de la piste \vec{R} de direction perpendiculaire à la piste et de sens vers le haut, à la force de traction de la perche \vec{T} de direction celle de la perche, de sens vers le haut de la perche et d'intensité $T = 333 \text{ N}$ et du poids du skieur \vec{P} de direction verticale, de sens vers le bas et d'intensité $P = m \times g = 85 \times 9,82 = 835 \text{ N}$.
- Le schéma est le suivant :



- Puisqu'il est dit dans l'énoncé que le référentiel terrestre est supposé galiléen et que le skieur suit une trajectoire rectiligne à vitesse constante que l'on notera \vec{v} , nous pouvons affirmer que le principe d'inertie (la première loi de Newton) s'applique au skieur. On peut donc affirmer que la somme vectorielle des forces qui agissent sur le skieur est nulle ce qui se traduit mathématiquement par la relation $\Sigma \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{R} + \vec{T} + \vec{P} = \vec{0}$.

- Le travail d'une force \vec{F} pendant un déplacement AB étant donné par la relation $W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB}$ où $\vec{F} \cdot \vec{AB}$ est le produit scalaire des vecteurs \vec{F} et \vec{AB} , le travail de la réaction de la piste est donc nul puisque cette force est perpendiculaire au déplacement : $W_{AB}(\vec{R}) = 0 \text{ J}$.

Concernant la force de traction de la perche, la relation devient $W_{AB}(\vec{T}) = \vec{T} \cdot \vec{AB} = T \times AB \times \cos(\vec{T}, \vec{AB})$. Nous connaissons T et AB, et il ne reste qu'à déterminer l'angle que forme ces deux vecteurs. C'est l'angle β de l'énoncé, celui que forme la perche avec la piste (voir schéma 2). L'application numérique est donc la suivante $W_{AB}(\vec{T}) = 333 \times 350 \times \cos(31) = 10^5 \text{ J}$. Le travail étant positif, il est moteur (en effet, la perche tire le skieur).



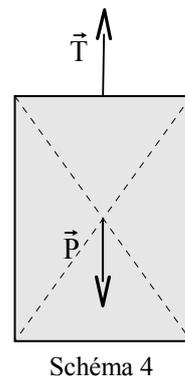
Concernant le poids du skieur, c'est l'angle que forme le poids et la piste qu'il nous faut déterminer. Il vaut 110° , comme le montre le schéma 3.

La relation devient $W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \vec{AB} = P \times AB \times \cos(\vec{P}, \vec{AB}) = 835 \times 350 \times \cos 110 = -10^5 \text{ J}$. Ce travail étant négatif, il est résistant (en effet, son poids freine le skieur).

- Effectuons la somme des travaux des forces : $\Sigma W_{AB}(\vec{F}_{\text{ext}}) = W_{AB}(\vec{R}) + W_{AB}(\vec{T}) + W_{AB}(\vec{P}) = 10^5 - 10^5 = 0 \text{ J}$. Cette valeur était prévisible puisque nous avons montré au 3. que la somme des forces était nulle.

Exercice II

- Puisqu'on demande dans l'énoncé de négliger les forces de frottement et la poussée d'Archimède, le bilan des forces se réduit à la force de traction \vec{T} de direction verticale, de sens vers le haut et du poids l'ascenseur \vec{P} de direction verticale, de sens vers le bas et d'intensité $P = m \times g = 850 \times 9,80 = 8,33 \cdot 10^3 \text{ N}$.
- Puisqu'il est dit que l'ascenseur monte à vitesse constante, nous pouvons appliquer la première loi de Newton (ou principe d'inertie) et affirmer que $\Sigma \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{T} + \vec{P} = \vec{0}$. Ceci veut donc dire que $\vec{T} = -\vec{P}$ et que $T = P = 8,33 \cdot 10^3 \text{ N}$.
- Pour le calcul du travail du poids, nous n'avons pas besoin de la donnée de l'énoncé sur la durée de parcours puisqu'il suffit d'utiliser la formule de l'exercice I.4. $W_{AB}(\vec{T}) = \vec{P} \cdot \vec{AB}$.



Puisqu'ici, le vecteur poids et le vecteur déplacement sont colinéaires mais de sens opposés (l'ascenseur monte donc le vecteur \vec{AB} est vertical vers le haut alors que le poids est, lui, dirigé vers le haut). L'angle entre les deux vecteurs est donc de 180° et on obtient $W_{AB}(\vec{P}) = P \times AB \times \cos(180) = -8,33 \cdot 10^3 \times 60,0 = -5,00 \cdot 10^5 \text{ J}$. Ce travail est négatif donc résistant comme on s'y attendait puisque lors de la montée de l'ascenseur, il s'y oppose.

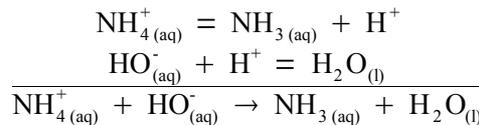
4. La force de traction étant opposée au poids, son travail est moteur et vaut l'inverse du travail du poids. La puissance moyenne de la force de traction exercée par le câble durant le déplacement AB est donnée par la formule

$$P_m = \frac{W_{AB}(\vec{T})}{\Delta t} \quad \text{où } \Delta t \text{ est la durée du parcours exprimée en seconde (ici } 0,5 \text{ min} = 30 \text{ s)}. \text{ L'application numérique donne } P_m = -\frac{W_{AB}(\vec{P})}{\Delta t} = -\frac{(-5,00 \cdot 10^5)}{30} = 1,7 \cdot 10^4 \text{ W.}$$

EXERCICE III

- Une solution de chlorure d'ammonium contient des ions chlorure $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$ et des ions ammonium NH_4^+ .
- Le seul ion susceptible de céder un proton H^+ (ce qui est la définition d'un acide selon Brønsted) est l'ion ammonium $\text{NH}_4^+_{(\text{aq})}$. C'est en effet impossible à imaginer pour l'ion chlorure Cl^- .
- Puisque l'ion ammonium $\text{NH}_4^+_{(\text{aq})}$ cède un proton H^+ , sa base conjuguée est l'ammoniac $\text{NH}_3_{(\text{aq})}$. Le couple acide base est donc $\text{NH}_4^+_{(\text{aq})}/\text{NH}_3_{(\text{aq})}$ et la demi-équation de ce couple est $\text{NH}_4^+_{(\text{aq})} = \text{NH}_3_{(\text{aq})} + \text{H}^+$.
- Les ions présents dans la solution d'hydroxyde de potassium sont l'ion hydroxyde $\text{HO}^-_{(\text{aq})}$ et l'ion potassium $\text{K}^+_{(\text{aq})}$.
- Au sens de Brønsted, une base est une espèce chimique susceptible de capter un proton H^+ . Ici, seul l'est l'ion hydroxyde HO^- .
- Le couple acide-base correspondant est $\text{H}_2\text{O}/\text{HO}^-_{(\text{aq})}$ et la demi-équation associée $\text{H}_2\text{O} = \text{HO}^-_{(\text{aq})} + \text{H}^+$.
- Puisque nous mettons en présence, dans le mélange des deux solutions, un acide, l'ion ammonium, et une base d'un autre couple acide-base, l'ion hydroxyde, ils vont réagir. L'ion ammonium va se transformer en sa base conjuguée l'ammoniac en cédant un proton qui va être capté par l'ion hydroxyde qui va alors se transformer en son acide conjugué, l'eau.

En passant par les demi-équations, cela s'écrit :



8. Il nous faut avant tout déterminer les quantités de matière des espèces chimiques en présence. Puisque les ions sont tous monovalents (c'est-à-dire qu'ils ne sont chargés qu'une fois, négativement ou positivement), les concentrations molaires effectives en espèces chimiques dissoutes sont égales aux concentrations molaires de soluté apporté. On a donc $n_{\text{NH}_4^+_{(\text{aq})}} = c \times v = 5,0 \cdot 10^{-3} \times 5,0 \cdot 10^{-1} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ et $n_{\text{HO}^-_{(\text{aq})}} = c \times v = 5,0 \cdot 10^{-2} \times 1,0 \cdot 10^{-2} = 5,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$.

| Équation chimique | | $\text{NH}_4^+_{(\text{aq})}$ | + | $\text{HO}^-_{(\text{aq})}$ | \longrightarrow | $\text{NH}_3_{(\text{aq})}$ | + | $\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$ |
|----------------------------|--------------------------------------|--|---|--|-------------------|--------------------------------------|---|-----------------------------------|
| État du système | Avancement | Quantités de matière correspondantes (mol) | | | | | | |
| État initial | 0 | $2,5 \cdot 10^{-3}$ | | $5,0 \cdot 10^{-4}$ | | 0 | | En excès |
| En cours de transformation | x | $2,5 \cdot 10^{-3} - x$ | | $5,0 \cdot 10^{-4} - x$ | | x | | En excès |
| Etat final | $x_{\text{max}} = 5,0 \cdot 10^{-4}$ | $2,5 \cdot 10^{-3} - x_{\text{max}} = 2,0 \cdot 10^{-3}$ | | $5,0 \cdot 10^{-4} - x_{\text{max}} = 0$ | | $x_{\text{max}} = 5,0 \cdot 10^{-4}$ | | En excès |

Ce sont donc les ions hydroxyde $\text{HO}^-_{(\text{aq})}$ qui limitent la réaction.

9. Puisque les ions hydroxyde sont réactif limitant, le milieu restera donc acide puisqu'il y restera des ions ammonium. Le BBT donnera donc à la solution sa coloration en milieu acide, c'est à dire le jaune.

EXERCICE IV

1. Pour écrire l'équation d'oxydoréduction, il faut avant tout écrire les demi-équations des deux couples oxydoréducteurs qui vont interagir : $\text{I}_{2(\text{aq})} / \text{I}^-_{(\text{aq})}$ et $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}_{(\text{aq})} / \text{S}_2\text{O}_3^{2-}_{(\text{aq})}$. Pour ce faire, on se souvient que lors d'une réaction d'oxydoréduction, c'est un transfert d'électrons qui a lieu et que lorsque l'oxydant contient des atomes d'oxygène, c'est en général des molécules d'eau qu'il faut utiliser pour équilibrer la demi-équation (les atomes d'hydrogène de cette molécule étant ensuite équilibrés avec des protons H^+).

La première demi-équation est donc $\text{I}_{2(\text{aq})} + 2\text{e}^- = 2\text{I}^-_{(\text{aq})}$ et la deuxième $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- = 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}_{(\text{aq})}$. Puisque nous faisons réagir le diiode avec des ions thiosulfate $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}_{(\text{aq})}$, la deuxième demi-équation est à inverser et l'équation de la réaction d'oxydoréduction est donc $\text{I}_{2(\text{aq})} + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}_{(\text{aq})} \rightarrow 2\text{I}^-_{(\text{aq})} + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}_{(\text{aq})}$.

2. Dans ce type de réaction, l'espèce oxydante est celle qui capte des électrons et l'espèce réductrice celle qui en cède (le plus simple est de se souvenir de la relation $\text{Ox} + n\text{e}^- = \text{Red}$). Ici, c'est donc le diiode $\text{I}_2(\text{aq})$ l'espèce oxydante et le thiosulfate $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq})$, l'espèce réductrice.
3. Sans utiliser le tableau d'avancement, si nous observons les coefficients stœchiométriques de l'équation de la réaction d'oxydoréduction, nous pouvons dire que pour une molécule de diiode présente, il faut apporter deux ions thiosulfate. Pour faire disparaître l'ensemble des molécules de diiode, il faudra donc apporter deux fois plus d'ions thiosulfate qu'il n'y avait de molécules initialement. A l'inverse, si nous connaissons le nombre d'ions apportés pour atteindre l'équivalence, nous savons qu'il y avait deux fois moins de molécules de diiode : $2 \times n_{\text{I}_2(\text{aq})} = n_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq})}$.
 Nous n'allons évidemment pas raisonner en nombre d'entités mais en quantité de matière (mais cela revient au même puisqu'une mole contient toujours $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ entités). La relation devient donc $2 \times n_{\text{I}_2(\text{aq})} = n_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq})}$ ou

$$n_{\text{I}_2(\text{aq})} = \frac{n_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq})}}{2}.$$
4. Pour calculer la concentration de diiode I_2 dans la solution de départ, il nous faut avant tout calculer la quantité de matière d'ions thiosulfate ajoutés pour atteindre l'équivalence (le moment où les deux réactifs sont entièrement consommés). Nous savons que nous devons ajouter $v = 24,2$ mL d'une solution de thiosulfate de sodium $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ où la concentration des ions thiosulfate $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq})$ est $0,20$ mol.L⁻¹ pour observer la disparition de la couleur bleu foncé. La quantité de matière d'ions thiosulfate ajoutés se détermine donc par la relation

$$n_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq})} = c \times v = 2,0 \cdot 10^{-1} \times 24,2 \cdot 10^{-2} = 4,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$
 et comme $n_{\text{I}_2(\text{aq})} = \frac{n_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq})}}{2} = \frac{4,8 \cdot 10^{-3}}{2} = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$.
 Le volume de la solution de diiode que nous avons titrée étant de $V = 20,0$ mL, la concentration en diiode de cette solution était de

$$c = \frac{n_{\text{I}_2(\text{aq})}}{V} = \frac{2,4 \cdot 10^{-3}}{20,0 \cdot 10^{-2}} = 1,2 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}.$$
5. Dans un volume $V' = 0,200$ mL d'une même solution, la quantité de matière de diiode dissoute serait donc

$$n_{\text{I}_2(\text{aq})} = c \times V' = 1,2 \cdot 10^{-1} \times 2,00 \cdot 10^{-1} = 2,4 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$
 et la masse $m_{\text{I}_2} = n_{\text{I}_2(\text{aq})} \times M_{\text{I}_2} = 2,4 \cdot 10^{-2} \times 253,8 = 6,1 \text{ g}$.