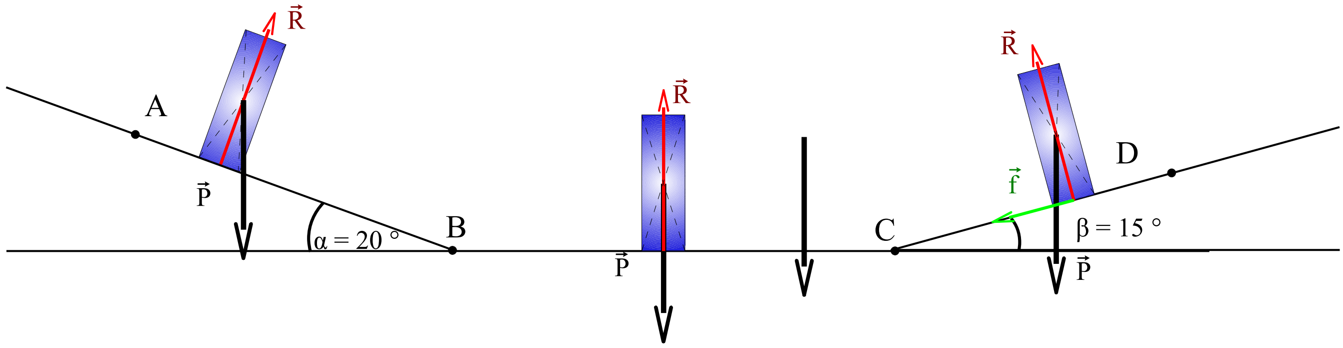
$1^{ère}$ $S_1$ **CORRECTION**
**Physique - Devoir Maison 4**

# LE TRAVAIL : MODE DE TRANSFERT DE L'ÉNERGIE – DOSAGE PAR TITRAGE

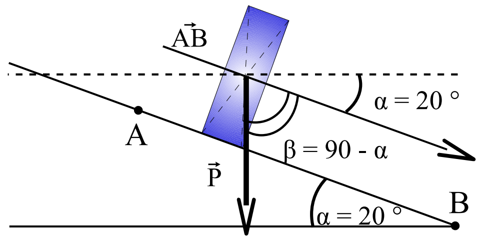
## EXERCICE I

1. a. Le système { Bart et sa planche à roulettes } est étudié dans le référentiel terrestre ; il est soumis à son poids $\vec{P}$, à la réaction normale $\vec{R}$ de la piste et dans la portion CD du trajet, intervient en plus une force de frottement $\vec{f}$ opposée au sens du mouvement étudié.




b. Dans un référentiel galiléen, la variation de l'énergie cinétique d'un solide de masse m animé d'un mouvement de translation entre deux positions A et B est égale à la somme des travaux de toutes les forces extérieures qui s'appliquent sur ce solide lors du déplacement entre A et B : $\Delta E_c = E_c(B) - E_c(A) = \Sigma W_{AB}(\vec{F}_{ext})$.

c. En appliquant ce théorème à notre système, on peut écrire $E_c(B) - E_c(A) = W_{AB}(\vec{P}) + W_{AB}(\vec{R})$. Comme en A, la vitesse de Bart est nulle (et donc son énergie cinétique) et que le travail de la réaction est nul puisque cette force est perpendiculaire au déplacement, on peut écrire la relation sous la forme $E_c(B) = W_{AB}(\vec{P})$ soit $\frac{1}{2} m.v_B^2 = P.AB.\cos(\vec{P}, \vec{AB})$.




Puisque l'angle que forment le vecteur poids et le vecteur déplacement vaut 90 – α, son cosinus vaut le sinus de alpha et $\frac{1}{2} m.v_B^2 = m.g.AB.\sin\alpha$. Après simplification par m et réécriture, on obtient donc $v_B = \sqrt{2.g.AB.\sin\alpha}$.

d. La valeur de $v_B$ est donc $v_B = \sqrt{2.10.10.\sin 20} = \sqrt{68{,}4} = 8{,}3\ m.s^{-1}$.

e. En C, la vitesse vaudra également 8,3 $m.s^{-1}$ puisque le mouvement s'effectue sans frottement. En effet, dans ce cas, $\vec{P}$ et $\vec{R}$ sont opposées et se compensent donc. Or, d'après la première loi de Newton (dite aussi Principe d'inertie), « Dans le référentiel terrestre, un système persévère dans son état de repos ou de mouvement rectiligne uniforme, si les forces qui s'exercent sur lui se compensent ».

2. a. Puisque seul le poids travaille entre le point A et le point D' (pas de frottement), l'énergie mécanique du système {Bart et sa planche à roulettes} se conserve durant le mouvement.

b. Si l'énergie mécanique se conserve, alors nous pouvons écrire que $E_m(A) = E_m(B) = E_m(C) = E_m(D')$. Comme en A et en D', Bart est à l'arrêt $E_m(A) = m.g.h_A = E_m(D') = m.g.h_{D'}$ et donc $h_A = h_{D'}$.


Puisque $h_A = AB.\sin\alpha$ et que $h_{D'} = CD'.\sin\beta$, on a donc $CD'.\sin\beta = AB.\sin\alpha$ et $CD' = \frac{AB.\sin\alpha}{\sin\beta}$.

c. L'application numérique nous donne $CD' = \frac{10.\sin 20}{\sin 15} = 13\ m$. Cette valeur est supérieure à CD puisqu'ici nous avons supposé qu'il n'y avait pas de frottement.

## EXERCICE II

1. Trois forces s'appliquent à la voiture entre A et B. Ce sont son poids $\vec{P}$, la réaction normale $\vec{R}$ du circuit et $\vec{F}$ la force de poussée.
Le poids et la réaction normale étant perpendiculaires au déplacement, le travail de ces forces est nul. Seule la force de poussée travaille et $W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F}.\vec{AB} = F.AB.\cos(\vec{F}, \vec{AB}) = 2{,}0 \times 1{,}3 \times \cos(0°) = 2{,}6\ J$.

2. Appliquons le théorème de l'énergie cinétique entre A et B. Puisque seule $\vec{F}$ travaille, $E_c(B)-E_c(A) = W_{AB}(\vec{F})$. Puisqu'en A, la vitesse est nulle (et donc son énergie cinétique), on obtient $\frac{1}{2}m.v_B^2 = W_{AB}(\vec{F})$. On peut donc écrire $v_B = \sqrt{\frac{2.W_{AB}(\vec{F})}{m}}$ et l'application numérique donne $v_B = \sqrt{\frac{2\times 2{,}6}{0{,}200}} = 5{,}1\ m.s^{-1}$.
3. Entre B et C, l'énergie mécanique est constante car le poids est la seule force qui travaille, nous avons donc $E_m(B) = E_m(C)$. Puisque B est à la même hauteur que A, son énergie potentielle est nulle (la hauteur de A a été choisie comme référence ($h_A = 0$ m)). En C, c'est l'énergie cinétique de la voiture qui est nulle puisqu'elle s'y arrête naturellement. Nous pouvons donc écrire $\frac{1}{2}m.v_B^2 = m.g.h_C$ et donc $h_C = \frac{1}{2}\frac{v_B^2}{g} = \frac{5{,}1^2}{(2\times 10)} = 1{,}3\ m$.
4. Si l'on veut qu'arrivée en C, la voiture ait une vitesse de 4,0 $m.s^{-1}$, il faut que son énergie mécanique vaille $E_m(C) = \frac{1}{2}m.v_C^2 + m.g.h_C$. Puisqu'entre B et C, l'énergie mécanique se conserve, il faut que $E_m(B) = E_m(C)$. Or, en B, l'énergie cinétique acquise l'est via le travail de la force $\vec{F}$, et comme dans la question 2, $\frac{1}{2}m.v_B^2 = W_{AB}(\vec{F}) = F.AB$ puisque $\vec{F}$ est parallèle au déplacement.

   On peut donc écrire $F.AB = \frac{1}{2}m.v_C^2 + m.g.h_C$ et il faut donc, pour que la voiture arrive en C avec une vitesse de 4,0 $m.s^{-1}$, que la valeur de la force $F = \frac{m}{AB}(\frac{v_C^2}{2}+g.h_C) = \frac{0{,}2}{1{,}3}(\frac{4{,}0^2}{2}+10\times 1{,}3) = 3{,}2\,N$.

### Exercice III

1. L'énergie mécanique est la somme de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle de pesanteur. Comme en A, la vitesse du chariot est nulle, $E_m(A) = E_{pp}(A) = m.g.z_A = 100\times 9{,}81\times 12{,}0 = 11800\,J$.
2. Si les frottements sont ignorés, comme seul le poids travaille pendant cette descente, on se retrouve dans le cas de la chute libre et l'énergie mécanique se conserve.
3. La formule donnant l'énergie potentielle de pesanteur est celle utilisée dans la question 1. Il suffit de remplacer $z_A$ par $z_B$, $z_C$ et $z_D$ pour obtenir $E_{pp}(B) = m.g.z_B = 100\times 9{,}81\times 3{,}00 = 2940\ J$, $E_{pp}(C) = m.g.z_C = 0\ J$ puisque $z_C$ est la référence pour le calcul des énergies potentielles de pesanteur et $E_{pp}(D) = m.g.z_D = 100\times 9{,}81\times 8{,}00 = 7850\,J$.

   Pour obtenir l'énergie cinétique en chaque point, il faut se souvenir que l'énergie mécanique se conserve et que nous pouvons donc écrire $E_m(A) = E_m(B) = E_m(C) = E_m(D) = 11800\ J$. Comme de plus, $E_c = E_m - E_{pp}$ il est aisé de calculer l'énergie cinétique en B, C et D. On obtient $E_c(B) = 11800-2940 = 8860\ J$, $E_c(C) = 11800\ J$ et $E_c(B) = 11800-7850 = 3950\ J$.

   La vitesse est liée à l'énergie cinétique via la relation de définition de cette dernière et on peut donc écrire $v = \sqrt{\frac{2.E_c}{m}}$. Les valeurs des vitesse en B, C et D sont donc $v_B = \sqrt{\frac{2\times 8860}{100}} = 13{,}3\ m.s^{-1}$, $v_C = \sqrt{\frac{2\times 11800}{100}} = 15{,}4\ m.s^{-1}$ et, à la fin du parcours, $v_D = \sqrt{\frac{2\times 3950}{100}} = 8{,}9\ m.s^{-1}$.
4. En réalité, il existe toujours des frottements et une partie de l'énergie transférée au chariot par le travail du poids est perdue sous forme de chaleur. Les vitesses réelles seront donc moins grandes que celles que nous venons de calculer.

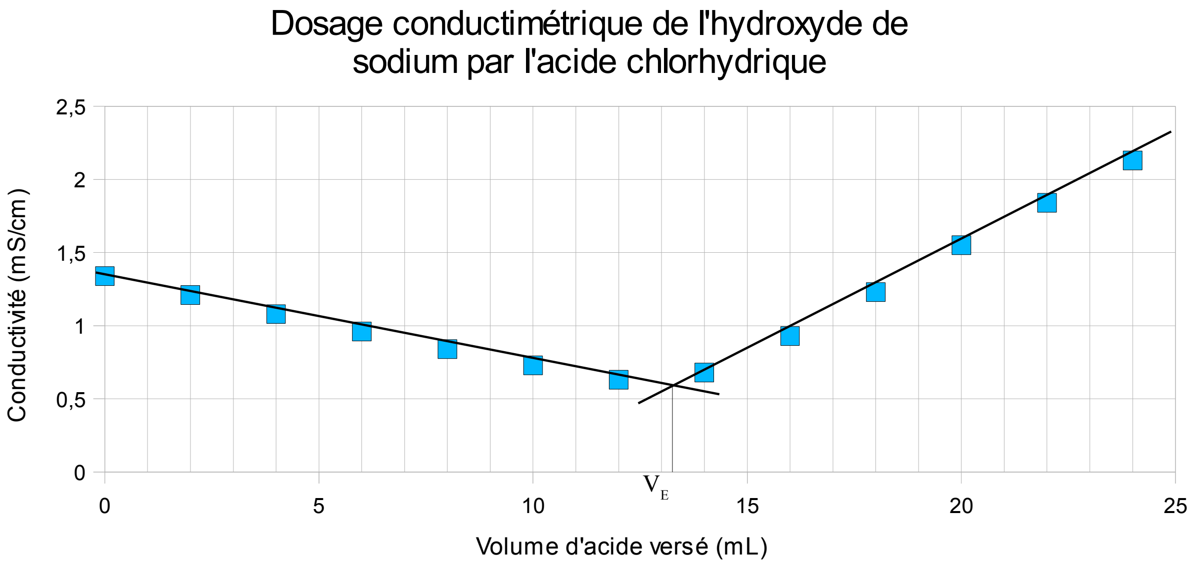
### Exercice IV

1. Un produit domestique de ce type étant considéré comme une solution aqueuse riche en hydroxyde de sodium, elle est fortement basique et donc corrosive. Il faut se protéger les yeux, les mains (la peau en général).
2. L'équation de la transformation qui a lieu pendant le dosage de l'hydroxyde de sodium par l'acide chlorhydrique fait intervenir les deux couples acido-basiques de l'eau et s'écrit donc $H_3O^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)} \rightarrow 2\ H_2O_{(l)}$.
3. Voir courbe du dosage $\sigma = f(V)$ ci-dessous.
4. La détermination graphique du point d'équivalence se fait en recherchant le point d'intersection des deux droites moyennes préalablement tracées sur le graphe $\sigma = f(V)$. On lit $V_E = 13{,}2$ mL environ. Voir ci-dessous.
5. Pour déterminer la concentration $C_1$ de la solution $S_1$ dosée, il est possible de passer par la méthode du tableau d'avancement.

| Équation chimique | | $H_3O^+_{(aq)}$ + | $HO^-_{(aq)}$ $\longrightarrow$ | $2\ H_2O_{(l)}$ |
|---|---|---|---|---|
| État du système | Avancement | Quantités de matière correspondantes (mol) | | |
| État initial | 0 | 0 | $n_i$ | En excès |
| En cours de transformation | x | x | $n_i - x$ | En excès |
| Etat final | $x_{max} = 1{,}32.10^{-3}$ | $x_{max} = C'.V_E = 1{,}32.10^{-3}$ | $n_i - x_{max} = 0$ | En excès |

Donc $n_i = x_{max} = 1{,}32.10^{-3}$ mol et par conséquent $C_1 = \frac{n_i}{V_1} = \frac{1{,}32.10^{-3}}{1{,}00.10^{-2}} = 1{,}32.10^{-1}$ mol.L$^{-1}$.

L'autre façon de procéder est de dire qu'à l'équivalence, la quantité de matière d'ions $H_3O^+$ apportée est égale à celle des ions $HO^-$ présents dans la solution $S_1$. On a alors $n_{H_3O^+} = C' \times V_E = n_{HO^-} = C_1 \times V_1$ ce qui revient au même évidemment.




6. La concentration molaire $C_0$ de la solution commerciale $S_0$ vaut $C_0 = 80 \times 1{,}32.10^{-1} = 10{,}6$ mol.L$^{-1}$ puisqu'elle est 80 fois plus concentrée que $S_1$.
7. A l'équivalence de ce dosage, il ne reste théoriquement plus d'ion hydroxyde $HO^-$ et d'ion oxonium $H_3O^+$ puisqu'ils se sont neutralisés au cours de la transformation. Seuls restent les ions spectateurs $Na^+$ et $Cl^-$ ainsi que de l'eau $H_2O$.

**Exercice V**

1. Puique seul le zinc réagit avec l'acide et qu'il est dit que lors de la transformation chimique du dihydrogène est produit, les couples acido-basiques mis en jeu sont $Zn^{2+}_{(aq)} / Zn_{(s)}$ et $H_3O^+_{(aq)} / H_{2(g)}$.
La demi-équation associée au couple $Zn^{2+}_{(aq)} / Zn_{(s)}$ est $Zn^{2+}_{(aq)} + 2\,e^- = Zn_{(s)}$ mais elle a lieu ici dans le sens inverse ; celle associée au couple $H_3O^+_{(aq)} / H_{2(g)}$ est $2\,H_3O^+_{(aq)} + 2\,e^- = H_{2(g)}. + 2\,H_2O$.
On a donc
$$Zn_{(s)} = Zn^{2+}_{(aq)} + 2\,e^-$$
$$2\,H_3O^+_{(aq)} + 2\,e^- = H_{2(g)} + 2\,H_2O_{(l)}$$
$$\overline{\phantom{xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx}}$$
$$Zn_{(s)} + 2\,H_3O^+_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)} + 2\,H_2O_{(l)}$$
2. L'expression de la quantité de matière de gaz dégagé est $n_{H_2} = \frac{V}{V_m}$. Le calcul donne $n_{H_2} = \frac{0{,}960}{24} = 4{,}0.10^{-2}$ mol.
3. Si l'on suppose que tout le zinc a réagi, d'après le tableau d'avancement ci dessous,

| Équation chimique | | $Zn_{(s)}$ + | $2\,H_3O^+_{(aq)}$ ⟶ | $Zn^{2+}_{(aq)}$ + | $H_{2(g)}$ + | $2\,H_2O_{(l)}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| État du système | Avancement | Quantités de matière correspondantes (mol) | | | | |
| État initial | 0 | $n_i$ | En excès | 0 | 0 | En excès |
| En cours de transformation | x | $n_i$ - x | En excès | x | x | En excès |
| Etat final | $x_{max} = 5{,}0.10^{-5}$ | $n_i - x_{max} = 0$ | En excès | $x_{max}$ | $x_{max} = 4{,}0.10^{-2}$ | En excès |

la quantité de matière de zinc solide dans l'échantillon de laiton vaut $4{,}0.10^{-2}$ mol. Comme sa masse molaire est de $65{,}4$ g.mol$^{-1}$, la masse de zinc dans l'échantillon est de $m_{Zn_{(s)}} = n_i \times M = 4{,}0.10^{-2} \times 65{,}4 = 2{,}6$ g.
4. L'échantillon de laiton ayant pour masse 10 g, le pourcentage en masse de zinc dans ce laiton est de $P(Zn) = \frac{m_{Zn}}{m_{échantillon}} = 26\,\%$.
Pour le cuivre, il est de $P(Cu) = 1 - P(Zn) = 74\,\%$.