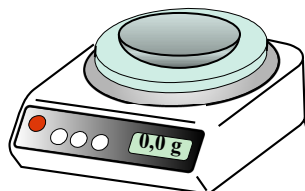


## LES SOLUTIONS ÉLECTROLYTIQUES - FORCES ET EFFETS DES FORCES

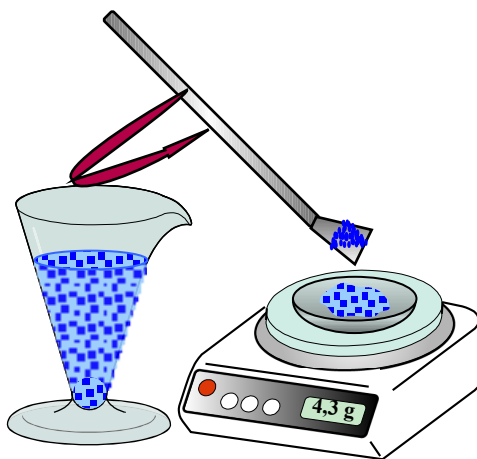
### Exercice I

- L'équation de dissolution du sulfate d'aluminium dans l'eau est  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{s}) \rightarrow 2 \text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ .
- a. Le mode opératoire pour dissoudre une masse de solide ( $m = C \times V \times M_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} = 0,050 \times 0,250 \times 342,3 = 4,28 \text{ g}$  dans le cas présent) dans un volume donné (ici 250 mL) est le suivant (totalement inspiré de [ce document d'I. Tarride et J.C. Desarnaud](#)) :



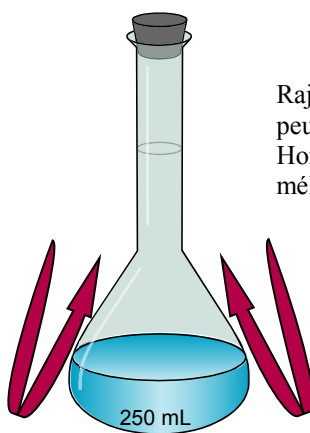
Placer une coupelle vide sur le plateau d'une balance en fonctionnement. Appuyer sur le bouton de **tarage** ou zéro et attendre l'affichage: 0,0 g

Prélever un peu de solide en poudre à l'aide d'une spatule et verser lentement son contenu dans la coupelle. Recommencer l'opération jusqu'à ce que la masse désirée soit atteinte.

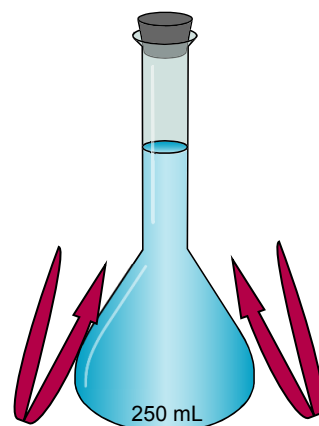


Rincer la coupelle et l'entonnoir à l'aide d'une pissette d'eau distillée en versant toute l'eau de rinçage dans la fiole jaugée.

Vider le contenu de la coupelle dans une fiole jaugée de 100 mL à travers un entonnoir à solide.



Rajouter encore un peu d'eau distillée. Homogénéiser le mélange.



Ajouter à nouveau de l'eau distillée, jusqu'au trait de jauge cette fois et homogénéiser une nouvelle fois.

b. Au vu des coefficients stœchiométriques de l'équation de dissolution, les concentrations effectives en ion sont  $[\text{Al}^{3+}(\text{aq})] = 2C = 0,100 \text{ mol.L}^{-1}$  et  $[\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})] = 3C = 0,150 \text{ mol.L}^{-1}$ .

- Pour pouvoir décrire avec précision le protocole permettant d'obtenir un volume de 500 mL de solution diluée, il faut avant tout déterminer le volume de solution mère qu'il va falloir prélever. Pour cela, il faut se souvenir que, lors d'une dilution, la quantité de matière de soluté est conservée. On a donc  $n_{\text{sol. fille}} = n_{\text{prélévée}}$  soit  $C_{\text{sol. fille}} \times V_{\text{sol. fille}} = C_{\text{sol. mère}} \times V_{\text{à prélever}}$ . On en déduit

$$V_{\text{à prélever}} = \frac{C_{\text{sol. fille}} \times V_{\text{sol. fille}}}{C_{\text{sol. mère}}} = \frac{0,100 \times 0,500}{1,00} = 0,050 \text{ L} = 50,0 \text{ mL.}$$

On prélève à l'aide d'une pipette jaugée de 50,0 mL de la solution S que l'on place dans une fiole jaugée de 500 mL et on complète jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée en pensant à homogénéiser régulièrement par agitation.

- L'équation de la réaction de précipitation du sulfate d'aluminium et de l'hydroxyde de sodium est  $\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{HO}^{-}(\text{aq}) \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3(\text{s})$
- Pour tracer le tableau d'avancement, il nous faut maintenant déterminer les quantités de matière initiales. Nous avons 30,0 mL de solution S de sulfate d'aluminium soit, puisque la concentration de cette solution est  $0,050 \text{ mol.L}^{-1}$  et en tenant compte du coefficient stœchiométrique  $n = 2 \times C \times V_1 = 2 \times 0,050 \times 3,00 \cdot 10^{-2} = 3,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$  d'ions aluminium. De même, nous avons 10,0 mL de solution S<sub>2</sub> d'hydroxyde de sodium soit, puisque la concentration de cette solution est  $0,100 \text{ mol.L}^{-1}$  et en tenant compte du coefficient

stœchiométrique qui ici vaut 1<sup>(1)</sup>,  $n = C \times V_1 = 0,100 \times 1,00 \cdot 10^{-2} = 1,00 \times 10^{-3}$  mol d'ions hydroxyde (le calcul de la quantité de matière d'ions sodium  $\text{Na}^+$  donnerait le même résultat).

Équation chimique		$\text{Al}^{3+}(\text{aq.})$	+	$3 \text{HO}^-(\text{aq.})$	$\longrightarrow$	$\text{Al}(\text{OH})_3(\text{s.})$
État du système	Avancement	Quantités de matière correspondantes (mol)				
État initial	0	$3,0 \cdot 10^{-3}$		$1,00 \cdot 10^{-3}$		0
En cours de transformation	x	$3,0 \cdot 10^{-3} - x$		$1,00 \cdot 10^{-3} - 3x$		x
Etat final	$x_{\text{max}} = 3,33 \cdot 10^{-4}$	$3,0 \cdot 10^{-3} - x_{\text{max}}$ $= 2,7 \cdot 10^{-3}$		$1,00 \cdot 10^{-3} - 3x_{\text{max}}$ $= 0$		$x_{\text{max}}$ $= 3,33 \cdot 10^{-4}$

Avant de remplir la dernière ligne, il faut déterminer l'avancement maximal.

Il faut donc chercher la valeur minimale que prend  $x_{\text{max}}$  selon que les ions aluminium soient réactif limitant et que  $3,0 \cdot 10^{-3} - x_{\text{max}} = 0$  ou que les ions  $\text{HO}^-$  soient réactif limitant et qu'alors  $1,00 \cdot 10^{-3} - 3x_{\text{max}} = 0$ .

Dans le premier cas,  $x_{\text{max}} = 3,0 \cdot 10^{-3}$  mol et dans l'autre  $x_{\text{max}} = 3,33 \cdot 10^{-4}$  mol. La plus petite valeur est donc  $x_{\text{max}} = 3,33 \cdot 10^{-4}$  mol et ce sont les ions hydroxydes qui constituent le réactif limitant. On peut alors compléter la dernière ligne du tableau d'avancement.

6. Pour calculer les concentrations molaires effectives des différentes espèces présentes en solution dans le bêcher, il ne faut pas oublier de tenir compte du volume de la solution résultant du mélange de S et de  $S_2$  :  $V_f = V_1 + V_2 = 40,0 \text{ mL} = 4,00 \cdot 10^{-2} \text{ L}$ .

Pour les trois espèces chimiques du tableau d'avancement, on a donc  $[\text{Al}^{3+}_{(\text{aq.})}] = \frac{n_{\text{Al}^{3+}}}{V_f} = \frac{2,7 \cdot 10^{-3}}{4,00 \times 10^{-2}} = 6,8 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ ,

$$[\text{Al}(\text{OH})_3_{(\text{aq.})}] = \frac{n_{\text{Al}(\text{OH})_3}}{V_f} = \frac{3,33 \cdot 10^{-4}}{4,00 \times 10^{-2}} = 8,33 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \text{ et } [\text{HO}^-] = 0 \text{ mol.L}^{-1} \text{ puisque c'est le réactif limitant.}$$

Pour les ions spectateurs  $\text{Na}^+$  et  $\text{SO}_4^{2-}$ , il faut d'abord déterminer la quantité de matière initialement présente grâce à la relation

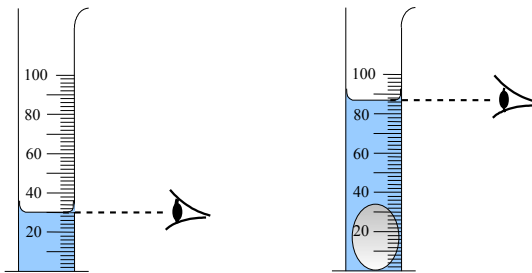
$$n = c \times V. \text{ Ainsi, } [\text{Na}^+_{(\text{aq.})}] = \frac{n_{\text{Na}^+}}{V_f} = \frac{C_2 \times V_2}{V_f} = \frac{0,100 \times 1,00 \cdot 10^{-2}}{4,00 \times 10^{-2}} = \frac{1,00 \times 10^{-3}}{4,00 \times 10^{-2}} = 2,50 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \text{ et}$$

$$[\text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq.})}] = \frac{n_{\text{SO}_4^{2-}}}{V_f} = \frac{3 \times C \times V_1}{V_f} = \frac{3 \times 0,050 \times 3,00 \cdot 10^{-2}}{4,00 \times 10^{-2}} = \frac{4,50 \times 10^{-3}}{4,00 \times 10^{-2}} = 1,13 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}.$$

<sup>(1)</sup> : si le coefficient stœchiométrique vaut 1, c'est parce que l'équation de dissolution de l'hydroxyde de sodium est  $\text{NaOH}_{(\text{s.})} \rightarrow \text{Na}^+_{(\text{aq.})} + \text{HO}^-_{(\text{aq.})}$ .

## EXERCICE II

1. Tant que l'œuf est frais et qu'il coule, il est possible d'utiliser la technique suivante. On verse un volume donné d'eau dans une éprouvette graduée (un bêcher ne permettrait pas une mesure d'assez bonne précision). On insère l'œuf dans l'éprouvette graduée et on mesure le nouveau volume. Le volume de l'œuf est alors obtenu en soustrayant à ce nouveau volume le volume d'eau initial. Ici  $87 - 30 = 57 \text{ mL}$ .

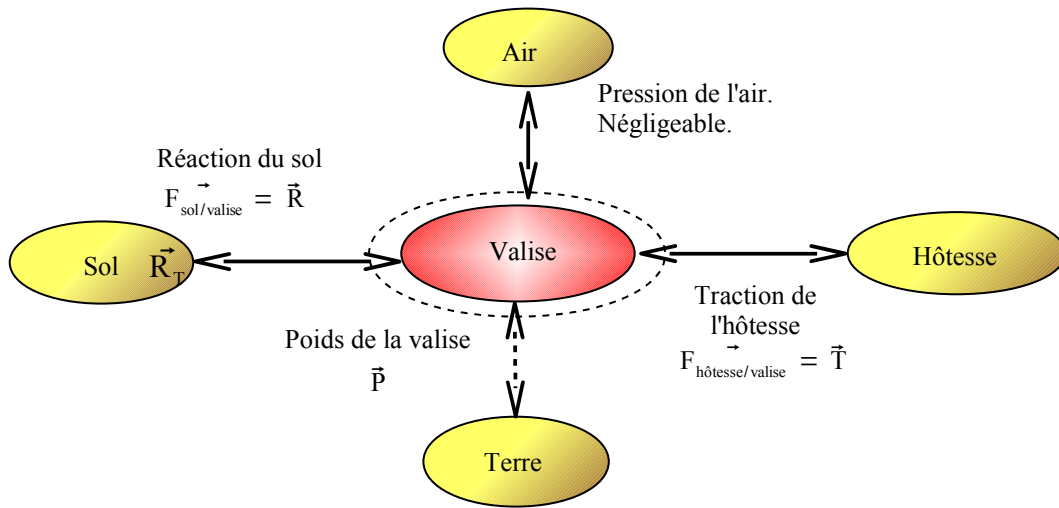


2. a. L'œuf frais a une masse de 62,31 g et un volume de 57 cm<sup>3</sup> et est donc soumis, une fois immergé, à deux forces de sens opposé ; son poids, dirigé vers le bas selon la verticale et dont l'intensité est donnée par la formule  $P = m \times g$  et vaut donc  $P = 6,231 \cdot 10^{-2} \times 9,81 = 6,11 \cdot 10^{-1} \text{ N}$  et la poussée d'Archimède dirigée vers le haut selon la verticale et dont l'intensité, donnée par la formule  $\Pi = \rho_{\text{eau}} \times V_{\text{œuf}} \times g$  vaut  $\Pi = 1 \times 5,7 \cdot 10^{-2} \times 9,81 = 5,6 \cdot 10^{-1} \text{ N}$ . Pour être cohérent au niveau des unités, on a ici la masse volumique en kg.dm<sup>-3</sup> et le volume en dm<sup>3</sup>. Le poids est donc prépondérant et l'œuf frais coule.  
B. Concernant l'œuf de 28 jours, seul change son poids puisque sa masse est passée à 56,36 g mais que son volume est inchangé. Le poids a alors pour intensité  $P = 5,636 \cdot 10^{-2} \times 9,81 = 5,53 \cdot 10^{-1} \text{ N}$  et c'est bien la poussée d'Archimède qui devient prépondérante. L'œuf de 28 jours flotte donc.

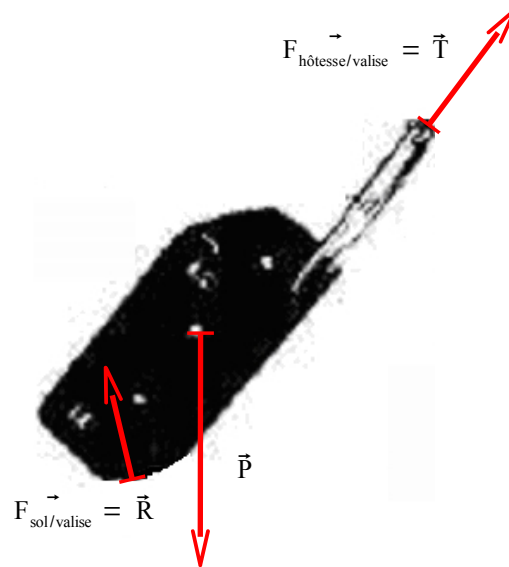
3. Le volume de l'œuf immergé est tel que  $P = \Pi$  donc  $m \times g = \rho_{\text{eau}} \times V_{\text{immergé}} \times g$  et  $V_{\text{immergé}} = \frac{m}{\rho_{\text{eau}}}$ . En prenant, comme ci-dessus, la masse volumique de l'eau en kg.dm<sup>-3</sup>, le volume immergé en dm<sup>3</sup> et la masse de l'œuf de 28 jours en kg, on a alors  $V_{\text{immergé}} = \frac{0,05636}{1} = 0,05636 \text{ dm}^3 = 56,36 \text{ cm}^3$ .

### EXERCICE III

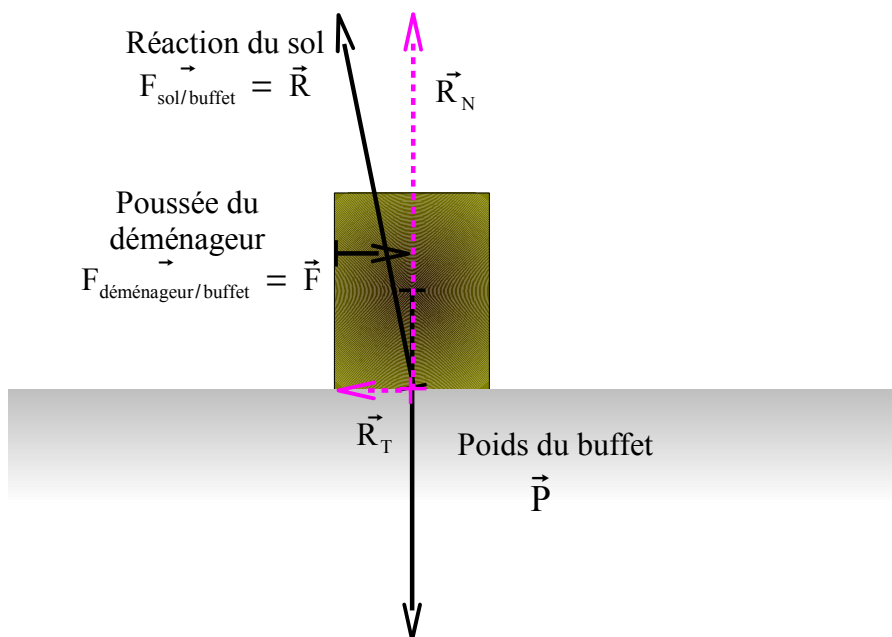
1. a.



b.



2. a.



b. Seule la réaction du sol est à décomposer puisque les deux autres forces sont déjà selon l'un des axes de l'énoncé. Le poids du buffet est n'a de composante que selon la perpendiculaire au sol, i.e. selon la verticale, et la poussée du buffet a forcément pour

direction la parallèle à la droite d'action de la poussée, i.e. l'horizontale. Concernant la poussée du sol  $\vec{R}$ , elle se décompose en  $\vec{R}_T$  selon l'horizontale et  $\vec{R}_N$  selon la verticale.

3. La composante représentant la force de frottement exercée par le sol sur le meuble est  $\vec{R}_T$  et comme le buffet reste immobile malgré les efforts du déménageur, c'est qu'elle est équilibrée par la seule autre force ayant une composante horizontale à savoir la poussée du déménageur.  $\vec{R}_T$  a donc pour valeur 200 N.

#### EXERCICE IV

1. Pour calculer la concentration molaire  $c$  de la solution S obtenue, il nous faut avant tout déterminer la quantité de matière de chlorure de calcium hexahydraté. Nous avons  $n = \frac{m}{M} = \frac{3,28}{(40,1 + 2 \times 35,5 + 12 \times 1,00 + 6 \times 16,0)} = 1,50 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$  et donc

$$c = \frac{n}{V} = \frac{1,50 \cdot 10^{-2}}{0,250} = 6,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}.$$

2. L'équation de dissolution du soluté  $\text{CaCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}(\text{s})$  dans l'eau est  $\text{CaCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}(\text{s}) \rightarrow \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{Cl}^{-}(\text{aq}) + 6 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

3. D'après les coefficients stœchiométriques de l'équation de dissolution, les concentrations molaires effectives des deux ions présents dans la solution S sont :  $[\text{Ca}^{2+}(\text{aq})] = c = 6,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$  et  $[\text{Cl}^{-}(\text{aq})] = 2c = 12,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} = 1,20 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ .

4. Lors d'une dilution, nous savons que la quantité de matière reste la même. Nous pouvons donc écrire, pour chaque ion en solution,  $[X^{x}_{(\text{aq})}]_i \times V' = [X^{x}_{(\text{aq})}]_f \times V_1$  ce qui nous donne :

– pour les ions calcium :

$$[\text{Ca}^{2+}_{(\text{aq})}]_f = \frac{[\text{Ca}^{2+}_{(\text{aq})}]_i \times V'}{V_1} = \frac{6,00 \cdot 10^{-2} \times 20,0 \cdot 10^{-3}}{500 \cdot 10^{-3}} = 2,40 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1};$$

– et pour les ions chlorure :

$$[\text{Cl}^{-}_{(\text{aq})}]_f = \frac{[\text{Cl}^{-}_{(\text{aq})}]_i \times V'}{V_1} = \frac{1,20 \cdot 10^{-1} \times 20,0 \cdot 10^{-3}}{500 \cdot 10^{-3}} = 4,80 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}.$$

#### EXERCICE V

1. a. Pour qu'il y ait neutralité électrique du solide ionique, on prend un ion  $\text{K}^{+}_{(\text{aq})}$  et un ion  $\text{Br}^{-}_{(\text{aq})}$ . Le solide ionique a donc pour formule chimique  $\text{KBr}_{(\text{s})}$ .

b. Pour la même raison, on prend un ion  $\text{Al}^{3+}$  et trois ions  $\text{F}^{-}$  et le solide ionique a pour formule chimique  $\text{AlF}_{3(\text{s})}$ .

c. De même, il faut un ion  $\text{S}^{2-}$  et deux ions sodium et le solide ionique a pour formule chimique  $\text{Na}_2\text{S}_{(\text{s})}$ .

2. Ces solides se nomment bromure de potassium, fluorure d'aluminium et sulfure de sodium.

3. Dans l'eau, leurs équations de dissolution s'écrivent :  $\text{KBr}_{(\text{s})} \rightarrow \text{K}^{+}_{(\text{aq})} + \text{Br}^{-}_{(\text{aq})}$ ;  $\text{AlF}_{3(\text{s})} \rightarrow \text{Al}^{3+}_{(\text{aq})} + 3 \text{F}^{-}_{(\text{aq})}$  et  $\text{Na}_2\text{S}_{(\text{s})} \rightarrow 2 \text{Na}^{+}_{(\text{aq})} + \text{S}^{2-}_{(\text{aq})}$ .

4. a. Puisqu'il faut de nouveau que ces solides ioniques soient neutres électriquement et comme l'anion en présence est, dans chaque cas, l'ion oxygène de formule  $\text{O}^{2-}$ , dans l'oxyde de fer (II),  $\text{FeO}_{(\text{s})}$ , c'est donc forcément l'ion  $\text{Fe}^{2+}$  qui est présent et dans l'hématite  $\text{Fe}_2\text{O}_3_{(\text{s})}$ , c'est donc l'ion  $\text{Fe}^{3+}$ .

b. Si ce solide s'appelle oxyde de fer (II) c'est parce que le fer y est présent sous forme d'ion  $\text{Fe}^{2+}$ . On peut donc nommer l'hématite : oxyde de fer (III).

#### EXERCICE VI

1. Si en 5 secondes,  $A_1$  parcourt un quart de tour, c'est que sa vitesse angulaire est de  $\omega_1 = \frac{\theta}{t} = \frac{\frac{2\pi}{4}}{5} = \frac{\pi}{10} = 0,31 \text{ rad.s}^{-1}$ . De

même pour  $A_2$  qui dans le même temps parcourt un tiers de tour,  $\omega_2 = \frac{\theta}{t} = \frac{\frac{2\pi}{3}}{5} = \frac{2\pi}{15} = 0,42 \text{ rad.s}^{-1}$ .

2. Nous allons tout d'abord calculer l'angle parcouru en une minute (60s) à l'aide des vitesses angulaires précédemment déterminées.

$$\text{Pour } A_1, \text{ on a donc : } \theta_1 = \omega_1 \times t = \frac{\pi}{10} \times 60 = 6\pi \text{ rad} \text{ et pour } A_2: \theta_2 = \omega_2 \times t = \frac{2\pi}{15} \times 60 = 8\pi \text{ rad}.$$

Nous connaissons la relation dans le cercle  $l = R \times \theta$  qui lie  $l$ , la distance parcourue sur le cercle,  $\theta$  l'angle décrit et  $r$  le rayon du cercle. Appliquée à  $A_1$ , elle donne  $l_1 = R_1 \times \theta_1 = 20 \cdot 10^{-2} \times 6\pi = 1,2\pi = 3,8 \text{ m}$ . Appliquée à  $A_2$ , elle donne

$$l_2 = R_2 \times \theta_2 = 30 \cdot 10^{-2} \times 8\pi = 2,4\pi = 7,5 \text{ m}.$$

3. On a  $v = \frac{l}{t} = \frac{R \times \theta}{t} = R \times \omega$ . Les vitesses linéaires sont donc, pour  $A_1$  :  $v_1 = R_1 \times \omega_1 = 20 \cdot 10^{-2} \times \frac{\pi}{10} = 6,3 \cdot 10^{-2} \text{ m.s}^{-1}$  et

pour  $A_2$  :  $v_2 = R_2 \times \omega_2 = 30 \cdot 10^{-2} \times \frac{2\pi}{15} = 1,3 \cdot 10^{-1} \text{ m.s}^{-1}$ .