

Physique-chimie

4^è



Organisation et transformations de la matière

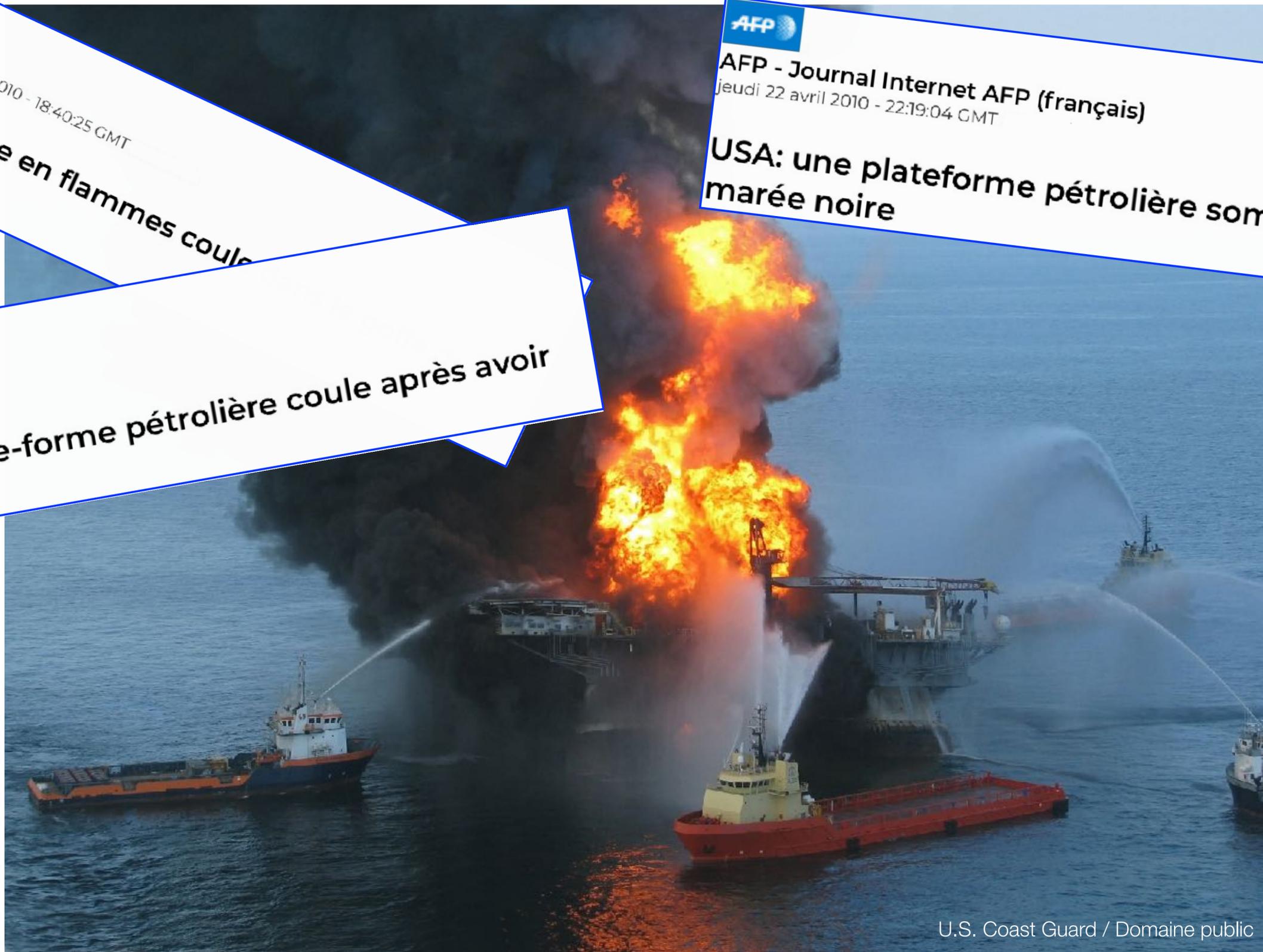
Découvrir la notion de masse volumique

Le 20 avril 2010...

20 minutes.fr
20 Minutes (site web)
actualite-internationale, jeudi 22 avril 2010 - 18:40:25 GMT
**La plateforme pétrolière en flammes coule
Mexique**

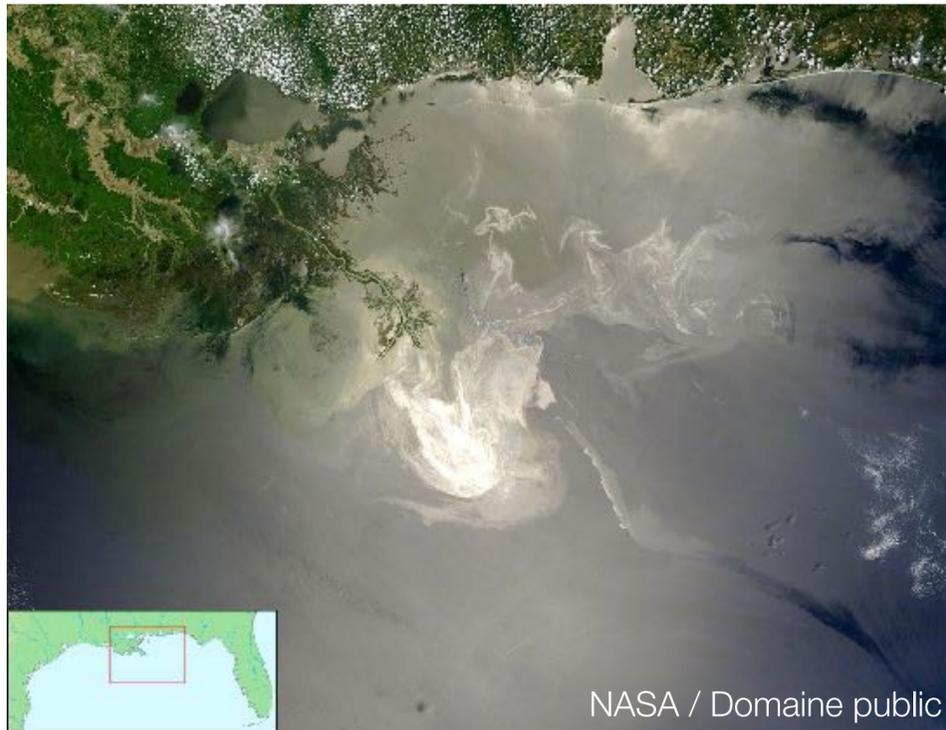
AFP
AFP - Journal Internet AFP (français)
jeudi 22 avril 2010 - 22:19:04 GMT
**USA: une plateforme pétrolière sombre et provoque une
marée noire**

Le Monde.fr
Le Monde.fr
vendredi 23 avril 2010
**Etats-Unis : une plate-forme pétrolière coule après avoir
explosé**



Retrouvez ici l'extrait vidéo

<https://enseignants.lumni.fr/fiche-media/00000001308/maree-noire-en-louisiane-provoquee-par-l-explosion-d-une-plate-forme-petroliere.html>



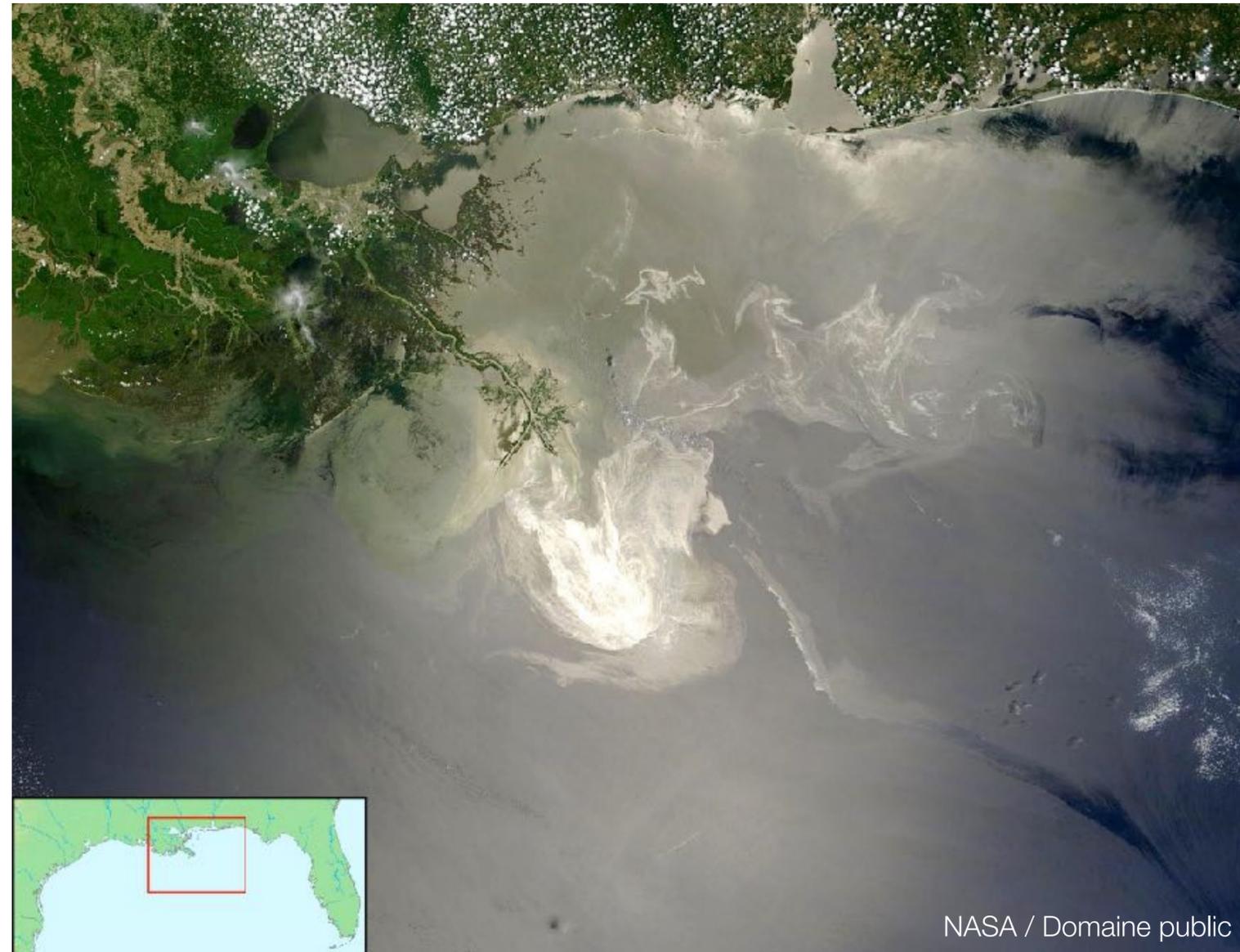
Cet accident a entraîné la pire marée noire de l'histoire des États-Unis : la nappe de pétrole formée dans le golfe du Mexique s'est rapidement étendue sur des milliers de kilomètres carrés et a atteint les côtes de la Louisiane à partir du 30 avril 2010.

La marée noire a entraîné la pollution d'une région riche en zones humides et en réserves naturelles. La faune et la flore du golfe du Mexique ont été particulièrement touchées par cette marée noire.

La catastrophe a également eu des conséquences sur la santé des habitants de la côte, et évidemment sur l'économie de la Louisiane.

Notre problématique

Comment expliquer la formation d'une nappe de pétrole à la surface de l'eau, nappe qui peut dériver jusqu'aux côtes ?



Formulons une hypothèse

- ➔ Une hypothèse généralement formulée : *le pétrole est « plus léger » que l'eau.*
- ➔ Nécessité de préciser le terme « léger ».

Une définition possible de la masse au collège

La masse est une grandeur liée à la quantité de matière, qu'on mesure avec une balance. Son unité de mesure est le kilogramme.

Formulons une hypothèse

Une définition possible du volume au collège

Le volume représente l'espace qu'occupe un objet ou une substance, quel que soit son état physique (solide, liquide, gazeux...).

Le volume se mesure en mètre cube (m^3) mais on utilise aussi fréquemment le litre (L), notamment pour les liquides.

- ➔ Reformulons notre hypothèse de manière plus rigoureuse mais aussi plus scientifique : « *on pense que, pour un même volume, la masse de pétrole est inférieure à la masse d'eau salée* ».

Résolution du problème

Le protocole : la démarche globale

- ➔ Il faut pouvoir mesurer la masse d'un même volume d'eau salée, d'une part, et de pétrole, d'autre part.
- ➔ Il faut donc choisir quel même volume nous allons nous fixer pour chacune de ces solutions.
- ➔ Pour mesurer ce volume, nous allons utiliser une éprouvette graduée de 100 mL.
- ➔ On va donc mesurer, avec une balance, la masse de 50 mL d'eau salée, mesurés à l'éprouvette graduée, et la masse de 50 mL de pétrole, mesurés également à l'éprouvette graduée.



Résolution du problème

Le protocole : les solutions à utiliser

Remplacé par du
pétrole désaromatisé



Wikipedia / CC-BY-2.0

Mentions de danger :

Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires.

L'exposition répétée peut provoquer dessèchement ou gerçures de la peau.

Conseils de prudence :

Tenir hors de portée des enfants.

Lire l'étiquette avant utilisation.

En cas d'ingestion : appeler immédiatement un centre anti-poison ou un médecin.

Ne pas faire vomir.

Résolution du problème

Le protocole : les solutions à utiliser

Remplacé par
une solution
d'eau salée



Wikipedia / CC-BY-2.0

➡ Salinité dans le golfe du Mexique : environ 35 g/L

Résolution du problème

Préparation d'une solution d'eau salée de concentration (en masse) : 35 g/L

➔ On souhaite réaliser 100 mL d'une solution d'eau salée de concentration (en masse) : 35 g/L

Dans 1 L de solution, il faut dissoudre 35 g de sel.

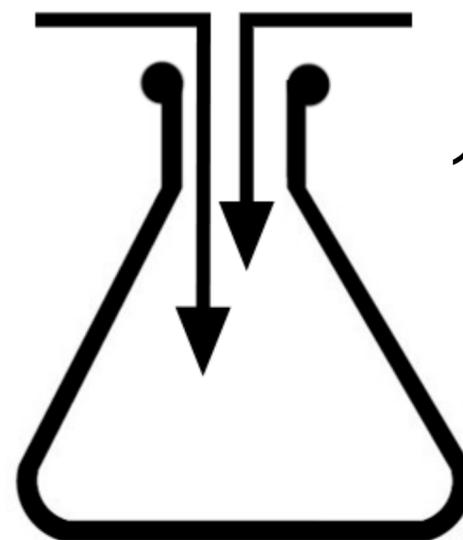
Dans 1000 mL de solution, il faut dissoudre 35 g de sel.

Dans 100 mL de solution, il faut dissoudre 3,5 g de sel.

/10

/10

3,5 g de sel
mesurés à
la balance

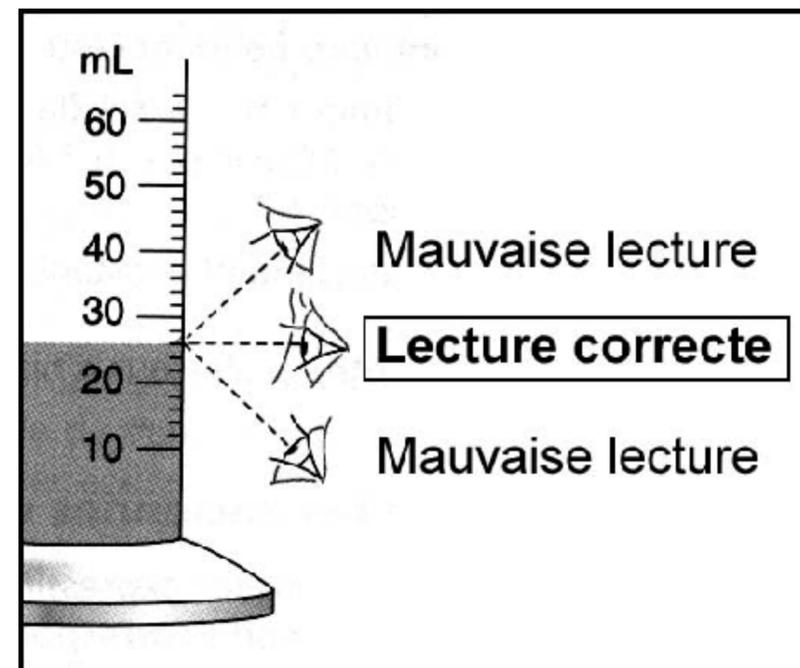


eau
pour obtenir
100 mL de solution
d'eau salée

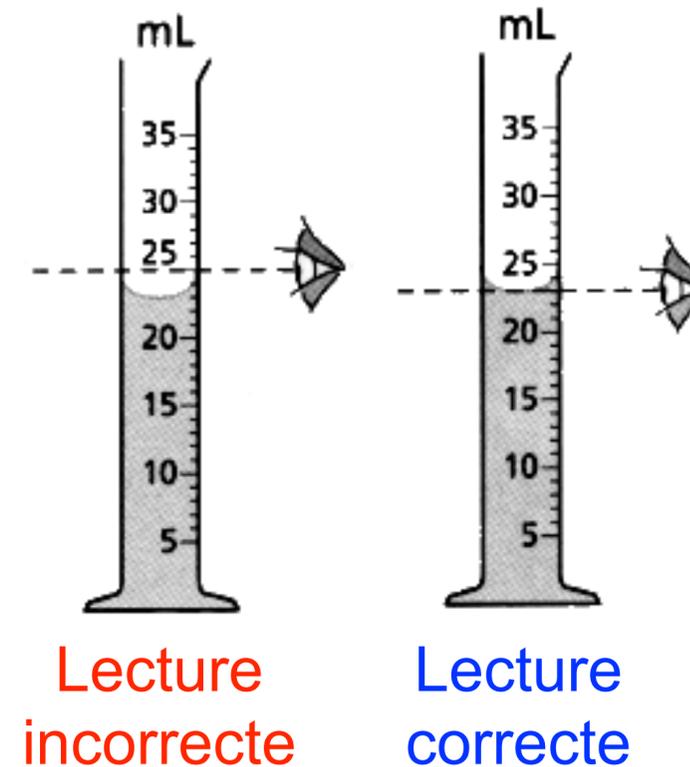
Résolution du problème

Mesure de la valeur de la masse de 50 mL de pétrole désaromatisé

Etre bien en face
du niveau du liquide...

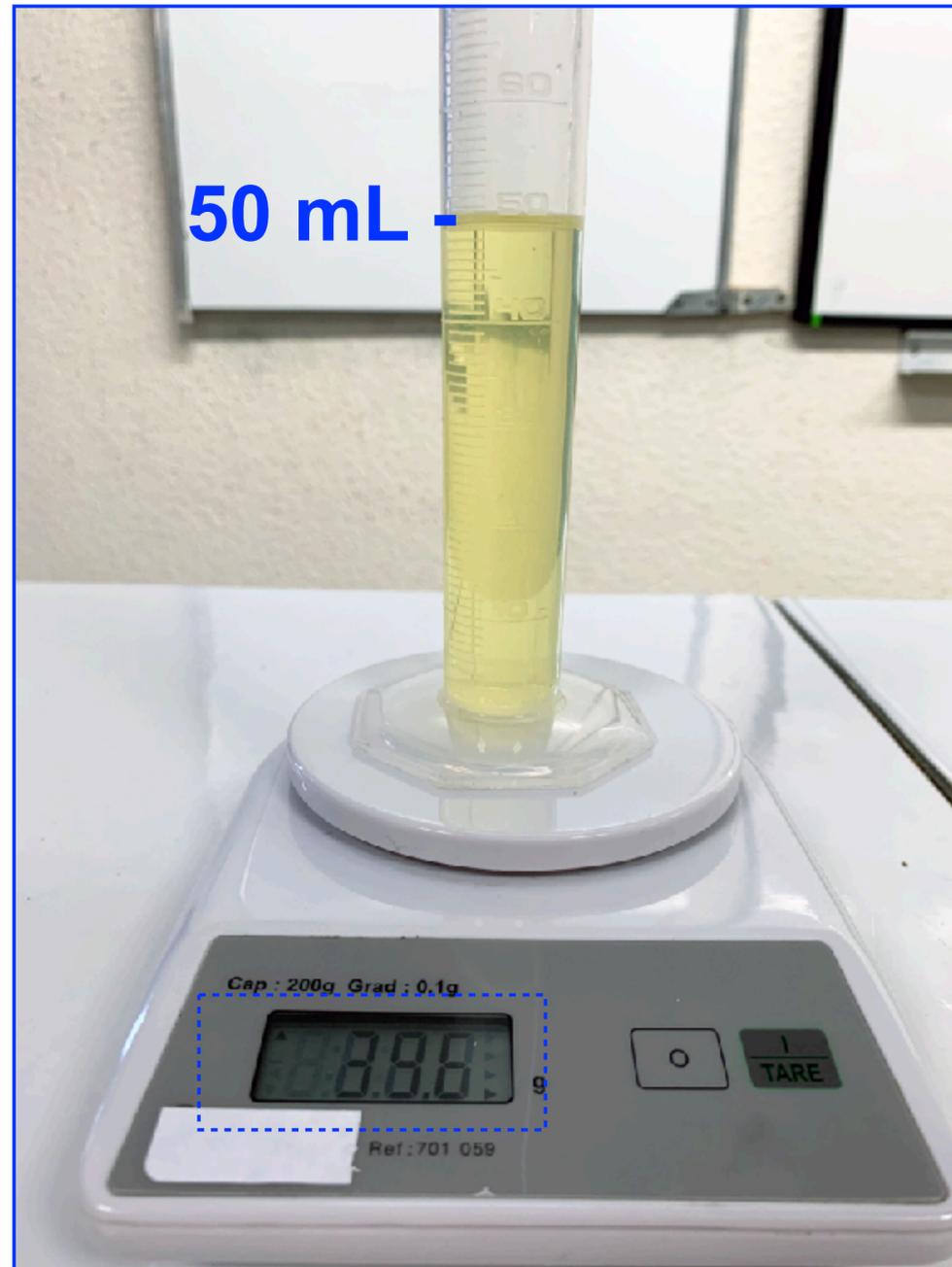


Et lire en bas du
« ménisque »



Résolution du problème

Mesure de la valeur de la masse de 50 mL de pétrole désaromatisé



Température : 22 °C



Masse de 50 mL de pétrole désaromatisé (en g)

39,6 g

Résolution du problème

Mesure de la valeur de la masse de 50 mL d'eau salée



Température : 22 °C



Masse de 50 mL d'eau salée
(en g)

50,7 g

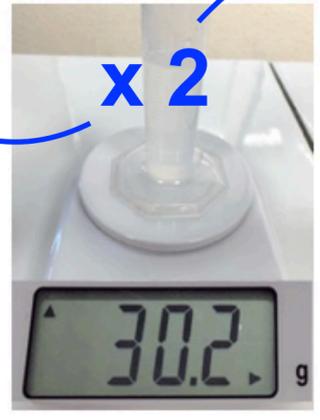
Résolution du problème

Mesure de la valeur de la masse de 50 mL d'eau salée

Masse de 50 mL de pétrole désaromatisé (en g)	Masse de 50 mL d'eau salée (en g)
39,6 g	50,7 g

Résolution du problème

Y a-t-il une relation de proportionnalité entre le volume d'une solution, et sa masse ?

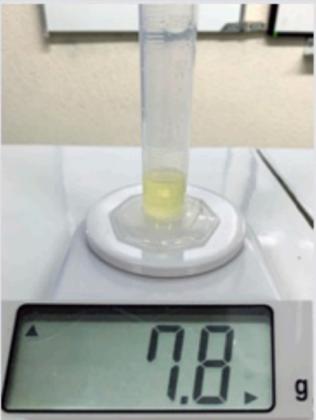
Volume de la solution (en mL)	0 mL	10 mL	20 mL	30 mL	40 mL	50 mL
Masse de la solution de pétrole désaromatisé (en g)	0 g	 7,8 g	 16,0 g	 23,9 g	 32,1 g	 39,6 g
Masse de la solution d'eau salée (en g)	0 g	 10,3 g	 20,4 g	 30,2 g	 40,7 g	 50,7 g

Annotations: Blue circles highlight the mass values for 20 mL and 40 mL in both rows. Blue arrows with "x 2" connect the 20 mL and 40 mL columns, indicating a doubling of volume and mass.

Température : 22 °C

Résolution du problème

Y a-t-il une relation de proportionnalité entre le volume d'une solution, et sa masse ?

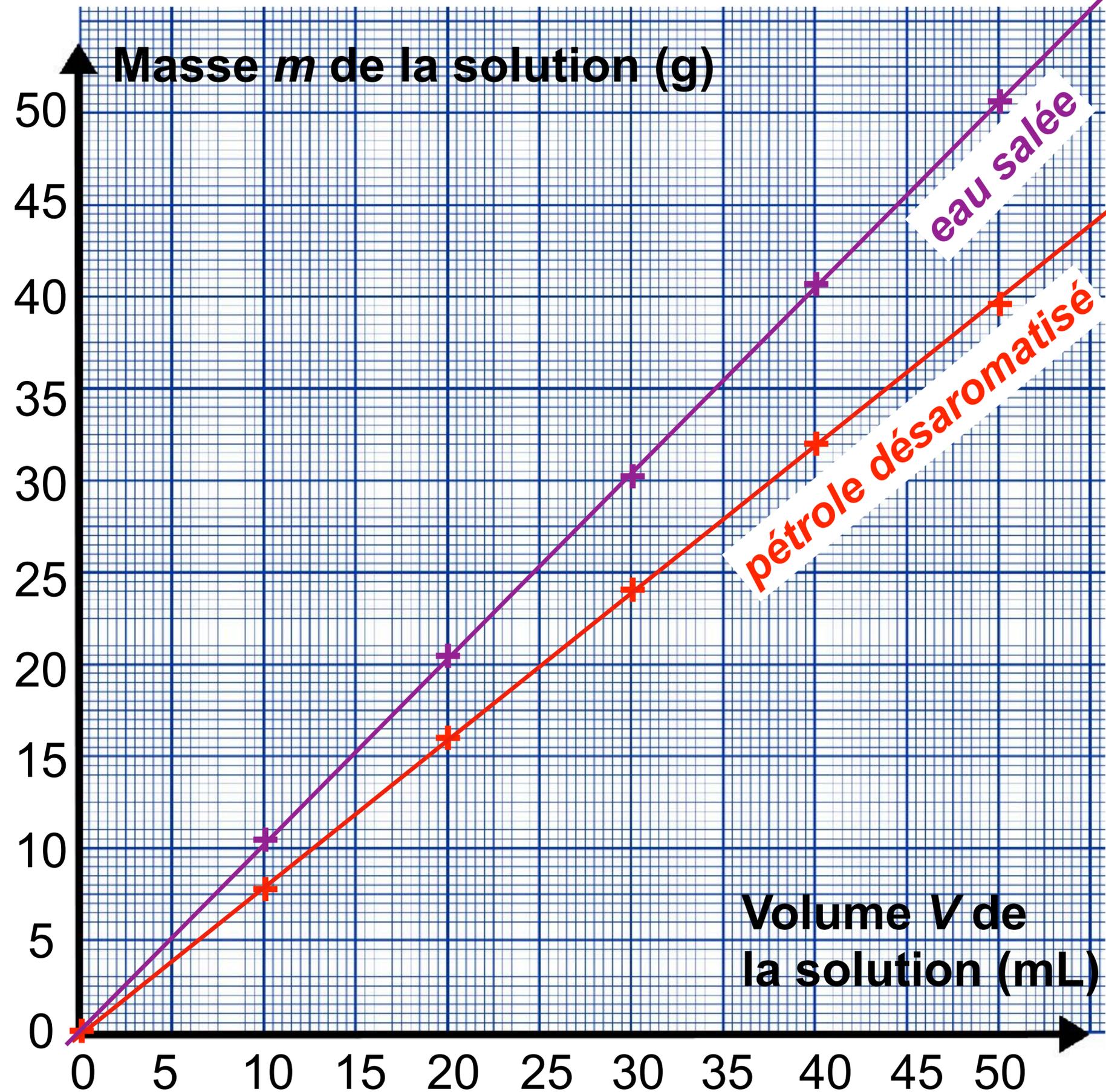
Volume de la solution (en mL)	0 mL	10 mL	20 mL	30 mL	40 mL	50 mL
Masse de la solution de pétrole désaromatisé (en g)	0 g	 7,8 g	 16,0 g	 23,9 g	 32,1 g	 39,6 g
Masse de la solution d'eau salée (en g)	0 g	 10,3 g	 20,4 g	 30,2 g	 40,7 g	 50,7 g

Température : 22 °C

Graphique représentant la variation de la masse d'une solution en fonction de son volume

Volume V de la solution	0 mL	10 mL	20 mL	30 mL	40 mL	50 mL
Masse m de la solution (pétrole)	0 g	7,8 g	16,0 g	23,9 g	32,1 g	39,6 g
Masse m de la solution (eau salée)	0 g	10,3 g	20,4 g	30,2 g	40,7 g	50,7 g

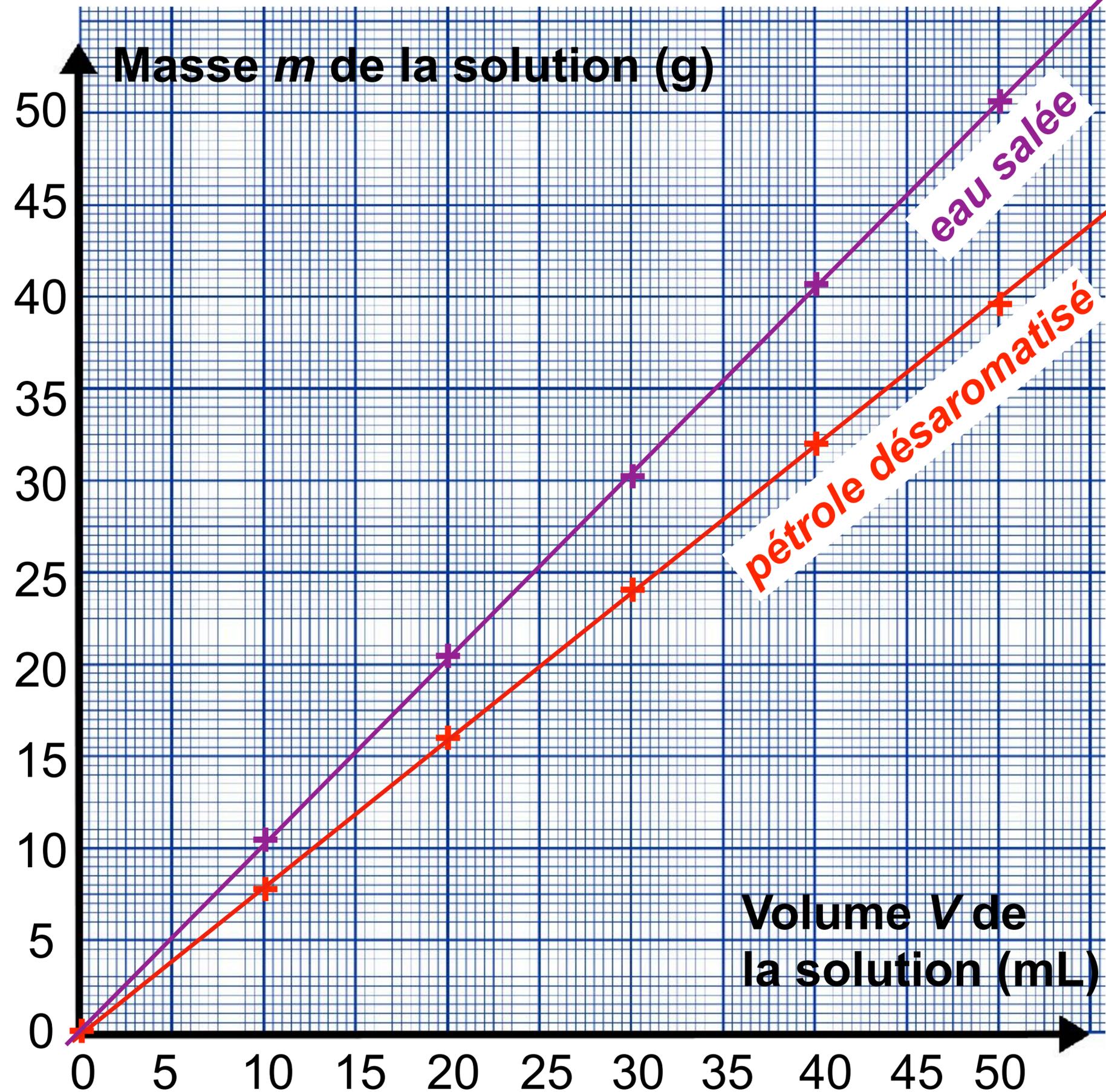
La masse m d'une solution est **proportionnelle** à son volume V .



La masse m d'une solution est **proportionnelle** à son volume V .

La masse m d'une solution et son volume V **sont donc reliés par un coefficient de proportionnalité**.

$$m = (\text{un coefficient de proportionnalité}) \times V$$



Résolution du problème

Mettre du sens sur le coefficient de proportionnalité

$$m = \text{coeff} \times V \iff \frac{m}{V} = \text{coeff} \times \frac{V}{V} \iff \frac{m}{V} = \text{coeff} \iff \text{coeff} = \frac{m}{V}$$

$$\text{coeff} = \frac{m}{V}$$

On appelle ce coefficient
de proportionnalité
« masse volumique »,
notée ρ

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Calculons la masse volumique $\rho_{eau\ salée}$ de l'eau salée et la masse volumique $\rho_{pétrole}$ du pétrole désaromatisé.

On sait que

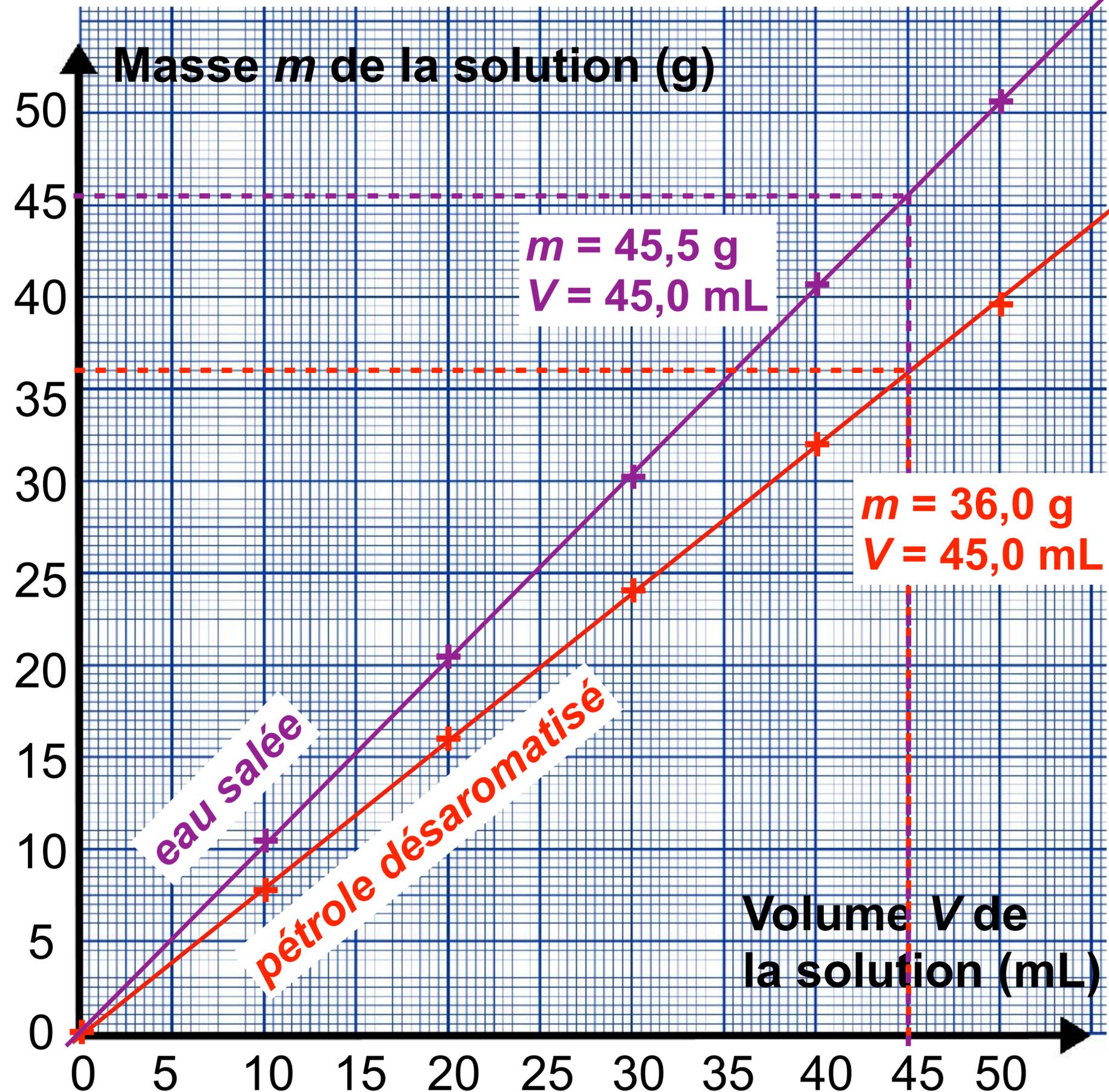
$$\rho = \frac{m}{V}$$

Pour l'eau salée :

$$\rho_{eau\ salée} = \frac{45,5\text{ g}}{45,0\text{ mL}} = 1,01\text{ g/mL}$$

Pour le pétrole désaromatisé :

$$\rho_{pétrole} = \frac{36,0\text{ g}}{45,0\text{ mL}} = 0,80\text{ g/mL}$$



Résolution du problème

Vers une conclusion

- ➔ La masse volumique du pétrole désaromatisé ($\rho_{pétrole} = 0,80 \text{ g/mL}$) est inférieure à la masse volumique de l'eau salée ($\rho_{eau\ salée} = 1,01 \text{ g/mL}$)
- ➔ C'est un premier élément de réponse. Mais est-ce que c'est suffisant pour expliquer qu'une nappe de pétrole reste à la surface de l'océan, et pour nous permettre de conclure ? Exerçons notre esprit critique.

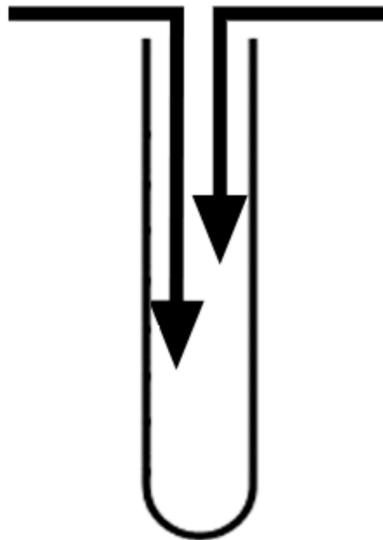
Résolution du problème

Exerçons notre esprit critique !

➔ Et si c'était simplement parce que la masse de pétrole est inférieure à la masse d'eau salée que le pétrole flotte sur l'eau ?

➔ Réalisons une expérience.

Environ 1 mL
d'eau salée



Environ 5 mL
de pétrole
désaromatisé

$$m_{\text{pétrole}} = \rho_{\text{pétrole}} \times V_{\text{pétrole}}$$

$$m_{\text{pétrole}} = 0,80 \text{ g/mL} \times 5 \text{ mL}$$

$$m_{\text{pétrole}} = \text{environ } 4 \text{ g}$$

$$m_{\text{eau salée}} = \rho_{\text{eau salée}} \times V_{\text{eau salée}}$$

$$m_{\text{eau salée}} = 1,01 \text{ g/mL} \times 1 \text{ mL}$$

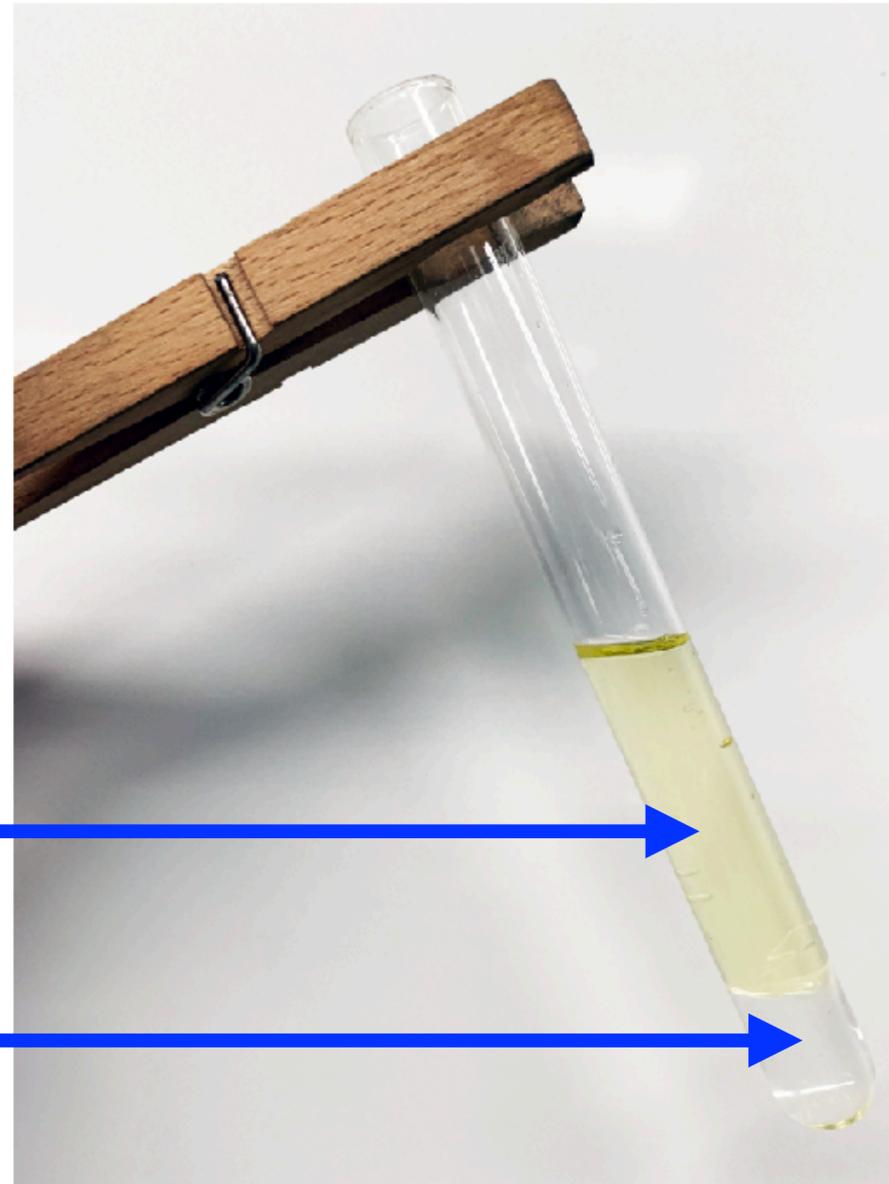
$$m_{\text{eau salée}} = \text{environ } 1 \text{ g}$$

Résolution du problème

Exerçons notre esprit critique !

➔ Et si c'était simplement parce que la masse de pétrole est inférieure à la masse d'eau salée que le pétrole flotte sur l'eau ?

➔ Observations :



Pétrole désaromatisé

Eau salée

Même si la valeur de la masse de pétrole désaromatisé est plus grande que celle de l'eau salée, le pétrole est bien situé sur l'eau salée.

Résolution du problème

Exerçons notre esprit critique !

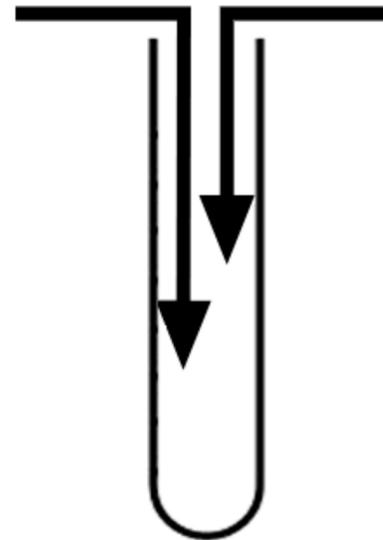
- ➔ Et si c'était simplement parce que la masse de pétrole est inférieure à la masse d'eau salée que le pétrole flotte sur l'eau ?
- ➔ Nos observations nous permettent de penser que **la masse volumique est effectivement un critère important pour expliquer que le pétrole reste à la surface de l'eau.**

Résolution du problème

Exerçons notre esprit critique !

- ➔ La masse volumique est effectivement un critère important pour expliquer que le pétrole reste à la surface de l'eau. Mais est-ce un critère suffisant ?
- ➔ Réalisons une expérience.

Environ 1 mL
d'eau salée



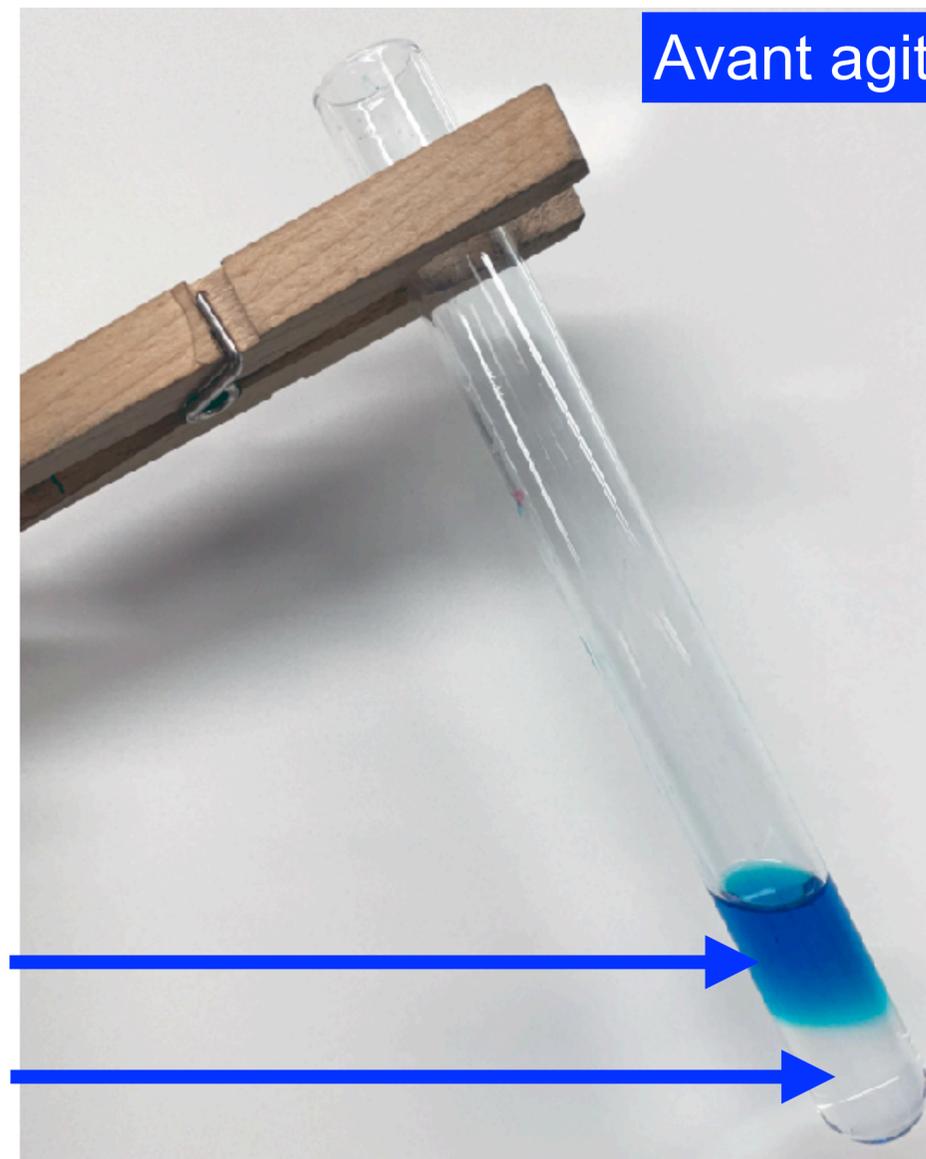
Environ 1 mL
d'éthanol
($\rho_{\text{éthanol}} = 0,79 \text{ g/mL}$)

Résolution du problème

Exerçons notre esprit critique !

➔ La masse volumique est effectivement un critère important pour expliquer que le pétrole reste à la surface de l'eau. Mais est-ce un critère suffisant ?

➔ Observations :



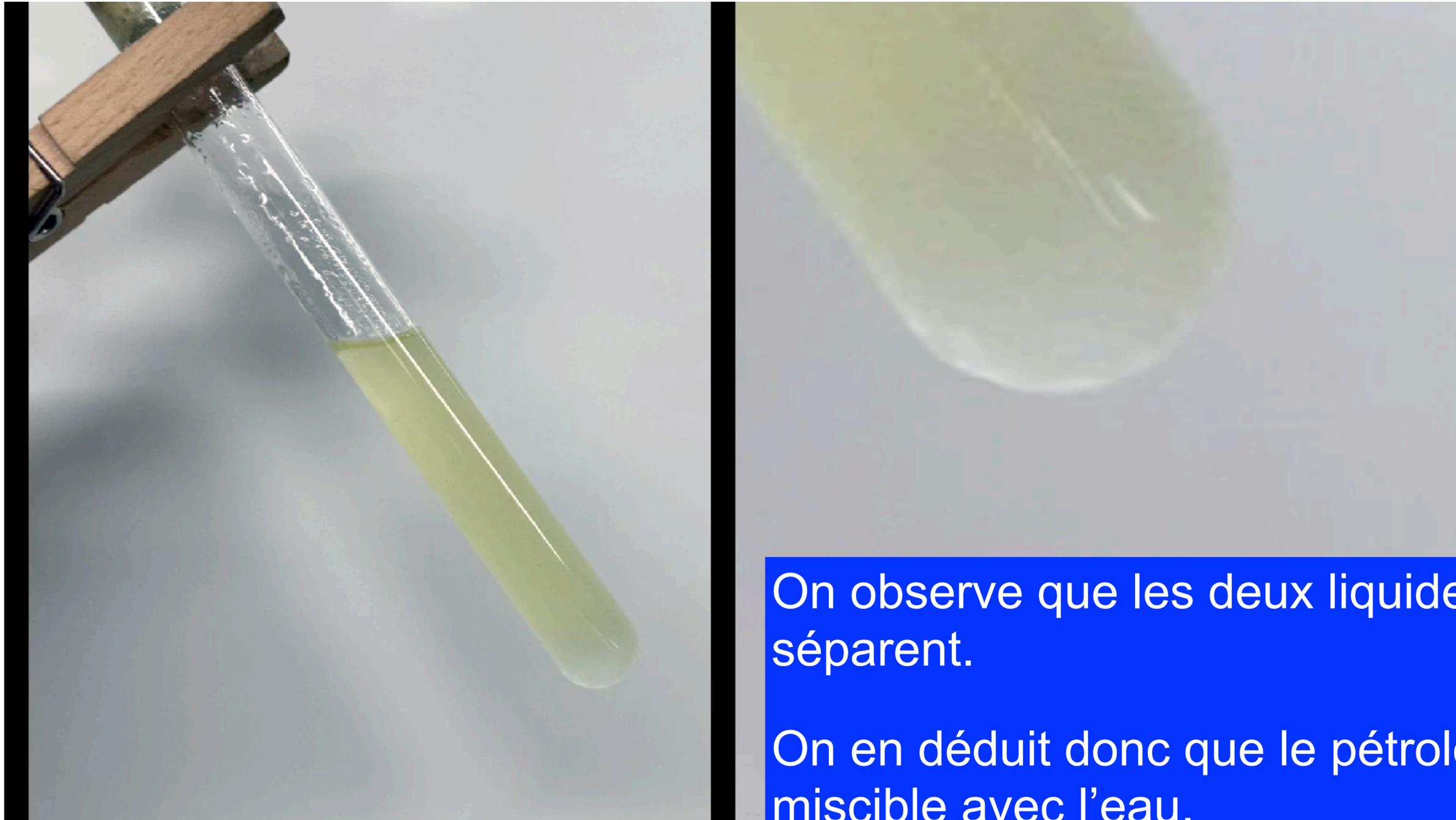
Résolution du problème

Exerçons notre esprit critique !

- ➔ La masse volumique est effectivement un critère important pour expliquer que le pétrole reste à la surface de l'eau. Mais est-ce un critère suffisant ?
- ➔ Il faut aussi que les deux liquides soient **non miscibles** entre eux, c'est-à-dire que leur mélange forme un mélange hétérogène.

Résolution du problème

Exerçons notre esprit critique !



On observe que les deux liquides se séparent.

On en déduit donc que le pétrole n'est pas miscible avec l'eau.

Résolution du problème

Exerçons notre esprit critique !

➔ Avait-on raison de représenter la nappe de pétrole brut par du pétrole désaromatisé ?

Recherche

🔍 masse volumique pétrole brut

Recherche

J'ai de la chance

➔ On trouve une valeur de référence : environ 0,8 g/mL

Conclusion

➔ Rappel de la problématique :

Comment expliquer la formation d'une nappe de pétrole à la surface de l'eau, nappe qui peut dériver jusqu'aux côtes ?

➔ Rappel de l'hypothèse :

On pense que, pour un même volume, la masse de pétrole est inférieure à la masse d'eau salée.

➔ Notre hypothèse est-elle validée ?

*Cette hypothèse est validée : on peut même dire que **la masse volumique** du pétrole est inférieure à la masse volumique de l'eau salée. C'est un élément de réponse, mais cela ne suffit pas à expliquer pourquoi les nappes de pétrole restent à la surface de l'eau.*

En effet, si le pétrole reste à la surface de l'eau, c'est aussi parce qu'il n'est pas miscible avec l'eau salée.

Ce qu'il faut retenir

- **Ce qu'on a découvert : notion de masse volumique**

La masse volumique ρ (« *rhô* ») d'une substance est une grandeur physique qui caractérise la masse de cette substance par unité de volume.

Pour une substance de masse m et de volume V , on la calcule donc grâce à la relation :

$$\rho = \frac{m}{V}$$

La masse volumique ρ s'exprime en kilogramme par mètre cube (kg/m^3) ou plus couramment en gramme par centimètre cube (g/cm^3), ou gramme par millilitre (g/mL) (en particulier pour les liquides).

Ce qu'il faut retenir

•Ce qu'on a remobilisé :

La masse est une grandeur liée à la quantité de matière, qu'on mesure avec une balance. Son unité de mesure est le kilogramme.

Le volume représente l'espace qu'occupe un objet ou une substance, quel que soit son état physique (solide, liquide, gazeux...). Le volume se mesure en mètre cube (m^3) mais on utilise aussi fréquemment le litre (L), notamment pour les liquides.

Deux liquides sont miscibles entre eux s'ils forment un mélange homogène.

Allons plus loin

Lutter contre les marées noires

➔ Quelles solutions possédons-nous pour éviter qu'une marée noire n'atteigne le rivage et qu'elle épargne l'écosystème marin ?



Confiner les nappes de pétrole à l'aide de barrage flottants et pomper depuis un bateau

Brûler les nappes de pétrole

Disperser le pétrole dans l'eau en utilisant des « dispersants »

As-tu bien compris ?

La légende d'Archimède et la couronne du Roi Hiéron II, d'après Vitruve



Wikipedia / Domaine public

Archimède de Syracuse

Physicien, mathématicien
et ingénieur grec

(287 av. J.-C. - 212 av. J.-C.)

En 250 avant Jésus Christ, la légende raconte que le roi de Syracuse, Hiéron II, se serait fait confectionner une couronne d'or par l'un des meilleurs orfèvres de l'époque, à partir d'une certaine quantité d'or qu'il aurait fournie à l'orfèvre. Pourtant le roi aurait eu un doute : la couronne était-elle constituée d'or pur ? L'orfèvre n'aurait-il pas gardé de l'or pour lui ?

Hiéron aurait alors demandé à son conseiller scientifique Archimède (âgé alors de 22 ans seulement) de s'assurer que la couronne était bien constituée d'or pur, mais sans la détruire, donc sans la fondre ni la scier.



Vitruve, 3 siècles plus tard, rapporte qu'Archimède aurait trouvé le moyen de vérifier si la couronne était vraiment en or, alors qu'il était au bain public. Il serait alors sorti dans la rue entièrement nu en criant cette formule désormais célèbre : « Eurêka ! Eurêka ! » (j'ai trouvé !)

Qu'avait-il découvert ? En s'immergeant dans sa baignoire remplie à ras bord et en mesurant le volume d'eau « tombé » de la baignoire, Archimède aurait compris que par déplacement d'eau, on pouvait mesurer le volume d'objets de forme complexe. Pour savoir si la couronne était ou non composée uniquement d'or pur, il n'y avait plus alors qu'à comparer le volume d'eau déplacé par la couronne, et celui déplacé par une masse d'or pur équivalente...

As-tu bien compris ?

La légende d'Archimède et la couronne du Roi Hiéron II, d'après Vitruve

De nos jours, maintenant que les connaissances concernant la masse volumique sont bien établies, comment pourrait-on résoudre le problème ?

**On veut savoir si la couronne est constituée uniquement d'or pur ou non.
Comment vas-tu procéder pour répondre au problème ?**

À toi de réfléchir à une solution !

As-tu bien compris ?

La légende d'Archimède et la couronne du Roi Hiéron II, d'après Vitruve

De nos jours, maintenant que les connaissances concernant la masse volumique sont bien établies, comment pourrait-on résoudre le problème ?

**On veut savoir si la couronne est constituée uniquement d'or pur ou non.
Comment vas-tu procéder pour répondre au problème ?**

Il faut comparer la masse volumique de la couronne à celle de l'or car la masse volumique est caractéristique d'un matériau : si la couronne est constituée uniquement d'or, la couronne et l'or auront la même masse volumique.

As-tu bien compris ?

La légende d'Archimède et la couronne du Roi Hiéron II, d'après Vitruve

Quelle est la relation qui permet de déterminer la masse volumique de la couronne ?

A

$$\rho = m \times V$$

B

$$\rho = \frac{m}{V}$$

C

$$\rho = \frac{V}{m}$$

D

$$\rho = V \times m$$

As-tu bien compris ?

La légende d'Archimède et la couronne du Roi Hiéron II, d'après Vitruve

Quelle est la relation qui permet de déterminer la masse volumique de la couronne ?

A

$$\rho = m \times V$$

B

$$\rho = \frac{m}{V}$$

C

$$\rho = \frac{V}{m}$$

D

$$\rho = V \times m$$

As-tu bien compris ?

La légende d'Archimède et la couronne du Roi Hiéron II, d'après Vitruve

Comment peut-on déterminer la masse de la couronne ?

A

En utilisant une balance

B

En utilisant le
déplacement d'eau

C

En utilisant la relation
 $m = \rho \times V$

D

En utilisant une
éprouvette graduée

As-tu bien compris ?

La légende d'Archimède et la couronne du Roi Hiéron II, d'après Vitruve

Comment peut-on déterminer la masse de la couronne ?

A

En utilisant une balance

B

En utilisant le déplacement d'eau

C

En utilisant la relation
 $m = \rho \times V$

D

En utilisant une éprouvette graduée

As-tu bien compris ?

La légende d'Archimède et la couronne du Roi Hiéron II, d'après Vitruve

Comment peut-on déterminer le volume de la couronne ?

A

En utilisant une balance

B

En utilisant le déplacement d'eau

C

En utilisant la relation

$$V = \frac{m}{\rho}$$

D

En utilisant une éprouvette graduée

As-tu bien compris ?

La légende d'Archimède et la couronne du Roi Hiéron II, d'après Vitruve

Comment peut-on déterminer le volume de la couronne ?

A

En utilisant une balance

B

En utilisant le déplacement d'eau

C

En utilisant la relation

$$V = \frac{m}{\rho}$$

D

En utilisant une éprouvette graduée

As-tu bien compris ?

La légende d'Archimède et la couronne du Roi Hiéron II, d'après Vitruve

La couronne est-elle en or ? Choisis le raisonnement correct.

A

$$\rho_{\text{couronne}} = \frac{7465 \text{ g}}{467 \text{ cm}^3}$$

$$\rho_{\text{couronne}} = 16,0 \text{ g/cm}^3$$

Cette couronne est uniquement constituée d'or.

B

$$\rho_{\text{couronne}} = \frac{7465 \text{ g}}{467 \text{ cm}^3}$$

$$\rho_{\text{couronne}} = 16,0 \text{ g/cm}^3$$

Cette couronne n'est pas uniquement constituée d'or.

C

$$\rho_{\text{couronne}} = \frac{7465 \text{ g}}{967 \text{ cm}^3}$$

$$\rho_{\text{couronne}} = 7,7 \text{ g/cm}^3$$

Cette couronne n'est pas uniquement constituée d'or.

D

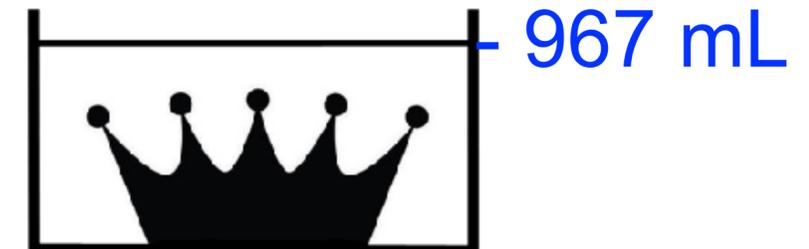
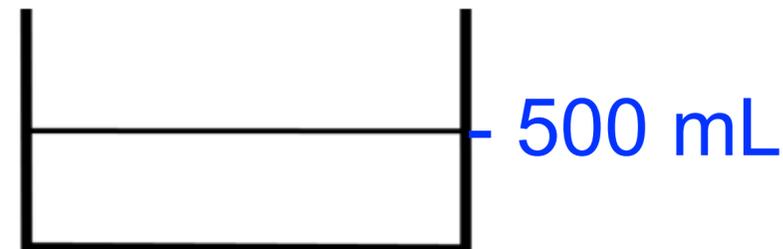
$$\rho_{\text{couronne}} = \frac{467 \text{ cm}^3}{7465 \text{ g}}$$

$$\rho_{\text{couronne}} = 0,06 \text{ g/cm}^3$$

Cette couronne n'est pas uniquement constituée d'or.

Données : $m_{\text{couronne}} = 7\,465 \text{ g}$
 $\rho_{\text{or}} = 19,3 \text{ g/cm}^3$

$V_{\text{couronne}} = ?$



As-tu bien compris ?

La légende d'Archimède et la couronne du Roi Hiéron II, d'après Vitruve

La couronne est-elle en or ? Choisis le raisonnement correct.

A

$$\rho_{\text{couronne}} = \frac{7465 \text{ g}}{467 \text{ cm}^3}$$

$$\rho_{\text{couronne}} = 16,0 \text{ g/cm}^3$$

Cette couronne est uniquement constituée d'or.

B

$$\rho_{\text{couronne}} = \frac{7465 \text{ g}}{467 \text{ cm}^3}$$

$$\rho_{\text{couronne}} = 16,0 \text{ g/cm}^3$$

Cette couronne n'est pas uniquement constituée d'or.

C

$$\rho_{\text{couronne}} = \frac{7465 \text{ g}}{967 \text{ cm}^3}$$

$$\rho_{\text{couronne}} = 7,7 \text{ g/cm}^3$$

Cette couronne n'est pas uniquement constituée d'or.

D

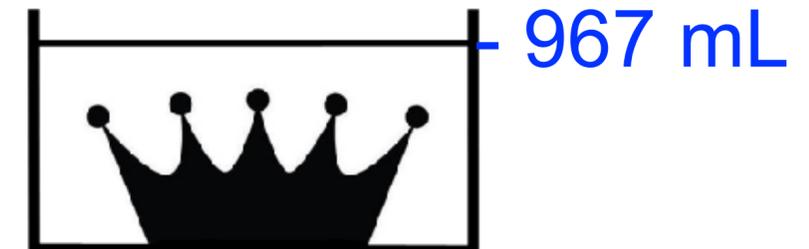
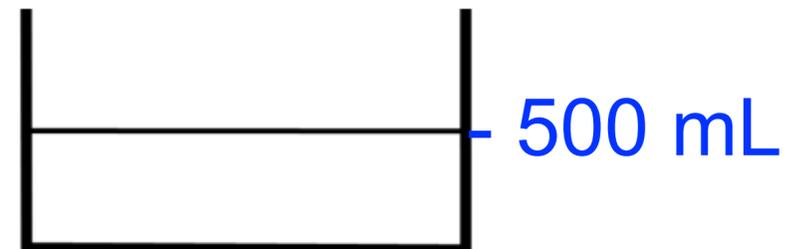
$$\rho_{\text{couronne}} = \frac{467 \text{ cm}^3}{7465 \text{ g}}$$

$$\rho_{\text{couronne}} = 0,06 \text{ g/cm}^3$$

Cette couronne n'est pas uniquement constituée d'or.

Données : $m_{\text{couronne}} = 7\,465 \text{ g}$
 $\rho_{\text{or}} = 19,3 \text{ g/cm}^3$

$V_{\text{couronne}} = ?$



Merci !

