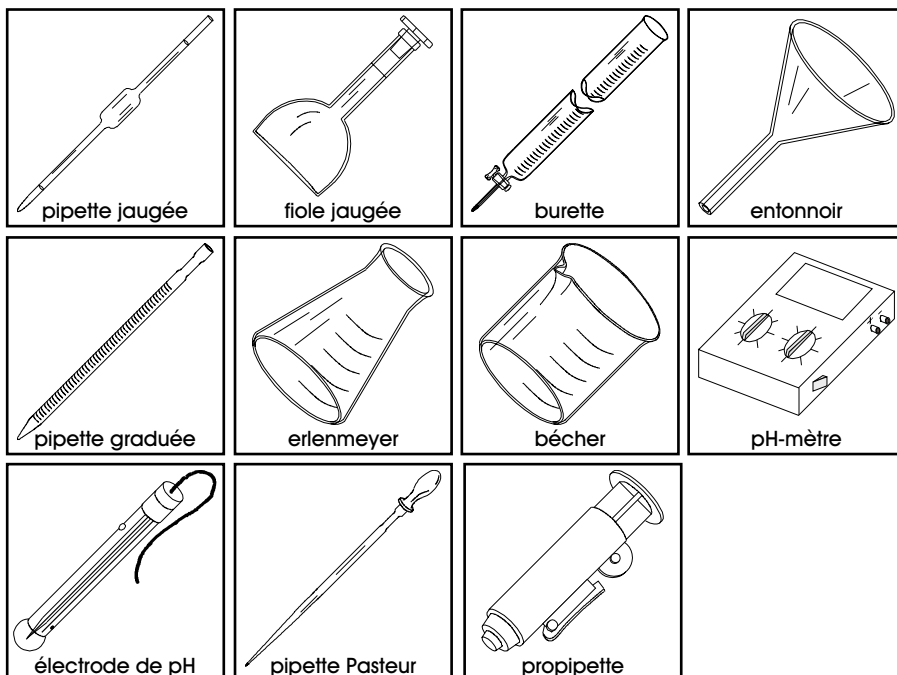


BUTS

Déterminer de manière approximative (dosage avec indicateur acide-base), puis avec précision (dosage pH-métrique), la concentration de substance active d'un produit ménager, le Destop™, utilisé pour déboucher les canalisations.

MATERIEL

1 pipette jaugée de 1 ml, 1 fiole jaugée de 100 ml, 1 burette, 1 entonnoir, 1 pipette graduée de 20 ml, 1 erlenmeyer de 100 ml, 1 bécher de 100 ml, 1 pH-mètre avec électrode, pipettes Pasteur, 1 propipette, gants jetables.



REACTIFS

Acide nitrique (HNO_3 0.1 M), orange de méthyle ($\text{C}_{14}\text{H}_{14}\text{N}_3\text{SO}_3\text{Na}$ 1 %), rouge de méthyle ($\text{C}_{15}\text{H}_{15}\text{N}_3\text{O}_2$ 0.05 %), bleu de bromothymol ($\text{C}_{27}\text{H}_{28}\text{Br}_2\text{O}_5\text{S}$ 0.04 %), phénolphthaléine ($\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$ 0.1%), DesTop™.

HNO_3	$\text{C}_{14}\text{H}_{14}\text{N}_3\text{SO}_3\text{Na}$	$\text{C}_{15}\text{H}_{15}\text{N}_3\text{O}_2$	$\text{C}_{27}\text{H}_{28}\text{Br}_2\text{O}_5\text{S}$
étatsolution 0.1 M	étatsolution 1 %	étatsolution 0.05 %	étatsolution 0.04 %
MM63.01 g/mol	MM327.34 g/mol	MM269.31 g/mol	MM624.41 g/mol
		X	X
CH 5	CH F	CH F	CH F
$\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$			
étatsolution 1 %			
MM318.33 g/mol			
CH 3			

RECOMMANDATIONS Manipuler avec précaution les solutions d'acide nitrique et de DesTop™ : **Ne pas ingérer ou mettre en contact avec la peau ou les yeux.**

Ne pas manipuler la solution de phénolphthaléine, qui contient de l'éthanol, à proximité d'une flamme ou d'une source de chaleur.

Ne pas enclencher le pH-mètre sans respecter les précautions d'utilisation.

Manipuler l'électrode de mesure avec précaution: L'extrémité de verre est particulièrement fragile.

MANIPULATIONS ET DISCUSSION

◆ Le DesTop™ est un produit ménager vendu dans le commerce pour déboucher les canalisations. Il contient un agent actif particulièrement corrosif et basique, l'**hydroxyde de sodium NaOH**, communément appelé soude caustique.

◆ L'introduction d'hydroxyde de sodium dans une canalisation, sous forme solide ou en solution concentrée, provoque une réaction fortement exothermique (dégagement de chaleur) au contact avec l'eau.

Cet effet accélère la dissolution des dépôts qui obturent les canalisations; d'autre part, l'hydroxyde de sodium favorise la solubilisation des dépôts de corps gras.

◆ **Il est impératif de manipuler avec grande précaution l'hydroxyde de sodium, car il peut dissoudre irréversiblement la cornée oculaire.**

En cas de contact avec la peau ou les yeux, se laver rapidement et abondamment à l'eau courante.

A. PREPARATION DE LA SOLUTION DE TRAVAIL

1. Le DesTop™ étant trop concentré, il est nécessaire de le diluer avant de déterminer son contenu en hydroxyde de sodium.

Pour une détermination optimale, le DesTop™ sera dilué 100 fois. La dilution doit être réalisée avec grand soin pour éviter des erreurs ultérieures.

? 1. Expliquer en détails comment obtenir une solution de DesTop™ de concentration C_2 100 fois plus faible que la solution originelle, dont la concentration est C_1 .



2. Après s'être assuré auprès de l'enseignant que la procédure proposée est correcte, procéder effectivement à la dilution du DesTop™, **en portant des gants à usage unique et une paire de lunettes de sécurité.**

B. DOSAGE RAPIDE DE L'HYDROXYDE DE SODIUM

◆ Avant d'effectuer le dosage précis à l'aide d'une électrode de mesure, il est utile d'effectuer un dosage rapide afin d'estimer le volume approximatif d'acide nécessaire pour neutraliser l'hydroxyde de sodium présent dans la solution de DesTop™ diluée.

Le dosage rapide est appelé **dosage d'orientation**. Il est effectué en présence d'un indicateur acide-base, qui change de couleur lorsque la solution dans laquelle on l'introduit change de pH.

◆ Le tableau de la page suivante présente les caractéristiques de quelques indicateurs acide-base, qu'il est possible d'utiliser pour mettre en évidence visuellement la neutralisation d'une solution basique par un acide, ou inversement d'une solution acide par une base.

Indicateur acide-base	Teinte sous forme acide	pH de la zone de virage	Teinte sous forme basique
Orange de méthyle (hélianthine)	rouge	3.1 - 4.4	jaune
Rouge de méthyle (acide 4-diméthylaminoazobenzène-2'-carboxylique)	rouge	6.2 - 6.2	jaune
Bleu de bromothymol (3',3"-dibromothymolsulfonephthaléine)	jaune	6.0 - 7.6	bleu
Phénolphthaléine	incolore	8.2 - 10.0	rose-violet

? 2. Choisir l'indicateur acide-base approprié pour mettre en évidence la neutralisation de la solution de DesTop™ par l'acide nitrique. Justifier ce choix.



3. Préparer le montage de la figure ci-contre.

Remplir soigneusement la burette d'acide nitrique 0.1 M, en portant des gants à usage unique et une paire de lunettes de sécurité.

Evacuer l'air présent sous la vanne de la burette et ajuster précisément le volume d'acide nitrique à 0 ml.



4. Avec précision, prélever au moyen d'une pipette graduée 20 ml de la solution de DesTop™ préparée précédemment. Introduire ce volume dans un erlenmeyer.

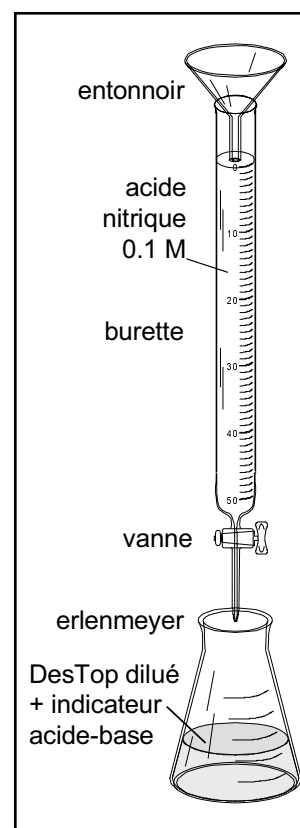
Ajouter quelques gouttes de l'indicateur acide-base choisi précédemment.

5. En agitant l'erlenmeyer, ajouter en goutte-à-goutte rapide de l'acide nitrique 0.1 M à la solution de DesTop™.

Lorsque l'indicateur acide-base amorce son changement de teinte, ralentir la vitesse d'ajout (goutte-à-goutte lent).

Stopper l'ajout d'acide nitrique lorsque la teinte de la solution change de manière stable à l'ajout d'une goutte supplémentaire.

Noter le volume d'acide nitrique 0.1 M ajouté pour neutraliser le DesTop™. Ce volume, auquel il sera fait référence plus bas, est le point équivalent.



C. DOSAGE PRECIS DE L'HYDROXYDE DE SODIUM

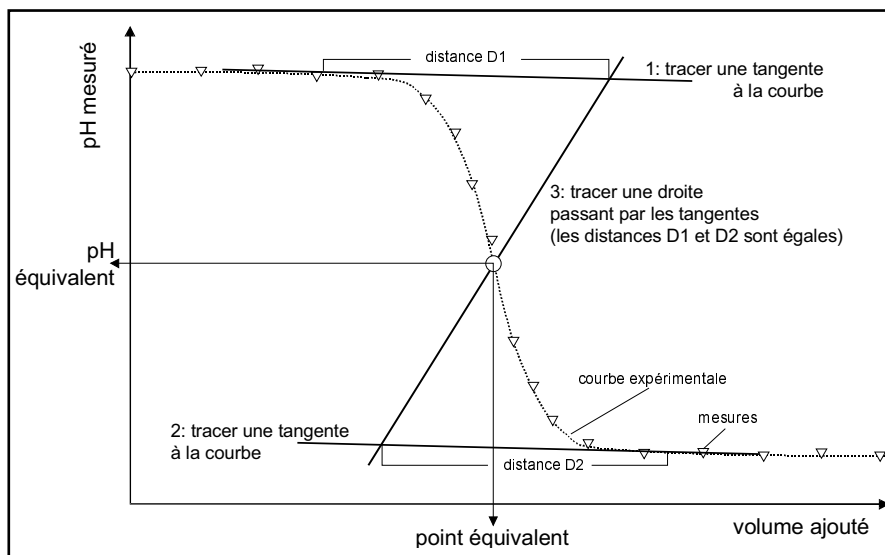
♦ Pour une détermination précise de la concentration en NaOH dans le DesTop™, il est nécessaire d'utiliser une **électrode de pH**, qui permet de mesurer avec grande précision la basicité, la neutralité ou l'acidité d'une solution.



6. Remplir la burette d'acide nitrique 0.1 M, s'assurer que l'extrémité sous la vanne ne contient pas d'air et ajuster le volume à 0 ml.



7. Avec précision, prélever au moyen d'une pipette graduée 20 ml de la solution diluée de DesTop™. Introduire ce volume dans un bécher propre. Ne pas ajouter d'indicateur acide-base.



- ? 5. Au moyen des informations à disposition (volume de DesTop™ dilué, point équivalent, concentration de la solution d'acide nitrique, réaction équilibrée), déterminer la concentration molaire C_2 [moles/l] d'hydroxyde de sodium dans la solution de DesTop™ dilué.
- ? 6. En tenant compte de la dilution initiale, calculer la concentration molaire C_1 [moles/l] d'hydroxyde de sodium dans la solution de DesTop™ vendue dans le commerce.
- ? 7. Connaissant la concentration molaire C_1 [moles/l], calculer le titre [g/l] de l'hydroxyde de sodium (masse molaire: 40 [g/mole]) dans cette solution.
- ? 8. Sachant que la masse volumique du DesTop™ vendu dans le commerce est de 1.23 [g/ml], calculer le pourcentage d'hydroxyde de sodium dans ce produit.
Comparer ce résultat à la valeur mentionnée sur l'étiquette du DesTop™ et commenter.
- ? 9. Le fabricant du DesTop™ indique des précautions d'utilisation de ce produit. Indiquer si ces précautions sont toutes pertinentes; justifier dans chaque cas la réponse.

RECUPERATION ET NETTOYAGE

Vider toutes les solutions dans l'évier, sous courant d'eau. Laver la verrerie utilisée à l'eau, puis la rincer à l'eau déminéralisée.

PREPARATION

Expérience pour un groupe de 2 étudiants.**1. Solution d'acide nitrique 0.1 M:**

Pour obtenir des résultats précis, il est conseillé d'utiliser une solution standard d'acide nitrique 0.100 M (p.ex. solution prête à l'emploi, ou cartouche de solution concentrée pour dilution; Fluka ou Merck). S'il n'est pas possible d'utiliser une solution de concentration exacte, procéder comme suit:

Au moyen d'une micropipette, ajuster précisément 7.0 ml de HNO₃ concentré ($\rho = 1.40 \text{ g/ml}$; 65 % = 14.44 M) à 1000 ml avec de l'eau déminéralisée (suffisant pour environ 20 groupes); dans ce cas, l'erreur sur la concentration finale est relativement faible (environ 1 %).

2. Solution d'orange de méthyle 1 %:

Pour 100 ml de solution (suffisant pour environ 20-30 groupes), peser environ 1 g C₁₄H₁₄N₃SO₃Na, dissoudre dans environ 20 ml d'éthanol, puis compléter à 100 ml avec de l'eau déminéralisée.

3. Solution de rouge de méthyle 0.05 %:

Pour 100 ml de solution (suffisant pour environ 20-30 groupes), peser environ 0.05 g C₁₅H₁₅N₃O₂, dissoudre dans environ 50 ml d'éthanol, puis compléter à 100 ml avec de l'eau déminéralisée.

4. Solution de bleu de bromothymol 0.04 %:

Pour 100 ml de solution (suffisant pour environ 20-30 groupes), peser environ 0.04 g C₂₇H₂₈Br₂O₅S, dissoudre dans de l'eau déminéralisée, puis compléter à 100 ml avec de l'eau déminéralisée.

5. Solution de phénolphthaléine 0.1 %:

Pour 100 ml de solution (suffisant pour environ 20-30 groupes), peser environ 0.1 g C₂₀H₁₄O₄, dissoudre dans environ 80 ml d'éthanol, puis compléter à 100 ml avec de l'eau déminéralisée.

6. DesTop™:

Utiliser tel quel le produit du commerce; mettre à disposition des étudiants les flacons d'origine munis de leur fiche signalétique.

7. Matériel nécessaire pour un groupe de 2 étudiants:

- 1 pipette jaugée de 1 ml
- 1 propipette
- 1 fiole jaugée de 100 ml
- 1 burette de 50 ml munie d'un entonnoir et fixée sur un statif
- 1 pipette graduée de 20 ml
- 1 erlenmeyer de 100 ml
- 1 bécher de 100 ml
- 1 pH-mètre avec électrode; étalonner l'installation avec 2 solutions tampon (pH = 7 et pH = 4) à température ambiante
- 1-2 pipettes Pasteur avec tétine
- 2-3 paires de gants à usage unique

8. Durée de l'expérience:

Environ 75 min de manipulations.

DISCUSSION

PREPARATION DE LA SOLUTION DE TRAVAIL

- ? 1. Expliquer en détails comment obtenir une solution de DesTop™ de concentration C₂ 100 fois plus faible que la solution originelle, dont la concentration est C₁.

Avec la verrerie à disposition, la dilution est obtenue comme suit:

Pipetter exactement 1 ml de solution de DesTop™ (C_1), au moyen d'une pipette jaugée; transférer ce volume dans une fiole jaugée de 100ml; compléter au trait de jauge avec de l'eau déminéralisée.

La solution finale (C_2) est effectivement diluée d'un facteur 100, puisque, selon l'expression $C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$ le rapport des concentrations avant et après dilution est donné par $C_1/C_2 = V_2/V_1 = (100 \text{ ml})/(1 \text{ ml}) = 100$.

DOSAGE RAPIDE DE L'HYDROXYDE DE SODIUM

- ? 2. Choisir l'indicateur acide-base approprié pour mettre en évidence la neutralisation de la solution de DesTop™ par l'acide nitrique. Justifier ce choix.

C'est le bleu de bromothymol qui est le plus approprié. En effet, cet indicateur change de couleur dans une zone de pH proche de la neutralité.

Par ailleurs, la neutralisation de l'hydroxyde de sodium par l'acide nitrique produit le nitrate de sodium, un sel neutre (pH = 7), puisqu'il provient de la réaction d'un acide fort avec une base forte.

DOSAGE PRECIS DE L'HYDROXYDE DE SODIUM

- ? 3. Tracer, sur du papier millimétré, la courbe expérimentale de la titration ph-métrique (pH = f(volume d'acide ajouté)), puis déterminer le point équivalent et le pH équivalent par la méthode des tangentes.

Lors du dosage rapide de la solution diluée, le volume approximatif d'acide nitrique 0.1 M ajouté jusqu'au virage de l'indicateur (bleu de bromothymol) est de 13 ml environ.

La courbe de pH obtenue est typique de la titration d'une base forte par un acide fort, avec un fort saut de pH à l'approche du point équivalent.

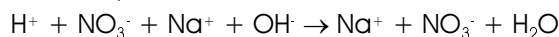
Le point équivalent obtenu selon la méthode des tangentes est de 12.8 ml d'acide nitrique 0.1 M.

- ? 4. Proposer l'équation chimique équilibrée de la réaction de neutralisation acide-base entre l'hydroxyde de sodium contenu dans le DesTop™ dilué et l'acide nitrique ajouté.

Formellement, la réaction est donnée par l'équation:



Cependant, comme l'acide, la base et le sel sont entièrement dissociés, il est aussi possible d'écrire:



Cette réaction se résume par conséquent à l'expression:



- ? 5. Au moyen des informations à disposition (volume de DesTop™ dilué, point équivalent, concentration de la solution d'acide nitrique, réaction équilibrée), déterminer la concentration molaire C_2 [moles/l] d'hydroxyde de sodium dans la solution de DesTop™ dilué.

Etant donné que les coefficients stoechiométriques de la réaction de neutralisation acide-base valent 1, l'expression qui permet de déterminer la concentration d'hydroxyde de sodium dans la solution de DesTop™ dilué est donnée par:

$$C_{\text{acide}} \cdot V_{\text{acide}} = C_2 \cdot V_{\text{base}} \quad \text{avec}$$

$$C_{\text{acide}} = 0.1 \text{ M}$$

$$V_{\text{acide}} = 12.8 \text{ ml}$$

C_2 = concentration de base diluée

V_{base} = 20 ml de solution de DesTop™ diluée.

On trouve par cette expression que $C_2 = 0.064$ M.

- ? 6. En tenant compte de la dilution initiale, calculer la concentration molaire C_1 [moles/l] d'hydroxyde de sodium dans la solution de DesTop™ vendue dans le commerce.

La solution initiale a été diluée 100 fois; par conséquent, sa concentration est donnée par:

$$C_1 = 100 \cdot C_2 = 6.4 \text{ M.}$$

- ? 7. Connaissant la concentration molaire C_1 [moles/l], calculer le titre [g/l] de l'hydroxyde de sodium (masse molaire: 40 [g/mole]) dans cette solution.

Le titre de la solution est donné par l'expression:

Titre [g/l] = (concentration [moles/l]) · (masse molaire [g/mole]); ainsi:

$$\text{Titre} = 6.4 \text{ [M]} \cdot 40 \text{ [g/mole]} = 256 \text{ g NaOH/l.}$$

- ? 8. Sachant que la masse volumique du DesTop™ vendu dans le commerce est de 1.23 [g/ml], calculer le pourcentage d'hydroxyde de sodium dans ce produit.

Comparer ce résultat à la valeur mentionnée sur l'étiquette du DesTop™ et commenter.

Le pourcentage d'hydroxyde de sodium dans le produit du commerce est obtenu selon:

$$(256 \text{ [g/l]} \cdot 100 \text{ [%]}) / (1230 \text{ [g/l]}) = 20.81 \text{ \% de NaOH dans le DesTop™.}$$

Ce résultat indique que l'expérience est parfaitement concluante, puisque le fabricant indique 20 % de soude caustique sur l'étiquette du produit.

- ? 9. Le fabricant du DesTop™ indique des précautions d'utilisation de ce produit. Indiquer si ces précautions sont toutes pertinentes; justifier dans chaque cas la réponse.

Les cinq précautions d'utilisation mentionnées sur l'étiquette sont parfaitement justifiées, en raison du caractère particulièrement corrosif de l'hydroxyde de sodium et de sa promptitude à dégager une forte quantité de chaleur lorsqu'il est dissous ou dilué dans l'eau.