

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة غرداية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE MINISTERE DE
L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université de Ghardaïa

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre

Département de Médecine Dentaire



Polycopié des travaux pratiques de :

Biophysique

Cours destinés aux étudiants de 1ère année de Médecine Dentaire

Elaboré par : Dr. BENHASSINE Soumaya

Maître de Conférences B

Année universitaire : 2025/2026

Avant -propos

Ce polycopié des travaux pratiques de biophysique, destinée aux étudiants de première année de médecine dentaire, représente un prolongement direct de l'enseignement théorique et vise à renforcer la compréhension des phénomènes biophysiques à travers leur mise en application expérimentale.

Afin de tirer pleinement profit de ces travaux pratiques, l'étudiant doit posséder des connaissances préalables portant sur:

- ✓ Les unités de mesure en physique ainsi que les équations aux dimensions des formules physiques
- ✓ Les lois fondamentales de certaines grandeurs physiques (aire, volume, vitesse, masse volumique, tension superficielle, pH, viscosité, force, pente, etc.)

Ces acquis sont indispensables pour comprendre les protocoles expérimentaux, effectuer des mesures fiables et analyser correctement les résultats obtenus.

Quant aux objectifs visés par l'enseignement de ces travaux pratiques, l'étudiant sera capable à la fin de ces TPs :

1. Connaître le principe de fonctionnement de certains appareils largement utilisés dans les différents domaines d'application des méthodes biophysiques
2. Appliquer les notions acquises du cours pour faire des mesures physico-chimiques
3. Apprendre à faire des dosages, la préparation des solutions, faire des mesures...
4. Expliquer des résultats obtenus en fonction des connaissances acquises dans le cours
5. Déduire les caractéristiques des produits, des solutions.....

Ainsi ce support pédagogique a pour objectif d'accompagner l'étudiant dans l'acquisition des compétences pratiques et méthodologiques indispensables à sa formation universitaire.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Résultats de la mesure de pH de quelques solutions	6
Tableau 2 : Valeurs du volume de NaOH, du pH et de la couleur de l'indicateur (PPT) enregistrés au cours du titrage.....	6
Tableau 3 : Effet d'HCL à 0.02 M sur la solution tampon préparée.....	9
Tableau 4: Effet de NaOH à 0.02 M sur la solution tampon préparée	9
Tableau 5 : Effet de la dilution sur la solution tampon préparée	9
Tableau 6 : Masse volumique de quelques fluides.....	11
Tableau 7: Mesures expérimentales du temps moyen (t_{moy}), vitesse moyenne (V_{moy}) et de la viscosité de différents liquides	13
Tableau 8 : Evolution de l'absorbance en fonction du temps.....	21

Liste des figures

Figure 1: Montage de l'expérience de titrage par pH-mètre	5
Figure 2 : Lecture d'une graduation d'une verrerie	12
Figure 3 : Bilan des forces exercées sur la bille dans un milieu visqueux	12
Figure 4: Montage pour la mesure de la tension superficielle	15
Figure 5 : Evolution de la surface du liquide avant, pendant, et après l'arrachement de l'anneau dans l'expérience de De Nouy.....	16
Figure 6 : Bilan des forces exercées sur l'anneau de platine dans l'expérience de mesure de la tension superficielles.....	17
Figure 7: Boudin de cellulose remplie de la solution dialysante émergé dans une solution d'eau pure	20

Table des matières

Avant-propos

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction.....	1
TP 1 : Titrage (dosage) par PH-mètre.....	3
1. Objectifs	3
2. Définition	3
3. Principe	3
4. Produits chimiques utilisés.....	3
5. Appareils et matériels utilisés.....	3
6. Protocole expérimental	4
6.1 Introduction	4
6.2 Mesure du pH	4
6.3 Dilution au 1/10 du vinaigre à tester.....	4
6.4 Titrage et suivi pH-métrique.....	5
7. Exploitation des résultats	6
TP 2 : Etude d'une solution tampon	7
1. Objectifs	7
2. Principe	7
3. Produits chimiques utilisés.....	7
4. Appareils et matériels utilisés.....	7
5. Protocole expérimental	7
5.1 Préparation de la solution tampon et étude de l'effet tampon	7
5.2 Etude de l'effet tampon de la solution	8
5.3 Influence de la dilution.....	8
6. Exploitation des résultats	8
TP 3 : Mesure de la viscosité	10
1. Objectifs	10
2. Définitions.....	10
3. Principe	11
4. Produits chimiques utilisés.....	11
5. Appareils et matériel utilisés	11
6. Protocole expérimental	11
6.1 Détermination de la masse volumique et de la force de la poussée d'Archimède d'un corps difforme (Caillou, ou bille)	11

6.2 Détermination de la poussée d'Archimède	12
6.3 Détermination du coefficient de viscosité d'un liquide	12
7. Exploitation des résultats	13
TP 4 : Mesure de la tension superficielle	14
1. Objectifs	14
2. Définition	14
3. Principe	14
4. Produits chimiques utilisés	15
5. Appareils et matériel utilisés	15
6. Protocole expérimental	15
6.1 Mise en évidence de la tension superficielle	15
6.2 Mesure de la tension superficielle	16
6.3 Effet du tensio-actif sur la tension superficielle	16
7. Exploitation des résultats	17
TP 5 : Etude de la dialyse	18
1. Objectifs	18
2. Définition	18
3. Principe	18
4. Produits chimiques utilisés	18
5. Matériels et appareils utilisés	18
6. Protocole expérimental	19
6.1 Réalisation de la courbe d'étalonnage	19
6.2 Montage de l'expérience	20
6.3 Dilution et mesure de la concentration par spectrophotomètre	20
6.4 Mesure de la surface de la membrane de cellulose	20
7. Exploitation des résultats	21
Exercices d'évaluation	23
Conclusion	25
Bibliographie	26

Introduction

La biophysique en tant que science fondamentale occupe une place essentielle dans la formation des étudiants en médecine dentaire, car elle permet de comprendre les phénomènes physiques qui interviennent dans le fonctionnement des systèmes biologiques et dans l'utilisation des dispositifs médicaux. Les travaux pratiques de biophysique s'inscrivent dans cette perspective en visant à concrétiser les notions théoriques abordées en cours magistraux et à en faciliter l'assimilation par l'expérimentation.

Ces travaux pratiques offrent à l'étudiant l'opportunité d'observer, de mesurer et d'analyser différents paramètres biophysiques à l'aide d'appareils et de techniques couramment utilisés dans les laboratoires d'analyses et dans le domaine biomédical. Ils permettent ainsi de mieux comprendre les principes de fonctionnement de ces dispositifs, les conditions de validité des mesures, ainsi que les sources d'erreurs expérimentales pouvant influencer les résultats obtenus.

Par ailleurs, les séances de travaux pratiques contribuent à l'acquisition des manipulations de base indispensables en laboratoire, telles que la préparation des échantillons, l'utilisation correcte du matériel de mesure, le respect des règles de sécurité et d'hygiène, ainsi que la rigueur dans la collecte et le traitement des données expérimentales. Ces compétences constituent un socle fondamental pour la formation scientifique et professionnelle de l'étudiant en médecine dentaire.

Enfin, les travaux pratiques de biophysique participent à la formation d'un esprit scientifique critique, en incitant l'étudiant à confronter les résultats expérimentaux aux modèles théoriques, à interpréter les phénomènes observés et à développer une démarche méthodologique rigoureuse. Les connaissances et les compétences acquises au cours de ces séances constituent une base importante pour la compréhension ultérieure des disciplines cliniques et de l'utilisation des technologies biomédicales en pratique odontologique.

Ces travaux pratiques de biophysique sont composés de cinq TP dont chacun traite un phénomène élémentaire en conjonction avec les chapitres des cours magistraux. Pour le premier chapitre sur les équilibres acido-basiques, **le TP de titrage pH-métrique** d'une solution de vinaigre permet au mieux de maîtriser la notion du pH ainsi que sa mesure à l'aide d'un pH-mètre, et de plus, l'étudiant apprendra à déterminer la concentration d'une solution acide ou

basique par dosage. Il y a également **le TP de l'étude des solutions tampon** qui explique profondément la notion des tampons biologiques qui est nécessaire à la compréhension des mécanismes régulateurs dans le même chapitre. **Le TP consacré à la mesure de la viscosité** permet, quant à lui, de comprendre l'influence de cette grandeur sur la circulation des fluides biologiques, en particulier le sang, ainsi que son rôle dans des phénomènes physiologiques tels que la résistance à l'écoulement et la dynamique circulatoire, étudiées dans le chapitre de « circulation des fluides et physiologie ». Alors que **le TP sur la mesure de la tension superficielle** permet de comprendre son rôle dans le comportement des fluides biologiques, notamment dans les phénomènes capillaires, l'étalement des liquides et la formation des interfaces biologiques, en relation avec le même chapitre, circulation des fluides et physiologie.

Enfin **le TP sur la dialyse** vise à définir le phénomène de la diffusion passive à travers une membrane et comprendre quels paramètres entrent en jeu dans ce phénomène, ce qui permet de renforcer les connaissances acquises dans le chapitre sur les transports membranaires.

TP 1 : Titration (dosage) par PH-mètre

1. Objectifs

A la fin de ce travail pratique l'étudiant sera capable de :

1-Savoir manipuler un pH-mètre en déterminant expérimentalement le pH d'une solution

2-Apprendre à réaliser un dosage direct par pH-mètre

3-Apprendre à interpréter les résultats obtenus pour la détermination de la concentration inconnue d'une solution ainsi que son degré d'acidité (Vinaigre de commerce)

2. Définition

Le dosage acido-basique est la détermination de la concentration inconnue d'une solution composée d'un acide ou d'une base, ou d'un mélange

3. Principe

Le titrage par pH-mètre consiste à mesurer l'évolution du pH d'une solution à titrer, inconnue, lors de l'ajout progressif d'une solution titrante connue, pour déterminer sa concentration. Pour cela, on réalise le titrage d'un volume précis de la solution de concentration inconnue d'acide par une solution de base, de concentration connue, afin de déterminer l'équivalence. Au cours d'un dosage pH-métrique, On mesure le pH de la solution titrée pour chaque volume de solution titrante versée. Afin de pouvoir représenter des points expérimentaux régulièrement répartis, il faut ajouter la solution titrante millilitre par millilitre avant et après l'équivalence mais « resserrer » les versements au voisinage de l'équivalence.

4. Produits chimiques utilisés

- Une solution d'hydroxyde de sodium (soude) de concentration molaire $C_b = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.
- Pissette eau distillée
- 10 mL d'une solution vinaigre dilué au 1/10e.

5. Appareils et matériels utilisés

- pH-mètre
- Agitateur magnétique
- 1 Bécher
- 1 pipette ou éprouvette
- 1 pro-pipette

- 1 burette
- 1 fiole jaugée
- Papier Joseph pour sécher l'électrode

6. Protocol expérimental

6.1 Introduction

Au début du TP, il faut se renseigner pour savoir si le pH-mètre est déjà étalonné ou pas, si ce n'est pas le cas, **il faut l'étalonner**.

Etalonnage de pH-mètre

L'étalonnage du pH-mètre est une étape indispensable avant toute mesure afin d'assurer la fiabilité des résultats. Il consiste à régler l'appareil à l'aide de solutions tampons de pH connu. Après avoir rincé l'électrode à l'eau distillée, celle-ci est plongée dans une solution tampon de pH 7 et la valeur affichée est ajustée. L'électrode est ensuite rincée puis immergée dans une seconde solution tampon (pH 4 ou pH 10) pour compléter l'étalonnage. Après stabilisation de la mesure, le pH-mètre est prêt à être utilisé pour l'analyse des solutions.

6.2 Mesure du pH

Lorsque l'on veut mesurer le pH d'une solution, on plonge la sonde dans la solution, on agite, et après stabilisation de la mesure, on lit la valeur. (Il faut toujours agiter lors d'une mesure de pH). Ensuite, on retire la sonde, on la rince à l'eau distillée, on la sèche par papier Joseph et on la replonge dans l'eau distillée ou sa solution de stockage, si l'on ne veut pas réaliser une nouvelle mesure immédiatement. Il faut toujours rincer l'électrode entre deux mesures.

6.3 Dilution au 1/10 du vinaigre à tester

À l'aide d'une pipette jaugée propre et rincée au préalable avec le vinaigre à analyser, prélever avec précision 10 mL de vinaigre. Introduire soigneusement ce volume dans une fiole jaugée de 100 mL à l'aide d'un entonnoir si nécessaire afin d'éviter toute perte de liquide. Ajouter ensuite une petite quantité d'eau déminéralisée et homogénéiser légèrement la solution. Compléter progressivement avec de l'eau déminéralisée jusqu'au trait de jauge en veillant à placer le bas du ménisque exactement au niveau du repère. Enfin, boucher la fiole et agiter plusieurs fois par retournement afin d'obtenir une solution diluée homogène.

6.4 Titrage et suivi pH-métrique

-Rincer la burette avec quelques millilitres de la solution d'hydroxyde de sodium de concentration $C_B = 0,10 \text{ mol L}^{-1}$. La remplir avec cette solution.

-Dégazer la partie inférieure de la burette en faisant écouler la solution titrante dans un bécher étiqueté (Récupération de produits usagés).

-Ajuster le niveau du liquide au niveau zéro de la burette en faisant écouler l'excédent de solution de soude

-Introduire dans un bécher de 100 mL, 10 mL de la solution d'acide éthanoïque diluée prélevée à l'aide d'une pipette ou d'une éprouvette.

-Placer le bécher sous la burette et laisser couler la solution de NaOH tout en agitant manuellement ou à l'aide d'un agitateur magnétique jusqu'au changement de la couleur (point d'équivalence).

-Noter le volume de NaOH versé,

-Refaire le titrage si les mesures sont éloignées

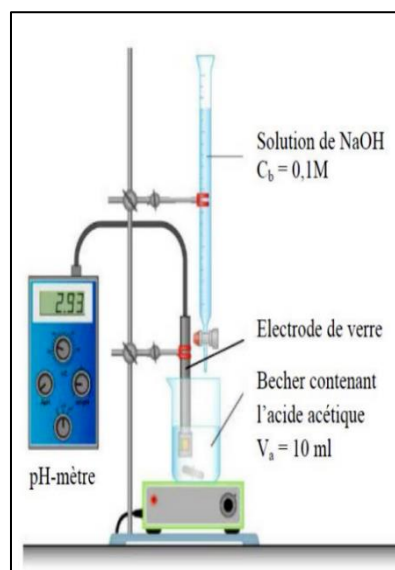


Figure 1 : Montage de l'expérience de Titrage par pH-mètre

Remarque

Il est important de multiplier les points de mesure à l'approche du point d'équivalence afin d'obtenir une courbe de titrage plus précise et exploitable. L'équivalence étant située entre 12 et 13 mL de solution d'hydroxyde de sodium ajoutée, il convient, à partir de 12 mL versés, de réduire progressivement les volumes ajoutés à chaque étape. Les ajouts doivent alors être réalisés par fractions de 0,5 mL puis de 0,2 mL à proximité immédiate de l'équivalence. Lorsque le saut de pH devient important, la solution d'hydroxyde de sodium peut être ajoutée goutte à goutte afin de déterminer avec exactitude le volume équivalent. Après chaque ajout, il faut homogénéiser la solution et attendre la stabilisation du pH avant de relever la mesure.

7. Exploitation des résultats

1. Peut-on introduire directement l'eau sur l'acide lors de la préparation d'une solution d'acide ? justifier votre réponse

2. Compléter le tableau 1 et comparer les valeurs du pH des différentes solutions

Tableau 1 : Résultats de la mesure de pH de quelques solutions

Solution	Eau de robinet	Eau distillée	Vinaigre	Eau de javel	Lessive Isis	Coca cola
pH						
Nature de la solution						

3. Écrire l'équation du dosage de vinaigre par hydroxyde de sodium.

4. Tracer, sur papier millimètre, $\text{pH} = f(V_b)$ au fur et à mesure (Tableau 2).

Tableau 2 : Valeurs du volume de NaOH, du pH et de la couleur de l'indicateur (PPT) enregistrés au cours du titrage

V_b (mL)													
pH													
Couleur de PPT													

5. Appliquer la méthode des tangentes pour déterminer le volume V_{bE} et le pH_E à l'équivalence.

6. A l'aide de la relation liant C_a , V_a , C_b et V_{bE} , déduire la concentration C_a d'acide éthanoïque du vinaigre.

7. Le degré d'acidité par % est la masse d'acide acétique pur contenu dans 100 g de vinaigre. Déduire le degré d'acidité du vinaigre sachant que la densité de ce dernier est 1,01 et comparer avec celui de l'étiquette sur la bouteille. Conclure.

Conseil

- Les étudiants doivent se munir d'une blouse.
- La sonde du pH-mètre doit plonger entièrement dans la solution, si ce n'est pas le cas, rajoutez de l'eau distillée dans le bécher. L'eau distillée ne modifie en rien le volume et le pH à l'équivalence.
- Attention, le barreau aimanté ne doit pas toucher la sonde du pH-mètre.
- La fine paroi du verre rend l'électrode du pH mètre très fragile : attention en la manipulant.
- L'électrode de verre doit être hydratée pour être sensible aux ions hydroniums. Il faut donc la maintenir dans une solution aqueuse lorsqu'elle n'est pas utilisée.
- Laver, rincer et sécher toute la verrerie.

TP 2 : Etude d'une solution tampon

1. Objectifs

A la fin de ce travail pratique l'étudiant sera capable de :

- 1- Définir une solution tampon et l'effet tampon
- 2- Apprendre à préparer une solution tampon
- 3- Dédire les caractéristiques d'une solution tampon

2. Principe

Pour préparer une solution tampon, on réalisera un mélange entre un acide faible et sa base conjuguée. La solution sera tamponnée à un pH égal au pKa du couple. Ces solutions se préparent par mélange équimolaire d'un acide faible et de sa base conjuguée ou d'une base faible et de son acide conjugué. Pour que la solution tampon soit efficace il faut que les concentrations en acide faible et base faible soient au moins supérieures à 1 mmol. L⁻¹.

3. Produits chimiques utilisés

- Acide chlorhydrique à 0,02 M.
- Soude à 0,02 M.
- Acide éthanoïque à 0,1 M.
- Éthanoate de sodium à 0,1 M.

4. Appareils et matériels utilisés

- pH-mètre
- Agitateur magnétique
- Bêchers 100 ml
- Verre à pied
- Fiole jaugée de 50 ml
- Bêcher 250ml
- Pipette jaugée 5,0 mL + pro-pipette
- Eprouvette 100 ml pipette automatique réglée sur 3 ml
- Barreau aimanté.

5. Protocole expérimental

5.1 Préparation de la solution tampon et étude de l'effet tampon

On se propose de préparer une solution tampon constituée d'un mélange équimolaire d'acide éthanoïque (CH₃COOH) et de son sel, l'éthanoate de sodium (CH₃COONa), dont le

pK_a est égal à 4,75. Pour cela, on verse dans un bécher de 250 mL, à l'aide d'une éprouvette graduée, 50 mL d'une solution d'acide éthanoïque à 0,1 M et 50 mL d'une solution d'éthanoate de sodium à 0,1 M. Le mélange est ensuite homogénéisé soigneusement afin d'assurer une bonne répartition des espèces chimiques. La solution obtenue est enfin répartie équitablement dans deux béchers de 100 mL. Ce mélange constitue une solution tampon capable de résister à de faibles variations de pH.

5.2 Etude de l'effet tampon de la solution

a) Prélever 20 mL du mélange préparé auparavant et les placer dans un bécher de 100 mL. Y ajouter progressivement à l'aide d'une burette une solution d'HCl (0,02 mol/L) en mesurant au fur et à mesure la valeur du pH.

b) On procède de même en remplaçant la solution tampon par de l'eau distillée.

c) Tracer les courbes (a, b) en donnant le $pH=f(V_{HCl} \text{ ajouté})$.

d) Prélever 20 mL du mélange préparé auparavant et les placer dans un bécher de 100 mL. Y ajouter progressivement à l'aide d'une burette une solution NaOH (0,02 mol/L) en mesurant au fur et à mesure la valeur du pH.

e) On procède de même en remplaçant la solution tampon par de l'eau distillée.

f) Tracer sur le même graphique les courbes (questions d et e) $pH=f(V_{NaOH} \text{ ajouté})$

5.3 Influence de la dilution

a) Réaliser une dilution au 1/10^e de la solution tampon (5 mL dans une fiole jaugée de 50 mL) :

b) Mesurer le pH de la solution fille obtenue.

c) Comparer avec une solution d'acide éthanoïque

d) Mesurer le pH de la solution d'acide éthanoïque.

e) Diluer cette solution au 1/10^e (5 mL dans une fiole jaugée de 50 mL).

f) Mesurer le pH de la solution fille.

6. Exploitation des résultats

1. Quel devrait être le pH d'une telle solution ? Vérifier expérimentalement cette valeur et déduire la valeur de pK_a .

TP 2 : Etude d'une solution tampon

2. Écrire l'équation de la réaction qui a lieu quand on ajoute la solution d'hydroxyde de sodium à la solution tampon.

3. Complétez les tableaux ci-dessous (Tableau 3 et 4).

4. Tracez les courbes correspondantes

5. Si ΔpH_1 correspond à la variation du pH quand on ajoute 1 mL de solution d'hydroxyde de sodium à $0,02 \text{ mol.L}^{-1}$, à de l'eau distillée, pour obtenir 50 mL de solution et ΔpH_2 correspond à la variation du pH quand on ajoute 1 mL de solution d'hydroxyde de sodium à $0,02 \text{ mol.L}^{-1}$, à la solution tampon, pour obtenir 50 mL de la solution :

-Comparer les deux ΔpH et conclure

6. Complétez le tableau 5. La dilution de la solution tampon affecte elle le pH ? pourquoi

Tableau 3 : Effet d'HCL à 0.02 M sur la solution tampon préparée

V_{HCL} (ml)	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	6	8
PH tampon											
PH eau distillée											

Tableau 4 : Effet de NaOH à 0.02 M sur la solution tampon préparée

V_{NaOH} (ml)	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	6	8
PH tampon											
PH eau distillée											

Tableau 5 : Effet de la dilution sur la solution tampon préparée

Valeur de PH	Solution mère	Solution fille
PH tampon		
PH acide éthanoïque		

TP 3 : Mesure de la viscosité

1. Objectifs

A la fin de ce travail pratique l'étudiant sera capable de :

- 1-Savoir manipuler le viscosimètre à chute de bille
- 2-Appliquer les notions acquises dans le cours sur la viscosité dans le TP
- 3-Utiliser le viscosimètre à chute de bille pour mesurer les coefficients de viscosité de certains liquides
- 4-Determiner la masse volumique et la force de la poussée d'Archimède expérimentalement.

2. Définitions

La masse volumique d'un corps donné est la masse m de ce corps rapporté au volume V qu'il occupe : $\rho = m / V$

La poussée d'Archimède que subit un corps immergé est égale à la force du poids du volume du liquide déplacé

La viscosité d'un liquide correspond à la résistance qu'il oppose à l'écoulement, résultant des frottements internes engendrés par le glissement des différentes couches du fluide les unes par rapport aux autres. Ainsi, plus un liquide est visqueux, plus les interactions et les frottements internes entre ses molécules sont importants. La viscosité dynamique constitue la grandeur physique qui permet de quantifier cette propriété du liquide étudié, et qui est donnée par la formule suivante :

$$\eta = 2r^2(\rho_{\text{bille}} - \rho_{\text{liq}}) \cdot g/9V$$

Avec :

η : viscosité dynamique (Pa.s)

r : rayon de la bille traversant le liquide étudié (m)

ρ_{bille} : masse volumique de la bille traversant le liquide étudié (kg/m³)

ρ_{liq} : masse volumique du liquide étudié (kg/m³)

g : accélération de la pesanteur (9.81 m/s²)

V : vitesse moyenne de chute de la bille (m/s)

3. Principe

Lorsque deux couches voisines de fluides ont des vitesses différentes, la plus rapide tend à entraîner la plus lente, et inversement la plus petite freine la plus rapide. Cet effet est d'autant plus grand que le fluide a une grande « viscosité ».

4. Produits chimiques utilisés

- Glycérine pure
- Liquide vaisselle
- Huile de table
- Eau distillée
- Alcool

5. Appareils et matériel utilisés

- Viscosimètre de Hopper
- Bêchers
- Éprouvette graduée

6. Protocole expérimental

6.1 Détermination de la masse volumique et de la force de la poussée d'Archimède d'un corps difforme (Caillou, ou bille)

La masse volumique d'un corps donné est la masse m de ce corps rapporté au volume V qu'il occupe $\rho = m / V$. Elle s'exprime en g.cm^{-3} [CGS], ou en kg.m^{-3} [SI]. Le tableau 6 donne les masses volumiques de quelques fluides

La masse est mesurée à l'aide d'une balance. L'erreur sur m est donnée par le constructeur ($\Delta m = 0.1\text{g}$). Le volume de la bille est mesuré à l'aide d'une éprouvette (ou d'un pied à coulisse), tel représentée dans la figure ci-dessous, où on met un volume V_1 d'eau. En y plongeant la bille ; le volume devient V_2 . L'erreur de lecture faite sur la mesure du volume est estimée égale à une graduation de l'échelle de l'éprouvette. Soit, $\Delta V = 1\text{ml}$ (Figure 2).

Tableau 6 : Masse volumique de quelques fluides

Fluides	ρ (g.cm^{-3})
Eau	1
Alcool	0,8
Glycérine	1,26

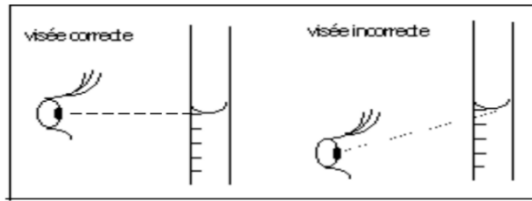


Figure 2 : Lecture d'une graduation d'une verrerie

6.2 Détermination de la poussée d'Archimède

La poussée d'Archimède que subit un corps immergé est égale à la force poids du volume du liquide déplacée : $P = m \cdot g = (\rho_{\text{liquide}} \cdot V_{\text{corps}}) \cdot g$. Elle s'exprime en $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ [SI], ou en Newton (N).

6.3.1 Principe de l'expérience

Une bille de rayon (r) et d'une masse volumique (ρ_{bille}) est posée dans un liquide visqueux de coefficient de viscosité dynamique (η) avec une vitesse initiale nulle (figure 3). La bille est alors soumise aux trois forces :

- Le poids : $(4/3)\pi r^3 \rho_{\text{bille}} g$
- La force de viscosité : $F_{\text{Stokes}} = 6\eta\pi r v$
- La force d'Archimède : $(4/3)\pi r^3 \rho_{\text{liquide}} \cdot g$

Où :

ρ_{Liquide} et ρ_{bille} (kgm^{-3}), masse volumique du liquide et de la bille.

t (s), temps mis par la bille pour parcourir la hauteur « h »

η (Pa.s), coefficient de viscosité du liquide.

h (m), hauteur de chute.

g ($\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$), gravitation.

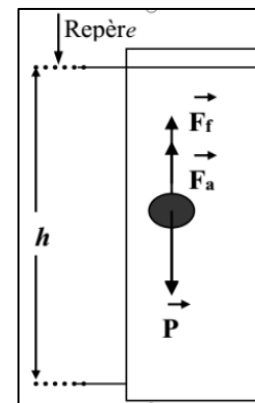


Figure 3 : Bilan des forces exercées sur la bille dans un milieu visqueux

6.3 Détermination du coefficient de viscosité d'un liquide

Le viscosimètre de Hopper (à chute de bille) est composé de trois tubes en verre gradué. Chacun de ces tubes viscosité dynamique (η).

6.3.2 Manipulation

Dans cette méthode, il est demandé de chronométrer la durée (t) prise par la chute d'une bille pour traverser un liquide de viscosité dynamique (η) dont la distance verticale concernée est égale à $h = 20$ cm à la température ambiante. Utilisez les chronomètres de vos téléphones

portables.

Pour chaque liquide, faites trois mesures de la durée (t) et calculez le temps moyen $t_{\text{moy}} = (t_1 + t_2 + t_3) / 3$. Mettez les valeurs dans le tableau ci-dessous.

Tableau 7 : Mesures expérimentales du temps moyen (t_{moy}), vitesse moyenne (V_{moy}) et de la viscosité de différents liquides

	Glycérol pure	Liquide vaisselle	Huile de table
t_{moy}			
$V_{\text{moy}} = h/t$			
η			

7. Exploitation des résultats

- 1-Déterminer la masse volumique de la bille et de la pierre
- 2-Déterminer la poussée d'Archimède que subit la bille dans l'eau
- 3-A l'aide d'un chronomètre faire au moins 3 mesures cohérentes du temps de chute pour chaque bille. Refaire le même travail pour les deux autres.
- 4-Calculez la vitesse (v_{moy}) de la bille dans chaque liquide.
- 5-En tenant en compte la valeur de rayon de la bille utilisée et celles des masses volumiques de la bille (ρ_{bille}) et du liquide (ρ_{liq}) concerné et de la gravitation terrestre (g), calculez la viscosité dynamique de chaque liquide en utilisant la relation :

$$\eta = 2r^2(\rho_{\text{bille}} - \rho_{\text{liq}}) \cdot g/9v$$

- 6-Classez ces liquides en fonction de leur viscosité dynamique décroissante (plus visqueux-moins visqueux).

Conseil

- Si on met à votre disposition un aimant, utiliser le pour faire monter la bille jusqu'au niveau voulue. Il est donc inutile de retourner le viscosimètre pour faire vos mesures.
- Le dispositif que vous utilisez est fragile, il faut le manipuler avec grand soin

TP 4 : Mesure de la tension superficielle

1. Objectifs

A la fin de ce travail pratique l'étudiant sera capable de :

1-Définir le principe de la méthode arrachement pour la mesure de la tension superficielle

2-Utiliser le tensiomètre pour mesurer la tension superficielle de différentes solutions.

3-Apprendre à déterminer expérimentalement les coefficients de viscosité

4-Apprendre à déterminer expérimentalement l'effet du tensioactif.

2. Définition

Dans les liquides, les forces intermoléculaires de type de Van Der Waals qui s'exercent sur les molécules qui se situe à l'intérieur des liquides proviennent d'un ensemble d'autres molécules et se compensent par symétrie. La résultante de ces forces est nulle. Par contre, les molécules qui se trouve à l'interface liquide- air est soumise aux forces qui ont comme origine l'effet de la moitié de molécules du liquide (l'effet des molécules de l'air est négligeable). Ainsi, la résultante des forces exercées sur les molécules de surface est orientée vers l'intérieur du liquide.

Ces forces appelées forces de tensions superficielles ont pour origine l'attraction moléculaire due à la polarité des molécules de certains liquides. De ce fait les molécules de la couche superficielle tendent à avoir tendance à comprimer celles situées à l'intérieur du liquide qui réagissent pour stabiliser sa surface libre. Donc, ce phénomène se traduit par l'apparition d'une tension de surface (dite aussi tension superficielle) qui existe à l'interface qui sépare un liquide d'un autre objet.

La tension superficielle d'un liquide, notée γ , est mesurée par le rapport (quotient) de la norme de la force de tension superficielle (F) par la longueur (L) sur laquelle elle s'exerce. On écrit donc : $\gamma = F/L$

La force (F) est mesurée en Newton, l'unité de mesure de la longueur (L) est le mètre et l'unité de mesure de la tension superficielle est Newton/mètre (N/m).

3.Principe

Le principe de la méthode d'arrachement consiste à la mesure, avec un dynamomètre, la force qui s'exerce sur un anneau en platine lorsque cet anneau affleure (touche légèrement) la

surface libre d'un liquide. On va mesurer la force appliquée par le liquide sur l'anneau au moment de l'arrachement. Cette force correspond à l'expression : $F = 4\pi R\gamma$. La mesure de la valeur de la force de tension (F) se fait par la déduction de la force équivalente nécessaire à appliquer par le biais du dynamomètre à torsion pour arracher l'anneau du liquide. Donc, à partir du repérage de la valeur de cette force à l'instant d'arrachement de l'anneau, on calcule le coefficient de tension superficielle (γ) des liquides choisis

4. Produits chimiques utilisés

- Eau distillée
- Ethanol
- Détergent ISIS

5. Appareils et matériel utilisés

Le dispositif de mesure de la tension superficielle (figure 4) doit comporter :

- Dynamomètre
- Anneau en platine avec fils pour sa suspension
- Cristallisoir
- Potence
- Elévateur

Il doit être également fourni :

- Bêchers.
- Epingle dégraissée.
- Papier Joseph.

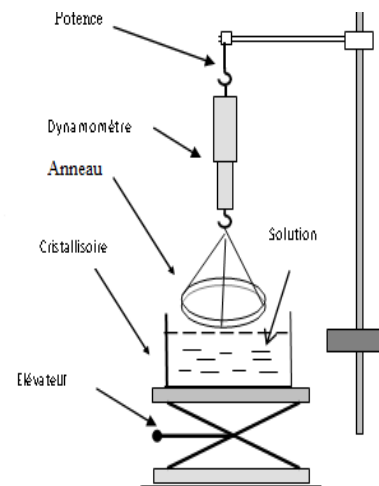


Figure 4 : Montage pour la mesure de la tension superficielle

6. Protocole expérimental

6.1 Mise en évidence de la tension superficielle

- Poser délicatement à la surface de l'eau une épingle dégraissée
- Ajouter un détergent
- Observer
- Répéter l'expérience et chauffer le récipient ensuite observer et interpréter

6.2 Mesure de la tension superficielle

-Nettoyer avec précaution l'anneau de platine (figure 4). Le suspendre au crochet situé à l'extrémité du dynamomètre.

-Après avoir réglé le zéro du dynamomètre, déterminer le poids P (en mN) de l'anneau.

-Régler une seconde fois le zéro du dynamomètre en présence de l'anneau. Cela vous permettra de lire directement la valeur de la force de tension superficielle.

-Versez la solution dans le récipient à une hauteur telle que l'anneau soit immergé

-Descendre délicatement le cristalliseur de manière à amener l'anneau au voisinage de la surface du liquide.

-En descendant progressivement encore, l'étudiant, suivre simultanément l'indication du dynamomètre. Observer le phénomène avant l'arrachement comme il est indiqué sur le schéma de la figure 5.

-Noter le maximum de la tension (mN) juste avant l'arrachement de l'anneau de la surface de l'eau.

-Recommencez la manipulation pour les différentes solutions aqueuses préparées et calculer leurs coefficients de tension superficielle

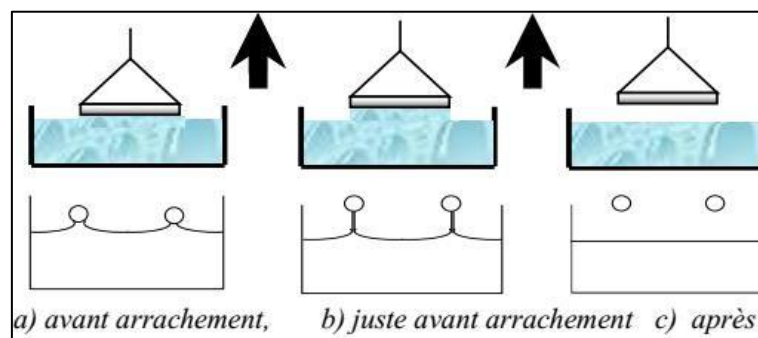


Figure 5 : Evolution de la surface du liquide avant, pendant, et après l'arrachement de l'anneau dans l'expérience de De Nouy

6.3 Effet du tensio-actif sur la tension superficielle

-De la même façon, versez la solution d'eau dans le récipient et ajouter des volumes croissants d'alcool, en tachant à ce que le niveau du mélange soit à une hauteur telle que l'anneau soit immergé.

-Abaisser ensuite délicatement le cristalliseur afin d'amener l'anneau au voisinage de la surface du liquide.

-Puis fait descendre le cristalliseur et observer l'arrachement de l'anneau simultanément à l'indication du dynamomètre.

-Noter la force d'arrachement avec chaque volume d'alcool additionné. Et observer

7. Exploitation des résultats

Le bilan des forces qui s'exercent sur le centre de gravité de l'anneau (Figure 6) :

P : Poids de l'anneau

T : Tension du fil

T_s : Force de tension superficielle, t_{s,i} étant la force de la tension superficielle qui agit sur chaque élément de l'anneau

F_A : Force d'Archimède négligeable devant les autres forces

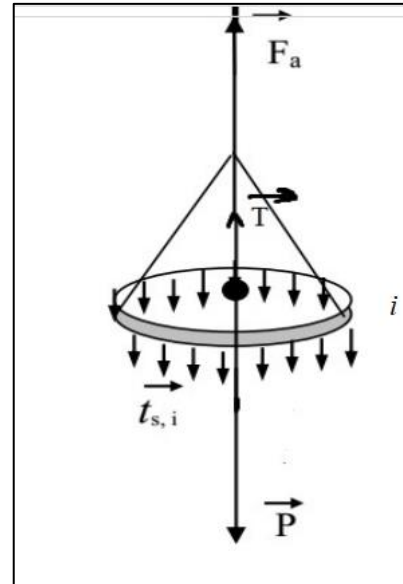


Figure 6 : Bilan des forces exercées sur l'anneau de platine dans l'expérience de mesure de la tension superficielles

Grâce au dynamomètre de précision on mesure la force que la surface du liquide exerce sur l'anneau de contact à la limite de l'arrachement de celui-ci. Cette force est la résultante du poids et des forces de tension superficielle :

$T = P + t_{s,i}$; $t_{s,i} = T - P = 4\pi R \gamma$, R étant le rayon de l'anneau (R=3cm), la formule pour calculer le coefficient de tension superficielle est :

$$\gamma = \frac{t_{s,i}}{4\pi R}$$

1. Calculer en utilisant la formule ci-dessus les coefficients de tension superficielle (γ) de différentes solutions

2. Comparer leur coefficient de tension superficielle et celles de la littérature.

3. Tracer la courbe $\gamma=f(V_{\text{Éthanol ajouté}})$. Que remarquez-vous ? Donnez votre interprétation ?

Conseil

- Utiliser des récipients propres bien rincés à l'eau et séchés.
- Recouvrir immédiatement les solutions qui ne sont pas utilisées pour empêcher la contamination.

TP 5 : Etude de la dialyse

1. Objectifs

A la fin de ce travail pratique l'étudiant sera capable de :

- 1- Définir le phénomène de la diffusion passive à travers une membrane.
- 2- Comprendre quels paramètres entrent en jeu dans ce phénomène.
- 3- Déduire dans un sens précis que ce que la perméabilité.

2. Définition

La dialyse est un phénomène physico-chimique de séparation qui consiste à faire diffuser sélectivement des molécules de petite taille (ions, petites molécules) à travers une membrane semi-perméable. Ce transfert s'effectue selon le gradient de concentration, sans apport d'énergie, jusqu'à l'atteinte de l'équilibre diffusif.

En biologie et en médecine, la dialyse est utilisée pour :

- ✓ Purifier des solutions biologiques
- ✓ Séparer des solutés
- ✓ Et, par extension, dans la dialyse rénale (élimination des déchets du sang).

3. Principe

L'évolution au cours du temps de la concentration d'une solution dialysante (permanganate de potassium) qui se répartie entre deux compartiments séparés par une membrane de cellulose, est suivie et évalué par la mesure de sa densité optique grâce à un spectrophotomètre.

4. Produits chimiques utilisés

- Eau distillée
- 100 mL de la solution de permanganate de potassium (1g/L)

5. Matériels et appareils utilisés

- Bêcher de 1L
- Un Buller
- Éprouvette graduée de 100 mL
- Pro-pipette+pipettes

- Fioles jaugées pour dilutions
- Un petit entonnoir
- Cuves à spectrophotomètre
- Seringues de 1 mL et 5mL
- Pince à dialyse
- Élastique
- Membrane de cellulose de 10 cm de long (Boudin de cellulose)
- Spectrophotomètre
- Chronomètre
- Une potence avec une pince

6. Protocole expérimental

6.1 Réalisation de la courbe d'étalonnage

-On prépare une série de solutions de concentrations connus en permanganate de potassium à partir de la solution mère par dilutions consécutives (4 à 5 solutions filles) ;

-Puis on mesure l'absorbance A pour chaque solution fille par spectrophotomètre ;

-Ensuite on trace la courbe d'absorbance en fonction de la concentration $A=f(c)$

Complément

Le tracé de $A=f(c)$ donne une droite linéaire conformément à la loi de Beer-Lambert (loi fondamentale de la spectrophotométrie). La loi de Beer-Lambert indique que A est proportionnelle à la largeur de la cuvette de l'échantillon l et sa concentration c selon la formule : $A=\varepsilon l c$

On peut donc déterminer c comme suite : $c=A/\varepsilon l$ (Loi pour déterminer les concentrations de permanganate de potassium dans le paragraphe 3)

On retire de la droite d'étalonnage $\mathbf{A=a.c}$, la pente (a) qui représente le coefficient d'extinction molaire de permanganate de potassium (car la largeur de la cuve, $l=1\text{cm}$)

6.2 Montage de l'expérience

- Remplir le bécher d'eau distillé jusqu'à 8 cm de bord
- Fixer l'entonnoir à la potence
- Le boudin de cellulose est fixé au plus haut sur l'entonnoir en plastique. L'élastique doit être enfilé avant, puis rabattu sur la membrane

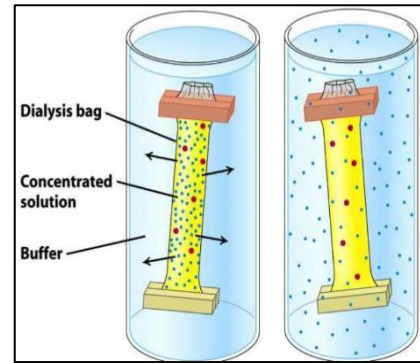


Figure 7 : Boudin de cellulose rempli d'une solution dialysante émergé dans une solution d'eau pure

- Fermer la partie basse du boudin en pliant au moins trois fois la membrane sur elle-même et tacher à conserver une hauteur de l'ordre de 6 à 7 cm, puis serrer cet ourlet avec la pince

- Remplir le boudin jusqu'au niveau de l'entonnoir d'un volume V_1 de la solution mère ($C_0=1 \text{ g/L}$) à l'aide d'une éprouvette graduée (mesurer le volume restant pour déterminer V_1)

- Immerger le boudin dans le bécher rempli d'eau (figure 7) et y insérer le buller pour assurer son homogénéisation

6.3 Dilution et mesure de la concentration par spectrophotomètre

La concentration c_1 de la solution que vous allez prélever dans le boudin est trop grande pour pouvoir être analysée optiquement. Les prélèvements doivent donc être dilués (ajout d'un volume d'eau distillée). On peut relier la concentration initiale C_1 à la concentration après dilution C_1' par le facteur de dilution.

Vous prélever donc à l'aide de la petite seringue à intervalles différents de temps, d'environ 5 minutes et pendant 1 heure, des volumes de la solution dans le boudin de l'ordre de 0.3 mL et placer chacun dans une cuvette de spectroscopie. Le temps $t=0$ sera prélevé directement dans la solution de permanganate de potassium initiale, $C=1 \text{ g/L}$.

Ensuite ajouter à chacune des cuvette 2.7 mL de l'eau distillée à l'aide de la grande seringue. Homogénéiser la solution dedans et soumettre à la mesure dans le spectrophotomètre à la longueur d'onde 530 nm.

La concentration évolue rapidement dans l'expérience, effectuer donc un maximum de prélèvements dans les 15 premières minutes.

6.4 Mesure de la surface de la membrane de cellulose

A la fin de l'expérience, ouvrir le boudin selon une génératrice du cylindre et mesurer sa

surface immergée S.

7. Exploitation des résultats

1. construire le tableau suivant, suite aux mesures faites

Tableau 8 : Evolution de l'absorbance en fonction du temps

t	0	3	6	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60
A(t)/A(0)													

2. Tracer la courbe représentant l'évolution du rapport $C_1(t)/C_1(0)$ (qui est le même que le rapport $A(t)/A(0)$) en fonction du temps, en utilisant une échelle linéaire (papier millimétré). À partir de l'allure de la courbe obtenue, quel type d'évolution peut-on en déduire ?

3. Tracer ensuite la courbe d'évolution du rapport $C_1(t)/C_1(0)$ sur papier semi-logarithmique, en plaçant le rapport des concentrations sur l'axe logarithmique et le temps sur l'axe linéaire. On rappelle que l'utilisation d'une telle représentation revient à tracer le graphe de $\log_{10}(y)$ en fonction de x .

4. Quelle est l'allure de la courbe obtenue ?

5. Peut-on en déduire la loi d'évolution du rapport $C_1(t)/C_1(0)$ et la comparer à l'hypothèse formulée à la question précédente ? Exprimer cette loi sous la forme d'une fonction du temps : $C_1(t)/C_1(0) = f(t)$.

6. Déterminer la pente P de la droite obtenue sur le graphe de la question 3. On rappelle que, pour un graphe en échelle semi-logarithmique — le temps étant exprimé en minutes — la pente s'exprime en « décades par minute ». Une décade correspond à l'intervalle séparant, sur l'axe logarithmique, une valeur x de la valeur $10x$ (soit deux décades entre x et $100x$, etc.). Les décades étant des grandeurs sans dimension, l'unité de la pente est donc le min^{-1} . Estimer également, de manière graphique, l'incertitude ΔP associée à la pente, en considérant les droites extrêmes (pentes maximale et minimale). Enfin, discuter si le point $(0, 1)$ doit nécessairement appartenir à la courbe expérimentale.

Attention

- L'expérience commence à l'instant où vous immerger le boudin de cellulose rempli de permanganate de potassium dans le bécher rempli d'eau. A ce moment-là vous déclenchez votre chronomètre.
- Les opérations de prélèvement et de dilution doivent être effectuées avec rigueur et exactitude.

- Les cuves destinées à la spectrophotométrie doivent être manipulées avec soin en les tenant exclusivement par la partie supérieure (zone opaque), afin d'éviter toute contamination du trajet optique. La présence de traces de doigts peut altérer la mesure de l'absorbance.
- Le contenu des cuves doit être parfaitement homogène. Il est recommandé donc d'agiter délicatement la cuve, préalablement fermée avec un film plastique, et de s'assurer de l'absence de bulles d'air susceptibles de perturber la mesure.

Exercices d'évaluation

Exercice 1 :

On un volume $V=20\pm 0,1$ mL d'une solution d'acide chlorhydrique (H_3O^+ , Cl^-) de concentration inconnue C par une solution d'hydroxyde de sodium (Na^+ , HO^-) de concentration $C_b = (1,00 \pm 0,02) \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

Le volume à l'équivalence déterminé graphiquement est de $V_E=15,2 \pm 0,2$ mL.

L'équation de la réaction : $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{HO}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$

1. Établir la relation permettant de calculer la concentration C .
2. Calculer la valeur de C .
3. Déterminer l'incertitude relative sur C .
4. En déduire l'incertitude absolue sur C .

Exercice 2 :

On dispose de solutions suivantes:

- Acide formique (HCOOH) : $0,50 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$
- Formiate de sodium (HCOONa) : $0,50 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$
- Ammoniac (NH_3) : $0,20 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$
- Chlorure d'ammonium (NH_4Cl) : $1,00 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

Sachant que:

$$\text{pKa} (\text{HCOOH} / \text{HCOO}^-) = 3,75$$

$$\text{pKa} (\text{NH}_4^+ / \text{NH}_3) = 9,25$$

comment préparer 1 L d'une solution tampon de :

- a) $\text{pH} = 4,00$
- b) $\text{pH} = 9,50$

Exercice 3 :

Dans un TP de biophysique on utilise un tensiomètre à anneau pour mesurer la tension superficielle de différents liquides. L'anneau métallique suspendu au tensiomètre est de rayon $R = 2,5$ cm et de masse $m = 5,0$ g (on prend $g = 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$).

On mesure les forces nécessaires pour arracher l'anneau de la surface de deux liquides :

- Solution A : $F_1 = 65$ mN
- Solution B : $F_2 = 92$ mN

La force mesurée comprend le poids de l'anneau ainsi que la force de tension superficielle

La force de tension est donnée par $F\gamma = 4\pi R\gamma$

1. Calculer le poids de l'anneau.
2. Déterminer la force de tension superficielle pour chaque liquide.
3. En déduire les coefficients de tension superficielle γ des deux liquides.
4. Identifier, en justifiant, lequel des deux liquides pourrait correspondre à l'eau.

Exercice 4 :

Lors d'un TP de dialyse, on suit l'évolution de la concentration d'un soluté dans le compartiment externe au cours du temps.

On admet que la diffusion suit une cinétique du premier ordre : $C(t)=C_0e^{-kt}$

Temps t (min)	0	10	20	30	40
C (mol·L⁻¹)	0.80	0.59	0.44	0.33	0.25

1. Vérifier qualitativement que le phénomène est compatible avec une loi exponentielle.
2. Calculer les valeurs de $\ln(C)$.
3. Montrer que la représentation semi-logarithmique $\ln(C) = f(t)$ est une droite.
4. Déterminer la constante de vitesse k.

Conclusion

Ce polycopié des travaux pratiques de biophysique a permis de mettre en application les notions théoriques fondamentales abordées dans les cours magistraux à travers différentes expériences complémentaires.

Les différents travaux pratiques réalisés ont offert à l'étudiant une compréhension concrète des phénomènes physico-chimiques impliqués dans les systèmes biologiques.

A travers la manipulation des appareils de mesure, l'analyse des résultats et leur confrontation aux modèles théoriques, l'étudiant a pu développer des compétences expérimentales essentielles, telles que la rigueur méthodologique, l'interprétation des données et l'esprit critique.

Ces acquis constituent une base indispensable pour la poursuite de la formation en médecine dentaire ainsi que pour la compréhension ultérieure des applications biomédicales et cliniques.

Bibliographie

Barbi, M., 2020. Renal-TP: Travaux pratiques sur la fonction rénale. LPTMC – Laboratoire de Physique Théorique de la Matière Condensée, Sorbonne Université.

Bony Y., 2014. TP de biophysique. (Consulté Février 2025 <https://fr.scribd.com/document/414513283/TP-de-Biophysique-2013-2014>)

Boulazreg S., Perdrisot R., Bounaud J.Y., 2014. *Paces biophysique UE3*, EdiScience, Paris. 456p.

Chekour, L., 2017. Travaux pratiques de biophysique. Polycopié pédagogique, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie (SNV), Université Frère Mentouri Constantine.

Grémy F., Leterrier F., 1981. *Elément de biophysique 1*. Flammarion, Paris. 771p.

Kazakov, V. N., Sinyachenko, O. V., Fainerman, V. B., Pison, U., Miller, R., 2000. *Dynamic surface tensiometry in medicine*. Elsevier, Amsterdam. 388p.

Reed, W. F., 2025. *Biophysics: Physical processes underlying the living state*. John Wiley & Sons, Hoboken (NJ). 528p.