

SESSION 2022

---

**CAPES  
CONCOURS EXTERNE  
ET CAFEP**

**SECTION PHYSIQUE-CHIMIE**

**ÉPREUVE ÉCRITE DISCIPLINAIRE APPLIQUÉE**

Durée : 5 heures

---

*Calculatrice autorisée selon les modalités de la circulaire du 17 juin 2021 publiée au BOEN du 29 juillet 2021.*

*L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.*

*Si vous repérez ce qui vous semble être une erreur d'énoncé, vous devez le signaler très lisiblement sur votre copie, en proposer la correction et poursuivre l'épreuve en conséquence. De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, vous devez la (ou les) mentionner explicitement.*

**NB : Conformément au principe d'anonymat, votre copie ne doit comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé consiste notamment en la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de la signer ou de l'identifier.**

**Tournez la page S.V.P.**

A

## INFORMATION AUX CANDIDATS

Vous trouverez ci-après les codes nécessaires vous permettant de compléter les rubriques figurant en en-tête de votre copie.

Ces codes doivent être reportés sur chacune des copies que vous remettrez.

► **Concours externe du CAPES de l'enseignement public :**

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
E B E	1 5 0 0 F	1 0 2	9 3 1 2

► **Concours externe du CAFEP/CAPES de l'enseignement privé :**

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
E B F	1 5 0 0 F	1 0 2	9 3 1 2





## Plan du sujet

**Partie 1 – La modélisation en physique-chimie**

**Partie 2 – Étude de la poussée d'Archimède**

**Partie 3 – Quotient de réaction à l'état final**

**Partie 4 – Le concept d'énergie : enjeux et continuité**

**Partie 5 – Optimisation de la synthèse d'un arôme de framboise**

## Annexes

### **Annexe 1 - Ressources utiles pour la partie 1 du sujet**

- 1.A. Extrait d'un livre de didactique sur la modélisation
- 1.B. Activité proposée dans le cadre de l'enseignement de sciences physiques et chimiques en laboratoire de la classe de terminale de la série STL-SPCL
- 1.C. Photographies de figures obtenues sur une cuve à ondes
- 1.D. Diverses représentations ou énoncés à propos des piles
- 1.E. Activité expérimentale évaluée

### **Annexe 2 - Ressources utiles pour la partie 2 du sujet**

- 2.A. Activité proposée en classe de terminale de la voie générale
- 2.B. Activité visant à exploiter l'expression de la poussée d'Archimède

### **Annexe 3 - Ressources utiles pour la partie 3 du sujet**

- 3.A. Activité expérimentale traitant du quotient de réaction à l'état final
- 3.B. Résultats obtenus lors du test de l'activité par l'enseignant

### **Annexe 4 - Ressources utiles pour la partie 4 du sujet**

- 4.A. Activité proposée dans le cadre de l'enseignement de spécialité physique-chimie et mathématiques en classe de terminale STL-SPCL
- 4.B. Activité sur le thème de l'énergie interne
- 4.C. Réponses d'élèves à deux questions d'une évaluation diagnostique

### **Annexe 5 - Ressources utiles pour la partie 5 du sujet**

- 5.A. Activité documentaire sur la synthèse de l'arôme de framboise
- 5.B. Extrait du document distribué aux élèves lors d'une activité expérimentale portant sur la synthèse d'un composé à l'odeur de framboise
- 5.C. Protocole d'une estérification utilisant un appareil Dean Stark

### **Annexe 6 - Extraits de programmes officiels**

## Documents réponses

**Document réponse DR1**- Diagramme des deux mondes

**Document réponse DR2** - Extrait du compte rendu d'un élève

## Partie 1 – La modélisation en physique-chimie

Les programmes de physique-chimie de lycée mettent en avant la pratique expérimentale et l'activité de modélisation, afin de donner aux élèves une vision authentique de la discipline. La démarche de modélisation vise à établir des liens entre le « monde » des objets, des expériences, des faits, et le « monde » des modèles et des théories. L'annexe **1.A** décrit cette mise en relation comme pouvant s'opérer en physique-chimie mais également dans la vie quotidienne.

### Objectifs de cette partie :

- analyser des ressources et des situations pédagogiques à la lumière de la démarche de modélisation ;
- proposer des situations pédagogiques favorisant la mise en œuvre d'une activité de modélisation par les élèves.

**Q1.** On s'intéresse dans un premier temps aux modèles qui ont une fonction descriptive : ils permettent de regrouper dans une même catégorie des dispositifs, des objets, des événements qu'on caractérise de façon identique en science en sélectionnant quelques-unes de leurs propriétés. L'annexe **1.B** propose une introduction à la notion d'onde dans le cadre du programme de sciences physiques et chimiques en laboratoire de la classe de terminale de la série STL-SPCL.

a) Affecter chacune des situations suivantes à un des ensembles repérés par les lettres A à D de la figure 1 de l'annexe **1.A** que l'on reproduira sur la copie :

- une « échelle de perroquet » (ou ondoscope) dont on déplace une des extrémités ;
- une vague arrivant sur une plage ;
- un grondement de tonnerre ;
- une succession de vagues observées grâce à une « cuve à ondes ».

b) Rédiger la définition d'une onde que vous proposeriez aux élèves préalablement à l'activité de l'annexe **1.B**.

c) Proposer un corrigé à destination des élèves de l'activité de l'annexe **1.B**.

d) Indiquer, pour l'activité de l'annexe **1.B**, le choix didactique fait quant au lien à établir par les élèves entre « les deux mondes » évoqués dans l'annexe **1.A**.

**Q2.** Pour modéliser la propagation des sons, on trouve dans certains manuels scolaires la description d'une expérience illustrant que la flamme d'une bougie placée devant un haut-parleur émettant brusquement un son fort ne s'incline pas (et ne s'éteint pas). Décrire le modèle « de la vie quotidienne » (ensemble D de l'annexe **1.A**) que cette expérience vise à mettre en défaut.

**Q3.** En enseignement de spécialité de la classe terminale de la voie générale, les élèves découvrent des modèles *explicatifs* au sujet des ondes pour interpréter différents phénomènes. On s'intéresse dans cette question au phénomène d'interférences. Pour mettre en évidence le phénomène, un enseignant réalise en classe l'expérience suivante : il alimente deux haut-parleurs identiques avec le même signal sinusoïdal de fréquence voisine de 1 kHz ; les haut-parleurs sont posés sur le bureau du professeur, ils sont distants d'environ 2 m et émettent dans la même direction (vers le fond de la salle), puis les élèves sont invités à circuler latéralement dans la salle en se bouchant une oreille.

a) Décrire la perception auditive d'un élève au cours de son déplacement.

b) Schématiser cette situation et indiquer les concepts que les élèves doivent maîtriser pour pouvoir interpréter l'observation.

c) Établir les conditions d'interférences constructives et destructives.

- d) Estimer quantitativement une distance caractéristique du phénomène perçu par un élève se déplaçant latéralement au fond de la salle. Commenter. Le candidat précisera les valeurs des grandeurs qu'il jugera opportun d'introduire.
- Q4.** Pour que les élèves puissent tester les conditions d'interférences constructives et destructives dans le cas de deux ondes à la surface de l'eau issues de deux sources ponctuelles en phase, un enseignant réalise deux photos de la même situation observée sur une « cuve à ondes », présentées dans l'annexe **1.C**.
- Justifier à l'aide d'un argument qualitatif que les zones claires de la photographie réalisée avec une grande durée d'exposition indiquent les lieux d'interférences constructives.
  - Traduire mathématiquement la condition d'interférences constructives. On rappelle la définition bifocale de l'hyperbole en mathématiques : ensemble des points  $M$  tels que pour deux points fixes  $F$  et  $F'$ ,  $|MF - MF'| = 2a$  où  $a$  est un réel inférieur à la distance  $\frac{FF'}{2}$ . Commenter alors qualitativement l'allure de la figure obtenue avec un grand temps d'exposition.
  - Formuler une unique question visant à faire tester aux élèves la condition d'interférences constructives dans la situation étudiée en s'appuyant sur les photographies de l'annexe **1.C**. Une dimension quantitative est attendue. Préciser la réponse attendue.
  - Formuler une réponse à un élève qui, après l'introduction de la notion d'interfrange en optique, demanderait à l'enseignant où l'on peut voir l'interfrange dans le cas des ondes à la surface de l'eau.
- Q5.** L'annexe **1.D** propose différentes représentations ou énoncés qu'on peut rencontrer dans les manuels scolaires de spécialité physique-chimie de la classe de terminale de la voie générale ou dans des productions d'élèves au sujet du fonctionnement d'une pile.
- Positionner chacune des représentations de l'annexe **1.D**, repérées par leur numéro, sur le **document-réponse DR1 à rendre avec la copie**.
  - L'activité décrite dans l'annexe **1.E** permet de mettre en œuvre une démarche de modélisation. Sur le **document-réponse DR1 à rendre avec la copie**, représenter par des flèches les questions qui permettent de faire des liens entre le monde des objets et des événements et le monde des théories et modèles. Chaque flèche sera associée à une ou plusieurs lettres correspondant aux questions. Toutes les questions ne seront pas obligatoirement mentionnées.
  - Proposer une correction à destination des élèves de la question f de l'annexe **1.E**, mettant en évidence la démarche de modélisation.
  - Proposer une expérience qui, par une autre méthode, permettrait d'estimer la valeur de la capacité électrique de la pile et donc de tester la cohérence de deux modèles, l'un électrochimique, l'autre électrique.
  - À l'issue de cette activité, un élève demande à l'enseignant pourquoi une pile s'use et comment fonctionnent les piles rechargeables ? Proposer une réponse qui s'appuie explicitement sur la modélisation.
- Q6.** Citer un autre exemple de modèle descriptif, enseigné au lycée ou au collège, qui ne donne lieu à aucune expression mathématique.

## Partie 2 – Étude de la poussée d'Archimède

Le théorème d'Archimède est une des plus anciennes relations connues, énoncée par Archimède dans son *Traité des corps flottants* au III<sup>e</sup> siècle av. J.-C, et démontrée seulement au XVI<sup>e</sup> siècle. La « poussée d'Archimède » figure dans le programme de physique-chimie et mathématiques de la classe de première STL et dans celui de la spécialité physique-chimie de la classe de terminale générale. Pour cette partie, on se place dans le cadre de ce dernier programme.

### Objectifs de cette partie :

- analyser des activités permettant d'introduire et d'exploiter la poussée d'Archimède ;
- identifier quelques difficultés d'apprentissage au sujet de l'étude des fluides ;
- élaborer une séquence pédagogique, comportant deux séances, pour traiter la partie du programme de spécialité de terminale générale présentée ci-dessous :

3. Modéliser l'écoulement d'un fluide	
Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
Poussée d'Archimède.	Expliquer qualitativement l'origine de la poussée d'Archimède. Utiliser l'expression vectorielle de la poussée d'Archimède. <i>Mettre en œuvre un dispositif permettant de tester ou d'exploiter l'expression de la poussée d'Archimède.</i>

- Q7.** Pour introduire la notion de poussée d'Archimède, un enseignant de spécialité physique-chimie de la classe de terminale de la voie générale propose l'activité décrite dans l'annexe **2.A**, inspirée d'une activité conçue initialement pour la classe de première STL.
- Répondre, en anticipant éventuellement sur les observations, aux questions 1, 2, 3, 5 et 7.
  - Rédiger une fiche synthèse, à destination des élèves et faisant suite à cette activité, présentant d'une part l'origine physique de la poussée d'Archimède, d'autre part son expression vectorielle avec les conditions de sa validité.
- Q8.** L'expression de la poussée d'Archimède permet aussi de déterminer expérimentalement la masse volumique d'un liquide.
- Concevoir un énoncé pour une activité expérimentale faisant suite à l'activité de l'annexe **2.A**, visant à exploiter l'expression de la poussée d'Archimède afin de déterminer la masse volumique d'une eau saturée en sel. L'énoncé comportera quatre questions au maximum.
  - Un élève mesure les valeurs suivantes :
    - poids de l'objet immergé : 2,0 N ;
    - tension du ressort lorsque l'objet est immergé dans l'eau saturée en sel : 1,7 N ;
    - volume de l'objet : 25 mL.Calculer la valeur obtenue pour la masse volumique de l'eau saturée en sel. Commenter.
- Q9.** Pour permettre aux élèves d'exploiter la poussée d'Archimède, mais également pour les exercer à utiliser les lois de Newton de la mécanique, un enseignant propose l'activité présentée dans l'annexe **2.B** (balance d'Archimède). La question 2 (exploitation) n'est proposée qu'après la prévision et l'expérience, et dépend de la prévision faite. Cette



activité est conduite en binôme. Des travaux de recherche ont pu montrer qu'une grande partie des élèves, y compris au niveau post-baccalauréat, prévoient que l'indication de la balance ne change pas.

- a) Interpréter la proposition d'une telle réponse en formulant au moins une hypothèse erronée qui peut conduire des élèves à prévoir une absence de changement.
- b) Rédiger une correction de l'activité, et en déduire une formulation de la partie manquante, indiquée en pointillés, de la question 2 qui permet d'aider les élèves n'ayant pas formulé la bonne prévision.

### **Élaboration d'une séquence pédagogique**

**Q10.** Proposer, de manière synthétique, le contenu d'une séquence d'enseignement constituée de deux séances visant à traiter la partie du programme présentée en introduction. Les activités expérimentales présentées dans les annexes **2.A** et **2.B** pourront être utilisées.

Le candidat :

- proposera une contextualisation et une problématique pour la séquence ;
- explicitera les objectifs et les contenus de chacune des deux séances ;
- décrira une tâche complexe qu'il proposera aux élèves sur ce thème à l'issue de cette séquence.

## Partie 3 – Quotient de réaction à l'état final

### Objectif de cette partie

Un enseignant de la spécialité physique-chimie de la classe de terminale générale souhaite construire une séquence pédagogique, comportant plusieurs séances, pour traiter la partie du programme de spécialité de terminale générale présentée ci-dessous :

Constitution et transformations de la matière	
3. Prévoir l'état final d'un système, siège d'une transformation chimique	
Notions et contenus	Capacités exigibles
<i>Activités expérimentales support de la formation</i>	
A) Prévoir le sens de l'évolution spontanée d'un système chimique	
État final d'un système siège d'une transformation non totale : état d'équilibre chimique.	Relier le caractère non total d'une transformation à la présence, à l'état final du système, de tous les réactifs et de tous les produits.
Modèle de l'équilibre dynamique.	<i>Mettre en évidence la présence de tous les réactifs dans l'état final d'un système siège d'une transformation non totale, par un nouvel ajout de réactifs.</i>
Quotient de réaction $Q_r$ .	Déterminer le sens d'évolution spontanée d'un système.
Système à l'équilibre chimique : constante d'équilibre $K(T)$ .	Déterminer un taux d'avancement final à partir de données sur la composition de l'état final et le relier au caractère total ou non total de la transformation.
Critère d'évolution spontanée d'un système hors équilibre chimique.	<i>Déterminer la valeur du quotient de réaction à l'état final d'un système, siège d'une transformation non totale, et montrer son indépendance vis-à-vis de la composition initiale du système à une température donnée.</i>

### Phase préparatoire à l'élaboration de la séquence pédagogique

L'une des activités de la séquence est une activité expérimentale décrite dans les annexes **3.A** et **3.B**. On propose dans un premier temps d'analyser et de compléter cette activité avant de l'intégrer dans la séquence pédagogique présentée en introduction de cette partie.

- Q11.** Dans un objectif de spiralisation, l'enseignant souhaite faire réaliser un étalonnage par spectrophotométrie, ce qui constitue l'objet de la première partie de l'activité présentée dans les annexes **3.A** et **3.B**. La longueur d'onde de travail choisie par l'enseignant est 580 nm.
- Proposer une réponse à un élève qui demanderait à l'enseignant pourquoi on apprend qu'il faut, dans la mesure du possible, choisir la longueur d'onde correspondant au maximum d'absorption.
  - En déduire l'inconvénient du choix fait pour la valeur de la longueur d'onde dans cette activité mais le justifier au regard de la finalité de l'expérience.
  - L'enseignant fait en sorte que les valeurs d'absorbance ne dépassent pas 1,5. Justifier ce choix et estimer à l'aide du spectre donné en annexe **3.B** et de la longueur d'onde choisie, la valeur maximale de la concentration en  $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$  pour réaliser l'étalonnage.
- Q12.** Proposer la rédaction de la première partie « étalonnage par spectrophotométrie » de l'activité en cours d'élaboration de l'annexe **3.A**, comportant au maximum 5 questions, et réinvestissant à la fois les notions nécessaires à la réalisation d'un dosage par étalonnage spectrophotométrique et les techniques qui lui sont liées. Cette première

partie doit conduire les élèves à réaliser des mesures. Un exemple de résultats obtenus est donné dans l'annexe **3.B**.

**Q13.** L'annexe **3.B** rassemble les résultats obtenus par le professeur lors de la préparation de l'activité expérimentale décrite dans l'annexe **3.A**.

- a) Calculer la valeur  $Q_{r,f}$  obtenue pour la solution S1.
- a) Interpréter la variabilité des valeurs du quotient réactionnel à l'état final obtenues expérimentalement et présentées dans l'annexe **3.B**, en identifiant les choix réalisés et les étapes du protocole qui peuvent en être l'origine.

### **Élaboration de la séquence pédagogique**

**Q14.** Proposer, de manière synthétique, le contenu d'une séquence d'enseignement constituée de plusieurs séances visant à traiter la partie du programme présentée en introduction. L'activité expérimentale de l'annexe **3.A** étudiée dans les questions précédentes constituera l'une des activités de la séquence.

Le candidat :

- détaillera la nature des différentes briques élémentaires constitutives de la séquence : types d'activités, phase d'institutionnalisation, évaluations ;
- proposera un découpage de la séquence en séances en explicitant l'objectif de chaque séance et l'articulation des briques élémentaires au sein de chaque séance ;
- rédigera intégralement la trace écrite qui figurera dans le cahier de cours des élèves institutionnalisant les savoirs sur cette partie du programme.

## Partie 4 – Le concept d'énergie : enjeux et continuité

Le concept d'énergie est utilisé dans tous les programmes de physique-chimie de collège et de lycée. L'analyse de phénomènes variés du point de vue de l'énergie constitue un objectif d'apprentissage majeur et pérenne au cours de l'histoire de l'enseignement secondaire.

### Objectifs de cette partie :

- produire et analyser des ressources d'enseignement au sujet de l'énergie en tenant compte des différents niveaux d'enseignement et de la polysémie du terme énergie ;
- analyser et identifier quelques difficultés d'élèves au sujet de l'énergie.

**Q15.** Le terme énergie est utilisé dans des contextes très différents, y compris dans d'autres disciplines scolaires que la physique et la chimie. Citer deux expressions de la vie courante qui utilisent le mot énergie et qui peuvent poser problème dans le cadre de l'apprentissage de la physique-chimie. Justifier dans les deux cas en quoi elles peuvent poser problème eu égard aux caractéristiques de l'énergie.

**Q16.** Au-delà du vocabulaire et des contextes d'usage, indiquer une difficulté à ce que les élèves donnent du sens au concept d'énergie au collège.

**Q17.** L'activité proposée dans l'annexe **4.A** est la première d'une séquence consacrée à la partie « Énergie : conversions et transferts » de l'enseignement de « Physique-chimie et mathématiques » de la classe de terminale STL.

- a) Proposer un corrigé des questions 1 à 9 de l'activité de l'annexe **4.A** à destination des élèves de la classe de terminale STL.
- b) Adapter l'activité pour en faire une évaluation de fin de cycle 4, en précisant pour chaque question posée les connaissances et capacités évaluées. L'évaluation devra permettre d'évaluer particulièrement la schématisation des situations du point de vue de l'énergie et les capacités de calculs simples.

**Q18.** L'enseignement de spécialité physique-chimie de la classe terminale de l'enseignement général introduit le concept d'énergie interne d'un système et le premier principe de la thermodynamique.

- a) Décrire une expérience réalisable en classe qui permet d'augmenter l'énergie interne d'un système par transfert mécanique ou électrique.
- b) Pour donner du sens au concept d'énergie interne, juste après son introduction, un enseignant propose l'activité décrite dans l'annexe **4.B**. Proposer un corrigé de l'activité et indiquer les difficultés prévisibles des élèves en lien avec les choix faits par l'enseignant.

**Q19.** En début de chapitre sur les transferts et bilans thermiques, un enseignant de spécialité de la classe terminale de l'enseignement général propose une évaluation diagnostique à ses élèves. Les réponses sont présentées dans l'annexe **4.C**.

- a) Citer les réponses justes et les réponses fausses, puis analyser les réponses données par les élèves de manière à identifier les conceptions initiales erronées des élèves.
- b) Citer les concepts ainsi que les lois éventuelles de physique-chimie au programme de la classe qui permettent de modéliser convenablement les situations proposées dans ce questionnaire.

## Partie 5 – Optimisation de la synthèse d'un arôme de framboise

### Objectif de cette partie

Un enseignant de la spécialité physique-chimie en classe de terminale générale souhaite construire une séquence pédagogique, comportant plusieurs séances, pour traiter la partie du programme de spécialité de terminale générale présentée ci-dessous :

Constitution et transformations de la matière	
<b>4. Élaborer des stratégies en synthèse organique</b>	
Notions et contenus	Capacités exigibles
	<i>Activités expérimentales support de la formation</i>
<b>B) Analyser un système chimique par des méthodes physiques</b>	
<b>Optimisation d'une étape de synthèse</b> Optimisation de la vitesse de formation d'un produit et du rendement d'une synthèse.	Identifier, dans un protocole, les opérations réalisées pour optimiser la vitesse de formation d'un produit. Justifier l'augmentation du rendement d'une synthèse par introduction d'un excès d'un réactif ou par élimination d'un produit du milieu réactionnel. <i>Mettre en œuvre un protocole de synthèse pour étudier l'influence de la modification des conditions expérimentales sur le rendement ou la vitesse.</i>

### Phase préparatoire à l'élaboration de la séquence pédagogique

**Q20.** Proposer une correction, à destination des élèves, de la première partie (questions 1 à 5) de l'activité documentaire préparatoire proposée dans l'annexe **5.A**.

**Q21.** Indiquer la technique réalisable au lycée qui puisse correspondre à la réponse à la question 9) de l'activité préparatoire.

L'annexe **5.B** présente un extrait d'une activité expérimentale.

**Q22.** Dans le cadre de la mise en œuvre du protocole de l'annexe **5.B**, la présence de deux acides dans le milieu réactionnel (acide acétique et acide sulfurique) est une difficulté pour l'exploitation du titrage acide-base colorimétrique réalisé. L'enseignant choisit alors, comme stratégie d'exploitation de ce titrage, de travailler par différence en donnant un document additionnel élaboré à partir du résultat d'un titrage effectué dans les conditions précisées dans le protocole et réalisé au préalable par le professeur sur une solution aqueuse de volume total 100 mL contenant 5 mL d'acide acétique et 0,5 mL d'acide sulfurique pur. Le volume équivalent obtenu est de  $V_{\text{eq}} = 25,9$  mL.

Rédiger ce document additionnel à destination des élèves ayant pour but :

- de leur expliquer cette stratégie d'exploitation ;
- de les guider dans l'exploitation de leur titrage et l'obtention du rendement de la synthèse.

**Q23.** Corriger l'extrait du compte-rendu d'un élève ayant mis en œuvre le protocole de l'annexe **5.B**. Il figure sur le **document-réponse DR2 à rendre avec la copie**. Une dimension formative est attendue.

**Q24.** Dégager l'intérêt que peut présenter l'expérience décrite dans l'annexe **5.C** pour illustrer la partie du programme présentée dans l'introduction. Quelques éléments sur fonctionnement d'un appareil Dean Stark devront être succinctement présentés.

### **Élaboration de la séquence pédagogique**

**Q25.** Proposer le contenu d'une séquence d'enseignement constituée de plusieurs séances visant à traiter la partie du programme présentée en introduction. L'activité expérimentale présentée dans l'annexe **5.B** constituera l'une des activités de la séquence. Un temps de remédiation, consécutif à l'évaluation du compte rendu présenté dans le **document-réponse DR2 à rendre avec la copie**, sera intégré à la séquence.

Le candidat :

- formulera une contextualisation et une problématique pour la séquence ;
- proposera un découpage de la séquence en séances en explicitant l'objectif de chaque séance et son contenu ;
- choisira, en justifiant, le support sur lequel s'appuiera la remédiation, et détaillera la nature des tâches que l'élève devra réaliser.

**FIN DU SUJET**

## Annexe 1 - Ressources utiles pour la partie 1 du sujet

### 1.A – Extrait d’un livre de didactique sur la modélisation

Concevoir des séquences d’enseignement ou plus largement des ressources d’enseignement nécessite d’avoir un cadre théorique opératoire. [...] Nous présentons ci-dessous le cadre théorique spécifique principal appelé « cadre des deux mondes ». Trois idées sont à l’origine de ce cadre (Tiberghien et al., 2009). Ce cadre est adapté à la physique du niveau de l’enseignement primaire et secondaire.

La première, liée à l’apprentissage, pose que les connaissances des élèves sur le monde matériel jouent un rôle essentiel dans l’apprentissage de la physique.

L’autre, de nature épistémologique, est que les connaissances, qu’elles soient de la physique ou quotidiennes peuvent être d’ordre théorique ou directement décrire des objets et/ou événements ou encore relever de faits expérimentaux et que les liens entre ces types de connaissances sont essentiels dans la compréhension du monde matériel ; il s’agit des deux mondes et de leurs relations. En effet pour des raisons d’adaptation à l’enseignement effectif, nous avons mis ensemble la théorie et le modèle, même si cette différence est importante.

La troisième idée relève de l’apprentissage en lien avec les deux idées précédentes. Elle pose qu’il est possible de trouver des éléments de connaissance sur lesquels les élèves peuvent s’appuyer pour construire de nouvelles connaissances en physique.

Extrait du livre *Les modèles, des incontournables pour enseigner les sciences !*  
dir. Evrard T. & Amory B. De Boeck Ed.

La figure 1 ci-dessous, adaptée de l’ouvrage cité, décrit l’outil principal issu du cadre présenté.

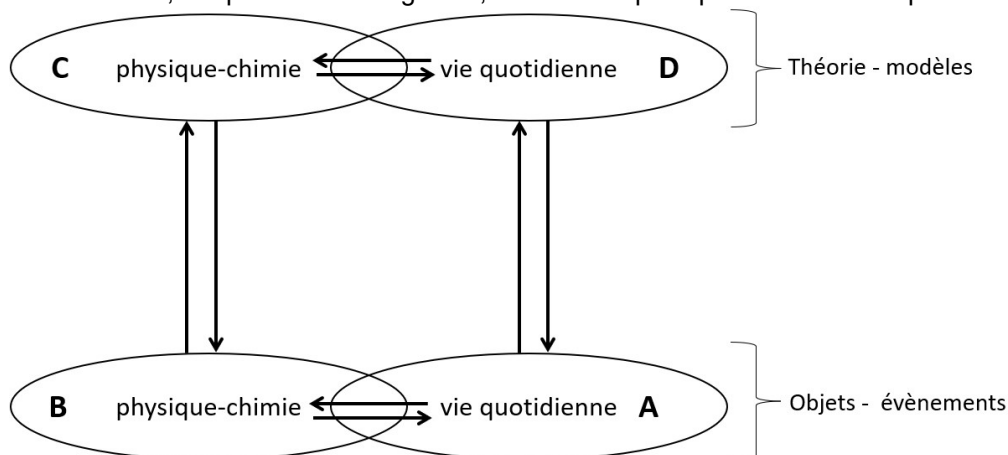
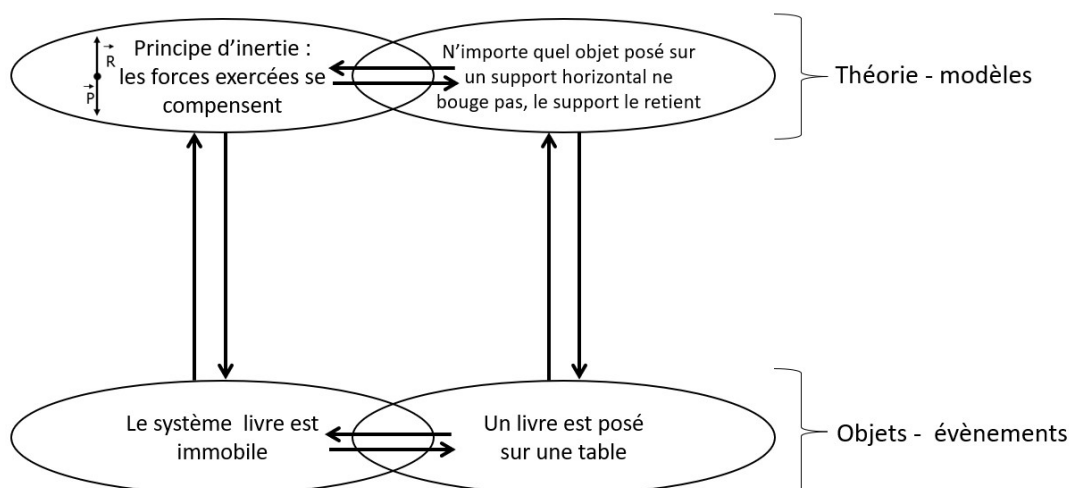


Figure 1 : Outil « Relations de modélisation » (Tiberghien et al., 2009)

Un exemple est donné ci-dessous dans le cas où l’on demande à un élève de justifier à l’aide de ses connaissances en physique, l’immobilité d’un livre posé sur une table.



## 1.B – Activité proposée dans le cadre de l'enseignement de sciences physiques et chimiques en laboratoire de la classe de terminale de la série STL-SPCL

D'après Collections numériques STL SPCL – Eduscol

### ACTIVITÉ 1 : l'onde, un modèle pour des situations très diverses

Dans la vie courante on entend parler d'ondes dans des situations très diverses qui, *a priori*, ont très peu de points communs. En effet, la définition d'une onde par les physiciens, vue préalablement à cette activité, est très générale et s'applique à des domaines variés.

1. Citer quelques situations de la vie quotidienne (hormis celles décrites ci-après) qui mettent en jeu des ondes. On citera au moins un exemple de phénomène naturel et un exemple de situation créée par l'Homme dans un domaine technologique.
2. On donne ci-dessous 8 situations : certaines sont mises en œuvre dans la classe, d'autres sont illustrées par des photographies ou des animations. Lesquelles font intervenir une onde ? Pour chaque situation rejetée, indiquer quel élément de la définition d'une onde n'est pas satisfait.

**Situation 1** : une corde d'escalade est étendue sur le sol de la salle de classe. Un élève tient une des extrémités et un autre donne une impulsion à l'autre extrémité.



**Situation 2** : une goutte tombe sur la surface d'un plan d'eau :



**Situation 3** : dans le désert, les dunes de sable forment des vagues :



**Situation 4** : un jour d'orage, **on entend** le tonnerre quelques secondes après que l'impact a eu lieu.

**Situation 5** : un jour d'orage, **on voit** l'éclair quelques instants après que l'impact a eu lieu.



**Situation 6** : on déplace un des barreaux d'une « échelle de perroquet » initialement au repos (photo ci-contre).

**Situation 7** : un pendule est constitué d'un petit objet solide suspendu à un fil. On l'écarte de sa position d'équilibre et on le laisse osciller.

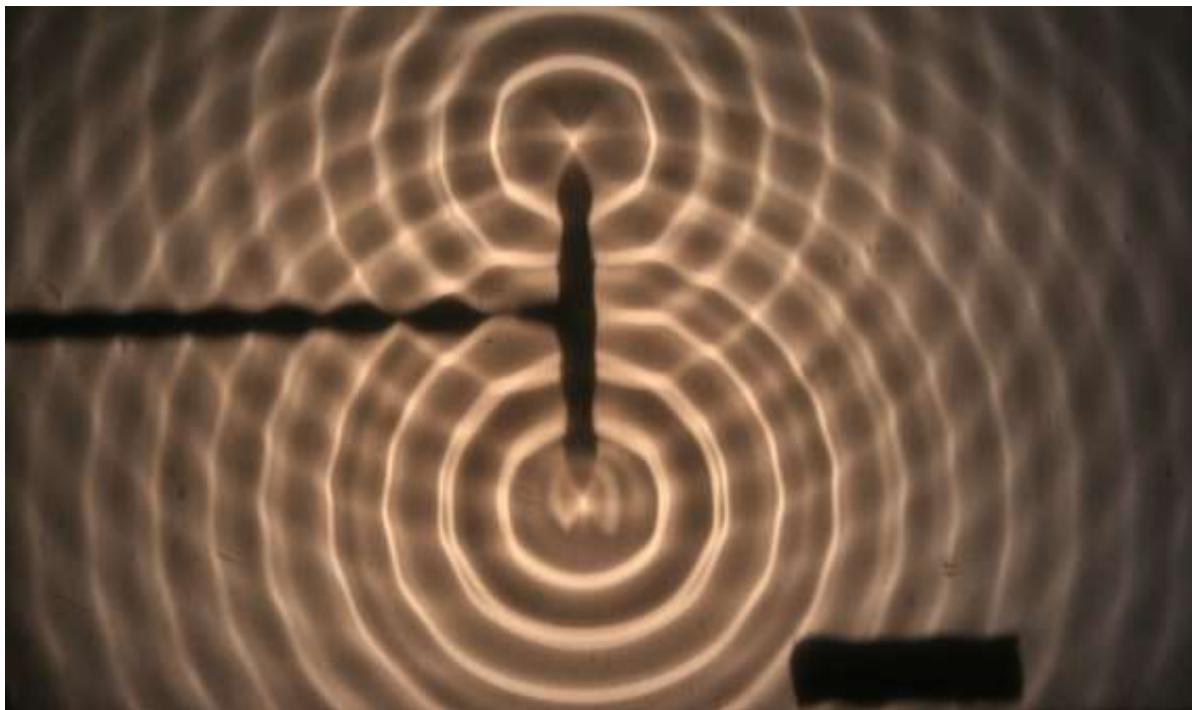
**Situation 8** : des dominos sont disposés verticalement les uns à côté des autres. On fait tomber le premier...



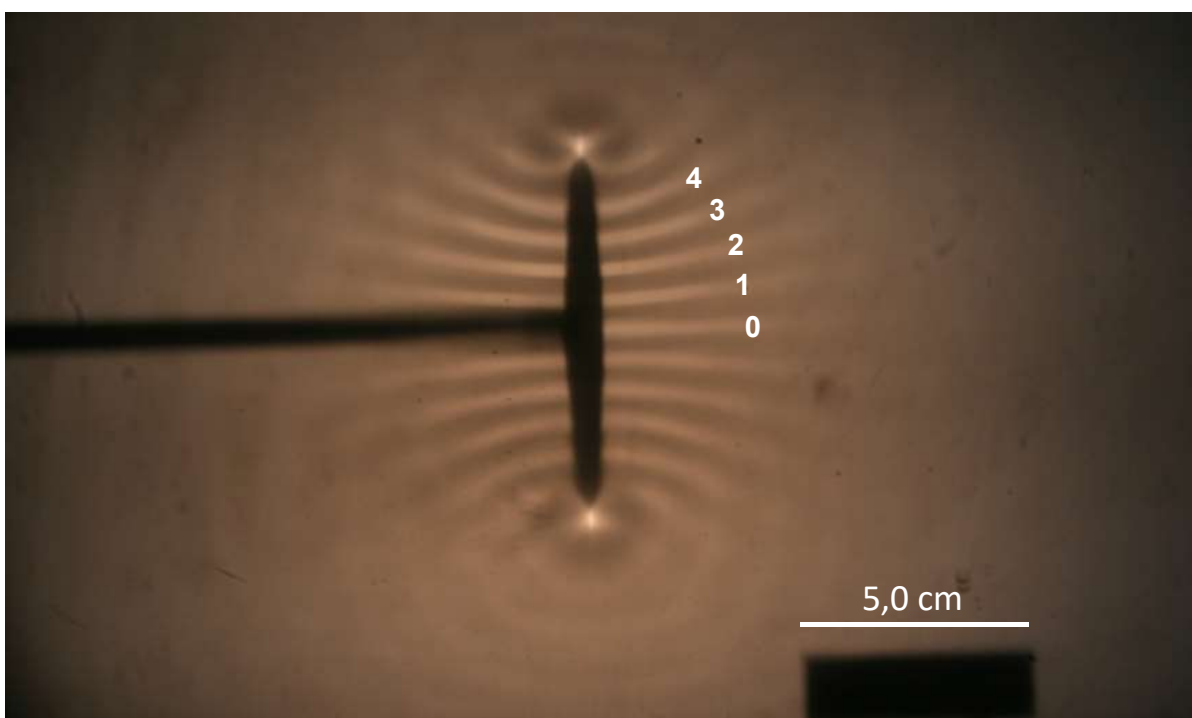


**1.C – Photographies de figures obtenues sur une cuve à ondes**

Fréquence des ondes : 15 Hz

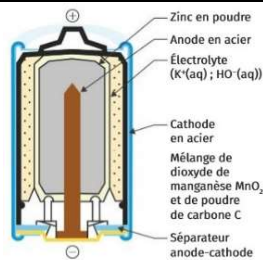


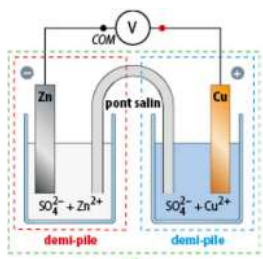



Petit temps d'exposition



Grand temps d'exposition

## 1.D – Diverses représentations ou énoncés à propos des piles

 <p>①</p>	 <p>②</p>	 <p>③</p>
 <p>④</p>	 <p>⑤</p>	<p>La capacité électrique Q d'une pile est la charge électrique maximale qu'elle peut fournir au cours de son fonctionnement</p> <p>⑥</p>
<p><math>\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}</math> <math>\text{Zn}^{2+} / \text{Zn}</math></p> <p>⑦</p>	<p><math>\text{Cu}_{(\text{aq})}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}_{(\text{s})}</math> <math>\text{Zn}_{(\text{s})} \rightarrow \text{Zn}_{(\text{aq})}^{2+} + 2\text{e}^-</math></p> <p>⑧</p>	<p>Lorsqu'une pile n'a plus d'électricité, alors elle est usée.</p> <p>⑨</p>

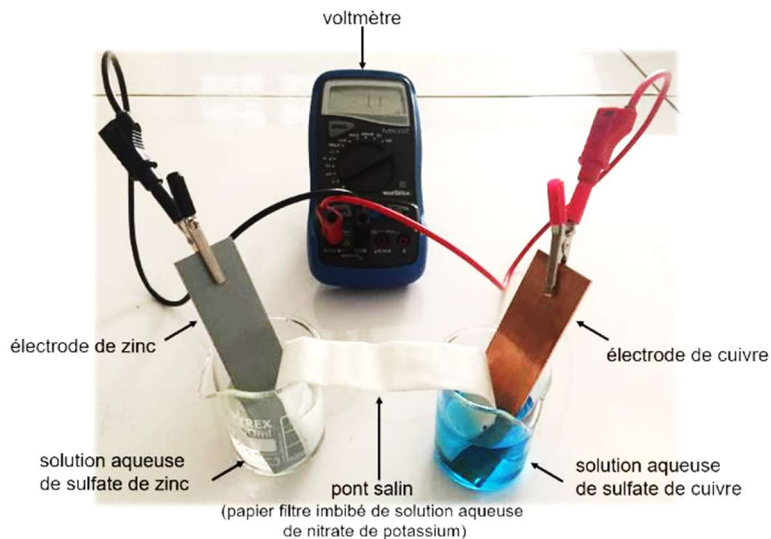
## 1.E – Activité expérimentale évaluée

### La pile en circuit ouvert

- Réaliser la pile cuivre-zinc photographiée ci-contre et en faire un schéma détaillé.
- En repérant la lame reliée à la borne COM du multimètre lorsque la valeur lue est positive, indiquer la borne positive de la pile.

### La pile en circuit fermé

- Prévoir le sens du courant électrique si on ferme le circuit en insérant un conducteur ohmique entre les bornes de la pile, puis vérifier expérimentalement votre prévision à l'aide d'un ampèremètre et la corriger éventuellement.
- En déduire les équations des réactions électrochimiques se produisant sur chaque électrode, en les écrivant dans le sens où elles se produisent effectivement.
- En exposant votre raisonnement, prévoir l'évolution des masses de chaque électrode puis indiquer la ou les observations qui permettent de tester qualitativement la prévision.
- Si on considère que le métal zinc est le réactif limitant et qu'on réalise une pile avec une électrode de zinc de 15 g, entièrement consommable, calculer la valeur de la capacité électrique de cette pile.



Données : masse molaire atomique du zinc :  $M_{\text{Zn}} = 65,4 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;  
charge élémentaire :  $e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$  ;  
constante d'Avogadro :  $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

## Annexe 2 – Ressources utiles pour la partie 2 du sujet

### 2.A – Activité proposée en classe de terminale de la voie générale

Cette activité est inspirée de la première partie d'une activité issue des Collections numériques SPCL ; la deuxième partie, non évoquée ici, vise à déterminer si la fonte d'un glaçon fait augmenter le niveau de l'eau dans un verre.

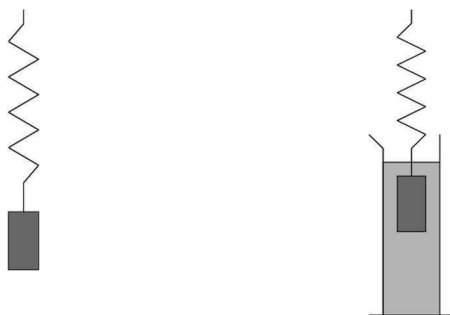
On dispose du matériel suivant :

- de l'eau distillée (masse volumique :  $\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) ;
- de l'eau salée saturée (masse volumique :  $\rho_{\text{eau salée}} = 1,2 \times 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) ;
- des cylindres de même volume mais constitués de matériaux différents : PVC, aluminium, plomb, etc. ;
- des cylindres de volumes différents mais constitués du même matériau.

La valeur du champ de pesanteur au lieu où sont réalisées les expériences est  $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .

### Expérience

- Suspendre un cylindre en plomb à un dynamomètre. Celui-ci permet de mesurer la valeur de la tension  $T$  du ressort.
- Refaire la même expérience, le cylindre étant à présent immergé dans l'eau d'une éprouvette : on mesure alors une tension  $T'$ .



mesures de  $T$  (à gauche) et de  $T'$  (à droite)

1. Justifier que le poids du cylindre vaut :  $P = T$ . Un schéma des forces exercées sur le cylindre est attendu pour justifier la réponse.
2. La force exercée par l'eau sur le cylindre est appelée « poussée d'Archimède », notée  $\vec{\Pi}$ . D'après ce que nous observons, quels sont le sens et la direction de cette force ?
3. Justifier que la poussée d'Archimède exercée par l'eau sur le cylindre vaut :  $\Pi = T - T'$ .
4. Calculer numériquement la valeur de la poussée d'Archimède exercée sur le cylindre.

Cette méthode sera appliquée pour les mesures de poussées d'Archimède nécessaires à la suite de l'activité.

### Influence du volume immergé

5. À l'aide du matériel disponible, proposer un protocole expérimental permettant de déterminer qualitativement l'influence du volume du solide immergé sur la valeur de la poussée d'Archimède.
6. Après validation par l'enseignant, réaliser le protocole proposé et conclure : de quelle manière le volume immergé du solide influe-t-il sur la valeur de la poussée d'Archimède ?

### Influence de la masse du solide

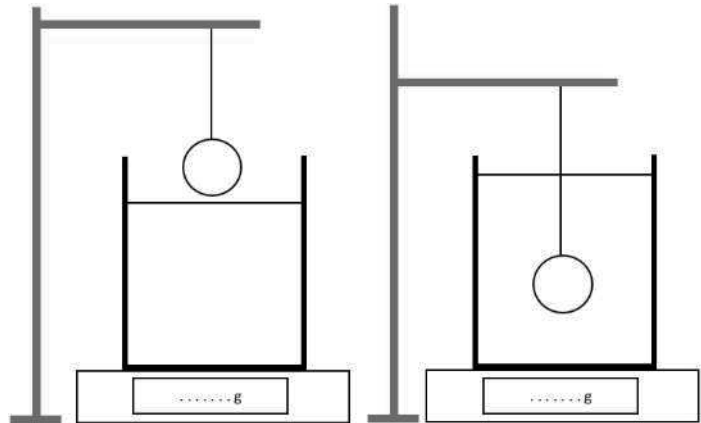
7. À l'aide du matériel disponible, proposer un protocole expérimental permettant de déterminer qualitativement l'influence de la masse du solide immergé sur la valeur de la poussée d'Archimède.
8. Après validation par l'enseignant, réaliser le protocole proposé et conclure : de quelle manière la masse du solide influe-t-elle sur la valeur de la poussée d'Archimède ?

### 2.B – Activité visant à exploiter l'expression de la poussée d'Archimède

#### Prévoir grâce à la poussée d'Archimède et aux lois de la mécanique : la balance d'Archimède.

On dispose du matériel suivant :

- une balance à affichage numérique ;
- un bécher contenant de l'eau ;
- un objet plus dense que l'eau suspendu par un fil à un support et pouvant être totalement immergé dans l'eau.



1. Prévoir, en justifiant par écrit, comment va évoluer l'indication de la balance lorsqu'on va immerger l'objet dans l'eau (augmenter, rester inchangée ou diminuer).

👉 Appeler le professeur pour lui présenter votre prévision.

Réaliser ensuite l'expérience avec l'objet que vous fournit le professeur.

#### 2. Exploitation

Si votre prévision s'avère vérifiée, estimer le volume de l'objet immergé à partir du résultat obtenu.

Si votre prévision n'est pas vérifiée, .....

## Annexe 3 – Ressources utiles pour la partie 3 du sujet

### 3.A – Activité expérimentale traitant du quotient de réaction à l'état final

*Inspirée d'une ressource de l'académie de Nancy-Metz*

#### Activité expérimentale – Quotient de réaction à l'état final

L'ion thiocyanate  $\text{SCN}^-$  réagit avec l'ion fer (III) suivant une transformation chimique non totale aboutissant alors à un état d'équilibre caractérisé par une valeur du quotient de réaction à l'état final. L'espèce colorée formée, l'ion complexe  $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$ , servait autrefois de « faux sang » dans les films.

#### 1<sup>ère</sup> partie : étalonnage par spectrophotométrie

Pour déterminer expérimentalement la valeur du quotient de réaction à l'état final de la transformation chimique étudiée ainsi que sa non-dépendance vis-à-vis de la composition initiale, on réalise au préalable un étalonnage par spectrophotométrie.

On dispose :

- d'une solution mère en ions  $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$  de concentration en quantité de matière valant  $2,5 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  ;
- des fioles jaugées de 50 et 100 mL ;
- des pipettes jaugées de 5, 10, 20 et 25 mL ;
- une pipette graduée de 25 mL ;
- quelques béchers ;
- une fiole d'eau distillée.

*.....à élaborer par le candidat.....*

#### 2<sup>ème</sup> partie : détermination expérimentale d'un quotient de réaction à l'état final et étude de l'influence de la composition initiale

##### Protocole expérimental

- Réaliser les mélanges ci-dessous en utilisant une solution, appelée solution 1, de thiocyanate de potassium de concentration  $C_1 = 5,0 \times 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  et une solution, appelée solution 2, de nitrate de fer (III) de concentration  $C_2 = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  en ions fer (III).

Solution	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Volume $V_1$ de solution 1 en mL	10,0	5,0	10,0	5,0	4,0	5,0
Volume $V_2$ de solution 2 en mL	10,0	10,0	15,0	15,0	20,0	20,0
Quantité de matière $n_{\text{SCN},i}$ d'ions $\text{SCN}^-$ dans l'état initial en $\mu\text{mol}$	50	25	50	25	20	25
Quantité de matière $n_{\text{Fe},i}$ d'ions Fe(III) dans l'état initial en $\mu\text{mol}$	$1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$	$1,5 \times 10^2$	$1,5 \times 10^2$	$2,0 \times 10^2$	$2,0 \times 10^2$
Absorbance						

- Mesurer l'absorbance de chaque mélange selon les conditions définies dans le tableau ci-dessus et compléter la ligne du tableau correspondante.
- Calculer la concentration  $C = [[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}]_f$  des ions thiocyanatofer (III) dans l'état final de chaque mélange.

## Exploitation des mesures

1. Compléter de façon littérale le tableau d'avancement ci-dessous :

Équation de la réaction chimique		$\text{Fe}^{3+}_{(aq)} + \text{SCN}^{-}_{(aq)} \rightleftharpoons [\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}_{(aq)}$		
État du système	Avancement			
État initial	$x = 0$			
État intermédiaire	$x$			
État final	$x_f$			

2. Montrer que l'avancement final de chaque solution  $S_i$  est donné par la formule :

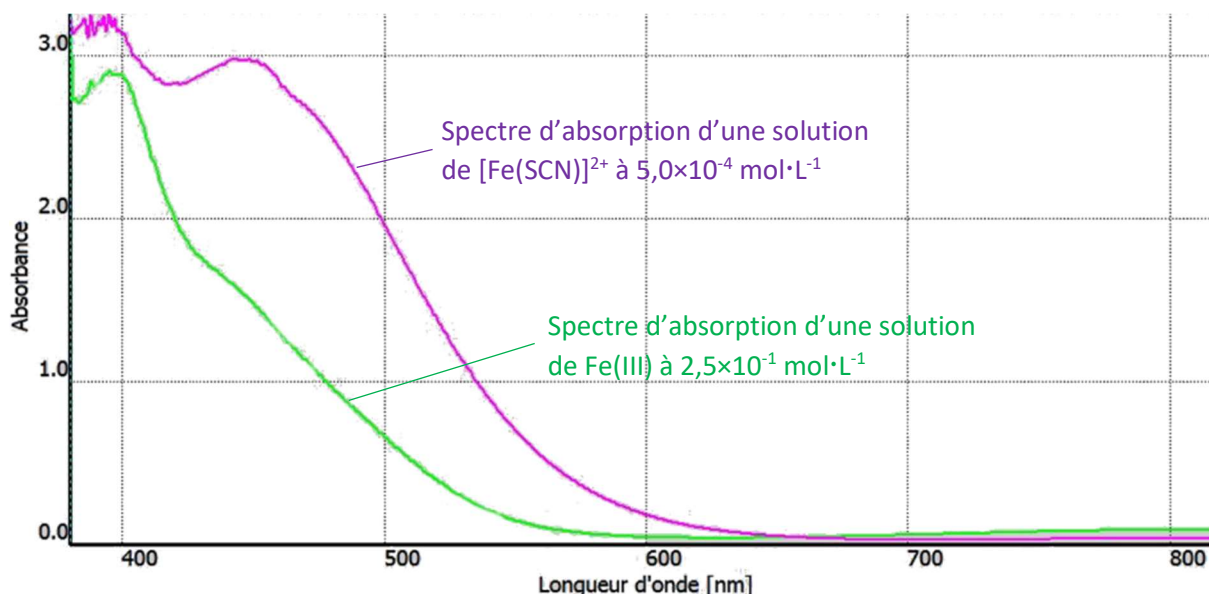
$$x_f = [[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}]_f \times V \text{ où } V \text{ est le volume total de la solution } S_i.$$

3. Écrire l'expression littérale du quotient de réaction  $Q_{r,f}$  dans l'état final pour chaque solution  $S_i$ , associée à la transformation étudiée en fonction de  $n_{\text{Fe},i}$ ,  $n_{\text{SCN},i}$ ,  $x_f$  et  $V$ .

4. Calculer pour chaque solution la valeur de  $Q_{r,f}$  et conclure.

### 3.B – Résultats obtenus lors du test de l'activité par l'enseignant

- Spectres d'absorption



- Tableau regroupant les mesures effectuées pour le dosage par étalonnage

Concentration de solution de $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$ en $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$	$2,5 \times 10^{-1}$	$5,0 \times 10^{-1}$	1,0	1,25	2,5
Absorbance	0,17	0,31	0,61	0,74	1,5

- Résultats obtenus pour la deuxième partie de l'activité à  $25^\circ\text{C}$

Solution	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Volume de solution 1 en mL	10,0	5,0	10,0	5,0	4,0	5,0
Volume de solution 2 en mL	10,0	10,0	15,0	15,0	20,0	20,0
Absorbance	0,66	0,47	0,59	0,41	0,26	0,31
$Q_{r,f}$	à calculer	154	198	182	141	146

## Annexe 4 – Ressources utiles pour la partie 4 du sujet

### 4.A - Activité proposée dans le cadre de l'enseignement de spécialité physique-chimie et mathématiques en classe de terminale STL-SPCL

*D'après Collections numériques STL SPCL – Eduscol*

#### Hypothèse de travail :

On considère une hypothèse caricaturale selon laquelle la totalité de l'électricité produite dans un pays fictif provient de centrales thermiques **au fioul**. Il s'agit de centrales qui exploitent l'énergie issue de la combustion du fioul pour produire de l'électricité.

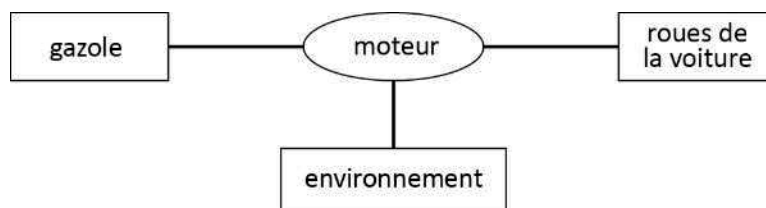
NB : « fioul », « gazole », « mazout » ou « diesel » sont les noms d'un seul et même carburant, selon qu'il est utilisé pour se chauffer, pour alimenter le moteur d'une voiture ou produire de l'électricité.

#### DONNÉES :

- Pour parcourir 100 km, le moteur d'une voiture de masse moyenne doit céder en moyenne 72 MJ à ses roues par travail mécanique
- Énergie cédée par le fioul (par unité de volume) lors de sa combustion : 37 MJ / L
- Rendement moyen d'un moteur diesel : 42 %
- Rendement moyen d'un moteur électrique : 90 %
- Rendement moyen d'une centrale thermique au fioul : 39 %

#### 1<sup>ère</sup> partie : 100 km en voiture diesel

On envisage tout d'abord un parcours de 100 km dans une voiture diesel satisfaisant les valeurs moyennes données ci-dessus. La chaîne énergétique qui représente cette situation est :



1. Dans cette chaîne, on a choisi de ne représenter que les transferts d'énergie (pas les stockages). Sous quelle forme le gazole stocke-t-il son énergie ?
2. Compléter cette chaîne énergétique en orientant chacun des transferts et en attribuant à chacun d'eux un symbole de type  $W_1$ ,  $W_2$ , etc. ou  $Q_1$ ,  $Q_2$ , etc. selon qu'il s'agit d'un travail ou d'un transfert thermique. Les grandeurs introduites sont positives.
3. Exploiter la valeur du rendement du moteur diesel pour calculer la valeur de l'énergie reçue par le moteur.
4. En déduire le volume de carburant consommé par le parcours.

#### 2<sup>ème</sup> partie : 100 km en voiture électrique

On étudie désormais le même parcours, mais effectué par une voiture électrique. On considère, pour simplifier, que la batterie et son chargeur ont un rendement de 100 % (ce qui est approximativement le cas lorsque le matériel est neuf).

5. Construire la chaîne énergétique complète correspondant à ce parcours, en partant du fioul utilisé dans la centrale électrique qui produit l'électricité.



6. Exploiter la valeur du rendement du moteur électrique pour calculer l'énergie qu'il reçoit.
7. Exploiter la valeur du rendement de la centrale au fioul pour calculer la valeur de l'énergie qu'elle a dû consommer pour permettre ce parcours.
8. Finalement, calculer le volume de carburant consommé par ce trajet en voiture « électrique » et le comparer au résultat obtenu avec la voiture diesel.
9. Nous avons supposé que le rendement de l'ensemble batterie + chargeur valait 100 % mais ce n'est pas exactement le cas. Si l'on avait tenu compte de rendement véritable (environ 90 % en moyenne) : le constat de la question 8 aurait-il été atténué ou accentué ?
10. L'étude que nous venons de conduire est caricaturale mais donne à réfléchir. Proposer quelques pistes de réflexion en lien avec le développement de l'usage des véhicules électriques.

#### 4.B – Activité sur le thème de l'énergie interne (enseignement de spécialité physique-chimie de la classe de terminale de la voie générale)

Dans chacune des situations ci-dessous, de l'énergie est stockée (le système qui stocke est souligné).

 <p>1. Un bidon est rempli d'<u>essence</u>.</p>	 <p>2. Un <u>plongeur</u> s'apprête à sauter d'un plongoir de 10 m.</p>
 <p>3. Un <u>radiateur</u> chauffe une pièce.</p>	 <p>4. Une <u>cycliste</u> se déplace à vitesse constante sur une route horizontale.</p>
 <p>5. De l'<u>eau</u> est retenue dans un barrage.</p>	 <p>6. Un <u>stère de bois</u> est rangé devant un chalet.</p>

- 1) Attribuer chaque représentation à la forme de stockage qui vous semble prédominer, en indiquant le numéro de la situation dans une des cases du tableau ci-dessous.

	Cinétique	Potentielle
Énergie macroscopique		
Énergie microscopique		

- 2) En déduire, en justifiant, les systèmes pour lesquels l'énergie est stockée principalement sous forme d'énergie interne.



**4.C – Réponses d'élèves à deux questions d'une évaluation diagnostique (enseignement de spécialité physique-chimie de la classe de terminale de la voie générale)**

Le nombre de réponses, parmi un groupe de 34 élèves, figure dans la colonne de droite.

<b>1.</b>	Pour ralentir la fonte d'un glaçon qu'on sort du réfrigérateur, quelle action sera la plus efficace ?	
	① l'envelopper de papier aluminium	18
	② l'envelopper de laine	9
	③ le mettre dans de l'eau à température ambiante	7
<b>2.</b>	Pour ralentir le refroidissement d'une pomme de terre cuite qu'on sort de l'eau bouillante, quelle action sera la plus efficace ?	
	① l'envelopper de papier aluminium	18
	② l'envelopper de laine	5
	③ la mettre dans de l'eau à température ambiante	11

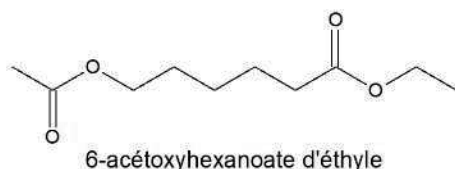
## Annexe 5 – Ressources utiles pour la partie 5 du sujet

### 5.A – Activité documentaire sur la synthèse de l'arôme de framboise

#### Synthèse de l'arôme de framboise

##### Le Berryflor

Le 6-acétoxyhexanoate d'éthyle, appelé commercialement Berryflor, est un produit chimique, liquide à température ambiante, dont l'odeur ressemble à la framboise avec des notes de jasmin et d'anis. Il est utilisé principalement dans la parfumerie, la cosmétique et les savons.



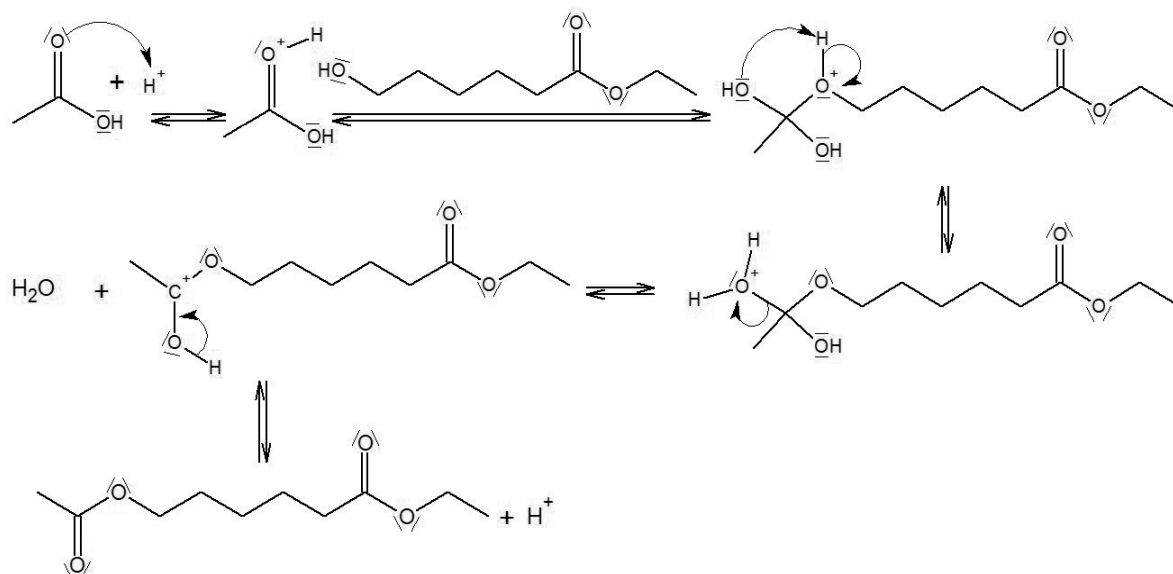
##### Données physico-chimiques

Espèce chimique	Masse molaire (g·mol <sup>-1</sup> )	Densité	T <sub>éb</sub> (°C)
6-hydroxyhexanoate d'éthyle	160,21	0,985	127
Acide acétique	60,052	1,049	118
6-acétoxyhexanoate d'éthyle	202,25	1,008	252
Acide sulfurique	98,078	1,830	-

##### Protocole de synthèse de l'arôme de framboise

- Dans un ballon de 100 mL, introduire 5,0 mL de 6-hydroxyhexanoate d'éthyle, 1,8 mL d'acide acétique, 0,5 mL d'acide sulfurique concentré et quelques grains de pierre ponce.
- Adapter le réfrigérant à eau au ballon puis chauffer le mélange réactionnel jusqu'à l'établissement du reflux.
- Au bout de 30 minutes, stopper le chauffage et laisser le mélange réactionnel revenir à température ambiante.
- Verser le mélange dans une ampoule à décanter.
- Ajouter au mélange 30 mL d'eau et 20 mL d'éther. Agiter puis laisser décanter et récupérer la phase organique dans un bécher.
- Réintroduire dans l'ampoule à décanter la phase aqueuse.
- Rajouter 20 mL d'éther dans la phase aqueuse et recommencer : boucher, agiter, ouvrir et laisser décanter, puis récupérer la phase organique dans le même bécher que précédemment.
- Ajouter lentement dans le bécher 30 mL de solution basique d'hydrogénocarbonate de sodium. Agiter avec une baguette en verre jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de dégagement gazeux.
- Lorsque le dégagement gazeux a cessé, verser l'ensemble dans l'ampoule à décanter. Agiter puis laisser décanter. Éliminer la phase aqueuse.
- Pré-sécher la phase organique en ajoutant 30 mL d'eau salée saturée dans l'ampoule à décanter. Agiter puis laisser décanter.
- Recueillir la phase organique dans un erlenmeyer et la sécher sur du sulfate de magnésium anhydre.
- Filtrer en recueillant le filtrat dans un ballon rodé propre et sec (préalablement pesé).
- Évaporer le solvant à l'aide d'un évaporateur rotatif. Peser l'huile obtenue.

## Mécanisme de formation de l'arôme de framboise



## Questions

I-Étude du mécanisme de la réaction de formation de l'arôme de framboise

- 1) Indiquer le nombre d'étapes de ce mécanisme.
- 2) Il manque la ou les flèches courbes permettant d'expliquer les déplacements électroniques qui ont lieu lors de la 2<sup>ème</sup> étape. Ajouter la ou les flèche(s) manquante(s).
- 3) Indiquer la catégorie (addition, élimination, substitution ou réaction acide-base) à laquelle appartient chacune des réactions qui ont lieu lors de la deuxième, troisième et quatrième étape.
- 4) Retrouver l'équation globale de la réaction modélisant la formation de l'arôme de framboise décrite par ce mécanisme.
- 5) La réaction est catalysée. Quelle espèce chimique joue le rôle de catalyseur ?

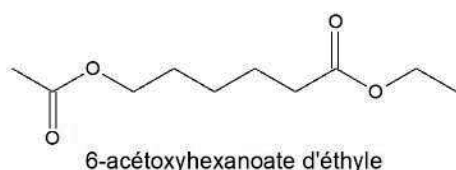
II- Étude de la synthèse de l'arôme de framboise au laboratoire

- 6) Faire un schéma légendé du montage réalisé pour synthétiser l'arôme de framboise.
- 7) Calculer les quantités de matières initiales des réactifs.
- 8) Construire un tableau d'avancement de la réaction et déterminer l'avancement maximal  $x_{max}$ .
- 9) Quelle technique réalisable en classe utiliseriez-vous pour vérifier que l'espèce synthétisée est bien l'arôme de framboise et qu'elle est pure ?
- 10) Calculer la quantité de matière de l'arôme de framboise  $n_{th}$  maximale attendue.
  - a) En déduire la masse maximale  $m_{th}$  de l'arôme de framboise attendue.
  - b) Le rendement expérimental de la synthèse est  $\eta_{exp} = 62 \%$ . Commenter sa valeur.

## 5.B – Extrait du document distribué aux élèves lors d'une activité expérimentale portant sur la synthèse d'un composé à l'odeur de framboise

### Le Berryflor

Le 6-acétoxyhexanoate d'éthyle, appelé commercialement Berryflor, est un produit chimique, liquide à température ambiante, dont l'odeur ressemble à la framboise avec des notes de jasmin et d'anis. Il est utilisé principalement dans la parfumerie, la cosmétique et les savons.



### Données physico-chimiques

Espèce chimique	Masse molaire (g·mol <sup>-1</sup> )	Densité	T <sub>éb</sub> (°C)
6-hydroxyhexanoate d'éthyle	160,21	0,985	127
Acide acétique	60,052	1,049	118
6-acétoxyhexanoate d'éthyle	202,25	1,008	252
Acide sulfurique	98,078	1,830	-

### Problématique

L'estérification entre un acide carboxylique et un alcool primaire, introduits dans des proportions stœchiométriques (1:1), est une transformation non totale. Le rendement observé dans ces conditions ne peut excéder 67 %.

### **Comment peut-on augmenter le rendement de la synthèse du Berryflor ?**

#### Protocole proposé aux élèves

- Dans un ballon de 100 mL, introduire 5,0 mL de 6-hydroxyhexanoate d'éthyle, 5,0 mL d'acide acétique, 0,5 mL d'acide sulfurique pur et quelques grains de pierre ponce.
- Adapter le réfrigérant à eau au ballon puis chauffer le mélange réactionnel jusqu'à l'établissement du reflux.
- Au bout de 30 minutes, stopper le chauffage et laisser le mélange réactionnel revenir à température ambiante.
- Verser le mélange réactionnel dans une fiole jaugée de 100 mL et rincer le ballon avec 20 mL d'eau que l'on additionnera également dans la fiole jaugée. Compléter jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée.
- Prélever 5,0 mL de la solution obtenue et l'introduire dans un erlenmeyer propre et sec.
- Effectuer un titrage colorimétrique par de l'hydroxyde de sodium (Na<sup>+</sup>,OH<sup>-</sup>) à 0,20 mol.L<sup>-1</sup>, afin de déterminer la quantité d'acide acétique restante et ainsi déterminer le rendement de la synthèse.

#### **5.C – Protocole d'une estérification utilisant un appareil Dean Stark**

- Dans un ballon de 250 mL introduire 27 mL de pentan-1-ol, 20 mL d'acide acétique glacial (pur), 30 mL de cyclohexane, 0,5 g d'acide partoluènesulfonique et quelques grains de pierre ponce.
- Adapter appareil de Dean-Stark et adapter un réfrigérant. Chauffer jusqu'à ce que la réaction soit terminée (45 minutes environ).
- Refroidir et verser le contenu du ballon dans une ampoule à décanter. Laver la phase organique trois fois avec 20 mL d'eau. Sécher la phase organique avec du sulfate de magnésium. Puis évaporer le solvant à l'évaporateur rotatif.
- Peser le produit obtenu. Déterminer le rendement de la synthèse. Mesurer l'indice de réfraction.

## Annexe 6 – Extraits de programmes officiels

### Extrait du programme de physique-chimie du cycle des approfondissements (cycle 4)

#### L'énergie, ses transferts et ses conversions

##### Attendus de fin de cycle

Identifier les sources, les transferts, les conversions et les formes d'énergie.

Utiliser la conservation de l'énergie.

Réaliser des circuits électriques simples et exploiter les lois de l'électricité

Connaissances et compétences associées	Exemples de situations, d'activités et d'outils pour l'élève
<b>Identifier les sources, les transferts, les conversions et les formes d'énergie Utiliser la conservation de l'énergie</b>	
Identifier les différentes formes d'énergie. Identifier un dispositif de conversion d'énergie dont le fonctionnement s'accompagne d'une émission de dioxyde de carbone. - Énergies cinétique (relation $E_c = \frac{1}{2} mv^2$ ), potentielle (dépendant de la position), thermique, électrique, chimique, nucléaire, lumineuse. Établir un bilan énergétique pour un système simple. - Sources. - Transferts. - Conversion d'une forme d'énergie en une autre. - Conservation de l'énergie. - Unités d'énergie. Analyser une situation où, pour un système donné, les valeurs des transferts d'énergie entrant et sortant sont différentes. Utiliser la relation liant puissance, énergie et durée. - Notion de puissance.	Les supports d'enseignement gagnent à relever de systèmes ou de situations de la vie courante. Les activités proposées permettent de différencier transferts et conversions d'énergie et de souligner que toutes les formes d'énergie ne sont pas équivalentes ni également utilisables. Ce thème permet d'aborder un vocabulaire scientifique visant à clarifier les termes souvent rencontrés dans la vie courante : chaleur, production, pertes, consommation, gaspillage, économie d'énergie, stockage d'énergie, énergies dites renouvelables. Ce thème fournit l'occasion d'analyser un bilan qualitatif d'énergie pour le système Terre-atmosphère.
Associer l'émission et l'absorption d'un rayonnement à un transfert d'énergie. - Rayonnement émis par un objet. - Absorption d'un rayonnement par un objet. - Transfert d'énergie par rayonnement. - Absorption du rayonnement terrestre par les gaz à effet de serre.	L'étude privilégie des situations concrètes : chauffage par absorption d'un rayonnement, images thermographiques (images satellitaires, d'habitations, d'objets de la vie quotidienne, d'êtres vivants...).

## Extraits du programme de spécialité physique-chimie de terminale générale

<b>Constitution et transformations de la matière</b>	
<b>1. Déterminer la composition d'un système par des méthodes physiques et chimiques</b>	
<b>Notions et contenus</b>	<b>Capacités exigibles</b> <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
<b>B) Analyser un système chimique par des méthodes physiques</b>	
Absorbance ; loi de Beer-Lambert Conductance, conductivité ; loi de Kohlrausch	Exploiter la loi de Beer-Lambert, la loi de Kohlrausch ou l'équation d'état du gaz parfait pour déterminer une concentration ou une quantité de matière. Citer les domaines de validité de ces relations. <i>Mesurer une conductance et tracer une courbe d'étalonnage pour déterminer une concentration.</i>
Spectroscopie infrarouge et UV-visible. Identification de groupes caractéristiques et d'espèces chimiques.	Exploiter, à partir de données tabulées, un spectre d'absorption infrarouge ou UV-visible pour identifier un groupe caractéristique ou une espèce chimique.

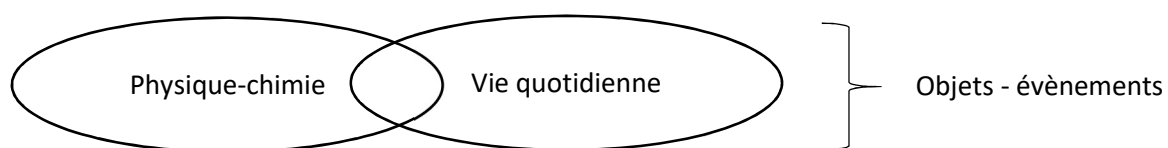
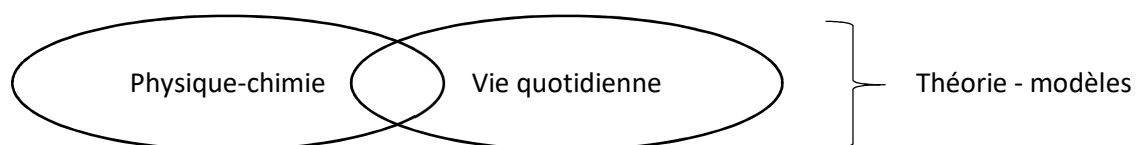
<b>L'énergie : conversions et transfert</b>	
<b>2. Effectuer des bilans d'énergie sur un système : le premier principe de la thermodynamique</b>	
<b>Notions et contenus</b>	<b>Capacités exigibles</b> <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
Modes de transfert thermique. Flux thermique. Résistance thermique.  Bilan thermique du système Terre-atmosphère. Effet de serre.  Loi phénoménologique de Newton, modélisation de l'évolution de la température d'un système au contact d'un thermostat.	Caractériser qualitativement les trois modes de transfert thermique : conduction, convection, rayonnement. Exploiter la relation entre flux thermique, résistance thermique et écart de température, l'expression de la résistance thermique étant donnée. Effectuer un bilan quantitatif d'énergie pour estimer la température terrestre moyenne, la loi de Stefan-Boltzmann étant donnée. Discuter qualitativement de l'influence de l'albédo et de l'effet de serre sur la température terrestre moyenne. Effectuer un bilan d'énergie pour un système incompressible échangeant de l'énergie par un transfert thermique modélisé à l'aide de la loi de Newton fournie. Établir l'expression de la température du système en fonction du temps. <i>Suivre et modéliser l'évolution de la température d'un système incompressible.</i> Capacité mathématique : Résoudre une équation différentielle linéaire du premier ordre à coefficients constants avec un second membre constant.



NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

## Document-réponse DR1 (partie 1)

Diagramme « des deux mondes »

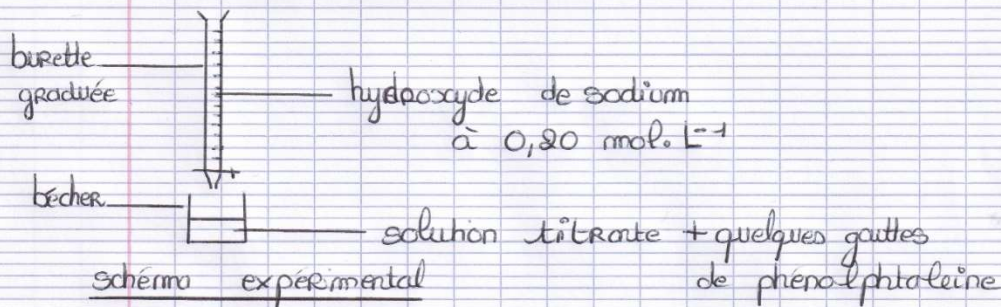




## Document – réponse DR2 (partie 5)

Extrait du compte rendu d'un élève

### II Titrage colorimétrique



La solution a changé de couleur à  $V_{\text{eq}_2} = 18,2 \text{ mL}$

À l'équilibre, il y a autant d'acide que de base

$$\text{donc on a : } n_A = n_{B, \text{eq}}$$

$$\text{donc : } C_A V_A = C_B (V_{\text{eq}_1} - V_{\text{eq}_2})$$

$$\text{On calcule } C_A : C_A = \frac{C_B \times (V_{\text{eq}_1} - V_{\text{eq}_2})}{V_A}$$

$$= \frac{0,20 \times (25,9 - 18,2)}{5,0}$$

$$= 0,308 \text{ mol.L}^{-1}$$

La concentration en acide vaut :  $C_A = 0,308 \text{ mol.L}^{-1}$

### III Rendement de la synthèse

$$\text{On sait que } \eta = \frac{n_{\text{théorique}}}{n_{\text{expérience}}} \times 100$$

On calcule  $n_{\text{théorique}}$  :

	alcool	+ acide	=	ester	+ eau
Etat initial	$3,1 \times 10^{-2}$	$8,7 \times 10^{-2}$		0	solvant
Etat final	$3,1 \times 10^{-2} - x_f$	$8,7 \times 10^{-2} - x_f$		$x_f$	solvant

$$n(\text{alcool}) = \frac{m}{M}$$

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

$$n(\text{alcool}) = \frac{d \times V}{M} = \frac{0,985 \times 5,0}{160,21} = 3,1 \times 10^{-2}$$

$$n(\text{acide}) = \frac{d \times V}{M} = \frac{1,049 \times 5,0}{60,052} = 8,7 \times 10^{-2}$$

Comme  $n(\text{alcool}) < n(\text{acide})$  alors  $x_f = 3,1 \times 10^{-2}$   
et  $n_{\text{théorique}} = 3,1 \times 10^{-2}$

On calcule  $n_{\text{experimental}}$  :

$$n_{\text{experimental}} = n(\text{acide}) - n_{\text{restant}} \\ = 8,7 \times 10^{-2} - n_{\text{restant}}$$

$$n_{\text{restant}} = C_A \times 100 \times 10^{-3} \\ = 0,308 \times 100 \times 10^{-3} \\ = 3,08 \times 10^{-2}$$

$$n_{\text{experimental}} = 8,7 \times 10^{-2} - 3,08 \times 10^{-2} \\ = \underline{5,62 \times 10^{-2}}$$

On calcule le rendement :

$$\eta = \frac{3,1 \times 10^{-2}}{5,62 \times 10^{-2}} \times 100 = 55 \%$$

Conclusion : on trouve un rendement plus petit alors qu'il devrait être plus grand, c'est bizarre, j'ai du mal manipuler