

SESSION 2026

CAPES CONCOURS EXTERNE ET CAFEP

SECTION : PHYSIQUE-CHIMIE

EPREUVE ECRITE DISCIPLINAIRE APPLIQUEE

L'épreuve s'appuie sur un corpus varié de documents (extraits d'ouvrage, d'article, productions d'élèves, etc.). Elle vise à évaluer les capacités d'analyse critique de documents puis l'aptitude des candidats à mobiliser des savoirs disciplinaires et didactiques dans le cadre de la construction d'une séquence d'enseignement au niveau du collège ou du lycée, pouvant revêtir un caractère expérimental.

L'épreuve porte sur les deux parties (physique et chimie) du champ disciplinaire du concours.

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.

Il appartient au candidat de vérifier qu'il a reçu un sujet complet et correspondant à l'épreuve à laquelle il se présente.

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. Le fait de rendre une copie blanche est éliminatoire.

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 vitesse en physique-chimie

Partie 2 – L'électricité : histoire, concepts et modèles

Partie 3 – La pile, siège d'une évolution spontanée d'un système chimique

Annexes

Annexe 1 – Ressources utiles pour la partie 1 du sujet

- 1-A** – Extraits des programmes des cycles 3 et 4 sur l'étude du mouvement
- 1-B** – Graphiques décrivant une course entre un cycliste et une voiture
- 1-C** – Quelques records de vitesse
- 1-D** – Activité expérimentale exploitant l'outil informatique en classe de seconde
- 1-E** – Estimation de la vitesse de propagation de la lumière dans le vide par Römer et Huygens en 1676
- 1-F** – Extrait du programme de terminale générale spécialité physique-chimie
- 1-G** – Extrait d'une activité expérimentale - suivi temporel d'une transformation chimique
- 1-H** – Extrait d'un programme Python
- 1-I** – Courbes expérimentales de suivi temporel
- 1-J** – Tableau de valeurs du temps de demi-réaction obtenues par douze groupes d'élèves
- 1-K** – Évolution de la fonction $\ln([\text{HO}^-])$ en fonction du temps t

Annexe 2 – Ressources utiles pour la partie 2 du sujet

- 2-A** – Copie d'élève - activité à caractère expérimental autour des interactions électrostatiques en classe de première spécialité physique-chimie
- 2-B** – Étude des rayons cathodiques par Thomson en 1897
- 2-C** – Extrait du programme d'enseignement scientifique de terminale

Annexe 3 – Ressources utiles pour la partie 3 du sujet

- 3-A** – Extrait du programme de terminale STL spécialité physique-chimie et mathématiques
- 3-B** – Énoncé d'une activité expérimentale autour de la pile électrochimique et résultats expérimentaux d'un élève
- 3-C** – Extrait du programme de terminale STL spécialité sciences physiques et chimiques en laboratoire
- 3-D** – Extrait d'un énoncé de titrage potentiométrique de l'ion fer (II) d'un produit anti-chlorose
- 3-E** – Courbes expérimentales du titrage potentiométrique

Documents réponses à rendre avec la copie

Document réponse DR-1 – Interrogation écrite en classe de troisième

Document réponse DR-2 – Énoncé et copie d'élève

Partie 1 – La vitesse en physique-chimie

Parmi les sujets étudiés par la physique-chimie figurent notamment tous les phénomènes évolutifs. Dès qu'il s'agit d'étudier l'évolution d'un phénomène au cours du temps, c'est-à-dire l'aspect cinétique de ce phénomène, intervient la notion de vitesse qui peut se définir généralement comme le rapport entre la variation d'une grandeur et la durée écoulée.

La notion de vitesse est souvent associée au domaine de la mécanique qui décrit le mouvement des systèmes matériels.

Elle intervient cependant également dans d'autres domaines de la physique : en thermodynamique, où la théorie cinétique des gaz décrit les vitesses des particules microscopiques ou encore en physique ondulatoire où on lui préfère parfois le terme de célérité.

En chimie, la cinétique chimique a pour objet l'étude de la vitesse des transformations.

La problématique de la notion de vitesse en physique et en chimie doit également s'articuler dans une dynamique interdisciplinaire avec les mathématiques et il est important de veiller à ce que les deux approches se complètent.

Objectifs de cette partie :

- Analyser la notion de vitesse en mécanique et son introduction progressive et spiralaire dans les programmes de collège et de lycée en lien avec les mathématiques.
- Étudier l'évolution historique de la mesure de la vitesse de la lumière.
- Étudier la notion de vitesse volumique de disparition ou d'apparition d'une espèce chimique en chimie.

Notion de vitesse en mécanique

La notion de vitesse de déplacement d'un objet est progressivement abordée en cycle 3 pour des mouvements uniformes, puis en cycle 4 pour des mouvements à vitesse variable. Les parties du programme des cycles 3 et 4 traitant du mouvement sont données en **annexe 1-A**.

Un professeur de physique-chimie propose à des élèves d'une classe de cinquième d'observer une courte vidéo. Dans cette vidéo, le champion du monde de cyclisme sur piste, François Pervis, défie une voiture de sport sur une distance de 100 mètres. Le départ, pour le cycliste, est donné une fois que celui-ci a atteint sa vitesse maximale et il conserve ensuite cette vitesse constante, tandis que la voiture part à l'arrêt et accélère constamment.

Le cycliste perd de peu la course. Le professeur propose à ses élèves d'identifier la représentation graphique qui décrit le mieux la situation observée.

- Q1.** Identifier, parmi les trois représentations graphiques proposées en **annexe 1-B** celle qui correspond à la situation décrite. Sur le graphique choisi, identifier la courbe associée au mouvement du cycliste et la courbe associée au mouvement de la voiture.
- Q2.** Un élève ne parvient pas à identifier le bon graphique. Proposer deux consignes intermédiaires successives (ou « coups de pouce ») pour l'aider dans la résolution de cette tâche.

Le professeur propose à des élèves de quatrième d'étudier la course de l'athlète jamaïcain Usain Bolt établissant le record du monde du 100 mètres en 9,58 secondes. Il leur propose

pour cela un fichier de tableur regroupant la distance d parcourue et l'instant t de la mesure, et leur demande de l'exploiter pour tracer les graphiques proposés dans l'**annexe 1-C.1**.

Q3. Proposer deux plus-values à l'usage d'un tableur en classe pour effectuer cette tâche.

Q4. Deux graphiques issus des données du tableur sont regroupés dans l'**annexe 1-C.1**. Proposer deux points de la colonne « connaissances et compétences associées » du programme de physique-chimie du cycle 4 fourni en **annexe 1-A**, que l'analyse de ces graphiques peut permettre d'aborder.

Q5. Le professeur souhaite maintenant exploiter une autre situation de record de vitesse, décrite dans l'**annexe 1-C.2**. Proposer une série de trois questions permettant d'évaluer les connaissances et compétences du programme de physique-chimie du cycle 4 fourni en **annexe 1-A**, en exploitant le document proposé dans l'**annexe 1-C.2**.

Q6. Le **document réponse DR-1**, à rendre avec la copie, est une copie d'élève rendue à la suite d'une évaluation sur le thème de l'étude des mouvements en classe de troisième. Corriger cette copie en identifiant les éventuelles erreurs et les formulations incorrectes et en rédigeant des commentaires permettant à l'élève de progresser.

En classe de seconde générale et technologique est introduit d'abord le *vecteur déplacement* d'un point, puis le *vecteur vitesse moyenne d'un point*. En voie générale, ce n'est qu'en terminale spécialité physique-chimie que le *vecteur vitesse* d'un point est défini avec la notion mathématique de dérivée.

Un système matériel est modélisé par un point (son centre de masse). Celui-ci a un mouvement rectiligne et occupe successivement les positions $M_0, M_1, M_2, \dots, M_9$ relevées à intervalle de temps constant Δt , dans un repère d'espace $(O, \vec{i})$, orienté dans le sens du mouvement.

Q7. Donner, telles qu'elles sont progressivement introduites au lycée en voie générale, les expressions :

- du *vecteur déplacement* du système entre les positions M_0 et M_2 (niveau seconde) ;
- du *vecteur vitesse moyenne* du système entre les positions M_0 et M_2 (niveau seconde) ;
- du *vecteur vitesse* du système à la position M_2 (niveau terminale spécialité).

Une professeure de lycée souhaite adapter l'exercice 2 proposé sur le **document réponse DR-1** à rendre avec la copie, pour proposer une activité expérimentale en classe de seconde générale et technologique. Il s'agit d'automatiser le tracé des vecteurs vitesses en différents points à l'aide d'un programme informatique en langage Python. L'activité proposée est en **annexe 1-D**.

Q8. Indiquer les lignes de code attendues à la question 2 de l'activité de l'**annexe 1-D**.

Q9. Déterminer la valeur v_1 de la vitesse qu'affichera le programme après son exécution.

Mesures de la vitesse de propagation de la lumière

On s'intéresse à présent à l'évolution historique de la mesure de la vitesse de propagation de la lumière. Le savant grec Empédocle fut le premier à postuler le caractère fini de la vitesse de la lumière au cinquième siècle avant notre ère.

Les premières traces historiques d'une tentative de mesure de la vitesse de propagation de la lumière remontent au début du dix-septième siècle : Galilée explique qu'il se place sur une colline de Florence et son assistant sur une autre colline à 1800 mètres. Galilée est muni d'une lanterne dont il masque la lumière. Il dévoile sa lanterne et déclenche en même temps une clepsydre (l'ancêtre de l'horloge). Dès que son assistant aperçoit la lumière, celui-ci démasque la sienne et quand Galilée aperçoit sa lueur, il arrête la clepsydre. Il jugea le résultat non convaincant et, avec clairvoyance, il estima que la valeur était tout simplement trop grande pour être mesurée.

Q10. En vous appuyant sur vos connaissances et en explicitant votre raisonnement à l'aide d'un calcul, justifier que la valeur de la vitesse de propagation de la lumière était trop grande pour être mesurée par Galilée.

Q11. Un élève de lycée demande à un professeur de lui expliquer la différence entre les termes « vitesse » et « célérité ». Proposer une réponse à apporter à l'élève.

Il fallut attendre la fin du dix-septième siècle pour que le caractère fini de la vitesse de propagation de la lumière soit observé expérimentalement.

Le document de l'**annexe 1-E** décrit comment les observations astronomiques de Römer ont permis la première estimation de la vitesse de propagation de la lumière dans le vide.

Q12. Énoncer les trois lois de Kepler, puis justifier en quoi les observations de Römer sont en contradiction avec l'une de ces lois.

Q13. Dédurre des observations de Römer la première valeur de la vitesse de propagation de la lumière obtenue par Huygens en 1675 et identifier une source d'erreur expliquant l'écart important avec la valeur de référence actuelle.

Les observations de Römer peuvent être analysées sous un autre angle : le mouvement de révolution de Io autour de Jupiter est un phénomène périodique. Son observation depuis la Terre, qui est en mouvement par rapport à Jupiter, fait apparaître une variation de la fréquence de son mouvement orbital qui augmente ou diminue selon que la Terre se rapproche ou s'éloigne de Jupiter.

Q14. Nommer ce phénomène, découvert et expliqué au milieu du dix-neuvième siècle.

Q15. Démontrer que lorsqu'un observateur se déplace à une vitesse v vers une source immobile émettant un signal de fréquence f se propageant à la célérité c , la fréquence f' reçue par l'observateur peut s'écrire :

$$f' = \frac{c \times f}{c - v}$$

Q16. La valeur maximale de la vitesse avec laquelle la Terre se rapproche de Jupiter était connue au dix-neuvième siècle :

$$v = 30 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$$

La période sidérale de l'orbite de Io autour de Jupiter était également connue :

$$T = 1,769 \text{ jour}$$

Römer avait observé que la période de Io pouvait diminuer au maximum de 15 secondes par rapport à sa valeur réelle.

Déterminer, à partir de ces données, la valeur de la vitesse de propagation de la lumière dans le vide et la comparer à la valeur attendue.

Dans la seconde moitié du dix-neuvième siècle, des scientifiques mettent au point des stratégies de mesure de plus en plus élaborées pour effectuer des mesures terrestres de la vitesse de propagation de la lumière. En 1862, Léon Foucault met au point une technique très ingénieuse : la lumière parcourt une certaine distance jusqu'à un miroir fixe qui la réfléchit en sens inverse. Le temps de l'aller-retour, un miroir tournant à grande vitesse a légèrement pivoté, ce qui dévie le faisceau. En mesurant cet angle de déviation et en connaissant la vitesse de rotation du miroir, il en déduit la vitesse de propagation de la lumière dans l'air.

Léon Foucault obtient ainsi pour une distance $D = (20,0 \pm 0,2) \text{ m}$, avec un miroir tournant à une fréquence $f = (375 \pm 3) \text{ Hz}$, un angle de déviation $\theta = (1,263 \pm 0,009) \text{ mrad}$.

On indique que les valeurs figurant après le symbole $\pm$ sont les incertitudes-types des grandeurs associées.

On admet que la célérité de la lumière dans l'air est donnée par la relation :

$$c = \frac{16 \times \pi \times D \times f}{\theta}$$

Q17. Déterminer la valeur de la vitesse de propagation de la lumière ainsi obtenue par Léon Foucault. Exprimer l'incertitude-type $u(c)$ en fonction des incertitudes-types $u(D)$, $u(\theta)$ et $u(f)$ et montrer que sa valeur est $5 \times 10^6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Q18. Décrire une autre expérience marquante de la physique qui a contribué à la renommée de Léon Foucault.

En 1983, lors de la dix-septième conférence générale des poids et mesures, le choix fut fait de définir la vitesse de propagation de la lumière dans le vide comme une constante fondamentale de la physique et de définir ensuite le mètre à partir de cette valeur :

$$c = 299\,792\,458 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

Q19. Vérifier si la mesure de Léon Foucault pouvait être considérée comme compatible avec la valeur de référence, en justifiant quantitativement votre conclusion.

Notion de vitesse en chimie

Le développement de la cinétique chimique débute vers le milieu du dix-neuvième siècle. Les travaux de Ludwig Ferdinand Wilhelmy (1812-1864) concernant le suivi par polarimétrie de l'hydrolyse du sucre de canne l'amènent à proposer une première loi quantitative empirique de la vitesse d'une réaction. Dans le programme de terminale générale de l'enseignement de spécialité physique-chimie, présenté en **annexe 1-F**, les notions de vitesse volumique d'apparition d'un produit ou de disparition d'un réactif sont introduites, ainsi que la notion d'ordre de réaction.

Le professeur propose à des élèves de terminale générale de réaliser une activité expérimentale de suivi temporel d'une transformation chimique totale. Un extrait de l'activité est présenté en **annexe 1-G**. Dans cette activité, il souhaite amener les élèves à vérifier si l'évolution d'une concentration suit ou non une loi de vitesse d'ordre 1.

Q20. Répondre aux trois questions de l'extrait de l'activité expérimentale proposée dans l'**annexe 1-G**.

Pour exploiter les données expérimentales obtenues, le professeur fournit un programme incomplet en langage Python dont un extrait est présenté en **annexe 1-H**.

Ce programme permet de tracer l'évolution du pH puis celle de la concentration en quantité de matière en ion hydroxyde au cours du temps.

Le professeur souhaite tout d'abord réactiver les notions vues dans la partie du programme traitant des transformations acide-base en invitant les élèves à compléter la ligne 10 du programme fourni en **annexe 1-H**.

Q21. Indiquer la réponse attendue en ligne 10 par le professeur.

Pour faciliter la compréhension des élèves et expliciter la signification des lignes de code, le professeur a inséré dans son programme des commentaires.

Q22. Proposer un commentaire à indiquer pour les lignes 15, 16, 19 et 21 du programme.

Q23. Justifier la décroissance de la courbe d'évolution du pH en fonction du temps présentée en **annexe 1-I**.

Le professeur introduit dans cette activité expérimentale la notion de temps de demi-réaction noté $t_{1/2}$. Dans l'énoncé de l'activité, les élèves ont à disposition un document ressource indiquant la définition du temps de demi-réaction et une méthode graphique pour déterminer sa valeur dans le cas d'une transformation totale.

Q24. Rédiger le document ressource avec les éléments que l'enseignant souhaite indiquer aux élèves pour qu'ils puissent déterminer le temps de demi-réaction.

Q25. Montrer que le réactif limitant est l'ion hydroxyde et estimer la valeur du temps de demi-réaction dans les conditions de l'expérience.

Le professeur souhaite sensibiliser les élèves à la notion d'incertitude. Il inscrit au tableau les valeurs obtenues par l'ensemble des douze groupes d'élèves pour la mesure du temps de demi-réaction. Les valeurs obtenues sont consignées dans le tableau présenté en **annexe 1-J**.

L'incertitude-type $u(X)$ d'une grandeur X associée à la moyenne de N mesures est donnée par la relation :

$$u(X) = \frac{s(X)}{\sqrt{N}}$$

avec $s(X)$ écart-type expérimental.

Q26. À partir des données fournies, calculer la valeur moyenne du temps de demi-réaction avec son incertitude-type associée $u(t_{1/2})$ par une approche statistique pour l'ensemble des douze groupes.

Un des objectifs de l'activité expérimentale est de vérifier si l'évolution de la concentration en ion hydroxyde suit une loi de vitesse d'ordre 1.

Q27. Nommer la méthode utilisée pour déterminer un ordre partiel de réaction dans le cas où l'éthanoate d'éthyle est en large excès par rapport à l'ion hydroxyde HO^- .

Q28. Établir, à partir de la définition de la vitesse de disparition de l'ion hydroxyde et de la loi de vitesse d'ordre 1 par rapport à l'ion hydroxyde, une relation entre $\ln([HO^-])$ et le temps t .

Le professeur demande aux élèves de tracer la courbe représentant $\ln([HO^-])$ en fonction du temps t . La courbe obtenue est présentée en **annexe 1-K**. Le professeur demande ensuite aux élèves d'exploiter la courbe.

- Q29.** Rédiger une conclusion que l'enseignant pourrait fournir aux élèves et estimer la valeur de la constante de vitesse k_{app} .
- Q30.** Sachant que l'ordre partiel par rapport à l'éthanoate d'éthyle est de 1, donner l'expression de la loi de vitesse de la réaction et justifier, à l'aide d'une loi, la dépendance de la constante de vitesse k avec la température.

À la fin du dix-neuvième siècle, les lois de vitesse ainsi que les notions d'ordre de réaction et de molécularité ont été établies sur les bases expérimentales et admises par la communauté des chimistes. À la suite des travaux expérimentaux d'Ostwald (prix Nobel de chimie en 1909 pour l'ensemble de ses travaux sur la catalyse), ce sont les concepts de catalyse qui voient le jour et il apparaît une amorce de théorie explicative : les réactions intermédiaires.

- Q31.** Donner le schéma de Lewis de l'éthanoate d'éthyle et de l'ion hydroxyde.
- Q32.** Proposer un mécanisme réactionnel modélisant la transformation chimique entre l'éthanoate d'éthyle et l'ion hydroxyde en utilisant le formalisme des flèches courbes.

Partie 2 – L'électricité : histoire, concepts et modèles

Dès le cycle 3, les élèves apprennent à réaliser des circuits électriques simples. Au cycle 4, puis en seconde, ils apprennent les premières lois de l'électricité. Le programme de la classe de seconde générale et technologique indique que « *l'électricité est un domaine riche tant sur le plan conceptuel qu'expérimental, mais délicat à appréhender par les élèves car les grandeurs électriques ne sont pas directement "perceptibles". Aussi doit-on particulièrement veiller à préciser leur signification physique et à leur donner du sens* ».

En classes de première et de terminale, dans le programme de spécialité physique-chimie, l'électricité est abordée dans le thème « L'énergie : conversions et transferts » et dans le thème « Mouvements et interactions » à travers les notions d'interaction électrostatique et de champ électrique ou lors de l'étude du mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique uniforme.

Enfin, le programme d'enseignement scientifique de terminale générale fait une large part aux transferts électriques de l'énergie.

Objectifs de cette partie

- Corriger une activité à caractère expérimental abordant la notion d'interaction électrostatique en classe de première générale.
- Exploiter l'expérience de Thomson et analyser une activité en classe de terminale générale spécialité physique-chimie.
- Aborder la problématique de la représentation de « l'usure du courant » en cycle 3 et un modèle de la conduction électrique dans les métaux.
- Analyser les principes physiques à la base des transferts électriques de l'énergie.
- Proposer une séquence pédagogique autour de l'électricité en enseignement scientifique de terminale.

Les différents programmes officiels rappellent que « *dès qu'elle est possible, une mise en perspective des savoirs avec l'histoire des sciences et l'actualité scientifique est fortement recommandée.* » et qu' « *une ouverture sur l'histoire des sciences peut être porteuse de sens et éclairer le cheminement de la connaissance* ».

Au dix-septième siècle, les principales découvertes portèrent sur l'électricité statique aussi nommée électrostatique.

Q33. Expliciter le domaine d'étude de l'électrostatique et en quoi il se distingue de celui de l'électrocinétique.

De nombreuses expériences simples à réaliser en classe et souvent spectaculaires permettent d'illustrer des phénomènes électrostatiques. On peut par exemple frotter sur de la laine un ballon de baudruche (en caoutchouc) gonflé d'air et le mettre en contact avec le plafond : il y reste alors comme « collé ».

Q34. Proposer une interprétation de cette expérience à l'échelle microscopique.

Lorsque l'on approche un matériau électrisé d'un filet d'eau, on observe une déviation du filet d'eau qui est attiré par l'objet électrisé.

Q35. Expliquer quelle propriété des molécules d'eau permet de justifier qu'elles soient sensibles à un champ électrique.

Q36. Lors des expériences d'électrostatique, les risques en termes de sécurité sont extrêmement limités, malgré des tensions mises en jeu pouvant atteindre plusieurs milliers de volts. Proposer une explication.

Vous êtes professeur en classe de première spécialité physique-chimie de la série générale et vous proposez aux élèves une séance expérimentale leur permettant de découvrir les lois de l'électrostatique conformément au programme officiel indiqué ci-dessous.

Notions et contenus	Capacités exigibles Activités expérimentales support de la formation
Charge électrique, interaction électrostatique, influence électrostatique. Loi de Coulomb.	Interpréter des expériences mettant en jeu l'interaction électrostatique. Utiliser la loi de Coulomb. Citer les analogies entre la loi de Coulomb et la loi d'interaction gravitationnelle.

Q37. À la question B-2 de l'activité expérimentale de l'annexe 2-A, l'élève indique qu'il ne comprend pas pourquoi l'électroscope est chargé alors qu'il l'a touché avec son doigt. Proposer une correction-type de la question B-2 de cette activité adaptée pour des élèves de première spécialité physique-chimie de la voie générale

C'est en s'intéressant à la nature du rayonnement cathodique que le britannique Joseph John Thomson découvrit l'électron en 1897 et l'identifia plus tard comme le vecteur du courant électrique dans les matériaux conducteurs.

Une partie de la démarche expérimentale de Joseph John Thomson peut être exploitée en classe de terminale spécialité physique-chimie dans le cadre de l'étude du mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique.

On propose ici d'exploiter certains éléments de la démarche expérimentale de Thomson.

On rappelle que la force de Lorentz a pour expression :

$$\vec{F} = q \times (\vec{E} + \vec{v} \wedge \vec{B})$$

Le schéma de principe de l'expérience réalisée par Thomson est rappelé en **annexe 2-B.2**.

Q38. Déterminer dans cette situation quelle doit être l'orientation du champ magnétique pour que la composante magnétique de la force de Lorentz puisse compenser sa composante électrique. Une démarche explicite justifiant la réponse est attendue.

Q39. En appliquant la 1^{ère} loi de Newton, déterminer la valeur de la vitesse du rayonnement cathodique à partir des résultats expérimentaux obtenus par Thomson et décrits dans l'**annexe 2-B.1**.

Q40. Justifier que cette expérience permet de trancher le débat sur la nature corpusculaire ou électromagnétique des rayons cathodiques.

L'exercice de l'**annexe 2-B.3** permet de déterminer la quantité $\frac{q}{m}$ des particules constituant le rayonnement cathodique suivant la méthode utilisée par Thomson.

Dans cet exercice, les questions posées sont dépendantes les unes des autres : on parle parfois de « questions à tiroir ».

Q41. Indiquer quel inconvénient pose ce type de questionnement.

Avant que l'électron ne fût définitivement identifié comme le seul vecteur du courant électrique dans les conducteurs, le débat sur la nature du « fluide électrique » agita fortement la communauté scientifique, comme le rappellent ces quelques lignes écrites en 1884 par le physicien britannique James Maxwell dans son traité élémentaire d'électricité :

« Tant que nous ignorons, si l'électricité est positive ou négative, ou si l'électricité même est une substance, tant que nous ne saurons pas si la vitesse du courant électrique est de plusieurs millions de lieues par seconde ou d'un centième de pouce à l'heure, ou même si le courant électrique marche du positif au négatif ou dans la direction opposée, nous devons éviter de parler de flux électrique. »

Le concept de courant électrique présente d'importantes difficultés d'ordre didactique. L'introduction, dès le programme du cycle 3, des premières lois de l'électricité doit notamment se faire avec précaution pour ne pas introduire des idées fausses dans l'esprit des élèves.

Le programme de sciences et technologie du cycle 3 précise notamment que : *« l'un des objectifs d'apprentissage est d'aider les élèves à dépasser une conception circulatoire du courant (courant qui s'épuise ou qui s'use) ».*

On propose à des élèves de sixième de réaliser des circuits électriques simples à partir du matériel suivant :

- une pile de tension à vide (fém) $E = 6 \text{ V}$;
- un interrupteur ;
- deux ampoules sur lesquelles est indiqué : $3,5 \text{ V} - 150 \text{ mA}$;
- une ampoule sur laquelle est indiqué : $6 \text{ V} - 50 \text{ mA}$.

Q42. Décrire succinctement une expérience utilisant le matériel précédent pour permettre à des élèves de sixième de rompre avec la conception erronée « d'usure du courant ».

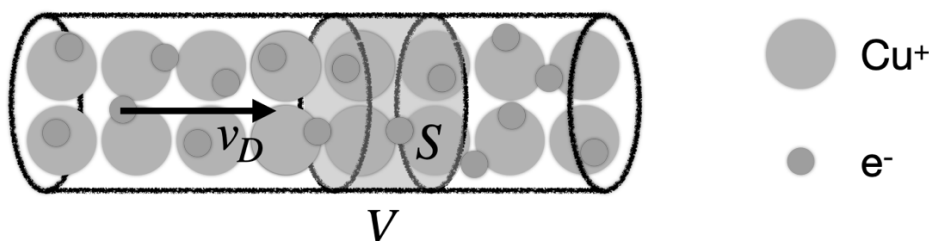
Q43. Proposer une réponse adaptée pour un élève de troisième qui poserait la question suivante : *« Pourquoi doit-on payer l'électricité puisque tout le courant que nous utilisons est rendu à E.D.F. ? ».*

Au lycée général et technologique, les idées reçues et les confusions sur la propagation du courant dans un conducteur métallique restent nombreuses.

On se propose d'estimer la valeur de la vitesse moyenne v_D de déplacement des électrons dans un fil de cuivre d'usage courant dans les laboratoires de physique et parcouru par un courant continu.

On définit pour cela un modèle dans lequel chaque atome de cuivre est totalement ionisé en ion Cu^+ et libère ainsi un électron e^- . Chaque ion Cu^+ partage donc un seul électron libre avec le réseau des cations métalliques. Le nombre d'électrons disponibles par unité de volume y est donc égal au nombre d'atomes par unité de volume.

On considère l'élément de fil schématisé ci-dessous, sans considération d'échelle, où V est le volume délimité par deux sections d'aire S et traversé par les électrons se déplaçant en ligne droite à la vitesse v_D supposée constante pendant une durée Δt :



Données :

- masse volumique du cuivre : $\rho = 8,96 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$;
- masse molaire atomique du cuivre : $M = 63,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$;
- constante d'Avogadro : $N_A = 6,02\cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$;
- charge élémentaire : $e = 1,60\cdot 10^{-19} \text{ C}$.

La densité volumique de charges électriques mobiles, notée ρ_e , dépend exclusivement et linéairement des quatre grandeurs ci-dessus.

Q44. Proposer une expression pour ρ_e issue, au choix, d'un raisonnement ou bien d'une analyse dimensionnelle.

Q45. Exprimer le volume V traversé par les électrons pendant une durée Δt à travers la section d'aire S à la vitesse v_D .

Q46. En déduire que la vitesse v_D des électrons peut s'écrire :

$$v_D = \frac{M \times I}{\rho \times S \times N_A \times e}$$

avec I intensité du courant continu.

Q47. Calculer la valeur de la vitesse v_D pour un courant continu d'intensité $I = 1,0 \text{ A}$ circulant dans un fil conducteur de section d'aire $S = 1,5 \text{ mm}^2$.

La vitesse v_S de propagation du signal électrique peut être décrite comme la vitesse à laquelle « l'ordre de la mise en mouvement des électrons » est transmis le long d'un conducteur. C'est la vitesse de transfert de l'information.

Q48. Donner un ordre de grandeur de cette vitesse v_S dans un conducteur.

Q49. Proposer une explication, adaptée pour un élève de cycle terminal, pour justifier la grande différence entre les valeurs des vitesses v_D et v_S .

Élaboration d'une séquence pédagogique

Q50. Présenter de manière structurée le contenu d'une séquence d'enseignement scientifique, en classe de terminale générale (6 heures d'enseignement), visant à traiter au moins deux des trois phénomènes physiques exploités pour la production d'électricité. On insistera sur la contextualisation qui devra s'appuyer sur des éléments précis et identifiés d'histoire des sciences et des expériences historiques marquantes à reproduire dans la classe.

Le programme d'enseignement scientifique de la classe de terminale générale est fourni en **annexe 2-C**.

Le candidat proposera :

- une évaluation diagnostique sous forme d'un questionnaire à choix multiples comportant trois questions ;
- les thèmes abordés dans les six séances d'enseignement ;
- le détail de l'une des séances d'enseignement : on précisera l'activité de l'enseignant et celle de l'élève, ainsi que les modalités de mise en œuvre ;
- une évaluation sommative de fin de séquence comprenant cinq questions dont une tâche complexe.

Partie 3 – La pile, siège d’une évolution spontanée d’un système chimique

Dans l’enseignement de spécialité physique-chimie de la classe de terminale générale, les élèves abordent l’étude des piles électrochimiques, à partir des réactions d’oxydo-réduction. Cette étude permet d’appliquer le critère d’évolution spontanée à des systèmes oxydant-réducteur.

La notion de pile électrochimique est aussi étudiée dans le programme de terminale STL spécialité physique-chimie et mathématiques et approfondie dans le programme de terminale STL spécialité sciences physiques et chimiques en laboratoire.

Objectifs de cette partie :

- Adapter une activité expérimentale.
- Corriger une copie d’élève.
- Adopter une approche différenciée pour la résolution d’un exercice.
- Élaborer une séquence pédagogique pour traiter la partie du programme d’enseignement de terminale STL spécialité physique-chimie et mathématiques présentée en **annexe 3-A**.

Une élève de terminale générale spécialité physique-chimie envisage de travailler sur la thématique des piles électrochimiques pour une question du Grand Oral. À la suite d’une séance de travail sur le Grand Oral, l’élève envisage la question suivante : « *Une pile au citron peut-elle remplacer une pile classique du quotidien ?* ».

Afin d’accompagner cette élève dans la préparation de sa question, le professeur propose à l’ensemble de son groupe classe de terminale générale spécialité physique-chimie une activité expérimentale présentée dans l’**annexe 3-B**, pour introduire la notion de pile électrochimique.

Plusieurs élèves sollicitent l’aide du professeur lors de la réalisation du montage électrique de l’activité expérimentale. Après un court échange avec les élèves, le professeur constate qu’ils ont oublié les conditions de branchement des deux appareils de mesure.

Q51. Proposer une aide pour chaque appareil de mesure concernant son branchement et son utilisation à fournir aux élèves.

Pendant l’activité expérimentale, le professeur circule de groupe en groupe pour vérifier les résultats expérimentaux et proposer, si besoin, une aide aux élèves. Les résultats expérimentaux d’un élève sont présentés dans l’**annexe 3-B**.

Q52. Indiquer une remarque que le professeur pourra formuler à l’élève sur l’écriture de ses résultats expérimentaux.

Q53. Donner deux arguments qui justifient le choix pédagogique du professeur lorsqu’il impose que les élèves mesurent une tension à vide E positive.

Q54. Rédiger une correction-type à destination des élèves des cinq questions de la partie « Exploitation des résultats expérimentaux » de l’activité de l’**annexe 3-B**.

À la suite de cette activité expérimentale, l’élève travaillant sur la thématique de la pile au citron pour sa question de Grand Oral sollicite le professeur, car elle souhaite fabriquer une pile au citron alimentant une diode électroluminescente. Après avoir effectué des recherches, l’élève demande au professeur, pour réaliser la pile au citron, le matériel suivant : un citron, une diode électroluminescente, des fils de connexion, une plaque de zinc, une plaque de cuivre et des pinces crocodiles.

Q55. Schématiser le circuit électrique que doit réaliser l'élève pour que la diode électroluminescente s'allume.

Q56. Écrire les équations des réactions électrochimiques se produisant à chaque électrode de la pile au citron.

Données à 298 K : $E^\circ(\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) / \text{Zn}(\text{s})) = -0,76 \text{ V}$; $E^\circ(\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) / \text{Cu}(\text{s})) = 0,34 \text{ V}$
 $E^\circ(\text{H}^+(\text{aq}) / \text{H}_2(\text{g})) = 0,00 \text{ V}$

Q57. L'élève réalise le montage électrique et constate que la diode électroluminescente ne s'allume pas. Proposer une explication à cette observation.

En série technologique, les questions du Grand Oral sont adossées à un projet technologique réalisé pendant l'année par groupes d'élèves. Une élève de terminale STL spécialité sciences physiques et chimiques en laboratoire travaillant sur un projet en lien avec la cuisine moléculaire vient soumettre au professeur, à la fin d'une séance, une proposition de question pour le Grand Oral : « Qu'est-ce qu'une pile à hydrogène ? »

Q58. Indiquer un conseil que le professeur pourra donner à l'élève afin d'améliorer cette question.

Le professeur souhaite adapter son activité expérimentale pour des élèves de terminale STL spécialité sciences physiques et chimiques en laboratoire en ajoutant des questions supplémentaires.

Q59. En s'appuyant sur les capacités exigibles du programme de STL spécialité sciences physiques et chimiques en laboratoire fourni en **annexe 3-C**, proposer quatre questions supplémentaires en lien avec les piles électrochimiques pour adapter cette activité expérimentale sachant que le professeur fournira les potentiels standards des couples mis en jeu.

Pour compléter le traitement de la partie oxydo-réduction du programme de STL spécialité sciences physiques et chimiques en laboratoire qui est fourni en **annexe 3-C**, le professeur propose aux élèves de STL un titrage potentiométrique. L'énoncé du protocole expérimental donné aux élèves est fourni en **annexe 3-D**.

Q60. Faire un schéma du dispositif expérimental.

L'électrode de référence utilisée est une électrode au calomel saturée, souvent notée ECS.

Q61. Décrire la constitution de cette électrode et expliquer, en utilisant la loi de Nernst, pourquoi elle peut être utilisée comme une électrode de référence.

Couple mis en jeu : $\text{Hg}_2\text{Cl}_2(\text{s}) / \text{Hg}(\ell)$

Un groupe d'élèves a obtenu la courbe expérimentale de titrage potentiométrique $e = f(V)$, e étant la différence de potentiel entre l'électrode de mesure et celle de référence, et la courbe $\frac{de}{dV}$ dérivée de e par rapport à V , par un traitement numérique. Ces courbes expérimentales sont présentées en **annexe 3-E**. Le professeur souhaite que les élèves exploitent ces courbes afin d'en déduire la valeur du potentiel standard des deux couples d'oxydo-réduction mis en jeu dans ce titrage potentiométrique et déterminent la concentration en quantité de matière de l'ion fer (II) de la solution d'anti-chlorose étudiée.

Q62. Indiquer la méthode pour déterminer les valeurs expérimentales des potentiels standards des deux couples d'oxydo-réduction mis en jeu. Déterminer ces valeurs expérimentales.

Q63. Écrire l'équation de la réaction support du titrage et déterminer la valeur de la concentration en quantité de matière de l'ion fer (II) de la solution d'anti-chlorose étudiée.

Afin de traiter la capacité exigible « *Déterminer la quantité d'électricité disponible dans une pile à partir des quantités de matière initiales* » du programme de terminale STL spécialité physique-chimie et mathématiques, un exercice type « résolution de problème » est proposé aux élèves. Le **document réponse DR-2**, à rendre avec la copie, est le travail qu'un élève a produit pour ce type d'exercice.

Q64. Annoter la copie de l'élève du **document réponse DR-2**, de façon à identifier les erreurs présentes et à formuler au moins quatre conseils qui permettront à l'élève de remédier à ses erreurs.

Quelques élèves sont mis en difficulté par cet exercice car la démarche à mettre en œuvre n'est pas indiquée dans l'énoncé.

Q65. Proposer un énoncé d'exercice contenant deux questions intermédiaires qui orientent sur la stratégie de résolution à mettre en œuvre pour résoudre cet exercice.

Le professeur souhaite évaluer la compétence Analyser/Raisonner dans cet exercice. Un extrait du programme de terminale STL spécialité sciences physiques et chimiques en laboratoire explicitant la compétence Analyser/Raisonner est fourni ci-dessous :

Compétences	Quelques exemples de capacités associées
Analyser/ Raisonner	- Formuler des hypothèses. - Proposer une stratégie de résolution. - Planifier des tâches. - Évaluer des ordres de grandeur. - Choisir un modèle ou des lois pertinentes. - Choisir, élaborer, justifier un protocole. - Faire des prévisions à l'aide d'un modèle. - Procéder à des analogies.

Q66. Établir une grille d'évaluation pour la compétence Analyser/Raisonner qui précise au moins trois indicateurs de réussite observables.

Élaboration d'une séquence pédagogique

Q67. Proposer, de manière synthétique, le contenu d'une séquence d'enseignement constituée de trois séances de deux heures visant à traiter la partie du programme de terminale STL spécialité physique-chimie et mathématiques présentée en **annexe 3-A**. Les documents présentés dans l'**annexe 3-B** et dans le **document réponse DR-2** pourront être utilisés.

Le candidat :

- proposera une contextualisation et une problématique pour la séquence ;
- explicitera les objectifs et les contenus de chaque séance en précisant le type d'activité envisagée ;
- réalisera une évaluation formative sous forme d'un questionnaire à choix multiples comportant quatre questions permettant de tester l'ensemble des capacités exigibles ci-dessous :

Transformation de la matière	
Réactions d'oxydo-réduction	
Notions et contenus	Capacités exigibles
Oxydant, réducteur, nombre d'oxydation. Couple oxydant / réducteur (redox). Equations de demi-réaction.	- Déterminer le nombre d'oxydation d'un élément dans une espèce inorganique. - Identifier l'oxydant et le réducteur dans une réaction donnée à l'aide du nombre d'oxydation. - Définir l'oxydant et le réducteur d'un couple redox, dans le cadre du modèle par transfert d'électrons. - Écrire une équation de demi-réaction.

ANNEXES DE LA PARTIE 1

Annexe 1-A : Extraits des programmes des cycles 3 et 4 sur l'étude du mouvement

Cycle 3 :

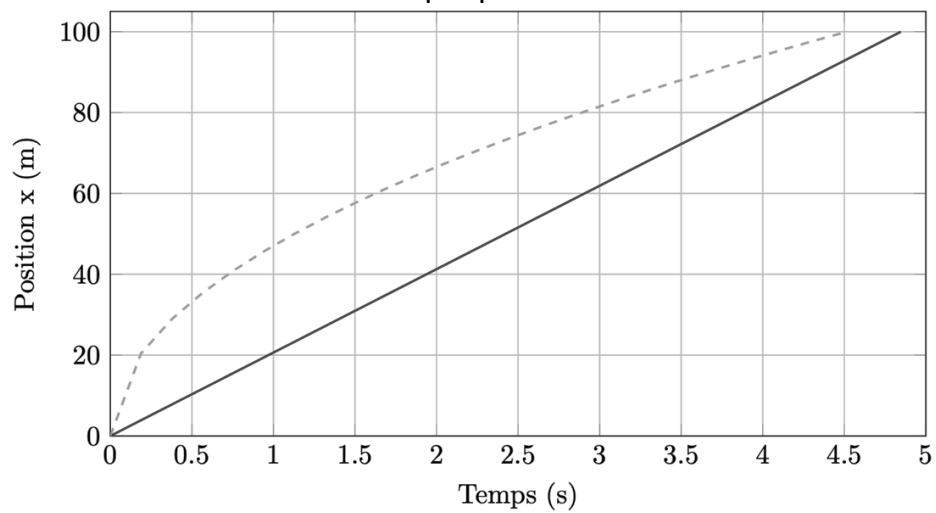
Différents types de mouvement	
Attendus de fin de cycle Décrire un mouvement en précisant le point de vue. Caractériser un mouvement par des mesures.	
Connaissances et compétences attendues en fin de cours moyen	Connaissances et compétences attendues en fin de sixième
Observer et identifier le mouvement rectiligne ou circulaire d'un objet, en précisant le point de vue. Mesurer une distance lors du déplacement d'un objet. Mesurer une durée, comme intervalle entre deux instants, lors du déplacement d'un objet. Effectuer des conversions d'unités de distance et de temps.	Calculer la valeur de la vitesse à partir de la distance parcourue et de la durée de déplacement dans le cas du mouvement uniforme d'un objet par rapport à un observateur. Observer et identifier des situations où la vitesse d'un objet en mouvement par rapport à un observateur a une valeur constante ou variable. Effectuer des conversions d'unités de distance et de temps, en particulier dans le contexte du mouvement de révolution des planètes autour du Soleil.

Cycle 4 :

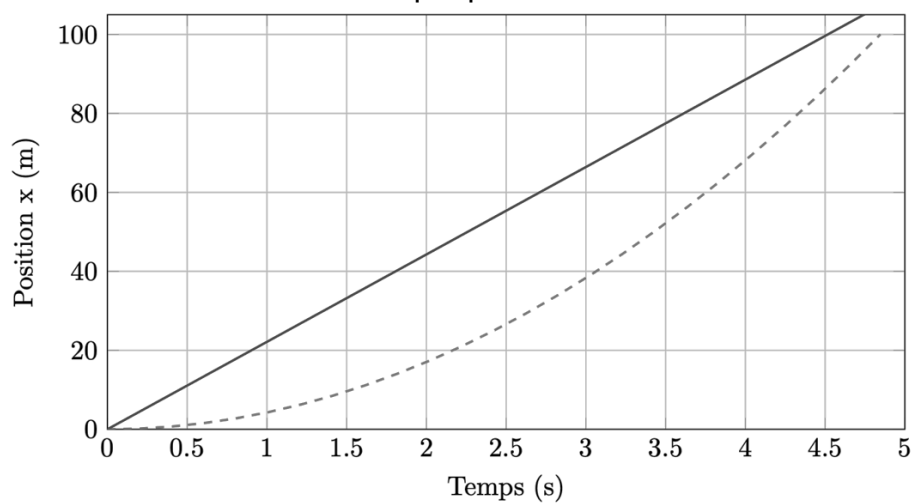
Connaissances et compétences associées	Exemples de situations, d'activités et d'outils pour l'élève
Caractériser le mouvement d'un objet. Utiliser la relation liant vitesse, distance et durée dans le cas d'un mouvement uniforme. - Vitesse : direction, sens et valeur. - Mouvements rectilignes et circulaires. - Mouvements uniformes et mouvements dont la vitesse varie au cours du temps en direction ou en valeur. - Relativité du mouvement dans des cas simples.	L'ensemble des notions de cette partie peut être abordé à partir d'expériences simples réalisables en classe, de la vie courante ou de documents numériques. Utiliser des animations des trajectoires des planètes, qu'on peut considérer dans un premier modèle simplifié comme circulaires et parcourues à vitesse constante. Comprendre la relativité des mouvements dans des cas simples (train qui démarre le long d'un quai) et appréhender la notion d'observateur immobile ou en mouvement.

Annexe 1-B : Graphiques décrivant une course entre un cycliste et une voiture

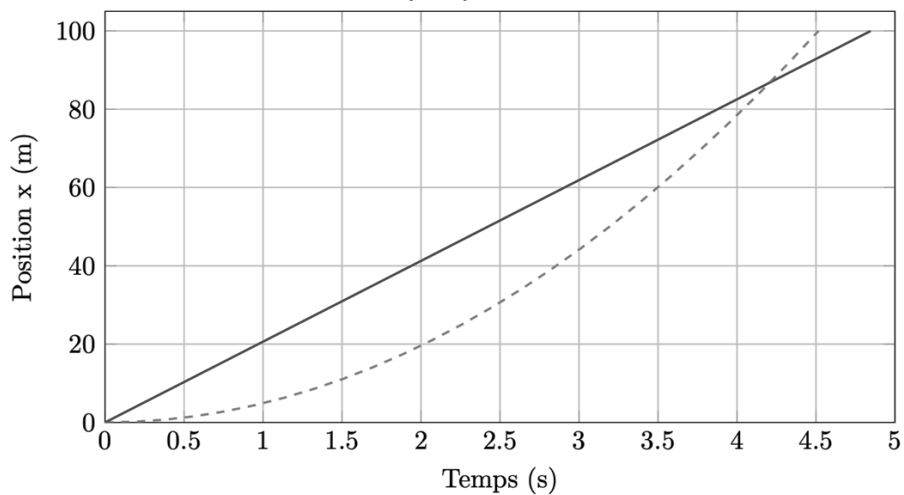
Graphique A :



Graphique B :

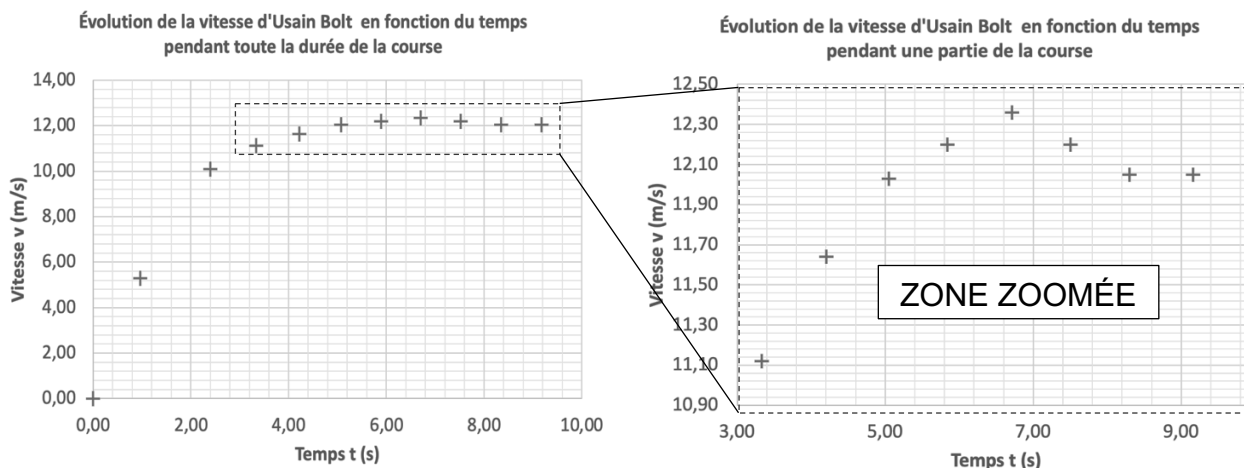


Graphique C :



Annexes 1-C : Quelques records de vitesse (source : Éduscol)

1-C.1. Record du monde d'Usain Bolt :



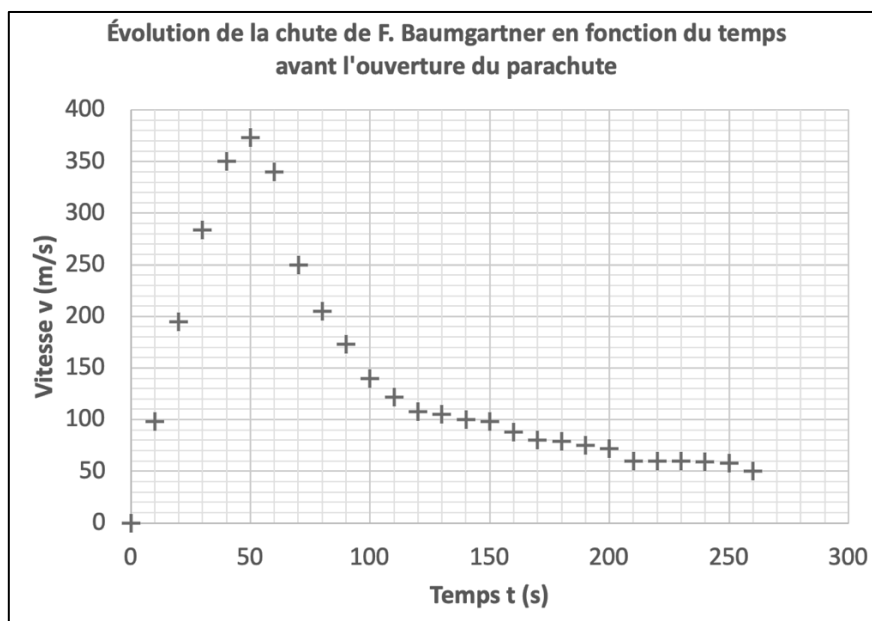
1-C.2. Records du monde de Felix Baumgartner :

À bord d'une capsule qui s'est élevée à plus de 39 000 mètres d'altitude grâce à un ballon rempli d'hélium, Felix Baumgartner, le 14 octobre 2012, se lance dans une chute libre de 4 minutes et 19 secondes et 36 529 mètres, devenant le premier homme à dépasser le mur du son sans propulsion et atteignant la vitesse maximale de 1 342,8 km/h avant d'ouvrir son parachute à 2 500 mètres d'altitude (et une vitesse d'équilibre alors de presque 200 km/h) et de se poser sans encombre après une chute totale de 9 minutes et 3 secondes.

t(s)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
v (m/s)	0	98	195	284	350	373	340	250	205	173	140

t(s)	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
v (m/s)	122	108	105	100	98	88	80	79	75	72	60

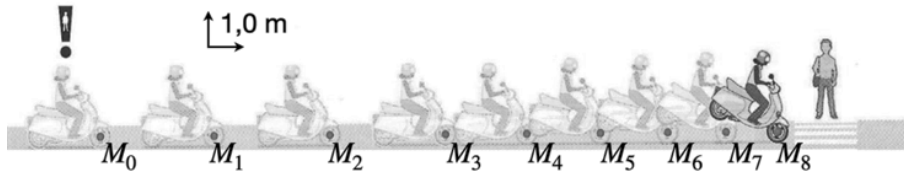
t(s)	220	230	240	250	260
v (m/s)	60	60	59	58	50



Annexe 1-D : Activité expérimentale exploitant l'outil informatique en classe de seconde

On s'intéresse au mouvement du moyeu (centre) de la roue avant du scooter dont on a relevé les positions au cours du temps dans un repère orienté (O, x, y).

1. Placer sur la figure le repère orienté (O, x, y) qui a été utilisé pour le pointage.
2. Compléter les lignes 6 et 14 indiquées dans le programme Python.
3. Exécuter le programme.

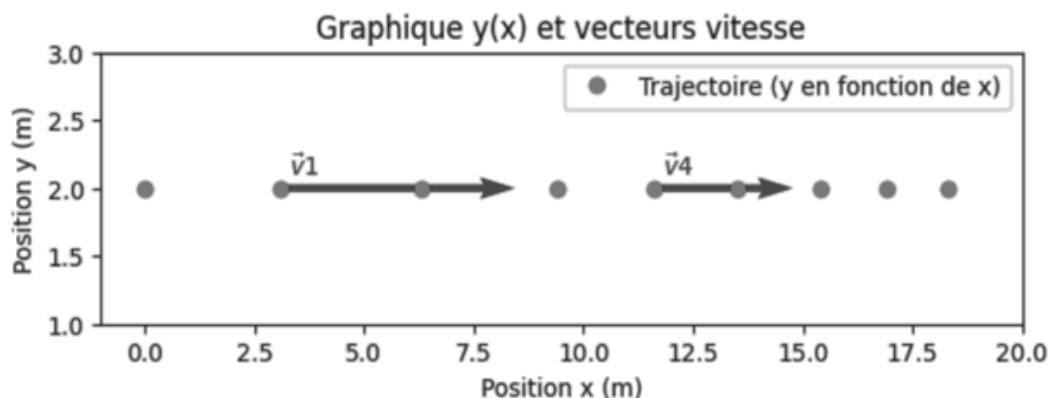


x (m)	0,0	3,1	6,3	9,4	11,6	13,5	15,4	16,9	18,3
y (m)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
t (s)	0,0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4

```

1      import numpy as np
2      import matplotlib.pyplot as plt
3
4      def vecteur_vitesse(x, y, dt, i):
5
6          vx =
7
8          vy = 0
9          vitesse = vx
10         plt.quiver(x[i], y[i], vx, vy, scale_units='xy', scale=2, color='b')
11         plt.text(x[i] + 0.2, y[i] + 0.1, r"$\vec{v}$" + str(i), color='blue')
12         print(f"Au point M{i}, la vitesse vaut {round(vitesse, 1)} m/s")
13
14         dt =
15
16         x = [0, 3.1, 6.3, 9.4, 11.6, 13.5, 15.4, 16.9, 18.3]
17         y = [2., 2., 2., 2., 2., 2., 2., 2., 2.]
18         fig = plt.figure(1, figsize=(7, 2))
19         plt.plot(x, y, 'ro', label="Trajectoire (y en fonction de x)")
20         vecteur_vitesse(x, y, dt, 1) # Second point (i = 1)
21         vecteur_vitesse(x, y, dt, 4) # Cinquième point (i = 4)
22         plt.ylim(1, 3)
23         plt.xlim(-1, 20)
24         plt.xlabel("Position x (m)")
25         plt.ylabel("Position y (m)")
26         plt.title("Graphique y(x) et vecteurs vitesse")
27         plt.legend()
28         plt.show()

```

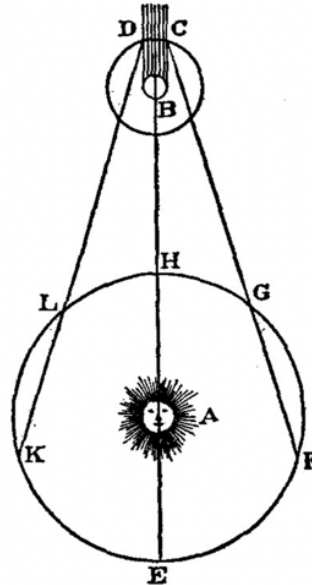


Annexe 1-E : Estimation de la vitesse de propagation de la lumière dans le vide par Römer et Huygens en 1676

(Source : Bibliothèque de l'Observatoire de Paris)

En 1675, l'astronome danois Ole Christensen Römer entreprend de faire des mesures de la durée d'une révolution du satellite Io autour de Jupiter en relevant précisément à chaque tour, l'instant auquel Io entre dans le cône d'ombre de Jupiter. Il établit la période de Io à 42,5 heures. Il constate cependant que ce résultat varie en fonction de la position de la Terre par rapport au Soleil au moment de la mesure.

Römer se trouve alors devant une contradiction. Il comprend qu'il doit intégrer la durée que met la lumière pour franchir la distance séparant Io de la Terre et que cette distance diminue lorsque la Terre se rapproche de Jupiter et augmente lorsqu'elle s'en éloigne.



Sur la figure ci-dessus, A est le Soleil, B est Jupiter, C et la position de Io lorsqu'il entre dans le cône d'ombre de Jupiter et D sa position lorsqu'il en sort. E, F, G, H, L et K sont des positions successives de la Terre.

Römer estima ainsi en 1676 que la durée mise par la lumière pour parcourir la distance EH (sur la figure ci-dessus) était de 22 minutes. Il montra ainsi que la vitesse de la lumière était une grandeur finie.

La mesure de l'unité astronomique (distance moyenne de la Terre au Soleil) par Cassini et Richer en 1672 à partir de la détermination de la parallaxe de Mars au moment de son opposition avait permis d'estimer la valeur suivante :

$$1 \text{ ua} = 1,5 \cdot 10^8 \text{ km.}$$

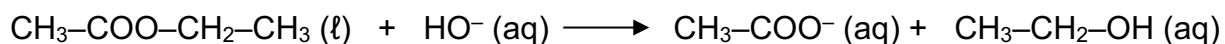
Le néerlandais Christian Huygens put ainsi déterminer la première mesure de la vitesse de la lumière dans le vide.

Annexe 1-F : Extrait du programme de terminale générale spécialité physique-chimie

Constitution et transformations de la matière	
2. Modéliser l'évolution temporelle d'un système, siège d'une transformation	
Notions et contenus	Capacités exigibles Activités expérimentales support de la formation
Suivi temporel et modélisation macroscopique Vitesse volumique de disparition d'un réactif et d'apparition d'un produit. Temps de demi-réaction. Loi de vitesse d'ordre 1.	À partir de données expérimentales, déterminer une vitesse volumique de disparition d'un réactif, une vitesse volumique d'apparition d'un produit ou un temps de demi-réaction. Mettre en œuvre une méthode physique pour suivre l'évolution d'une concentration et déterminer la vitesse volumique de formation d'un produit ou de disparition d'un réactif. Identifier, à partir de données expérimentales, si l'évolution d'une concentration suit ou non une loi de vitesse d'ordre 1. Capacité numérique : À l'aide d'un langage de programmation et à partir de données expérimentales, tracer l'évolution temporelle d'une concentration, d'une vitesse volumique d'apparition ou de disparition et tester une relation donnée entre la vitesse volumique de disparition et la concentration d'un réactif.

Annexe 1-G : Extrait d'une activité expérimentale - suivi temporel d'une transformation chimique

L'éthanoate d'éthyle est un solvant peu toxique. Il est cependant rarement utilisé en raison de sa réactivité avec les bases. En effet, l'éthanoate d'éthyle réagit avec les ions hydroxyde pour produire de l'éthanol. Cette transformation est appelée une saponification. Cette réaction, considérée comme totale et lente, est modélisée par l'équation chimique suivante :



Protocole de suivi temporel de la transformation chimique :

- Introduire 20,0 mL d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration en quantité de soluté apporté $2,5 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ dans un bécher de 200 mL, puis rajouter 80 mL d'eau distillée.
- Mettre en place la sonde de mesure du pH-mètre dans le bécher et homogénéiser la solution avec un agitateur magnétique afin de mesurer le *pH* de la solution à l'instant initial.
- Prélever 2 mL d'éthanoate d'éthyle pur et verser l'éthanoate d'éthyle dans le bécher

contenant la solution aqueuse d'hydroxyde de sodium et déclencher le chronomètre au même instant.

- Mesurer le pH de la solution toutes les minutes pendant 10 minutes (l'agitation est présente tout au long de l'acquisition).

Données :

Pictogramme de sécurité de l'éthanoate d'éthyle :



H225 - Liquide et vapeurs très inflammables

H319 - Provoque une sévère irritation des yeux

H336 - Peut provoquer somnolence ou vertiges

EUH066 - L'exposition répétée peut provoquer dessèchement ou gerçures de la peau

Masse molaire de l'éthanoate d'éthyle $M(C_4H_8O_2) = 88,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

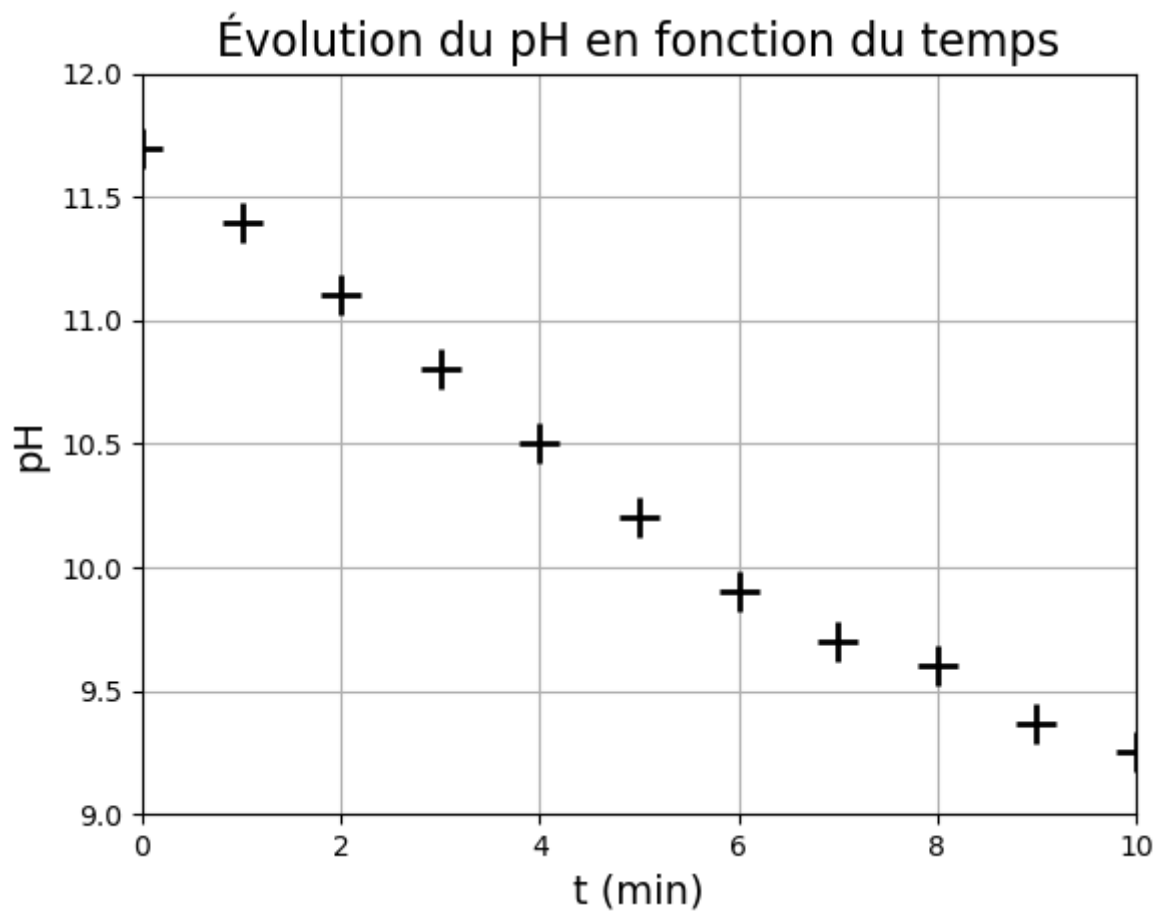
Densité de l'éthanoate d'éthyle $d(C_4H_8O_2) = 0,902$

1. Indiquer les précautions de sécurité à respecter pour réaliser cette expérience.
2. Lister la verrerie nécessaire pour réaliser ce protocole.
3. Justifier le choix d'un pH-mètre pour suivre l'évolution temporelle de cette transformation.

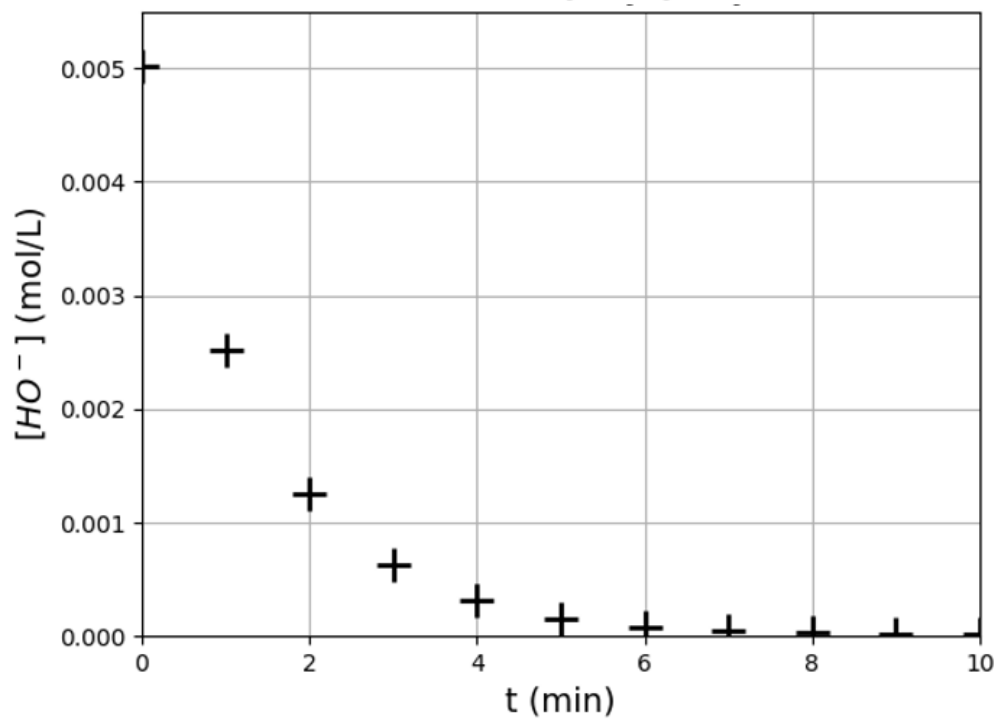
Annexe 1-H : Extrait d'un programme Python

LIGNE	
1	import numpy as np # importation bibliothèque numpy
2	import matplotlib.pyplot as plt # importation bibliothèque matplotlib.pyplot
3	
4	# tableau des abscisses
5	t=np.array([0.0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10])
6	# tableau des ordonnées
7	pH=np.array([10.90,10.74,10.60,10.40,10.25,10,9.82,9.65,9.5,9.37,9.25])
8	
9	pKe=14 # à 25 degrés
10	C_HO=.....# concentration en quantité de matière d'ion hydroxyde
11	
12	# représentation graphique : pH en fonction du temps
13	
14	plt.plot(t,pH,'k+', ms=15,markeredgewidth=2)
15	plt.grid()#.....
16	plt.xlabel('t (min)',fontsize=14) #.....
17	plt.ylabel('pH',fontsize=14)
18	plt.title("Évolution du pH en fonction du temps",fontsize=16)
19	plt.axis(xmin=0,xmax=10) #
20	plt.axis(ymin=9,ymax=12)
21	plt.show() #.....
22	
23	# représentation graphique : C_HO en fonction du temps
24	
25	plt.plot(t,C_HO,'k+',ms=15, markeredgewidth=2)
26	plt.grid()
27	plt.xlabel('t (min)',fontsize=14)
28	plt.ylabel('\$[HO^-]\$ (mol/L)',fontsize=14)
29	plt.title("Évolution de la concentration en ion hydroxyde en fonction du temps",fontsize=16)
30	plt.axis(ymin= 0.0,ymax=0.0008)
31	plt.axis(xmin=0,xmax=10)
32	plt.show()
33	
34	
35	

Annexe 1-I : Courbes expérimentales de suivi temporel



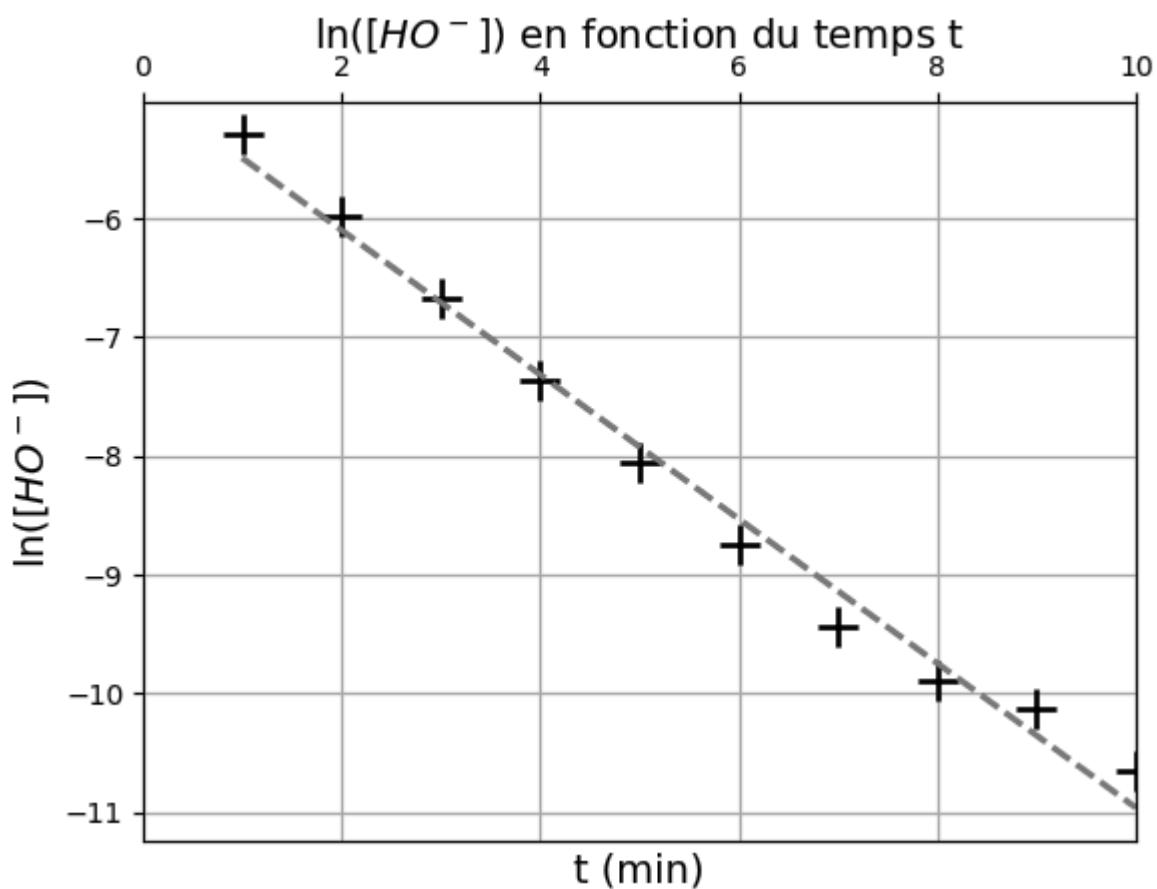
Évolution de la concentration en ion hydroxyde en fonction du temps



Annexe 1-J : Tableau de valeurs du temps de demi-réaction obtenues par douze groupes d'élèves

groupe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$t_{1/2}$ en s	60	65	58	62	54	63	54	57	56	60	65	62

Annexe 1-K : Évolution de la fonction $\ln([HO^-])$ en fonction du temps t



 Régression linéaire du type : $y = at + b$
 pente $a = -0.6080220151621247$ (par minute)
 ordonnée à l'origine $b = -4.883015453876041$ (sans unité)
 Coefficient de régression linéaire : -0.9938811376705048

ANNEXES DE LA PARTIE 2

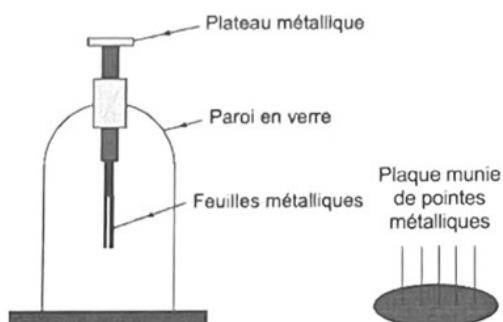
Annexe 2-A : Copie d'élève - activité à caractère expérimental autour des interactions électrostatiques en classe de première spécialité physique-chimie.

ÉLECTROSTATIQUE : ÉTUDE DES CHARGES ÉLECTRIQUES

Dans cette activité expérimentale, il s'agit de manipuler des charges électriques et d'en observer les effets grâce à un appareil appelé « électroscope » (document 1). Les charges seront créées par frottements entre différents matériaux (document 2). Un sèche-cheveux pourra vous être utile pour assécher l'air environnant et améliorer les manipulations.

Document 1 : L'électroscope

L'électroscope est un appareil constitué d'un plateau relié par un fil métallique à deux très fines feuilles métalliques en aluminium ou en or qui sont protégées des courants d'air par une paroi de verre. En l'absence de charges, les feuilles sont verticales. Elles s'écartent d'autant plus l'une de l'autre qu'elles sont fortement chargées.



Document 2 : Série triboélectrique

Une série triboélectrique est un ensemble de corps classés en fonction de leur capacité à se charger plus ou moins positivement ou négativement par frottement les uns avec les autres. En voici une :

se chargent positivement +	peau humaine sèche cuir fourrure de lapin verre quartz cheveux nylon laine fourrure de chat soie aluminium
neutre ou quasi neutre	papier coton acier bois
se chargent négativement -	ambre cuivre argent or platine polystyrène cellophane PVC silicone téflon caoutchouc de silicone

A. Charge par contact (ou par conduction) :

S'assurer que l'électroscope est déchargé en le touchant quelques secondes avec la main. Toucher le plateau de l'électroscope avec une tige de PVC préalablement frottée avec un morceau de laine.

- Justifier la nature des charges et comment elles se répartissent dans l'électroscope ? Compléter le schéma.

L'électroscope est chargé moins car le PVC est chargé moins.



Refaire la même manipulation en remplaçant la tige de PVC par une tige de verre.

- Justifier la nature des charges et comment elles se répartissent dans l'électroscope ? Compléter le schéma.

L'électroscope est chargé plus car le verre est chargé plus.



3. Proposer un protocole permettant de démontrer, à l'aide de l'électroscope, qu'il existe 2 types de charges électriques.

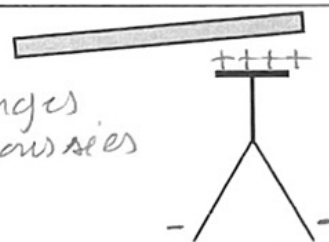
Si on frotte du PVC et du verre, ils vont s'attirer

B. Charge sous influence (ou par induction) :

S'assurer que l'électroscope est déchargé en le touchant quelques secondes avec la main.
Approcher du plateau de l'électroscope une tige de PVC préalablement frottée avec un morceau de laine, **sans le toucher**.

1. Justifier la nature des charges et comment elles se répartissent dans l'électroscope ? Compléter le schéma.

Les charges plus montent car elles sont attirées par le PVC et les charges moins descendent car elles sont repoussées



En maintenant cette position, toucher brièvement le plateau de l'électroscope avec le doigt, puis éloigner le matériau électrisé du plateau.

2. Interpréter vos observations ? Compléter le schéma.

Lorsqu'on touche l'électroscope, il est déchargé donc je ne comprends pas pourquoi les feuilles se repoussent encore.



C. Charge par transfert (ou par le pouvoir des pointes) :

S'assurer que l'électroscope est déchargé en le touchant quelques secondes avec la main.
Placer une plaque métallique munie de pointes sur le plateau de l'électroscope.
Approcher des pointes une tige de PVC préalablement frottée avec un morceau de laine sans les toucher, puis éloigner la tige.

Notez vos observations et émettre des hypothèses permettant de justifier votre observation.

On observe que si on approche le PVC du plateau sans le toucher, les feuilles se repoussent et elles restent écartées quand on éloigne le PVC.
On dirait que des charges sont passées par l'air mais l'air est un isolant donc je ne comprends pas.

Annexe 2-B : Étude des rayons cathodiques par Thomson en 1897

2.B.1 : Vitesse de propagation des rayons cathodiques

Joseph John Thomson découvrit l'électron en utilisant un tube à rayons cathodiques inventé par William Crookes vers 1875 et perfectionné par Ferdinand Braun en 1897 : il s'agit d'un tube hermétique d'environ un mètre de longueur rempli d'air sous une pression inférieure à 100 pascals. Dans la partie gauche du tube une cathode et une anode, soumises à une forte différence de potentiel, permettent de générer un rayonnement « cathodique ». À la droite du tube, un revêtement fluorescent permet d'identifier le lieu où le rayonnement rencontre le fond du tube.

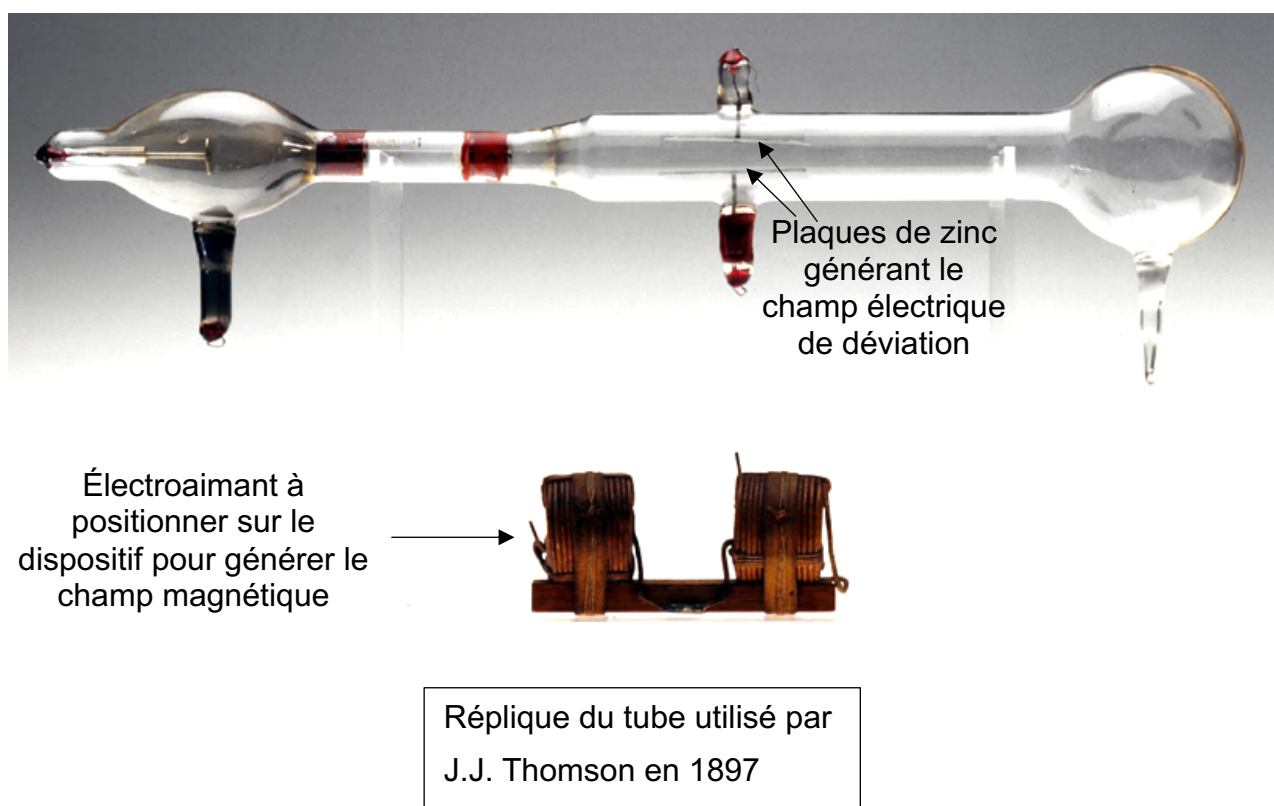
En plaçant deux plaques métalliques soumises à une différence de potentiel, au-dessus et en dessous du faisceau, Thomson observe que le faisceau est dévié verticalement vers le haut ou vers le bas selon le signe de la différence de potentiel.

Il constate que la déviation se fait systématiquement vers la plaque chargée positivement.

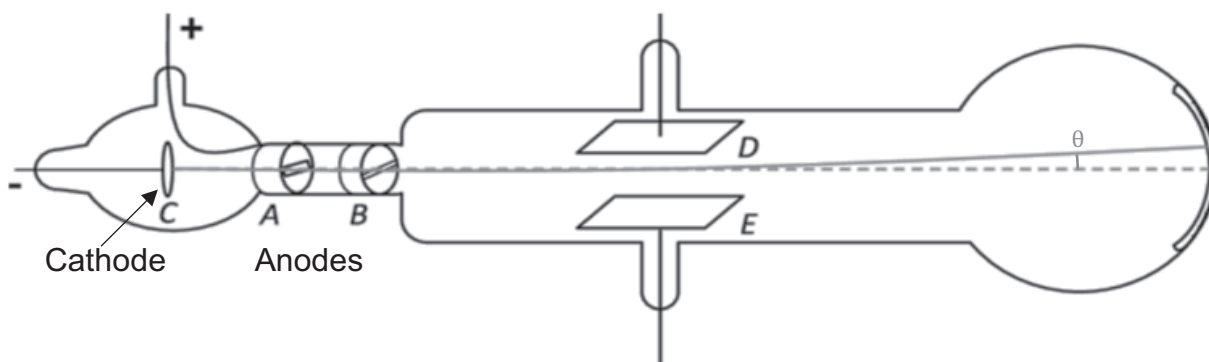
Il observe que le même effet se produit en présence d'un électroaimant, la déviation s'inversant quand on inverse le sens du courant dans les bobines.

Thomson propose de faire subir simultanément au faisceau l'action des plaques métalliques et l'action des électroaimants de manière à ce que les deux effets se compensent très exactement et que le faisceau redevienne rectiligne.

Il obtient la neutralisation des effets de ces deux forces pour un champ électrique de valeur $E = (15 \pm 2) \text{ kV} \cdot \text{m}^{-1}$ et un champ magnétique de valeur $B = (0,72 \pm 0,08) \text{ mT}$.



2.B.2 : Schéma de principe du dispositif de Thomson



Le faisceau représenté correspond à la déviation due uniquement à la force électrostatique

2.B.3 : Détermination du rapport entre la charge et la masse des particules

En l'absence de champ magnétique, Thomson mesure la déviation des rayons cathodiques sous l'effet du seul champ électrique créé par les plaques de déviation de longueur $L = 5 \text{ cm}$ et séparées de $l = 1,5 \text{ cm}$.

Il applique entre les deux plaques une différence de potentiel $U = 225 \text{ V}$ et observe alors à l'extrémité du tube, à $D = 15 \text{ cm}$ des plaques, que le faisceau cathodique est dévié verticalement de $d = 2 \text{ cm}$.

On admet que les particules qui constituent le rayonnement cathodique entrent dans la zone de déviation avec une vitesse initiale $\vec{v}_0$ horizontale, dirigée vers la droite et de valeur $v_0 = 2,1 \cdot 10^7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

- Appliquer la seconde loi de Newton et déterminer l'expression de l'accélération $\vec{a}$ des particules constituant le rayonnement cathodique dans l'espace séparant les deux plaques de déviation.
- En déduire les expressions des coordonnées du vecteur vitesse $\vec{v}$ et du vecteur position $\vec{r}$ dans le repère $(O ; x ; y)$ que vous préciserez.
- En exploitant les expressions des coordonnées du vecteur $\vec{v}$ établies à la question précédente, exprimer la tangente de l'angle de déviation θ à la sortie de la zone de déviation constituée par les plaques métalliques.
- Exploiter les données géométriques pour établir l'expression du rapport $\frac{q}{m}$ en fonction de d , D , E et L et la valeur de la vitesse v_0 des particules à l'entrée de la zone de déviation.
- Calculer la valeur du rapport $\frac{q}{m}$ à partir des données de l'expérience.

La plus petite particule connue à l'époque est le noyau d'hydrogène pour lequel on connaît une estimation du rapport de sa charge sur sa masse : $10^8 \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1}$.

- Conclure sur la nature des particules constituant le rayonnement cathodique.

Annexe 2-C : Extrait du programme d'enseignement scientifique de terminale

Dans le secteur de l'énergie, l'électricité joue depuis deux siècles un rôle particulier. Produire de l'électricité sans contribuer au réchauffement climatique, en concevoir le stockage sous d'autres formes, assurer son transport, sont des enjeux fondamentaux à prendre en compte dans un contexte de transition écologique.

Deux siècles d'énergie électrique

Depuis le XIX^e siècle, les progrès de la recherche scientifique fondamentale et de l'invention technique ont conduit à développer des générateurs électriques performants. Historiquement, le développement des techniques d'obtention d'énergie électrique s'est appuyé sur des découvertes expérimentales et des avancées théoriques qui furent souvent le résultat de recherches dont ce développement n'était pas le but premier. Il est ainsi fréquent que les résultats de la recherche fondamentale aboutissent à des innovations technologiques non anticipées.

Savoirs	Savoir-faire
Les alternateurs électriques exploitent le phénomène d'induction électromagnétique découvert par Faraday puis théorisé par Maxwell au XIX^e siècle. Ils réalisent une conversion d'énergie mécanique en énergie électrique avec un rendement potentiellement proche de 1. Au début du XX^e siècle, la physique a connu une révolution conceptuelle avec la mécanique quantique, qui traite du comportement fondamentalement probabiliste de la nature à l'échelle microscopique. L'exploitation technologique des matériaux semiconducteurs, en particulier du silicium, en est une conséquence. Ces matériaux sont utilisés en électronique et sont constitutifs des capteurs photovoltaïques. Ceux-ci absorbent l'énergie radiative et la convertissent partiellement en énergie électrique.	Reconnaître les éléments principaux d'un alternateur (source de champ magnétique et fil conducteur en mouvement relatif) dans un schéma fourni. Relier la vitesse de rotation du rotor et la fréquence du courant électrique. Définir le rendement d'un alternateur et citer un phénomène susceptible de l'influencer. Comparer le spectre d'absorption d'un matériau semiconducteur et le spectre solaire pour discuter si ce matériau est susceptible d'être utilisé pour fabriquer un capteur photovoltaïque. Argumenter autour de la mise en place d'une installation photovoltaïque domestique ou industrielle. ↔ Lectures graphiques. ↔ Grandeurs et mesures. Grandeurs quotients.

Pistes de mise en œuvre du programme

Nature du savoir scientifique et méthodes d'élaboration.

Histoire des sciences : l'essor de l'électromagnétisme au XIX^e siècle.

Histoire des sciences et des technologies : « La bataille des courants », le choix entre le courant continu et le courant alternatif.

Histoire des sciences : Einstein et les quanta. Sciences, société et environnement

Incidence environnementale de l'exploitation du silicium pour la fabrication des panneaux solaires.

Choix de la fréquence du courant alternatif du réseau électrique.

Enjeux économiques des usages des matériaux semi-conducteurs.

Interaction entre savoirs scientifiques et société : *La Fée Électricité* (Raoul Dufy) à l'Exposition universelle de 1937.

Conversion et transport de l'énergie électrique

L'énergie électrique joue un rôle central aujourd'hui et présente plusieurs avantages : une distribution sûre, des réseaux de distribution entendus, des convertisseurs de bon rendement permettant d'obtenir l'énergie électrique ou de la transformer en d'autres formes d'énergie.

L'existence de procédés d'obtention d'énergie électrique sans combustion justifie son importance actuelle et future.

Savoirs	Savoir-faire
Trois méthodes permettent d'obtenir de l'énergie électrique sans nécessiter de combustion : - la conversion d'énergie mécanique, soit directe (dynamos, éoliennes, hydroliennes, barrages hydroélectriques), soit indirecte à partir d'énergie thermique (centrales nucléaires, centrales solaires thermiques, géothermie) ; - la conversion de l'énergie radiative reçue du Soleil (panneaux photovoltaïques) ; - la conversion électrochimique (piles ou accumulateurs conventionnels, piles à hydrogène).	Décrire des exemples de chaînes de transformations énergétiques permettant d'obtenir de l'énergie électrique à partir de différentes ressources primaires d'énergie. Calculer le rendement global d'un système de conversion d'énergie. ↔ Grandeurs et mesures. ↔ Grandeurs proportionnelles. ↔ Grandeurs quotients.
Ces méthodes sans combustion ont néanmoins un effet sur l'environnement et la biodiversité ou présentent des risques spécifiques (pollution chimique, déchets radioactifs, accidents industriels, etc.).	Analyser des documents présentant les conséquences de l'installation et du fonctionnement d'une centrale électrique.

Pistes de mise en œuvre du programme

Nature du savoir scientifique et méthodes d'élaboration

Le développement des combustibles alternatifs à empreinte carbone réduite.

Histoire des sciences et des techniques : les piles et les accumulateurs.

Sciences, société et environnement

Les enjeux de l'utilisation de l'énergie nucléaire : de la fission à la fusion contrôlée.

Les usages et le recyclage des accumulateurs électrochimiques.

ANNEXES DE LA PARTIE 3

Annexe 3-A : Extrait du programme de terminale STL spécialité physique-chimie et mathématiques

Transformation de la matière	
Réactions d'oxydo-réduction	
Notions et contenus	Capacités exigibles
Oxydant, réducteur, nombre d'oxydation. Couple oxydant / réducteur (redox). Équations de demi-réaction. Réactions d'oxydo-réduction. Demi-pile, pile, pont salin. Anode, cathode. Quantité d'électricité.	- Déterminer le nombre d'oxydation d'un élément dans une espèce inorganique. - Identifier l'oxydant et le réducteur dans une réaction donnée à l'aide du nombre d'oxydation. - Définir l'oxydant et le réducteur d'un couple redox, dans le cadre du modèle par transfert d'électrons. - Écrire une équation de demi-réaction. - Citer et donner la formule de quelques oxydants ou réducteurs usuels, gazeux (dihydrogène, dioxygène, dichlore) ou en solution aqueuse (diode, eau oxygénée, ion fer(II)). - Écrire l'équation d'une réaction d'oxydo-réduction en milieu acide. - Représenter une pile comme une association de deux demi-piles reliées par un pont salin. Préciser la polarité, le nom de chaque électrode, le sens de déplacement des électrons, du courant et des ions (y compris dans le pont salin). - Écrire l'équation de la réaction modélisant le fonctionnement de la pile à partir de la polarité de la pile et des couples redox impliqués. - Déterminer la quantité d'électricité disponible dans une pile à partir des quantités de matière initiales. Capacité expérimentale : - Réaliser une pile et mesurer la tension pour identifier l'anode et la cathode, l'oxydant et le réducteur.

Annexe 3-B : Énoncé d'une activité expérimentale autour de la pile électrochimique et résultats expérimentaux d'un élève

INTRODUCTION



Luigi Galvani (1737—1798), anatomiste italien, avait l'habitude de réaliser des expériences avec des cadavres de grenouilles dont les pattes étaient soumises à des décharges d'électricité statique, ce qui provoquait leur tressaillement.

Un jour qu'il en avait accroché à un fil de cuivre sur son balcon, le vent fit toucher les cadavres de grenouilles au fer du balcon. Les corps de grenouilles se mirent alors à tressaillir, comme s'ils étaient soumis à un choc électrique.

Galvani conclut à l'existence d'une « électricité animale » provenant des grenouilles.



Pile Volta

Après plusieurs essais avec des solutions et des métaux différents, Alessandro Volta construisit, dans les années 1800, la première pile en empilant des rondelles de zinc, de carton imbibé d'eau salée et de cuivre.

Volta découvrit ensuite que le courant électrique était produit grâce à une transformation chimique qui avait lieu entre les substances constituant la pile.

❑ Protocole expérimental :

- Dans un bécher de 100 mL, introduire 50 mL de sulfate de cuivre II ($\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ et $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$) à $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ et une plaque de cuivre Cu(s) préalablement décapée et munie d'une pince crocodile.
- Dans un autre bécher de 100 mL, introduire 50 mL d'une solution de sulfate de zinc II ($\text{Zn}^{2+}(\text{aq})$ et $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$) de concentration $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ et une plaque de zinc Zn(s) préalablement décapée et munie d'une pince crocodile.
- Vous disposez d'un pont salin en U constitué d'une solution de chlorure de potassium gélifiée ($\text{K}^+(\text{aq})$ et $\text{Cl}^-(\text{aq})$). Introduire chaque extrémité du pont salin dans chacun des béchers préparés précédemment.
- Mesurer la tension à vide de la pile soit sa force électromotrice notée E à l'aide d'un voltmètre convenablement branché entre les deux électrodes de la pile. Noter ci-dessous le branchement du voltmètre utilisé pour avoir une valeur lue de E positive.

$E = 1,1$ borne COM : électrode *Zinc* borne V : électrode *Cuivre*

- Enlever alors le pont salin. Que constatez-vous ?

la tension devient nulle -

- Remettre le pont salin dans les deux béchers et brancher ensuite entre les deux plaques métalliques, une résistance de 27Ω en série avec un ampèremètre de façon à mesurer la valeur positive de l'intensité débitée par la pile dans le circuit électrique.

$I = 0,024$

borne COM : électrode *Zinc* borne mA : électrode *Cuivre*

❑ **Exploitation des résultats expérimentaux :**

1. Faire le schéma de la pile en fonctionnement et indiquer la polarité des électrodes.
2. Indiquer sur le schéma précédent :
 - le sens du courant dans le circuit extérieur réalisé ;
 - le sens de déplacement des électrons dans les fils électriques ;
 - le sens de déplacement des ions dans le pont salin.
3. Écrire les demi-équations modélisant les réactions électrochimiques qui se déroulent alors à chaque électrode en tenant compte de la polarité de la pile. Nommer les électrodes.
4. Écrire l'équation de fonctionnement de la pile.
5. Indiquer le rôle du pont salin.

Annexe 3-C : Extrait du programme de terminale STL spécialité sciences physiques et chimiques en laboratoire

Chimie et développement durable	
Compositions des systèmes chimiques	
Notions et contenus	Capacités exigibles
Oxydo-réduction	
Réaction d'oxydo-réduction. Tests d'identification. Électrode de référence : électrode standard à hydrogène (ESH). Potentiel, potentiel standard. Relation de Nernst. Quotient de réaction, constante d'équilibre. Blocage cinétique. Titrages redox directs et indirects. Quantité d'électricité.	- Écrire l'équation d'une réaction d'oxydo-réduction en milieu acide ou basique. - Connaître les tests d'identification des aldéhydes (liqueur de Fehling et miroir d'argent). - Définir l'électrode standard à hydrogène comme une demi-pile de référence permettant de déterminer le potentiel d'un couple redox correspondant à une autre demi-pile. - Déterminer le potentiel d'un couple donné en utilisant la relation de Nernst, la composition du système étant donnée. - Prévoir l'influence des concentrations sur la valeur du potentiel d'un couple. - Calculer une constante d'équilibre à partir des potentiels standard. - Prévoir le sens d'évolution spontanée d'une réaction d'oxydo-réduction à l'aide des potentiels des couples mis en jeu ou de la valeur du quotient de réaction. - Confronter des résultats expérimentaux aux prévisions pour repérer d'éventuels blocages cinétiques. - Interpréter l'allure d'une courbe de titrage potentiométrique. - Déterminer la valeur d'un potentiel standard à partir d'une courbe de titrage potentiométrique, la valeur du potentiel de référence étant donnée. - Déterminer la concentration d'une espèce à l'aide de données d'un titrage direct. - Déterminer la concentration d'une espèce à l'aide de données d'un titrage indirect, les étapes de la démarche étant explicitées. Capacités expérimentales : - Déterminer la concentration d'une solution inconnue en mettant en œuvre un protocole de titrage direct ou indirect : - avec changement de couleur ; - potentiométrique. Capacités numériques : - Tracer une courbe de titrage potentiométrique et déterminer le volume à l'équivalence à l'aide d'un tableur.

Annexe 3-D : Extrait d'un énoncé de titrage potentiométrique de l'ion fer (II) d'un produit anti-chlorose

- La chlorose des végétaux est une décoloration plus ou moins prononcée des feuilles, due à un manque de chlorophylle. Le manque de chlorophylle peut provenir d'une carence en ion fer (II). Dans le commerce, on trouve ainsi des solutions dites « anti-chlorose » riches en ion fer (II) qu'il convient de pulvériser directement sur les plantes et les sols.
- Un jardinier dispose d'une solution anti-chlorose de concentration inconnue. Afin d'utiliser le plus efficacement possible ce produit, il doit déterminer la concentration en ion fer (II) qu'elle contient.
- La solution commerciale a été diluée 10 fois pour obtenir la solution S en ion Fer (II) disponible.

Énoncé du protocole :

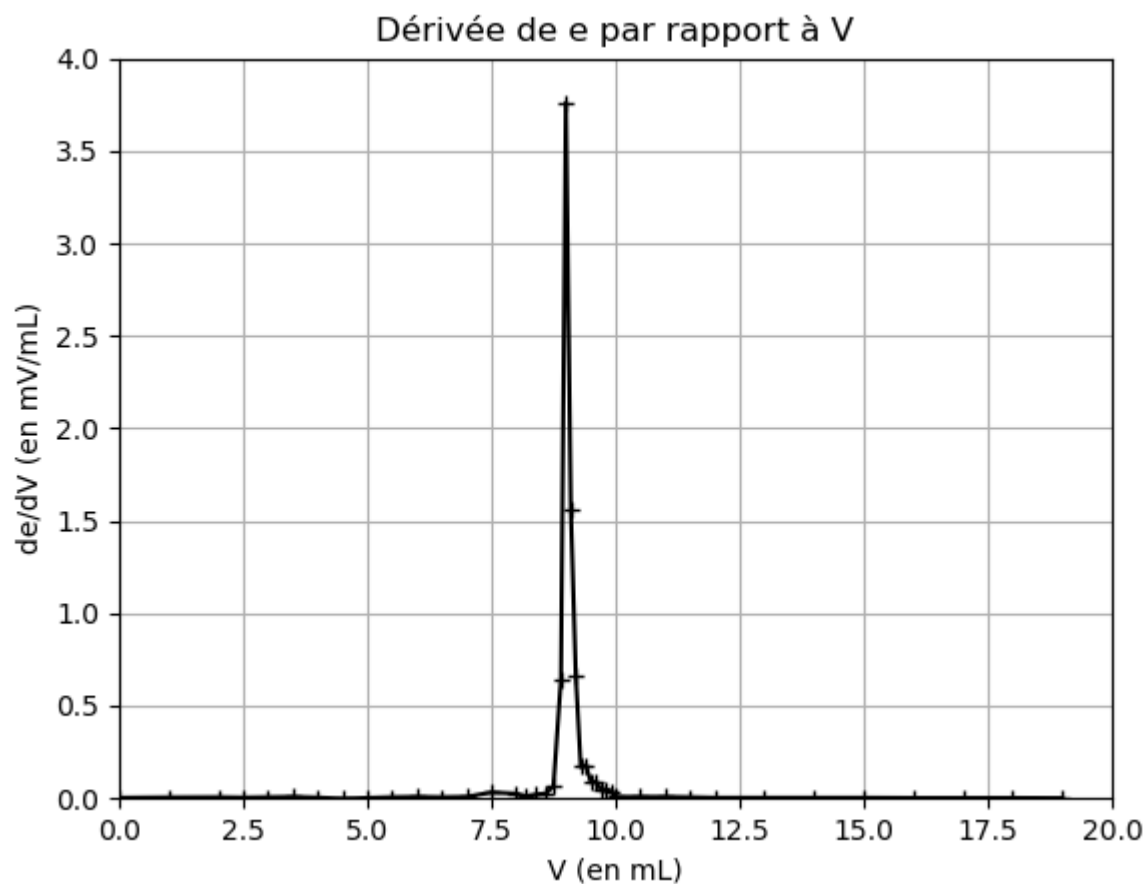
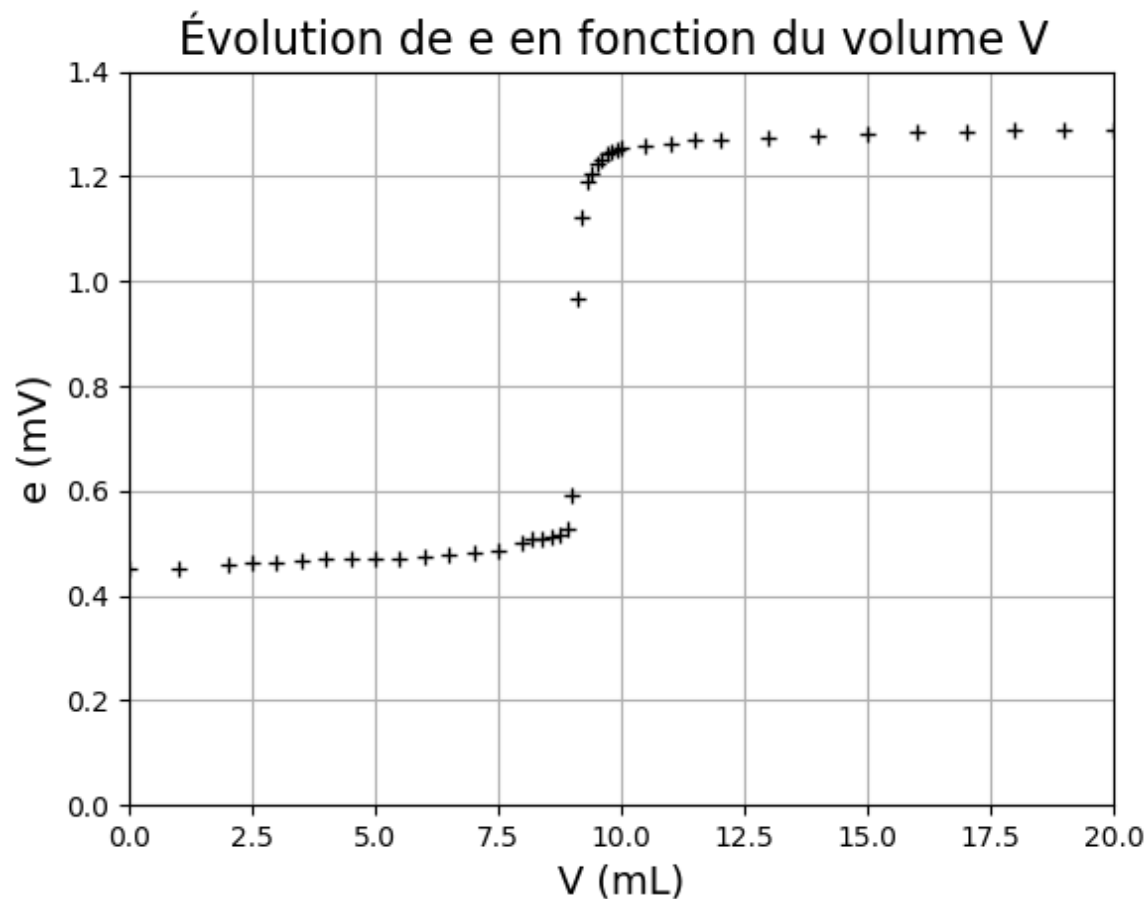
- Dans un bécher, introduire $V = 20,0$ mL de la solution S.
- Ajouter quelques gouttes d'acide sulfurique concentré.
- Placer, dans le bécher, une électrode au calomel saturée notée ECS qui servira de référence et une électrode de platine reliées à un voltmètre : l'électrode de référence est reliée à la borne COM.
- Ajouter de l'eau distillée dans le bécher pour que les électrodes soient immergées.
- Titrer l'ion fer (II) par une solution de permanganate de potassium à $2,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ en relevant la valeur de la différence de potentiel e affichée par le voltmètre tous les millilitres.
- Resserrer les points autour de l'équivalence (le volume équivalent se situe entre 8 et 10 mL) et effectuer les mesures jusqu'à un volume au moins double de celui de l'équivalence.

Données :

Potentiels standards à 25 °C :

$$E^0(\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) / \text{Fe}^{2+}(\text{aq})) = 0,77 \text{ V} ; E^0(\text{MnO}_4^{-}(\text{aq}) / \text{Mn}^{2+}(\text{aq})) = 1,51 \text{ V} ; E(\text{ECS}) = 0,24 \text{ V}$$

Annexe 3-E : Courbes expérimentales du titrage potentiométrique



Modèle CMEN v3		
	Nom de famille : <i>(Suivi, s'il y a lieu, du nom d'usage)</i>	
Prénom(s) :		
Numéro Candidat :	Né(e) le :	

Cadre réservé aux candidats de concours de recrutement et examens professionnels

Concours :	Option / Section :	N° d'inscription :
Cocher une seule case parmi les six types de concours suivants : ☐ externe ☐ 3 ^e externe ☐ externe spécial ☐ interne ou 1 ^{er} interne ☐ 2 nd interne ☐ 2 nd interne spécial		Cocher public OU privé UNIQUEMENT pour les concours enseignants : ☐ public ☐ privé

Examen professionnel pour l'avancement au grade de :

Cadre réservé aux candidats d'examens et du concours général

Examen :	Série / Spécialité :
-----------------------	-----------------------------------

Epreuve - Matière : **Session :**

DR1 - DR2

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

DOCUMENTS RÉPONSES À RENDRE AVEC LA COPIE

Document réponse DR-1 : Interrogation écrite en classe de troisième

EXERCICE 1 : Étude d'un mouvement.

On a réalisé ci-dessous la chronophotographie de deux objets en mouvement : la nacelle d'une grande roue et une balle de tennis.

1. Rappelez comment on peut réaliser une chronophotographie.

Il faut enregistrer plusieurs images du mouvement et les superposer.

2. Décrivez les mouvements étudiés avec le vocabulaire adapté.

Le mouvement de la nacelle est circulaire constant.
Le mouvement de la balle est verticale et accéléré.

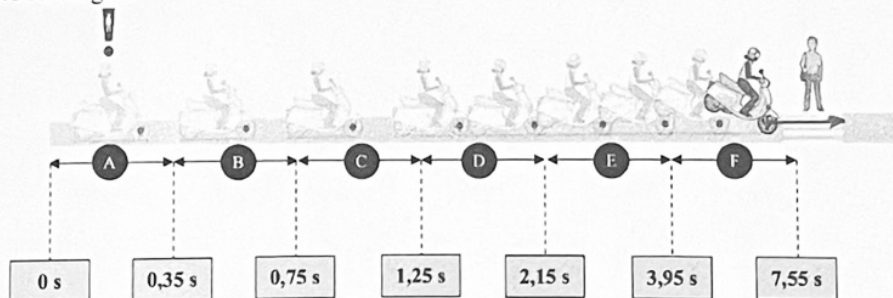


EXERCICE 2 : Vitesse d'un scooter

On souhaite étudier le comportement d'un scooter lors d'un freinage d'urgence.

Le document ci-dessous montre les différentes positions du scooter entre le moment où le conducteur perçoit l'obstacle et l'arrêt définitif.

Les temps de passage intermédiaires sont relevés tous les 5 m. et les temps intermédiaires sont notés dans les rectangles.



1. Indiquez la distance parcourue par le scooter entre 2 temps de passage intermédiaires.

C'est 5 m.

2. Précisez la nature du mouvement du scooter avec le vocabulaire adapté.

Le scooter a un mouvement linéaire et ralenti.

3. Déterminez le temps mis par le scooter pour parcourir la section F.

Il a mis 7,55 s.

4. Calculez la vitesse moyenne sur la section F en m/s puis en km/h.

$$v = d \div t = 5 \div 7,55 = 0,6623 \text{ m/s} = 5,8428 \text{ km/h}$$

(j'ai multiplié par 3,6)

5. Représentez sur la figure la vitesse du scooter sur la section F sachant que 1 cm représente 0,5 m/s.

Je fais un produit en croix :

$$1 \text{ cm} \longleftrightarrow 0,5 \text{ m/s}$$

$$? \longleftrightarrow 0,6623 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} ? &= 1 \times 0,6623 \div 0,5 \\ &= 1,3246 \end{aligned}$$

2/2

Document réponse DR-2 : Énoncé et copie d'un élève

Énoncé :

On peut schématiser une pile Daniell de la manière suivante :

- une électrode en cuivre plonge dans un volume $V = 100 \text{ mL}$ de solution aqueuse de sulfate de cuivre ($\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$; $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$) de concentration en soluté apporté $C = 0,100 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, cette solution étant elle-même contenue dans un vase poreux ;
- le vase poreux joue le rôle de pont salin ;
- le vase poreux plonge dans un bêcher contenant une solution acide et une électrode de zinc de masse d'environ $m \approx 100 \text{ g}$.

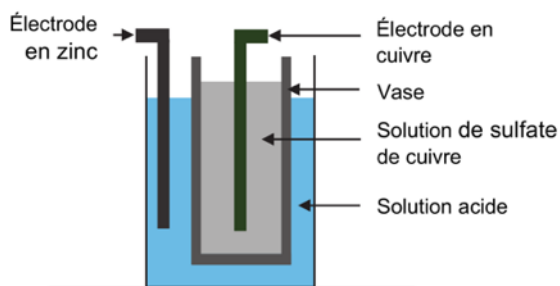


Schéma en coupe d'une pile Daniell

L'équation modélisant la transformation chimique ayant lieu lorsque la pile Daniell débite un courant est : $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{Zn}(\text{s}) \rightarrow \text{Cu}(\text{s}) + \text{Zn}^{2+}(\text{aq})$

$M(\text{CuSO}_4) = 159,6 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{Zn}) = 65,4 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Charge électrique d'une mole d'électrons : $9,65 \times 10^4 \text{ C}$

En supposant que la pile soit destinée à l'alimentation d'un appareil nécessitant un courant électrique d'intensité 20 mA , déterminer la valeur de la durée maximale de fonctionnement de la pile.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

D'après un sujet de baccalauréat

$$n = 0,100 \times 0,1 = 0,01 \text{ mol}$$



$$n(\bar{e}) = 2 \times 0,01$$

$$n(\bar{e}) = 0,02 \text{ mol}$$

$$Q = 0,02 \times 9,65 \times 10^4$$

$$Q = 1930 \text{ C}$$

$$\Delta t = \frac{1930}{0,20} = 9650 \text{ s} = 2,68 \text{ h}$$

La durée maximale de fonctionnement de la pile est de $2,68 \text{ h}$.