

« Résoudre un problème de physique-chimie dès la seconde » (Griesp)



Table des matières

1. Introduction.....	3
2. Quels sont les contours d'une activité de résolution de problèmes en physique-chimie ?	3
2.1 La résolution de problèmes dans les programmes de lycée	3
2.2 La résolution de problèmes sous l'éclairage des compétences.....	4
2.3 « Réussir » une résolution de problème	5
3. Quels sont les intérêts pédagogiques d'une activité de résolution de problèmes en physique-chimie ?	6
3.1 Du point de vue de l'élève	6
3.1.1 Raisonner à sa façon	6
3.1.2 Se tromper pour progresser	6
3.1.3 Travailler autrement	6
3.2 Du point de vue du professeur.....	6
4. Comment former les élèves à la résolution de problèmes en physique-chimie ?	7
4.1 Une programmation à prévoir	7
4.2 Travailler les capacités dans un cadre « complexe »	7
4.3 Les phases incontournables de la résolution de problèmes.....	8
4.4 L'organisation du travail en classe.....	8
5. Comment évaluer les élèves lors de résolution de problèmes en physique-chimie ?.....	8
5.1 Une évaluation nouvelle	8
5.1.1 La problématique de l'évaluation.....	8
5.1.2 L'auto évaluation est possible	9
5.2 Une évaluation fondée sur les compétences	9
5.2.1 Attribution d'un niveau de maîtrise pour chaque compétence	9
5.2.2 Etablissement d'un tableau récapitulatif des niveaux de maîtrise des compétences	10
5.2.3 Attribution d'une note au regard des niveaux de maîtrise des compétences	10
6. Quelques exemples de résolutions de problèmes de la seconde à la terminale S	10
6.1 La conception d'une résolution de problème.....	10
6.2 La banque de ressources proposée par le GRIESP	11
6.2.1 Plusieurs « niveaux » pour chaque résolution de problème.....	11

6.2.2 Les choix qui ont motivé la conception des ressources	11
6.2.3 Liste des ressources proposées.....	11
7. Une bibliographie - sitographie sur la résolution de problèmes	13
7.1 Ouvrages.....	13
7.2 Sitographie	13
7.2.1 Sites nationaux et internationaux	13
7.2.2 Sites académiques.....	13
8. Membres du Griesp	14
9. Annexes.....	15-237

1. Introduction

La résolution de problèmes a été explicitement introduite dans le nouveau programme de spécialité de la classe de terminale S entré en application à la rentrée scolaire 2012. L'aptitude à résoudre un problème fait partie des grandes compétences du XXI^{ème} siècle, compétences qui devront être construites dans les écoles de demain. D'après l'OCDE¹, on constate ces dernières décennies une forte augmentation des emplois requérant de solides compétences en résolution de problèmes.

Dans le cadre de l'évaluation internationale PISA² 2012, les performances des élèves de 15 ans en résolution de problèmes ont été évaluées. Dans le contexte de PISA, la résolution de problèmes est définie comme « la capacité d'un individu à s'engager dans un traitement cognitif pour comprendre et résoudre des problèmes, en l'absence de méthode de solution évidente, ce qui inclut sa volonté de s'engager dans de telles situations pour exploiter tout son potentiel de citoyen constructif et réfléchi ». Il faut souligner que les problèmes mis en œuvre dans cette évaluation internationale sont *a priori* conçus pour s'affranchir des connaissances des domaines classiques évalués par PISA comme la compréhension de l'écrit, la culture mathématique et la culture scientifique. Ce n'est pas le parti pris pour ce qui concerne la résolution de problèmes en physique-chimie, celle-ci doit s'appuyer de fait sur les connaissances et savoir-faire exigibles des programmes de lycée, ce qui la différencie de manière significative du cadre identifié par PISA même si les compétences mobilisées sont similaires.

La formation à la résolution de problèmes doit s'inscrire dans un continuum qui va du collège, où les élèves se voient proposer des « tâches complexes » et des démarches d'investigation, à l'enseignement post-baccalauréat, avec l'introduction de la résolution de problèmes en classes préparatoires aux grandes écoles et dans certaines universités. Pour faciliter cette transition, ce document prend résolument le parti d'inciter les professeurs à débiter la formation des élèves à la résolution de problèmes dès la classe de seconde. Ainsi, certains des exemples proposés sont destinés à des élèves de seconde ; d'autres sont à l'intention des élèves de première ou de terminale.

Ce document vise à proposer aux professeurs des pistes et des exemples pour former les élèves à la résolution de problèmes. Les suggestions formulées n'ont naturellement aucun caractère normatif ou prescriptif, les questions des compétences mobilisées et de l'évaluation formative ou sommative seront également traitées car elles sont indissociables d'un apprentissage efficace et structuré. Remarquons enfin que cette contribution sera complétée ultérieurement par un document traitant des « approches documentaires³ » (analyses et/ou synthèses de documents scientifiques).

2. Quels sont les contours d'une activité de résolution de problèmes en physique-chimie ?

2.1 La résolution de problèmes dans les programmes de lycée

Ce type d'activité est décrit dans le préambule du programme de physique-chimie de terminale S dans les termes suivants :

« En plaçant l'élève en situation de recherche et d'action, cet enseignement [de spécialité] lui permet de consolider les compétences associées à une démarche scientifique. L'élève est ainsi amené à développer trois activités essentielles chez un scientifique :

- la pratique expérimentale ;
- l'analyse et la synthèse de documents scientifiques ;
- la résolution de problèmes scientifiques.

¹ <http://www.oecd.org/pisa/keyfindings/PISA-2012-PS-results-fre-FRANCE.pdf>

² On pourra consulter la note de la DEPP numéro 8 d'avril 2014.

³ La « porosité » entre les deux démarches (approche documentaire et résolution de problèmes) est soulignée dans ce texte de présentation.

... Lors de la démarche de résolution de problèmes scientifiques, l'élève analyse le problème posé pour en comprendre le sens, construit des étapes de résolution et les met en œuvre. Il porte un regard critique sur le résultat, notamment par l'évaluation d'un ordre de grandeur ou par des considérations sur l'homogénéité. Il examine la pertinence des étapes de résolution qu'il a élaborées et les modifie éventuellement en conséquence. Il ne s'agit donc pas pour lui de suivre les étapes de résolution qui seraient imposées par la rédaction d'un exercice, mais d'imaginer lui-même une ou plusieurs pistes pour répondre à la question scientifique posée.... ».

On comprend bien qu'il s'agit là d'offrir aux élèves des situations adaptées aux objectifs visés en matière de maîtrise des compétences et s'inspirant modestement de l'activité authentique d'un scientifique.

2.2 La résolution de problèmes sous l'éclairage des compétences

D'un point de vue pédagogique, ce type d'activité s'apparente à une tâche complexe, c'est-à-dire une tâche dont la résolution amène l'élève à utiliser, en les articulant, des ressources internes (culture, capacités, connaissances, etc.) et externes (documents, aides méthodologiques, protocoles, notices, recherches sur Internet, etc.). Cette tâche complexe demande à l'élève de mettre en œuvre un ensemble de capacités et de compétences variées ciblées par le professeur ; le tableau⁴ ci-dessous, propose une synthèse organisée mais non exhaustive de celles-ci.

Compétence	Exemples de capacités associées
S'approprier le problème.	Faire un schéma modèle. Identifier les grandeurs physiques pertinentes, leur attribuer un symbole. Évaluer quantitativement les grandeurs physiques inconnues et non précisées. Relier le problème à une situation modèle connue. ...
Établir une stratégie de résolution (analyser).	Décomposer le problème en des problèmes plus simples. Commencer par une version simplifiée. Expliciter la modélisation choisie (définition du système, ...). Déterminer et énoncer les lois physiques qui seront utilisées. ...
Mettre en œuvre la stratégie (réaliser).	Mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée. Savoir mener efficacement les calculs analytiques et la traduction numérique. Utiliser l'analyse dimensionnelle. ...

⁴ Ces compétences ont été identifiées dans le document de l'IGEN « Recommandations pour la conception de l'épreuve écrite de physique-chimie du baccalauréat S » publié en décembre 2013 et dans les nouveaux programmes de physique et de chimie de CPGE appliqués en première année à la rentrée 2013 et en deuxième année à la rentrée 2014. Document téléchargeable à l'adresse suivante : http://www.cndp.fr/portails-disciplinaires/fileadmin/user_upload/Physique-chimie/PDF/Recommandations_pour_l_epreuve_ecrite_du_bac_S_15-12-2013.pdf

Avoir un regard critique sur les résultats obtenus (valider).	S'assurer que l'on a répondu à la question posée. Vérifier la pertinence du résultat trouvé, notamment en comparant avec des estimations ou ordres de grandeurs connus. Comparer le résultat obtenu avec le résultat d'une autre approche (mesure expérimentale donnée ou déduite d'un document joint, simulation numérique, ...). Étudier des cas limites plus simples dont la solution est plus facilement vérifiable ou bien déjà connue. ...
Communiquer.	Présenter la solution ou la rédiger en expliquant le raisonnement et les résultats. ...

Il convient de souligner que la compétence « être autonome, faire preuve d'initiative », non mentionnée ci-dessus, est transversale. Elle est souvent mobilisée sur l'ensemble de l'activité de résolution de problèmes et elle participe à la définition du niveau de maîtrise des autres compétences.

On peut dégager quelques invariants concernant la résolution de problèmes scientifiques où l'élève, confronté à une question précise, est amené à :

- prendre des décisions : sachant que les chemins de résolution sont multiples, la créativité, l'engagement voire l'audace doivent être encouragés (compétence « être autonome, faire preuve d'initiative ») ;
- articuler des données issues de son expérience personnelle, de ses acquis et des documents proposés. Les données utiles ne sont pas apportées par l'énoncé de manière séquentielle et locale mais elles peuvent être regroupées au début ou à la fin du document présentant la résolution de problème ; il peut y avoir des données manquantes que l'élève devra identifier et dont il devra éventuellement estimer une valeur (compétences « s'approprier » et « analyser ») ;
- schématiser, identifier et nommer des grandeurs, mobiliser des modèles, relevant de la physique ou de la chimie, jugés pertinents pour faire des prévisions et/ou apporter des arguments (compétences « s'approprier » et « analyser ») ;
- construire et mettre en œuvre une stratégie qui peut recourir à l'expérience (compétences « analyser » et « réaliser ») ;
- rendre compte de ses travaux à l'écrit comme à l'oral, individuellement ou collectivement (« communiquer ») ;
- avoir un regard critique sur le(s) résultat(s) trouvé(s) qui peut amener l'élève à reconsidérer sa démarche (« valider »).

2.3 « Réussir » une résolution de problème

Lors de sa formation, l'élève doit d'emblée prendre conscience des caractéristiques de la démarche attendue afin d'adopter une posture d'engagement adaptée à la tâche. En effet, contrairement aux situations de formation auxquelles il est généralement confronté, l'élève doit savoir que :

- les questions posées n'induisent pas *a priori* une démarche de résolution ;
- la réponse n'est ni évidente, ni immédiate (sinon ce n'est plus une résolution de problème), ni forcément précise (ordre de grandeur à choisir ou à estimer) et pas toujours unique (la réponse dépend du modèle choisi, l'utilisation d'un modèle plus élaboré ou la prise en compte de paramètres négligés dans un premier temps peuvent conduire à des réponses différentes) ;
- toute démarche cohérente, même si elle ne débouche pas sur un résultat abouti, sera évaluée positivement par le professeur. Il en est de même pour toute analyse critique du travail réalisé et des résultats obtenus.

3. Quels sont les intérêts pédagogiques d'une activité de résolution de problèmes en physique-chimie ?

3.1 Du point de vue de l'élève

3.1.1 Raisonner à sa façon

La stratégie de résolution n'est pas guidée et, souvent, elle n'est pas unique ; ainsi chaque élève élabore un raisonnement personnel, qui peut être différent des stratégies initialement envisagées par l'enseignant. Les élèves sortent ainsi du cadre d'un exercice classique à étapes imposées et peuvent contourner une difficulté en ayant recours à une stratégie alternative.

3.1.2 Se tromper pour progresser

L'erreur est source d'apprentissage. Comme le dit Thomas Edison : *"I have not failed. I've just found 10,000 ways that won't work."* Ainsi, lors de l'élaboration d'une stratégie, les professeurs doivent permettre aux élèves de suivre des pistes non fructueuses et les amener à les améliorer, si possible par eux-mêmes, en faisant évoluer la stratégie initialement adoptée. La possibilité de pouvoir essayer sans crainte des démarches « d'essai-erreur » est très propice à la construction de savoirs mieux ancrés.

3.1.3 Travailler autrement

Quand les activités de recherche d'une résolution de problème sont bien adaptées au niveau des connaissances requises et de l'accessibilité des modèles, elles procurent une motivation supplémentaire aux élèves qui apprécient de travailler plus librement, souvent en groupe et dans un cadre collaboratif. Les élèves sont plus actifs, ils échangent entre eux et prennent confiance dans des situations *a priori* déroutantes.

Par une mise en œuvre plus régulière et dans une logique de découverte de situations de plus en plus complexes, on espère ainsi que l'élève se détachera de l'attitude classique « reconnaître rapidement » ou bien « abandonner », en prenant l'habitude de développer des stratégies nécessitant un peu plus de persévérance. Un travail de synthèse personnalisé proposé en fin de séance et analysant la ou les démarches choisies est recommandé pour renforcer l'efficacité de la formation et mettre en confiance les élèves.

3.2 Du point de vue du professeur

Les professeurs qui s'engagent dans ce type de tâches y trouvent généralement beaucoup d'intérêt. Citons quelques arguments qui poussent les professeurs à diversifier leurs pratiques en incluant assez régulièrement ces activités depuis la classe de seconde :

- dans une posture d'accompagnant, le professeur a la possibilité d'observer les élèves se posant des questions. Il peut ainsi plus efficacement repérer les obstacles, et apporter au fur et à mesure des aides ciblées sur des difficultés formulées, donc déjà repérées par les élèves ;
- il est possible, dans une même classe, d'anticiper une différenciation des compétences travaillées, en proposant deux ou trois variantes de formulation de la tâche à réaliser, puis de l'affiner en apportant, le cas échéant et en temps réel, des aides personnalisées sous la forme par exemple de « coups de pouce ». Cela permet de porter son attention sur les élèves encore « peu experts ».

Le professeur peut être amené à adapter des résolutions de problèmes existantes, comme certains exemples proposés en annexe le montrent, puis progressivement à s'engager dans le travail passionnant de conception de ce type d'activités.

4. Comment former les élèves à la résolution de problèmes en physique-chimie ?

4.1 Une programmation à prévoir

Les exercices de type résolution de problèmes nécessitent un temps d'imprégnation pour acquérir les comportements et les compétences attendus en fin de cycle terminal, aussi toute formation à la démarche scientifique incluant des résolutions de problèmes gagnerait à être envisagée dès la classe de seconde ; les enseignements d'exploration fournissent, de ce point de vue, un cadre adapté pour proposer ce type de démarches.

Les résolutions de problèmes constituent un prolongement logique des tâches complexes et des démarches d'investigation mises en œuvre au collège, tout en revêtant un caractère nouveau pour les élèves. La formation à la résolution de problèmes est un apprentissage qui, comme tout apprentissage, peut entraîner des difficultés nécessitant une aide méthodologique ; il serait alors pertinent d'exploiter des séances d'accompagnement personnalisé pour renforcer le travail engagé en physique-chimie dans ce domaine.

Par conséquent, une formation des élèves à la démarche de résolution de problèmes s'inscrit dans une programmation annuelle, en organisant une progressivité dans la complexité des situations proposées, en différenciant par groupes de compétences, notamment en exploitant la possibilité d'utiliser les différentes versions (niveaux initiation/confirmé/expert) d'un même sujet et en gérant au mieux les fiches d'aide. Ce qui amène à articuler dans un ordre variable :

- un travail collaboratif et interactif notamment, mais pas de manière exclusive, dans le cadre des séances d'enseignement incluant des approches expérimentales ;
- un travail plus individualisé à réaliser en classe, à la maison ou lors d'une évaluation (formative ou sommative).

4.2 Travailler les capacités dans un cadre « complexe »

On peut noter que, lors de ces différentes activités, le professeur peut choisir de focaliser l'attention sur une étape particulière de la résolution de problèmes, tout en la menant toujours à son terme, éventuellement au moyen d'une aide ciblée, pour ne pas perdre le sens global de la tâche.

Pour développer certaines capacités mobilisées lors d'une résolution de problèmes, il pourra par exemple choisir de :

- souligner quelques « techniques » en lien avec la phase d'appropriation : identifier les grandeurs pertinentes, les nommer, en proposer des ordres de grandeurs, schématiser la situation physique, etc. ;
- travailler les « stratégies de contournement » permettant par exemple de pallier une connaissance absente ou oubliée ;
- insister sur l'étape de proposition d'un schéma de résolution ;
- centrer son activité sur la recherche et le tri d'informations pertinentes contenues dans les éventuels documents ;
- demander de proposer un modèle de résolution plus élaboré que celui proposé initialement pour par exemple gagner en précision ;
- travailler sur la vérification et la validation d'un résultat afin de montrer à l'élève l'importance de conserver un regard critique sur les résultats obtenus ;
- travailler la présentation de la solution en montrant que celle-ci peut revêtir différentes formes, plus ou moins rédigées ou schématisées.

4.3 Les phases incontournables de la résolution de problèmes

La résolution de problèmes contribue à la formation des élèves aux compétences de la démarche scientifique. En tant que telle, elle ne peut être que progressive et construite dans la durée.

Le premier pas pour l'élève confronté à une résolution de problèmes est de décrypter le problème, c'est-à-dire de s'approprier celui-ci. Après lecture des documents, l'élève doit être en mesure d'explicitier les objectifs de l'exercice proposé, seul ou en groupe, à l'écrit ou à l'oral. La maîtrise de la compétence « s'approprier » demande en particulier à l'élève de questionner les documents, sans l'aide du professeur, pour identifier quelles informations ils apportent (en regard de la problématique), pour retranscrire les données utiles et commencer à les articuler entre elles et avec ses propres connaissances.

Dans un deuxième temps, il s'agira d'analyser ces informations en les complétant par les lois et les principes qui semblent nécessaires pour modéliser la situation. Cette phase préalable d'appropriation et d'analyse est indispensable et ne peut être négligée ; elle nécessite du temps et contribue à la construction de la stratégie. Il s'agit de l'étape dite de décontextualisation d'un problème où le codage de l'information s'appuie sur un formalisme dédié (lexical, schématique, mathématique, etc.) ; cette étape est cruciale pour faire comprendre aux élèves la manière dont la science répond aux questions posées. Cette phase constitue une des difficultés majeures dans l'enseignement de notre discipline, les élèves doivent y être pleinement associés.

4.4 L'organisation du travail en classe

La conduite d'une situation pédagogique à question ouverte demande de savoir articuler des temps de travaux de recherche individuelle ou en groupe et les temps de mise en commun. Une soigneuse anticipation des durées de ces phases de travail, même si la tâche n'est pas aisée, est nécessaire lors de l'élaboration du scénario pédagogique des séances. La posture du professeur au cours de ces séances alterne entre des phases d'observation et d'analyse silencieuses où le professeur est en retrait, et des phases de courts échanges adressés à un élève ou à un groupe ou à l'ensemble de la classe pendant lesquelles des informations ou des bilans peuvent être partagés.

Les TICE, en particulier l'utilisation de l'Internet pour la recherche d'informations, de logiciels pour construire des cartes heuristiques, de systèmes d'acquisitions dans le cas de résolution de problèmes à caractère expérimental, ou de logiciels de traitement de l'information (tableur-grapheur-solveur), peuvent être utilisées.

Pour accroître le travail collectif et l'interaction entre élèves, on ne se privera pas d'utiliser les tableaux numériques interactifs pour travailler directement et collectivement sur les documents. De plus, en les combinant à une tablette numérique ou un appareil photo numérique, il est possible de projeter la production d'un groupe d'élèves pour que la classe puisse en faire une critique constructive ou pour comparer plusieurs démarches.

5. Comment évaluer les élèves lors de résolution de problèmes en physique-chimie ?

5.1 Une évaluation nouvelle

L'analyse présentée ci-dessous a trait à l'évaluation sommative telle qu'elle peut être pratiquée dans le cadre du baccalauréat, cependant cette réflexion permet de construire de manière analogue des évaluations à d'autres niveaux.

5.1.1 La problématique de l'évaluation

Par nature, une résolution de problème ne peut pas être évaluée de manière classique et séquentielle en capitalisant des points obtenus pour chaque élément de réponse attendu. Les voies de résolution suivies par les élèves n'étant pas uniques, ni éventuellement linéaires, il n'est pas

possible de procéder comme pour un exercice guidé comportant des questions successives qui structurent par avance le plan de la résolution.

Pour pouvoir analyser les productions des élèves, il est nécessaire de rechercher à l'avance les schémas de résolution possibles, d'identifier les compétences et les capacités mises en jeu, de décrire des exemples d'indicateurs de réussite et de repérer dans les différentes étapes de la démarche personnelle des élèves si ces indicateurs sont présents.

La rédaction du corrigé nécessite, lors de la conception du sujet, d'avoir recherché le (ou les) schéma(s) de résolution envisageable(s) et d'en faire par exemple une représentation de type « algorithmique » visant à expliciter au mieux les étapes identifiables.

L'identification des compétences mises en jeu et la description d'exemples d'indicateurs de réussite nécessitent de s'appuyer sur les compétences (identifiées dans le tableau du paragraphe 2.2) qui ont été mises en œuvre dans la résolution. Il convient également de caractériser la manière dont les compétences sont mobilisées en listant des exemples de capacités contextualisées c'est-à-dire en lien direct avec la résolution mise en œuvre.

5.1.2 L'auto évaluation est possible

Si l'évaluation des compétences des élèves est de la responsabilité du professeur, une auto-évaluation *a posteriori*, en utilisant la grille de compétences avec les critères de réussite retenus, pourra être utilement exploitée en demandant à l'élève d'identifier ses points de réussite ou ceux qui ont fait défaut dans sa démarche.

5.2 Une évaluation fondée sur les compétences

La méthode présentée est fondée sur le niveau de maîtrise des compétences mises en jeu. Cette méthode a déjà été exemplifiée sur des situations variées comme : « Cor de chasse », sujet posé à la session 2014 du baccalauréat en métropole et « Dilatation des océans », document conçu par les membres du GRIESP. Soulignons enfin que cette méthode a l'avantage d'induire des pistes pour la formation des élèves à la résolution de problèmes.

5.2.1 Attribution d'un niveau de maîtrise pour chaque compétence

Le niveau de maîtrise de chaque compétence est apprécié selon quatre niveaux en regard de la production de l'élève et des indicateurs de réussite précédemment identifiés. Pour cela, l'attribution s'appuie sur les indicateurs de réussite présents dans la production de l'élève :

- niveau A : les indicateurs choisis apparaissent pratiquement dans leur totalité ;
- niveau B : les indicateurs choisis apparaissent partiellement ;
- niveau C : les indicateurs choisis apparaissent de manière insuffisante ;
- niveau D : les indicateurs choisis ne sont pas présents.

Attention, puisqu'il s'agit d'une évaluation sommative, celle-ci intervient à l'issue de la formation. Les niveaux sont décernés après que les élèves aient réalisé la tâche seuls et en autonomie, sans que le professeur n'ait interagi avec eux.

Cette particularité mérite d'être soulignée, car, dans le cadre de l'ECE, ces mêmes niveaux sont décernés, mais ils permettent alors d'apprécier le degré d'autonomie d'un élève lors de la réalisation d'une épreuve pratique en temps limité, en interagissant avec lui pour lui permettre d'aller au bout de la tâche.

Indiquons que, dans le processus d'évaluation, il n'y a aucune légitimité à corrélérer *a priori* entre eux les niveaux de maîtrise de compétences différentes. Par exemple, l'obtention par un élève d'un niveau de maîtrise « B » dans la compétence « analyser » ne doit pas rendre impossible l'attribution d'un niveau « A » pour la compétence « réaliser ».

5.2.2 Etablissement d'un tableau récapitulatif des niveaux de maîtrise des compétences

Après l'appréciation du niveau de maîtrise de chaque compétence, on répète dans un tableau les compétences jugées les plus importantes de manière à leur donner « visuellement » un poids relatif plus élevé. On pourra sur ce thème de référer à l'exemple intitulé « Dilatation des océans ».

Compétences	Niveau de maîtrise			
	A	B	C	D
S'approprier				
Analyser				
Analyser				
Réaliser				
Réaliser				
Valider				
Communiquer				

Si une évaluation chiffrée est attendue (comme cela peut être le cas dans l'exercice de spécialité du baccalauréat S noté sur 5 points), la note finale résulte d'une analyse du tableau. Des éléments indicatifs, exemplifiés au paragraphe 5.2.3 peuvent être précisés mais la décision finale relève de l'expertise du professeur. Soulignons que le passage à la note n'est en aucune manière une obligation.

5.2.3 Attribution d'une note au regard des niveaux de maîtrise des compétences

Dans le cas d'une résolution de problèmes que l'on désire évaluer en produisant au final une note sur 5 points, plusieurs propositions pour attribuer la note peuvent être faites à ce sujet, par exemple celle qui consiste à analyser les proportions des différents niveaux A, B, C et D :

- majorité de A : note entre 4 et 5 (majorité de A et aucun C ou D : 5)
- majorité de B : note entre 2 et 4 (uniquement des B : 3)
- majorité de C : entre 1 et 3 (uniquement des C : 2)
- majorité de D entre 0 et 2 (uniquement des D : 0 ; dès qu'il y a d'autres niveaux que le D : 1 ou 2)

Naturellement des modifications peuvent être apportées en fonction de difficulté de la résolution de problèmes.

6. Quelques exemples de résolutions de problèmes de la seconde à la terminale S

6.1 La conception d'une résolution de problème

Les ressources proposées dans ce document peuvent être utilisées pour être exploitées en formation ou en évaluation. Toutefois, elles ne visent pas l'exhaustivité et par conséquent elles ne couvrent pas l'ensemble des besoins.

Le professeur est donc invité à concevoir ses propres résolutions de problèmes à partir des quelques pistes fournies ci-après :

- choisir un contexte attractif et motivant ;
- mettre en œuvre des connaissances et des compétences acquises dans le champ de la physique-chimie, éventuellement élargies à d'autres disciplines ;
- envisager des situations où la mise en œuvre d'une expérience participe à la construction d'une solution au problème posé ;
- proposer éventuellement des situations pour lesquelles les documents ne fournissent pas toutes les données nécessaires à l'élaboration d'une solution. Dans ce cas, il sera envisageable soit d'évaluer des ordres de grandeur de paramètres utiles, soit de permettre à l'élève d'opérer une recherche sur Internet pour en déterminer les valeurs ;

- insérer, si nécessaire, une ou plusieurs questions préalables. Celles-ci permettent d'aider l'élève à s'appropriier plus facilement le problème, ou d'attirer son attention sur une information ciblée. Ces questions préalables peuvent s'avérer utiles pour une formation « débutant » ; elles peuvent aussi être transformées en « coups de pouce » lorsque l'apprentissage est plus avancé. Il est nécessaire que ces questions n'induisent pas la démarche de résolution proprement dite.

6.2 La banque de ressources proposée par le GRIESP

6.2.1 Plusieurs « niveaux » pour chaque résolution de problème

Le champ des possibles étant très vaste, la banque de ressources attenante décrit des situations pédagogiques testées dans des classes de seconde, première ou terminale. Pour chaque situation proposée, deux ou trois « niveaux » sont généralement déclinés :

- un niveau « d'initiation » en phase de découverte et d'appropriation par les élèves de la démarche de résolution de problèmes ;
- un niveau « confirmé » qui permet de consolider les acquis ;
- éventuellement un niveau « expert » pour les élèves les plus volontaires pour s'engager.

Les situations proposées s'appuient généralement sur des documents, plus ou moins longs ou difficiles à exploiter. La compétence du programme « extraire et exploiter des informations » est parfois sollicitée à un niveau expert. Les professeurs doivent prendre en compte cette « porosité » incontournable entre les différentes activités – approches documentaires et résolutions de problèmes - que l'élève doit conduire, et adapter les situations en conséquence dans leur classe.

De manière à évaluer l'impact des modifications apportées aux différentes versions d'une même résolution de problèmes sur les compétences mobilisées, des niveaux de difficulté basés sur une échelle ordinale à quatre niveaux sont attribués à chaque compétence.

6.2.2 Les choix qui ont motivé la conception des ressources

Le choix de l'ensemble des ressources proposées dans ce document, même au stade de l'initiation, est de toujours proposer aux élèves un problème à résoudre.

Il est apparu plus pertinent de placer les élèves dans des situations où ils doivent articuler plusieurs compétences, plutôt que de les exposer à la mise en œuvre des compétences isolées. En effet, la résolution de plusieurs tâches simples ne garantit pas automatiquement la capacité à résoudre un problème (tâche complexe).

Cependant, il est évidemment possible de choisir une autre stratégie pédagogique que celle présentée ici. Les professeurs sont donc invités à expérimenter d'autres voies de formation s'ils le souhaitent.

6.2.3 Liste des ressources proposées

Intitulé	Classe	Quelques caractéristiques	Nombre de versions	Page
Le rugby	2nde	Assez facile mais il faut s'approprier quelques règles du rugby.	3 versions	15
Autonomie en plongée	2nde	La version initiation est bien adaptée. Pas beaucoup de documents. Mise en œuvre de la loi de Boyle-Mariotte.	3 versions	35
Homéopathie	2nde	Une vigilance particulière : les élèves ont des difficultés à s'approprier le vocabulaire.	2 versions	43
Gonflage d'un ballon	2nde	Parfaitement adaptée au niveau seconde dans sa version « confirmée ».	2 versions	50
Geocentrique ou presque	2nde	Approche « mixte » avec une approche documentaire.	1 version	63
Lever de la Terre	2nde	Sujet assez délicat en raison de la problématique des référentiels.	2 versions	69
Le sel	2nde	Une version initiation très adaptée.	3 versions	76

Intitulé	Classe	Quelques caractéristiques	Nombre de versions	Page
Cascade	1°S	Optique géométrique. Possibilité de la coupler avec celle sur la « Profondeur d'un pont ».	2 versions	89
Profondeur du pont	1°S	Optique géométrique ; prolongement possible de la ressource « Cascade ». Pas en phase d'initiation.	3 versions	97
CO ₂ émis par les voitures	1°S	Niveau « initiation » très adapté. Le niveau « expert » est difficile (nécessité de travailler avec des ordres de grandeur). Le niveau « confirmé » est assez difficile mais riche car les élèves doivent prendre des décisions.	3 versions	106
Extraction sélective	1°S	Approche expérimentale de la résolution de problème ; permet d'introduire et de travailler sur la proposition de schéma de résolution du problème ; nécessite deux séances.	3 versions	124
Jet d'eau (version 1)	1°S	Plutôt en fin d'année. Peut être aussi proposée en terminale.	3 versions	138
Hobbit	1°S	Une thématique relevant de la science-fiction. Notion de puissance et d'énergie. Différents registres.	2 versions	147
Panneaux photovoltaïques	TS	Très bonne introduction; peut être utilisée en 1ère si on explicite le lien puissance et énergie. Illustre le fait qu'une résolution de problème n'est jamais terminée (approches itératives).	1 version	154
Dilatation des océans	TS	Une version initiation - Ressource déjà publiée dans sa version « confirmée ».	2 versions	160
Voiture en mouvement	TS	Expérimentale, très simple au niveau de l'appropriation. Peut se faire rapidement en début d'année de TS. Niveau confirmé à cause des calculs. Fichier son.	1 version	170
Octobasse	TS	Base : sujet de bac (septembre 2013 métropole) - 2 versions « confirmé » - une version « expert » utilisant l'analyse dimensionnelle.	3 versions	177
Jet d'eau (version 2)	TS	Adaptée au niveau TS, approche énergétique. axée sur l'analyse dimensionnelle.	2 versions	189
Coque d'un navire	TS	Base : bac S métropole juin 2013. Vise à montrer comment adapter un sujet pour construire un niveau « expert ».	3 versions	195
Mission Apollo	TS	En spécialité – niveau « expert » ; deux voies de résolution possibles – durée supérieure à une heure	3 versions	208
Le rugby	TS	On demande de proposer des équations horaires à partir d'un modèle à déterminer par les élèves	2 versions	221
Le cor des Alpes	TS	Exercice de spécialité du baccalauréat S – session 2014	1 version	232

7. Une bibliographie - sitographie sur la résolution de problèmes

7.1 Ouvrages

- George Polya « Comment poser et résoudre un problème », deuxième édition augmentée, traduit par C. Mesnage, préface de G. Darmon, *Paris, Dunod* 1965, disponible aux éditions Jacques Gabay. Cet ouvrage a inspiré de nombreux travaux de didactique des mathématiques.
- Lawrence Weinstein et John A Adam « Guesstimation - Solving the World's Problems on the Back of a Cocktail Napkin », *Princeton*. Ce livre donne de nombreux exemples de questions ouvertes, résolution de problèmes, pour lesquelles de nombreuses estimations sont à faire pour parvenir au résultat.

7.2 Sitographie

7.2.1 Sites nationaux et internationaux

- http://cache.media.eduscol.education.fr/file/SPC/50/8/Resolution_de_problemes_221508.pdf : Eduscol : ressources pour la classe terminale.
- http://www.ac-paris.fr/portail/jcms/p1_639558/resolution-de-problemes : CPGE, site de l'académie de Paris.
- <http://ife.ens-lyon.fr/vst/DA-Veille/82-fevrier-2013.pdf> : le dossier de l'IFÉ « des projets pour mieux apprendre » (Catherine Reverdy), évoque assez largement la résolution de problème, dans un contexte un peu différent.
- <http://wiki.upmc.fr/download/attachments/7733587/ResolutionPb-2013-UPMC.pdf?version=1&modificationDate=1366056962000> : texte de Jean-Michel COURTY (Université Pierre et Marie Curie).
- <http://scitation.aip.org/content/aapt/journal/tpt/info/collections> : site de la revue américaine de « The Physics Teacher ». On y trouve deux types de résolutions de problèmes (énoncés et solutions possibles) :
 - les « **Fermi questions** », posées tous les mois par Lawrence Weinstein, auteur de « Gesstimation » ;
 - les « **Physics Challenges** » : problèmes posés en ligne. Les étudiants (ou équipes d'étudiants) peuvent proposer leur solution également en ligne.

7.2.2 Sites académiques

Les sites académiques suivants mettent en ligne des « résolutions de problèmes » qui constituent des pistes intéressantes pour les professeurs.

- http://www.pedagogie.ac-nantes.fr/40760136/0/fiche_pagelibre/ (Nantes)
- http://physique.ac-orleans-tours.fr/lycee/premiere_s/resolutions_de_problemes/ (Orléans-Tours)
- http://www.discip.crdp.ac-caen.fr/phch/resolution_pb/resolution_pb.htm (Caen)
- <http://spcfa.spip.ac-rouen.fr/spip.php?rubrique174> (Rouen)

8. Membres du Griesp⁵

AUZELY-LEXA	Catherine	professeure
BARON	Christine	professeure
BLOQUEL	Carole	professeure
COPPENS	Nicolas	professeur
GIROUX	Bruno	professeur
GYR	Marc	professeur
HELIOT	Ludivine	professeure
LE RILLE	Alain	professeur
MASSOTTE	Muriel	professeure
MOUTET	Laurent	professeur
MONTANGERAND	Michel	professeur
SCHLOSSER	Nicolas	professeur
MOMBELLI	Bruno	IA-IPR
SIMON	Christiane	IA-IPR
VIGNERON	Michel	IA-IPR

⁵ Groupe de Recherche et d'innovation pour l'Enseignement des Sciences Physiques

9. Annexes

Résolution de problème :
Passé en avant ou en arrière au rugby ?

Niveau : **Seconde générale**
 Thème : **La pratique du sport**
 Activité expérimentale : **non**
 Origine du sujet : **GRIESP**

Programme de Seconde

Notions et contenus	Compétences attendues
L'étude du mouvement : l'observation, l'analyse de mouvements et le chronométrage constituent une aide à l'activité sportive. Des lois de la physique permettent d'appréhender la nature des mouvements effectués dans ce cadre.	
Relativité du mouvement. Référentiel. Trajectoire.	Comprendre que la nature du mouvement observé dépend du référentiel choisi. <i>Exploiter des enregistrements vidéo pour analyser des mouvements.</i>

Description du document

Plusieurs versions d'une même résolution de problème sont proposées avec des niveaux de difficulté différents.

Compétences	Niveaux de difficulté		
	Version 1 (niveau « initiation »)	Version 2 (niveau « confirmé »)	Version 3 (niveau « expert »)
S'approprier (APP)	1	1	2
Analyser (ANA)	2	4	4
Réaliser (REA)	1	3	3
Valider (VAL)	1	2	3
Communiquer (COM)	1	2	2

Analyse des différentes versions de la résolution de problème

La **version 1** peut être donnée lors de l'étude de la relativité du mouvement et du principe d'inertie. Ce sujet ne présente pas de difficultés particulières car l'appropriation des règles du rugby est favorisée par la présence d'un schéma explicatif dans l'énoncé.

Le problème posé dans la **version 2** est plus difficile au niveau de l'analyse et de la résolution du problème car sa résolution nécessite une modélisation plus aboutie du mouvement du ballon de rugby dans le référentiel du terrain.

La **version 3** présente encore davantage de difficultés car le document de l'énoncé est plus long et une question supplémentaire est posée aux élèves afin qu'ils donnent leur avis sur une nouvelle règle au rugby.

Déroulement de l'activité

Le professeur présente la vidéo de l'essai litigieux puis l'élève reçoit l'énoncé (fiche 1). Au cours de son raisonnement, en cas de blocage, l'élève peut faire appel à des aides, décrites dans la fiche 2.

Des éléments de réponses sont donnés dans la fiche 3 pour le professeur. La fiche 4 donne des exemples d'indicateurs de réussite permettant à l'enseignant d'évaluer cette activité par compétences s'il le souhaite.

Présentation d'une des deux vidéos suivantes :

Match complet Toulouse-Clermont du 5 janvier 2014 (l'essai « litigieux » est visible à la 11^{ème} minute du match et à la 15^{ème} minute de la vidéo) :

http://www.youtube.com/watch?feature=player_detailpage&v=HG4tZ4KBr3Y

Résumé du match Toulouse-Clermont du 5 janvier 2014 (l'essai « litigieux » est visible 1 min 8 s après le début du résumé) : http://www.youtube.com/watch?v=LDGV0Op_bEw

Fiche 1 - Enoncé du sujet

Top 14, Toulouse-Clermont : Quand la passe en avant de Huget devient une passe en arrière !

D'après une dépêche de l'AFP du 09/01/2014 @RugbyramaFR

Profitant des nouvelles directives concernant les en-avant, l'essai inscrit par le Toulousain Médard contre Clermont a été validé par l'arbitre.



Nulle règle ne définit mieux le rugby que la sacro-sainte passe en arrière, mais ce principe est aujourd'hui plus difficile à comprendre, suite à la modification du jugement de la passe en avant. Dimanche dernier, un essai a été accordé au Toulousain Maxime Médard après qu'il ait récupéré un ballon lancé vers l'arrière par Yoann Huget, mais qui avait atterri deux mètres en avant sur le terrain.

Rugby : passe en avant, une question de trajectoire

Difficile de juger un en-avant ! Une passe en avant est jugée désormais selon le mouvement des mains du joueur et non plus selon la trajectoire du ballon sur le terrain



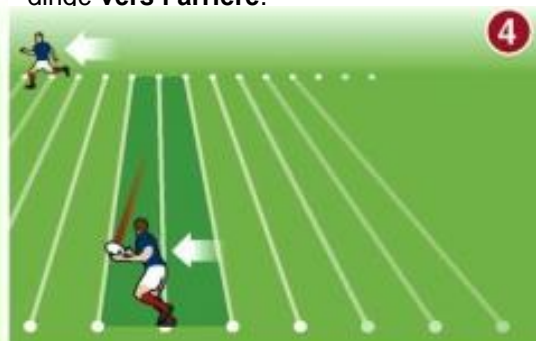
1
Avancer en se passant le ballon **vers l'arrière** : c'est la règle d'or du jeu.



2
Au déclenchement de la passe, le **mouvement des mains** du joueur est bien dirigé **vers l'arrière**.



3
Comme le joueur court lors du lancer du ballon, le ballon va atterrir devant son point de départ.



4
Si on jugeait, comme précédemment, la **trajectoire du ballon par rapport au terrain**, il y aurait **en-avant**.

Cependant, depuis cette année, la passe est jugée **bonne** car le **mouvement des mains** du joueur était **vers l'arrière**.

Source : IRB - AFP

D'après : <http://www.lindependant.fr/2014/01/10/les-mains-de-la-discorde.1833348.php>

Version 1 : niveau « initiation »

Questions préalables :

Dans quel référentiel juge-t-on maintenant si une passe est en avant ou en arrière au rugby ?
Pourquoi le ballon peut-il atterrir devant son point de départ si le joueur court lors du lancer du ballon ?

Problème :

Finalement, la passe de Yoann Huget à Maxime Médard est-elle une passe en avant ou une passe en arrière ? L'arbitre a-t-il eu raison de valider l'essai ?

Version 2 : niveau « confirmé »

Questions préalables :

Pourquoi le ballon peut-il atterrir devant son point de départ si le joueur court lors du lancer du ballon ?

La passe de Yoann Huget à Maxime Médard est-elle une passe en avant ou une passe en arrière ?

Problème :

Cette nouvelle règle du rugby concernant les passes favorise-t-elle les joueurs les plus rapides ou les joueurs les plus lents ?

Version 3 : niveau « expert »

Top 14, Toulouse-Clermont : Quand la passe en avant de Huget enflamme le rugby français !

D'après une dépêche de l'AFP du 09/01/2014 @RugbyramaFR

Profitant des nouvelles directives concernant les en-avant, l'essai inscrit par le Toulousain Médard contre Clermont a entraîné de nombreuses réactions.



Nulle règle ne définit mieux le rugby que la sacro-sainte passe en arrière, mais ce principe est aujourd'hui plus difficile à comprendre, suite à la modification du jugement de la passe en avant. Dimanche dernier, un essai a été accordé au Toulousain Maxime Médard après qu'il ait récupéré un ballon lancé vers l'arrière par Yoann Huget, mais qui avait atterri deux mètres en avant sur le terrain.

Rugby : passe en avant, une question de trajectoire

Difficile de juger un en-avant ! Une passe en avant est jugée désormais selon le mouvement des mains du joueur et non plus selon la trajectoire du ballon sur le terrain



1 Avancer en se passant le ballon vers l'arrière : c'est la règle d'or du jeu.



2 Au déclenchement de la passe, le mouvement des mains du joueur est bien dirigé vers l'arrière.



3 Comme le joueur court lors du lancer du ballon, le ballon va atterrir devant son point de départ.

Source : IRB - AFP



4 Si on jugeait, comme précédemment, la trajectoire du ballon par rapport au terrain, il y aurait en-avant.

Cependant, depuis cette année, la passe est jugée bonne car le mouvement des mains du joueur était vers l'arrière.

D'après : <http://www.lindependant.fr/2014/01/10/les-mains-de-la-discorde,1833348.php>

Dans le cadre de l'extension du recours à l'arbitrage vidéo cette saison, il est donc prôné de ne plus tenir compte de la trajectoire du ballon mais du geste. "On est en train de construire une usine à gaz où chacun interprète à sa manière et ça crée des incompréhensions grotesques. La façon dont elle est appliquée depuis le début de saison dans le championnat français crée des situations ubuesques. Dans le vestiaire dimanche, certains joueurs étaient persuadés que l'arbitre avait sifflé une pénalité et pas un essai. Ils ne comprenaient pas qu'il ait pu être accordé", explique le directeur sportif de Clermont Jean-Marc Lhermet, ulcéré par l'essai toulousain.

Pour l'instant, lors des matchs de la saison régulière, la polémique reste mesurée mais elle prendra une toute autre importance en phase finale, voire en finale, avec un titre en jeu. "Je ne vous cache pas que les arbitres français sont mal à l'aise. Avoir introduit cette notion est une complication, une source d'incompréhension

supplémentaire. Nous préférerions qu'on revienne à la définition précédente de la passe en avant, à savoir si le ballon va vers la ligne de ballon mort adverse", répond le patron des arbitres français, Didier Méné.

Questions préalables :

Pourquoi le ballon peut-il atterrir devant son point de départ si le joueur court lors du lancer du ballon ?

La passe de Yoann Huget à Maxime Médard est-elle une passe en avant ou une passe en arrière ?

Problème :

Cette nouvelle règle du rugby concernant les passes favorise-t-elle les joueurs les plus rapides ou les joueurs les plus lents ? Que pensez-vous finalement de cette nouvelle règle ?

Fiche 2 - Aides à la résolution du problème

L'ordre des questions préalables ne correspond pas forcément à un schéma de résolution précis. Il est possible et même souhaitable que les élèves fassent des allers-retours entre les différentes étapes de résolution.

Question préalable n° 1 de la version 1

Dans quel référentiel juge-t-on maintenant si une passe est en avant ou en arrière au rugby ?

D'après les légendes du schéma explicatif, la passe est maintenant jugée selon le mouvement des mains du joueur.	APP
Les différents référentiels possibles sont : le référentiel terrestre lié au terrain ; le référentiel lié au joueur lançant le ballon ; le référentiel lié au ballon.	ANA

Question préalable n° 2 de la version 1 et question préalable n° 1 des versions 2 et 3

Pourquoi le ballon peut-il atterrir devant son point de départ si le joueur court lors du lancer du ballon ?

D'après les légendes du schéma explicatif, le ballon peut atterrir devant son point de départ car le joueur court lors du lancer du ballon.	APP
Si on néglige les frottements de l'air, il n'y a pas de forces horizontales exercées sur le ballon après son lancer par le joueur. D'après le principe d'inertie, si on néglige les frottements de l'air, le ballon de rugby serait tombé au pied de Yoann Huget s'il l'avait lâché en courant en ligne droite à vitesse constante (sans le lancer vers l'arrière).	ANA
La valeur de la vitesse du ballon lancé vers l'arrière par Yoann Huget dans le référentiel lié au joueur est inférieure à la valeur de la vitesse de Yoann Huget vers l'avant dans le référentiel lié au terrain.	REA

Problème de la version 1 et question préalable n° 2 des versions 2 et 3

La passe de Yoann Huget à Maxime Médard est-elle une passe en avant ou une passe en arrière ?

D'après le document et la vidéo, Maxime Médard a récupéré un ballon lancé vers l'arrière par Yoann Huget, mais qui a atterri deux mètres en avant sur le terrain.	APP
Etes vous immobile ou en mouvement autour du Soleil lorsque vous répondez à cet exercice ? Y a-t-il un mouvement « absolu » ? Yoann Huget est immobile dans le référentiel lié à lui-même et il est en mouvement dans le référentiel lié au terrain (le référentiel terrestre). Décrivez le mouvement du ballon de rugby dans le référentiel lié au terrain et dans le référentiel lié à Yoann Huget.	ANA

L'arbitre a-t-il eu raison de valider l'essai ? (question posée uniquement dans le problème de la version 1).

D'après les légendes du schéma explicatif, la passe est maintenant jugée selon le mouvement des mains du joueur. D'après le document et la vidéo, Maxime Médard a récupéré un ballon lancé vers l'arrière par Yoann Huget.	APP
Étudier la passe de Yoann Huget à Maxime Médard dans le référentiel lié au joueur.	VAL

Problème des versions 2 et 3

Cette nouvelle règle du rugby concernant les passes favorise-t-elle les joueurs les plus rapides ou les joueurs les plus lents ?

Depuis la saison 2013-2014, la passe en avant est jugée selon le mouvement des mains du joueur lançant la balle et non plus selon la trajectoire du ballon dans le référentiel lié au terrain, comme c'était le cas auparavant.	APP
Dans le référentiel lié au terrain, on peut modéliser le mouvement de Yoann Huget par un mouvement en ligne droite, parallèle à la ligne de touche, vers la ligne d'essai adverse. La vitesse du ballon dans le référentiel lié au terrain dépend : - de la vitesse du ballon dans le référentiel lié à Yoann Huget ; - de la vitesse de Yoann Huget dans le référentiel lié au terrain.	ANA
La relation entre les valeurs des composantes dans la direction de la longueur du terrain : - de la vitesse du ballon dans le référentiel lié au terrain $V_{ballon/terrain}$; - de la vitesse du ballon lancé vers l'arrière dans le référentiel lié à Yoann Huget $V_{ballon/Huget}$; - de la vitesse de Yoann Huget vers l'avant dans le référentiel lié au terrain $V_{Huget/terrain}$; est : $V_{ballon/terrain} = V_{Huget/terrain} - V_{ballon/Huget} $ * (dans le référentiel du terrain, le ballon va : - en avant si $V_{ballon/terrain} > 0$ - en arrière si $V_{ballon/terrain} < 0$).	REA
Dans le référentiel du terrain, le ballon va en arrière ($V_{ballon/terrain} < 0$) uniquement si $ V_{Huget/terrain} < V_{ballon/Huget} $. Plus $ V_{ballon/Huget} $ est faible, plus $ V_{Huget/terrain} $ doit être faible pour que le ballon aille en arrière dans le référentiel du terrain ($V_{ballon/terrain} < 0$).	VAL

* : travailler avec des valeurs absolues permet de faire apparaître la négation, ce qui est plus simple pour les élèves.

Que pensez-vous finalement de cette nouvelle règle ? (question posée uniquement dans le problème de la version 3)

D'après le document de l'énoncé, le directeur sportif de Clermont a été ulcéré par l'essai toulousain alors que certains joueurs étaient persuadés que l'arbitre avait sifflé une pénalité et pas un essai. D'après le document de l'énoncé, le patron des arbitres français trouve que cette nouvelle règle apporte une complication et une source d'incompréhension supplémentaire. D'après la réponse à la première question du problème, les joueurs les plus rapides sont favorisés par cette nouvelle règle.	APP
Les spectateurs, qui voient le match depuis le bord du terrain, peuvent eux aussi ne pas comprendre la nouvelle règle. Tous les matchs de rugby, notamment les matchs avec les jeunes joueurs, ne peuvent pas bénéficier de l'arbitrage vidéo.	ANA
Il est possible de nuancer la réponse et de ne pas donner un avis définitif.	VAL

Fiche 3 – Eléments de réponses

Question préalable n° 1 de la version 1

Au rugby, une passe est maintenant jugée en avant ou en arrière dans le référentiel lié au joueur.

S'approprier	<i>Extraire l'information utile.</i>
---------------------	--------------------------------------

D'après la dépêche de l'AFP, la passe est maintenant jugée selon le mouvement des mains du joueur.

Analyser	<i>Déterminer et énoncer les lois physiques qui seront utilisées.</i>
-----------------	---

Au rugby, une passe est maintenant jugée en avant ou en arrière dans le référentiel lié au joueur.

Question préalable n° 2 de la version 1 et question préalable n° 1 des versions 2 et 3

Le ballon peut atterrir devant son point de départ si le joueur court lors du lancer du ballon.

S'approprier	<i>Extraire l'information utile.</i>
---------------------	--------------------------------------

D'après la dépêche de l'AFP, le ballon peut atterrir devant son point de départ car le joueur court lors du lancer du ballon.

Analyser	<i>Déterminer et énoncer les lois physiques qui seront utilisées.</i>
-----------------	---

En effet, si on néglige les frottements de l'air, il n'y a pas de forces horizontales exercées sur le ballon après son lancer par le joueur. Ainsi, d'après le principe d'inertie, le ballon de rugby serait tombé au pied de Yoann Huget s'il l'avait lâché en courant en ligne droite à vitesse constante (sans le lancer vers l'arrière).

Réaliser	<i>Mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée.</i>
-----------------	--

Le ballon va donc atterrir devant son point de départ si la valeur de la vitesse de Yoann Huget vers l'avant dans le référentiel terrestre lié au terrain est supérieure à la valeur de la vitesse du ballon lancé vers l'arrière par Yoann Huget dans le référentiel lié au joueur.

Problème de la version 1 et question préalable n° 2 des versions 2 et 3

La passe de Yoann Huget à Maxime Médard est à la fois une passe en avant et une passe en arrière.

S'approprier	<i>Extraire l'information utile.</i>
---------------------	--------------------------------------

D'après la dépêche de l'AFP, Maxime Médard a récupéré un ballon lancé vers l'arrière par Yoann Huget, mais qui avait atterri deux mètres en avant sur le terrain.

Analyser	<i>Déterminer et énoncer les lois physiques qui seront utilisées.</i>
-----------------	---

D'après la relativité du mouvement, la passe de Yoann Huget à Maxime Médard est :

- une passe en avant dans le référentiel terrestre lié au terrain de rugby ;
- une passe en arrière dans le référentiel lié à Yoann Huget.

Suite du problème de la version 1 : l'arbitre a eu raison de valider l'essai.

S'approprier	<i>Extraire l'information utile.</i>
---------------------	--------------------------------------

D'après la dépêche de l'AFP, la passe est maintenant jugée selon le mouvement des mains du joueur et Maxime Médard a récupéré un ballon lancé vers l'arrière par Yoann Huget.

Valider	<i>Exploiter et interpréter les résultats.</i>
----------------	--

L'arbitre a donc eu raison de valider l'essai.

Problème des versions 2 et 3

Cette nouvelle règle du rugby concernant les passes favorise les joueurs les plus rapides.

S'approprier	<i>Extraire l'information utile.</i>
---------------------	--------------------------------------

D'après la dépêche de l'AFP, la passe en avant est jugée maintenant selon le mouvement des mains du joueur lançant la balle et non plus selon la trajectoire du ballon dans le référentiel lié au terrain, comme c'était le cas auparavant.

Analyser	<i>Elaborer une version simplifiée de la situation en explicitant les choix des hypothèses faites. Organiser et exploiter ses connaissances ou les informations extraites.</i>
-----------------	--

Pour étudier cette nouvelle règle et savoir si elle favorise les joueurs les plus lents ou les plus rapides, il faut étudier le mouvement du ballon de rugby par rapport à la vitesse du joueur faisant la passe dans le référentiel terrestre lié au terrain.

Pour simplifier la situation étudiée, on peut négliger les forces de frottements exercées sur le ballon et considérer que le mouvement de Yoann Huget est un mouvement en ligne droite, parallèle à la ligne de touche, vers la ligne d'essai adverse.

Réaliser	<i>Savoir mener efficacement les calculs analytiques. Mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée.</i>
-----------------	---

La relation entre les valeurs des composantes dans la direction de la longueur du terrain :

- de la vitesse du ballon dans le référentiel lié au terrain $V_{ballon/terrain}$;
- de la vitesse du ballon lancé vers l'arrière dans le référentiel lié à Yoann Huget $V_{ballon/Huget}$;
- de la vitesse de Yoann Huget vers l'avant dans le référentiel lié au terrain $V_{Huget/terrain}$;

est : $V_{ballon/terrain} = |V_{Huget/terrain}| - |V_{ballon/Huget}|$.

Valider	<i>Exploiter et interpréter des résultats.</i>
----------------	--

Dans le référentiel du terrain, le ballon va donc en arrière ($V_{ballon/terrain} < 0$) uniquement si $|V_{Huget/terrain}| < |V_{ballon/Huget}|$.

Ainsi pour un même lancer de ballon (avec une même valeur de vitesse $V_{ballon/Huget}$), un joueur rapide ($|V_{Huget/terrain1}|$ grand) enverra le ballon en avant dans le référentiel du terrain car $|V_{Huget/terrain1}| > |V_{ballon/Huget}|$ alors qu'un joueur plus lent ($|V_{Huget/terrain2}|$ plus faible) l'enverra en arrière car $|V_{Huget/terrain2}| < |V_{ballon/Huget}|$.

Les joueurs les plus rapides étaient donc défavorisés par l'ancienne règle et cette nouvelle règle avantage enfin les joueurs les plus rapides par rapport aux joueurs les plus lents.

Suite du problème de la version 3 : que pensez-vous finalement de cette nouvelle règle ?

S'approprier	<i>Extraire l'information utile.</i>
---------------------	--------------------------------------

Cette nouvelle règle favorise les joueurs les plus rapides.

Cependant d'après la dépêche de l'AFP citée dans l'énoncé, des directeurs sportifs, des joueurs et même des arbitres ont des difficultés pour comprendre cette nouvelle règle.

Analyser	<i>Organiser et exploiter ses connaissances ou les informations extraites.</i>
-----------------	--

Il en est de même pour les spectateurs et il ne faut pas oublier que tous les matchs, notamment les matchs amateurs, ne bénéficient pas de l'arbitrage vidéo.

Valider	<i>Faire preuve d'esprit critique.</i>
----------------	--

Ainsi, cette nouvelle règle est intéressante car elle est dans l'esprit du jeu en favorisant les joueurs les plus rapides.

Cependant, elle nécessite l'utilisation de la vidéo car les arbitres et les spectateurs voient le plus souvent le mouvement du ballon dans le référentiel terrestre du terrain. C'est donc une règle qui ne peut pas être appliquée à tous les niveaux, notamment chez les jeunes, et qui peut être difficile à comprendre pour le public.

Fiche 4 – Exemples d'indicateurs de réussite

<p>S'approprier</p>	<p>Yoann Huget a lancé la balle vers l'arrière mais elle est arrivée plus en avant sur le terrain.</p> <p>Cette passe est maintenant considérée comme une passe en arrière et elle est donc valable.</p> <p>Version 3 : Cette nouvelle règle apporte beaucoup de confusion car elle est difficile à comprendre.</p>
<p>Analyser</p>	<p>La passe de Yoann Huget à Maxime Médard est en avant ou en arrière suivant le référentiel d'étude.</p> <p>Dans le référentiel terrestre lié au terrain, la vitesse du ballon de rugby est étudiée par rapport à la vitesse du joueur.</p> <p>La modélisation de la situation est correctement présentée.</p>
<p>Réaliser</p>	<p>Le ballon peut atterrir devant son point de départ si la valeur de la vitesse du ballon lancé vers l'arrière par Yoann Huget dans le référentiel lié au joueur est inférieure à la valeur de la vitesse de Yoann Huget vers l'avant dans le référentiel lié au terrain.</p> <p>Versions 2 et 3 : $V_{\text{ballon/terrain}} = V_{\text{Huget/terrain}} - V_{\text{ballon/Huget}} .$</p> <p>Une explication sans calcul avec uniquement des phrases peut également suffire. Par exemple : avec l'ancienne règle qui étudiait le mouvement des passes dans le référentiel lié au terrain, les joueurs les plus rapides devaient lancer le ballon plus en arrière que les joueurs lents pour que le ballon aille en arrière dans le référentiel lié au terrain.</p>
<p>Valider</p>	<p>Version 1 : L'arbitre a eu raison de valider l'essai.</p> <p>Versions 2 et 3 : Cette nouvelle règle avantage les joueurs les plus rapides par rapport aux joueurs les plus lents.</p> <p>Version 3 : Cette nouvelle règle est intéressante car elle avantage les joueurs les plus rapides. Cependant, cette nouvelle règle est difficile à comprendre.</p>
<p>Communiquer</p>	<p>La communication est claire, cohérente avec un vocabulaire scientifique précis.</p> <p>Les équations mathématiques, non obligatoires, sont établies avec un langage mathématique correct.</p>

Exemples de copies d'élèves de Seconde ayant résolu le problème sur la passe en avant ou en arrière au rugby (version « Initiation » du niveau Seconde)

Quatre copies d'élèves de Seconde ayant résolu le problème sur la passe en avant ou en arrière au rugby (niveau « Initiation ») sont présentées dans les pages suivantes.

La première copie est une bonne copie. Le niveau A a été attribué pour les compétences « S'approprier », « Valider » et « Communiquer ». En revanche, la modélisation de la situation proposée permet uniquement une résolution qualitative de la situation, ce qui explique le niveau B pour la compétence « Analyser » et le niveau C pour la compétence « Réaliser ». La note donnée à cette copie est donc 4 / 5 car la plupart des compétences sont validées (A ou B), sauf la compétence « Réaliser ».

La deuxième copie est assez comparable à la première copie (niveau A pour les compétences « S'approprier » et « Valider », niveau B pour « Analyser » et niveau C pour « Réaliser »). Cependant, le vocabulaire scientifique utilisé est moins précis, ce qui explique le niveau B pour la compétence « Communiquer ». La note attribuée à cette copie est donc : 3 / 5.

La troisième copie présente une bonne appropriation du problème et une bonne communication écrite (niveau A pour les compétences « S'approprier » et « Communiquer »). En revanche, l'analyse et la réalisation du problème montre une incompréhension de l'élève concernant le concept de force et la validation du problème n'est pas terminée, d'où le niveau C pour les compétences « Analyser », « Réaliser » et « Valider ». Il y a moins de compétences validées (niveaux A ou B) que de compétences non validées (niveaux C ou D) : la note attribuée à cette copie est donc : 2 / 5.

La quatrième et dernière copie présentée montre une résolution du problème insuffisante, aussi bien sur le fond que sur la forme. Le niveau C ou D a donc été attribué pour chacune des cinq compétences évaluées et la note donnée à cette copie est 1 / 5.

Copie 1

- 1) D'après les nouvelles règles, on juge si une passe est faite en avant ou en arrière dans le référentiel du joueur lançant le ballon (dans ses mains).
- 2) Grâce au principe d'inertie nous savons que bien que le ballon ne subisse plus d'autres forces que son poids, il continue d'avancer grâce à la vitesse qu'il avait avant et au cours du lancer, c'est-à-dire celle du joueur l'ayant lancé.
- 3) Oui, la passe de Yoann Huget à Maxime Médard, conformément aux nouvelles règles, bien que faite en arrière, ce qui donne raison à l'arbitre pour avoir validé cet essai.

Evaluation de la copie 1	Exemples d'indicateurs de réussite pour le niveau A	Niveaux de réussite			
		A	B	C	D
S'approprier	Yoann Huget a lancé la balle vers l'arrière mais elle est arrivée plus en avant sur le terrain. Cette passe est maintenant considérée comme une passe en arrière et elle est donc valable.	X			
Analyser	La passe de Yoann Huget à Maxime Médard est en avant ou en arrière suivant le référentiel d'étude. Dans le référentiel terrestre lié au terrain, la vitesse du ballon de rugby est étudiée par rapport à la vitesse du joueur. La modélisation de la situation est correctement présentée.		X X		x 2
Réaliser	Le ballon peut atterrir devant son point de départ si la valeur de la vitesse du ballon lancé vers l'arrière par Yoann Huget dans le référentiel lié au joueur est inférieure à la valeur de la vitesse de Yoann Huget vers l'avant dans le référentiel lié au terrain du joueur.			X X	x 2
Valider	L'arbitre a eu raison de valider l'essai.	X			
Communiquer	La communication est claire, cohérente avec un vocabulaire scientifique précis.	X			

Aide à la notation :

Première étape :

- majorité de A et de B : note entre 3 et 5
- majorité de C et D : note entre 0 à 3

Deuxième étape :

- majorité de A : note entre 4 ou 5 (majorité de A et aucun C ou D : 5)
- majorité de B : note entre 2 et 4 (uniquement des B : 3)
- majorité de C : entre 1 et 3 (uniquement des C : 2)
- majorité de D entre 0 et 2 (uniquement des D : 0 ; dès qu'il y a d'autres niveaux que le D : 1 ou 2)

4 / 5

La note finale résulte d'une analyse du tableau avec l'aide à la notation utilisée mais la décision finale relève de l'expertise du professeur.

Copie 2

Questions préalables:

1. On juge si une passe est en avant ou en arrière au rugby dans le référentiel du passeur.

2. Le ballon ^{peut} atterrir devant son point de départ si le joueur court lors du lancer du ballon, car l'énergie du joueur qui court est gardée donc l'issue de la balle même lancée en arrière, la fait avancer dans le référentiel terrestre.

Problème:

La passe de Yoann Huget à Maxime Médard est valide, car Yoann Huget la lance derrière lui, donc l'arbitre a eu raison de valider l'essai.

Evaluation de la copie 2	Exemples d'indicateurs de réussite pour le niveau A	Niveaux de réussite			
		A	B	C	D
S'approprier	Yoann Huget a lancé la balle vers l'arrière mais elle est arrivée plus en avant sur le terrain. Cette passe est maintenant considérée comme une passe en arrière et elle est donc valable.	X			
Analyser	La passe de Yoann Huget à Maxime Médard est en avant ou en arrière suivant le référentiel d'étude. Dans le référentiel terrestre lié au terrain, la vitesse du ballon de rugby est étudiée par rapport à la vitesse du joueur. La modélisation de la situation est correctement présentée.		X X		x 2
Réaliser	Le ballon peut atterrir devant son point de départ si la valeur de la vitesse du ballon lancé vers l'arrière par Yoann Huget dans le référentiel lié au joueur est inférieure à la valeur de la vitesse de Yoann Huget vers l'avant dans le référentiel lié au terrain du joueur.			X X	x 2
Valider	L'arbitre a eu raison de valider l'essai.	X			
Communiquer	La communication est claire, cohérente avec un vocabulaire scientifique précis.		X		

Aide à la notation :

Première étape :

- majorité de A et de B : note entre 3 et 5
- majorité de C et D : note entre 0 à 3

Deuxième étape :

- majorité de A : note entre 4 ou 5 (majorité de A et aucun C ou D : 5)
- majorité de B : note entre 2 et 4 (uniquement des B : 3)
- majorité de C : entre 1 et 3 (uniquement des C : 2)
- majorité de D entre 0 et 2 (uniquement des D : 0 ; dès qu'il y a d'autres niveaux que le D : 1 ou 2)

3 / 5

La note finale résulte d'une analyse du tableau avec l'aide à la notation utilisée mais la décision finale relève de l'expertise du professeur.

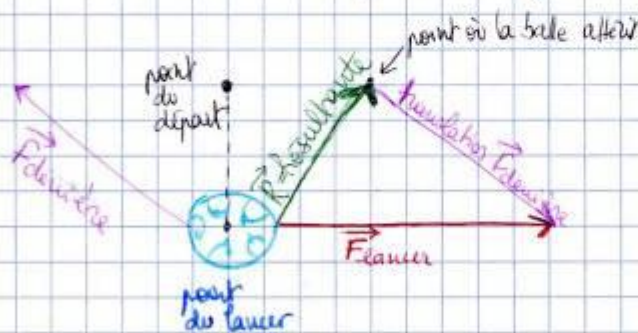
Question 1 :

Maintenant, on utilise le référentiel du sportif, notamment à partir du moment où le ballon quitte ses mains.

Question 2 :

Si le joueur court lors du lancer du ballon, le ballon peut atterrir devant son point de départ car lorsqu'il court, le ballon dans ses mains est en inertie et lorsqu'il jette le ballon, ce ballon va persévération avec la même vitesse qui lui a été communiquée lors du lancer par une certaine force \vec{F}_{lancer} . Sans que lors du lancer, le ballon aura aussi une force qui va le tirer vers derrière, mais cette force, disons $\vec{F}_{\text{arrière}}$ ne sera pas aussi forte que la force \vec{F}_{lancer} et donc, la balle va avancer devant son point de lancer.

Conclusion : Donc la passe de Yann Thugot est bien une passe en avant par rapport au sol (point où la balle atterrit devant le point de départ), mais par rapport au sportif, c'est



une passe derrière puisque la résultante de ces deux forces, \vec{F}_{lancer} et $\vec{F}_{\text{arrière}}$, résulte qui fait avancer la balle, sera ^{toujours} plus petite que le vecteur \vec{F}_{lancer} qui détermine la vitesse du joueur qui ne fait qu'avancer. Donc si on regarde dans le référentiel du joueur, l'essai est accordé, si on regarde dans le référentiel du sol, l'essai ne devrait pas être accordé.

Evaluation de la copie 3	Exemples d'indicateurs de réussite pour le niveau A	Niveaux de réussite			
		A	B	C	D
S'approprier	Yoann Huget a lancé la balle vers l'arrière mais elle est arrivée plus en avant sur le terrain. Cette passe est maintenant considérée comme une passe en arrière et elle est donc valable.	X			
Analyser	La passe de Yoann Huget à Maxime Médard est en avant ou en arrière suivant le référentiel d'étude. Dans le référentiel terrestre lié au terrain, la vitesse du ballon de rugby est étudiée par rapport à la vitesse du joueur. La modélisation de la situation est correctement présentée.			X X	x 2
Réaliser	Le ballon peut atterrir devant son point de départ si la valeur de la vitesse du ballon lancé vers l'arrière par Yoann Huget dans le référentiel lié au joueur est inférieure à la valeur de la vitesse de Yoann Huget vers l'avant dans le référentiel lié au terrain du joueur.			X X	x 2
Valider	L'arbitre a eu raison de valider l'essai.			X	
Communiquer	La communication est claire, cohérente avec un vocabulaire scientifique précis.	X			

Aide à la notation :

Première étape :

- majorité de A et de B : note entre 3 et 5
- majorité de C et D : note entre 0 à 3

Deuxième étape :

- majorité de A : note entre 4 ou 5 (majorité de A et aucun C ou D : 5)
- majorité de B : note entre 2 et 4 (uniquement des B : 3)
- majorité de C : entre 1 et 3 (uniquement des C : 2)
- majorité de D entre 0 et 2 (uniquement des D : 0 ; dès qu'il y a d'autres niveaux que le D : 1 ou 2)

2 / 5

La note finale résulte d'une analyse du tableau avec l'aide à la notation utilisée mais la décision finale relève de l'expertise du professeur.

Copie 4

1. Dans référentiel du terrain juge-t-on si une passe est en avant ou en arrière au rugby.
2. Le ballon peut atterrir son point de départ à cause de force de l'aussement, trajectoire de la balle et le mouvement du joueur.

PB: Je ne sais pas, ou plutôt pas sur

Evaluation de la copie 4	Exemples d'indicateurs de réussite pour le niveau A	Niveaux de réussite			
		A	B	C	D
S'approprier	Yoann Huget a lancé la balle vers l'arrière mais elle est arrivée plus en avant sur le terrain. Cette passe est maintenant considérée comme une passe en arrière et elle est donc valable.			X	
Analyser	La passe de Yoann Huget à Maxime Médard est en avant ou en arrière suivant le référentiel d'étude. Dans le référentiel terrestre lié au terrain, la vitesse du ballon de rugby est étudiée par rapport à la vitesse du joueur. La modélisation de la situation est correctement présentée.			X X	× 2
Réaliser	Le ballon peut atterrir devant son point de départ si la valeur de la vitesse du ballon lancé vers l'arrière par Yoann Huget dans le référentiel lié au joueur est inférieure à la valeur de la vitesse de Yoann Huget vers l'avant dans le référentiel lié au terrain du joueur.			X X	× 2
Valider	L'arbitre a eu raison de valider l'essai.				X
Communiquer	La communication est claire, cohérente avec un vocabulaire scientifique précis.			X	

Aide à la notation :

Première étape :

- majorité de A et de B : note entre 3 et 5
- majorité de C et D : note entre 0 à 3

Deuxième étape :

- majorité de A : note entre 4 ou 5 (majorité de A et aucun C ou D : 5)
- majorité de B : note entre 2 et 4 (uniquement des B : 3)
- majorité de C : entre 1 et 3 (uniquement des C : 2)
- majorité de D entre 0 et 2 (uniquement des D : 0 ; dès qu'il y a d'autres niveaux que le D : 1 ou 2)

1 / 5

La note finale résulte d'une analyse du tableau avec l'aide à la notation utilisée mais la décision finale relève de l'expertise du professeur.

Résolution de problème : Autonomie en plongée

Niveau : **seconde**
 Thème : **la pratique du sport**
 Activité expérimentale : **non**
 Origine du sujet : **GRIESP**

Programme de seconde

Notions et contenus	Compétences attendues
La pression	
Pression dans un liquide au repos, influence de la profondeur loi de Boyle-Mariotte, un modèle de comportement de gaz, ses limites.	savoir que la différence de pression entre deux points d'un liquide dépend de la différence de profondeur. Savoir que, à pression et température données, un nombre donné de molécules occupe un volume indépendant de la nature du gaz.

Description du document

Plusieurs versions d'une même résolution de problème sont proposées avec des niveaux de difficulté différents.

Compétences	Niveaux de difficulté		
	Version 1 (niveau « initiation »)	Version 2 (niveau « confirmé »)	Version 3 (niveau « expert »)
S'approprier (APP)	1	2	3
Analyser (ANA)	1	2	4
Réaliser (REA)	2	2	2
Valider (VAL)	1	1	1
Communiquer (COM)	2	2	2

Analyse des différentes versions de la résolution de problème

La **version 1** présente quelques difficultés pour les élèves, surtout concernant :

- l'appropriation des documents : comprendre la notion de détente à partir d'une description brève et non issue d'un texte scientifique qui en est donnée ;
- l'analyse du sujet : nécessité d'estimer une grandeur utile (volume de la bouteille) ; la notion de temps n'apparaît pas directement dans les relations employées ;
- la réalisation : elle nécessite de poser une hypothèse de travail (température constante au cours de la plongée) ; la mise en relation des différentes relations n'est pas évidente.

La **version 2** du problème présente les mêmes difficultés pour les élèves mais le sujet est rendu plus difficile par rapport à la version 1 car la relation de Boyle-Mariotte et la loi de l'hydrostatique ne sont pas rappelées, l'élève n'a donc pas de pistes pour se lancer dans la résolution du problème

La **version 3** du problème est très difficile et ce sujet est réservé aux élèves ayant un goût marqué et/ou des facilités pour ce type d'activité. En effet, les difficultés des versions précédentes restent présentes, avec comme difficultés supplémentaires :

- le texte descriptif du détendeur comporte des informations superflues ;
- des données utiles sont manquantes (ρ_{eau} , g , P_{atm}), ce qui ne guide pas l'élève vers certaines relations connues ;

- une grandeur dont l'estimation n'est pas évidente doit être proposée par l'élève (la consommation d'air du plongeur).

Déroulement de l'activité

L'élève reçoit l'énoncé (fiche 1).

Au cours de son travail de résolution, en cas de blocage, l'élève peut faire appel à des aides, décrites dans la fiche 2.

Des éléments de réponses sont donnés dans la fiche 3 pour le professeur.

La fiche 4 donne des exemples d'indicateurs de réussite permettant à l'enseignant d'évaluer cette activité par compétences s'il le souhaite.

Fiche 1 - Enoncé du sujet

Version 1 : niveau « initiation »

Document 1

Un plongeur est équipé d'une bouteille d'air comprimé à 200 bar, munie d'un détendeur.



Qu'est-ce qu'un détendeur de plongée ?

Un détendeur est le mécanisme qui permet au plongeur de respirer l'air contenu dans sa bouteille. La fonction principale du détendeur est de **faire passer ou « détendre » l'air, de la pression à laquelle il est stocké dans la bouteille, à la pression à laquelle le plongeur évolue.**

D'après <http://www.tribord.com/fr/plongee/comment-choisir/comment-choisir-son-detendeur-de-plongee-bouteille>

Données :

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

$$\text{Consommation d'air : } d = 25 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

La pression atmosphérique vaut $1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

Document 2 : Loi Boyle-Mariotte

À température constante et pour une quantité de gaz donnée, le produit de la pression P d'un gaz par le volume V qu'il occupe est une constante (**$P \cdot V = \text{constante}$**).

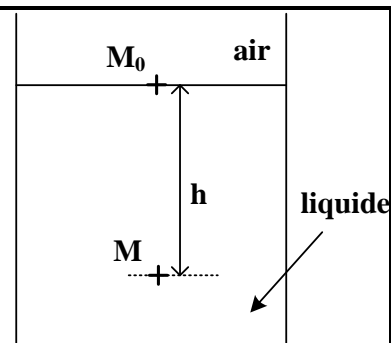
Document 3 : Pression dans un liquide au repos

Dans un liquide au repos, la différence de pression $P - P_0$ entre un point M_0 à la surface libre du liquide et un point M à la profondeur h est proportionnelle à h :

$$P - P_0 = \rho g h$$

ρ : masse volumique du liquide

$$g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$$



Question : Quelle est la durée pendant laquelle le plongeur peut rester en plongée à la profondeur de 20 m ?

Version 2 : niveau « confirmé »

Document 1

Un plongeur est équipé d'une bouteille d'air comprimé à 200 bar, munie d'un détendeur.



Qu'est ce qu'un détendeur de plongée ?

Un détendeur est le mécanisme qui permet au plongeur de respirer l'air contenu dans sa bouteille. La fonction principale du détendeur est de faire passer ou « détendre » l'air, de la pression à laquelle il est stocké dans la bouteille, à la pression à laquelle le plongeur évolue.

D'après <http://www.tribord.com/fr/plongee/comment-choisir/comment-choisir-son-detendeur-de-plongee-bouteille>

Données

1 bar = 10^5 Pa

Consommation d'air : $d = 25 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$

$\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

La pression atmosphérique vaut $1,013 \cdot 10^5$ Pa

Question : Quelle est la durée pendant laquelle le plongeur peut rester en plongée à la profondeur de 20 m ?

Version 3 : niveau « expert »

Un plongeur est équipé d'une bouteille d'air comprimé à 200 bar, munie d'un détendeur.



Qu'est ce qu'un détendeur de plongée ?

Un détendeur est le mécanisme qui permet au plongeur de respirer l'air contenu dans sa bouteille. La fonction principale du détendeur est de faire passer ou « détendre » l'air, de la pression à laquelle il est stocké dans la bouteille, à la pression à laquelle le plongeur évolue.

Cet accessoire primordial pour les plongeurs est vital, c'est pourquoi il est indispensable de choisir le bon détendeur en fonction de votre pratique.

Il est aussi très important de savoir entretenir son détendeur (lien vers nouveau conseil).

D'après <http://www.tribord.com/fr/plongee/comment-choisir/comment-choisir-son-detendeur-de-plongee-bouteille>

Donnée :
1 bar = 10^5 Pa

Question : Quelle est la durée pendant laquelle le plongeur peut rester en plongée à la profondeur de 20 m ?

Fiche 2 - Aides à la résolution du problème

L'ordre des questions préalables ne correspond pas forcément à un schéma de résolution précis. Il est possible et même souhaitable que les élèves fassent des allers-retours entre les différentes étapes de résolution.

<p>A quelle profondeur se déroule la plongée ? Quelle est la pression dans la bouteille ? Quel est le rôle du détendeur ? A quelle pression l'air est-il inspiré par le plongeur ? (réponse qualitative) <u>Pour les versions 1 et 2 :</u> A quoi correspond la « pression atmosphérique » ? <u>Pour la version 1 :</u> La loi de Boyle-Mariotte s'applique-t-elle à l'eau ou à l'air ? La relation de l'hydrostatique s'applique-t-elle à l'eau ou à l'air ? <u>Pour la version 3 :</u> Quelle est la valeur de la pression atmosphérique ?</p>	APP
<p>Rappeler la définition d'une surface libre. Estimer le volume de la bouteille. <u>Pour les versions 2 et 3 :</u> Comment varie la pression dans l'eau avec la profondeur ? Rappeler la loi de Boyle-Mariotte. <u>Pour la version 3 :</u> Estimer le volume d'air consommé par le plongeur chaque minute (en L.min⁻¹). Estimer la masse volumique de l'eau. Rappeler la valeur de l'intensité de la pesanteur g.</p>	ANA
<p>Evaluer la pression à la profondeur de la plongée. Quelle hypothèse doit-on faire pour pouvoir appliquer la loi de Boyle-Mariotte ? Evaluer le volume d'air « détendu » pouvant être extrait de la bouteille à la sortie du détendeur. Evaluer la durée de la plongée. Procéder si nécessaire par analyse dimensionnelle.</p>	REA
<p>La valeur obtenue semble-t-elle pertinente ? Quel regard critique peut-on poser sur le raisonnement mené ?</p>	VAL

Fiche 3 – Éléments de réponses

S'approprier le problème.	Identifier les grandeurs physiques pertinentes, leur attribuer un symbole.
<ul style="list-style-type: none"> - La plongée se déroule à la profondeur $h = 20$ m. - La pression dans la bouteille est : $P_{\text{bouteille}} = 200 \text{ bar} = 200 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ - Le détendeur permet de « détendre » l'air contenu dans la bouteille, c'est-à-dire de diminuer sa pression. - Grâce au détendeur, l'air inspiré par le plongeur est alors à la même pression que l'eau à la profondeur de plongée. - La pression atmosphérique correspond à la pression de l'air au niveau de la mer : $P_{\text{atm}} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ <p><u>Pour la version 1 :</u> <i>Document 2 :</i> La loi de Boyle-Mariotte permet d'étudier l'air contenu dans la bouteille. <i>Document 3 :</i> La relation de l'hydrostatique permet d'étudier la variation de pression dans l'eau selon la profondeur de plongée.</p>	
Analyser	Déterminer et énoncer les lois physiques qui seront utilisées. Évaluer quantitativement les grandeurs physiques inconnues et non précisées
<ul style="list-style-type: none"> - La surface libre est la surface de contact entre l'eau et l'atmosphère. - On peut estimer : $V_{\text{bouteille}} = 15 \text{ L}$ <p><u>Pour les versions 2 et 3 :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - La variation de pression augmente proportionnellement à la profondeur : $P = P_{\text{atm}} + \rho_{\text{eau}} \cdot g \cdot h$, avec $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ - Loi de Boyle-Mariotte : $P \cdot V = \text{cste}$ pour un gaz à température et quantité de matière constantes. <p><u>Pour la version 3 :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Consommation d'air : $d = 25 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ - $\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 	
Réaliser	Mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée. Savoir mener efficacement les calculs analytiques et la traduction numérique.
<ul style="list-style-type: none"> - A 20 m de profondeur : $P_1 = P_{\text{atm}} + \rho_{\text{eau}} \cdot g \cdot h = 3 \cdot 10^5 \text{ Pa} = P_{\text{inspiré}}$ - Pour appliquer la loi de Boyle-Mariotte, on fait l'hypothèse que la température de l'eau est constante au cours de la plongée. - Volume occupé par l'air à la pression de profondeur P_1 : $V_{(P_1)} = P_{\text{bouteille}} \cdot V_{\text{bouteille}} / P_1 = 1000 \text{ L}$ - Durée de la plongée : $\tau = V_{(P_1)} / d = 40 \text{ min}$ 	
Valider	Discuter de la pertinence du résultat trouvé (identification des sources d'erreur, choix des modèles, formulation des hypothèses, ...) Étudier des cas limites plus simples dont la solution est plus facilement vérifiable ou bien déjà connue

La durée de plongée obtenue semble pertinente.

Il est cependant prudent de remonter avant d'avoir consommé tout l'air dans la bouteille → garder une réserve.

L'hypothèse d'une température constante est acceptable, dans le cas de ce type de modélisation.

Fiche 4 – Exemples d'indicateurs de réussite

S'approprier	<p>Les données pression dans la bouteille et profondeur de plongée sont extraites des documents.</p> <p>La notion de pression atmosphérique (et la valeur pour la version 2) est (sont) connue(s).</p> <p>Le rôle du détendeur est compris.</p> <p>Les domaines d'application de la loi de Boyle-Mariotte et de la relation de l'hydrostatique sont connus</p>
Analyser	<p>Le volume de la bouteille est estimé de façon réaliste.</p> <p><u>Pour les versions 2 et 3 :</u></p> <p>La variation de pression avec la profondeur est correctement explicitée.</p> <p>La loi de Boyle-Mariotte et ses hypothèses sont connues.</p> <p><u>Pour la version 3 :</u></p> <p>La consommation d'air par le plongeur est estimée de façon réaliste.</p> <p>La masse volumique de l'eau est estimée de façon réaliste.</p> <p>La valeur de l'intensité de la pesanteur est connue.</p>
Réaliser	<p>Le calcul de la pression à la profondeur de plongée est correctement mené.</p> <p>La compréhension du phénomène de détente et donc de l'air « disponible » pour le plongeur est comprise.</p> <p>L'application de la loi de Boyle-Mariotte est convenablement menée.</p>
Valider	<p>La pertinence de la valeur numérique obtenue est réalisée.</p> <p>Un regard critique est porté sur le raisonnement : nécessité de remonter avant d'avoir consommé tout l'air et/ou hypothèses de la loi de Boyle-Mariotte vérifiées.</p>
Communiquer	<p>La communication est claire, cohérente avec un vocabulaire scientifique précis.</p> <p>Les calculs sont effectués à partir de formules littérales, dans un langage mathématique correct.</p>

Résolution de problème : L'homéopathie

Niveau : **seconde**
Thème : **santé**
Activité expérimentale : **non**
Origine du sujet : **GRIESP**

Programme de seconde

Notions et contenus	Compétences attendues
Le diagnostic médical	
La quantité de matière. Son unité : la mole. Constante d'Avogadro : N_A .	
Les médicaments	
Principe actif, excipient, formulation.	Analyser la formulation d'un médicament.
Concentration molaire et massique d'une espèce en solution non saturée Dilution d'une solution.	Connaître et exploiter l'expression des concentrations massiques et molaires d'une espèce moléculaire ou ionique dissoute.

Description du document

Plusieurs versions d'une même résolution de problème sont proposées avec des niveaux de difficulté différents.

Compétences	Niveaux de difficulté	
	Version 1 (niveau « confirmé »)	Version 2 (niveau « expert »)
S'approprier (APP)	3	4
Analyser (ANA)	3	4
Réaliser (REA)	2	2
Valider (VAL)	2	2
Communiquer (COM)	2	2

Analyse des différentes versions de la résolution de problème

La **version 1** présente des difficultés assez importantes pour les élèves, surtout concernant :

- l'appropriation des documents (en particulier pour le passage d'une échelle logarithmique (« CH ») à une conversion en puissance de 10 de la dilution) ;
- la validation (il s'agit de comprendre ce qu'un nombre de molécule inférieur à 1 dans une solution veut dire).

La **version 2** du problème présente les mêmes difficultés pour les élèves mais le sujet est rendu plus difficile par rapport à la version 1 car :

- de nombreuses informations non nécessaires à la résolution du problème sont présentes dans l'énoncé (« succusion », « *similia similibus curantur* », « décimale hahnemannienne »...);
- une donnée est manquante (le nombre d'Avogadro) ;
- la question posée est plus ouverte (il s'agit pour l'élève d'estimer la concentration initiale de la solution mère mais aussi le volume final de la solution fille).

Déroulement de l'activité

L'élève reçoit l'énoncé (fiche 1).

Au cours de son raisonnement, en cas de blocage, l'élève peut faire appel à des aides, décrites dans la fiche 2.

Des éléments de réponses sont donnés dans la fiche 3 pour le professeur.

La fiche 4 donne des exemples d'indicateurs de réussite permettant à l'enseignant d'évaluer cette activité par compétences s'il le souhaite.

Fiche 1 - Enoncé du sujet

Version 1 : niveau « confirmé »



Les médicaments homéopathiques sont fabriqués par des dilutions successives. Les dilutions s'expriment en CH, centésimale hahnemannienne. Une dilution 1 CH correspond à un produit dilué 100 fois. Une dilution 2 CH correspond, elle, à un produit dilué 100 fois puis à nouveau 100 fois, soit $100 \times 100 = 10000$ fois, etc...

On sait que la constante d'Avogadro ($N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$) représente le nombre d'atomes ou de molécules dans une mole d'une substance pure [...]. A partir d'une dilution 12 CH, il est très peu probable que les médicaments homéopathiques contiennent même une seule molécule de la substance souche dont le nom apparaît sur l'étiquette. Ces dilutions sont appelées ultramoléculaires.

*D'après « L'homéopathie une pratique à histoires - Un concept plutôt qu'une technique »,
La recherche, 31/05/1998, n°310*

On suppose qu'une solution initialement à la concentration $C_0 = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ subit une dilution 12 CH.

Question : Vérifier qu'un litre de cette dilution 12 CH est ultramoléculaire.

Version 2 : niveau « expert »



« Parmi les médecines qu'on appelle naturelles, alternatives, parallèles ou complémentaires, l'homéopathie est, d'un point de vue scientifique, la plus controversée. Elle avance des arguments qui semblent contraires à l'intuition et est accusée de violer certaines lois scientifiques fondamentales. Ce scepticisme n'empêche pourtant pas l'homéopathie d'être l'une des formes les plus populaires des médecines complémentaires : environ un tiers de la population française y a recours. [...] Sa définition formelle est pourtant simple : l'homéopathie est une méthode thérapeutique fondée sur un concept, « *les semblables sont traités par les semblables* », concept souvent invoqué dans sa forme latine « *similia similibus curantur* ». [...]

Les médicaments homéopathiques sont fabriqués par des dilutions successives avec « succussion » : la succussion est une agitation vigoureuse dans le plan vertical, avec choc contre un butoir élastique. Les dilutions s'expriment principalement en DH décimale hahnemannienne, soit 1:10 et en CH centésimale hahnemannienne, soit 1:100. Une large gamme est utilisée et des dilutions atteignant 30 CH sont de pratique courante.

Une connaissance minimale en chimie suffit pour comprendre le problème posé par ces dilutions. On sait que la constante d'Avogadro représente le nombre d'atomes ou de molécules dans une mole d'une substance pure [...]. Or un médicament homéopathique en dilution 30 CH représente une dilution à 10^{60} de la substance souche. La conclusion est évidente et n'est pas du tout mise en cause par les homéopathes : à partir d'une dilution 23 DH ou 12 CH, il est très peu probable que les médicaments homéopathiques contiennent même une seule molécule de la substance souche dont le nom apparaît sur l'étiquette. Ces dilutions sont appelées ultramoléculaires. »

D'après L'homéopathie une pratique à histoires - Un concept plutôt qu'une technique, La recherche, 31/05/1998, n°310

Question : Vérifier qu'un litre de cette dilution 12 CH est ultramoléculaire.

Fiche 2 - Aides à la résolution du problème

L'ordre des questions préalables ne correspond pas forcément à un schéma de résolution précis. Il est possible et même souhaitable que les élèves fassent des allers-retours entre les différentes étapes de résolution.

Qu'est-ce qu'une dilution ultramoléculaire ? Combien d'entités chimiques (atomes, ions ou molécules) contient une mole de cette entité ? Combien de fois a été dilué un produit dans une dilution n CH où n est un entier naturel ? <u>Pour la version 1 :</u> Que vaut la concentration initiale de la solution mère ? Que vaut le volume final de la solution fille ?	APP
Rappeler la définition de la concentration molaire. Comment varie la concentration molaire lorsque un produit est dilué 10^n fois ? <u>Pour la version 2 :</u> Estimer la concentration initiale de la solution mère. Estimer le volume final de la solution fille.	ANA
Relier la concentration C d'une dilution 12 CH à la concentration C_0 de la solution initiale. Exprimer la quantité de matière n (en moles) correspondant à la concentration C dans un litre d'une solution de dilution 12 CH. Quelle est le nombre de molécules N correspondant à la quantité de matière n (en moles) dans un litre d'une solution de dilution 12 CH ?	REA
Que doit vérifier le nombre de molécules N souche dans une solution de dilution 12 CH pour que ce soit une dilution ultramoléculaire ?	VAL

Fiche 3 – Éléments de réponses

S'approprier le problème.	Identifier les grandeurs physiques pertinentes, leur attribuer un symbole.
----------------------------------	--

- Il n'y a plus de molécules actives dans une solution « ultramoléculaire ».
- La constante d'Avogadro : N_a (= $6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ – version 1) est le nombre d'entités dans une mole de ce produit.
- une solution de dilution n CH a été diluée $10^{2 \cdot n}$ fois.

Version 2 : on peut vérifier le calcul mené grâce à une information du document : « un médicament homéopathique en dilution 30 CH représente une dilution à 10^{60} de la substance souche ».

Analyser	Déterminer et énoncer les lois physiques qui seront utilisées. Évaluer quantitativement les grandeurs physiques inconnues et non précisées
-----------------	---

- La concentration molaire est $C = \frac{n}{V}$
- Exploitation de la conservation de la matière lors de la dilution : $C_{\text{mère}} \cdot V_{\text{mère}} = C_{\text{fille}} \cdot V_{\text{fille}}$
- Pour la version 2 : $N_a = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ et on suppose $C_{\text{mère}} = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ et $V_{\text{fille}} = 1 \text{ L}$

Réaliser	Mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée. Savoir mener efficacement les calculs analytiques et la traduction numérique.
-----------------	--

$C_{\text{mère}} \cdot V_{\text{mère}} = C_{\text{fille}} \cdot V_{\text{fille}}$ d'où : $C_{\text{mère}}/C_{\text{fille}} = V_{\text{fille}}/V_{\text{mère}}$
Pour une dilution 12 CH : $C_{\text{fille}} = 10^{-24} \cdot C_{\text{mère}} = 10^{-24} \cdot \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

Valider	Discuter de la pertinence du résultat trouvé (identification des sources d'erreur, choix des modèles, formulation des hypothèses, ...) Étudier des cas limites plus simples dont la solution est plus facilement vérifiable ou bien déjà connue
----------------	--

Le nombre de molécules dans 1 litre de la solution fille est $N = C_{\text{fille}} \cdot V_{\text{fille}} \cdot N_A = 0,6$.
soit moins d'une molécule active par litre de solution, donc la solution est ultramoléculaire.

Fiche 4 – Exemples d'indicateurs de réussite

S'approprier	L'expression « dilution ultramoléculaire » est bien comprise. Le nombre d'Avogadro est connu et compris. La dilution n CH est comprise en tant que solution diluée 10^{2n} fois.
Analyser	La concentration molaire de la solution fille est reliée à la concentration de la solution mère lorsque un produit est dilué 10^n fois. <u>Pour la version 2 :</u> la concentration initiale de la solution mère est estimée de façon réaliste. le volume final de la solution fille est estimé de façon réaliste.
Réaliser	Le nombre de molécules (ou de moles) de la solution fille est correctement calculé.
Valider	Le critère consistant à comparer le nombre de molécules de la solution fille à l'unité est trouvé.
Communiquer	La communication est claire, cohérente avec un vocabulaire scientifique précis. Les calculs sont effectués à partir de formules littérales, dans un langage mathématique correct.

Résolution de problème : **Gonflage d'un ballon de football**

Niveau : **Seconde générale**
Thème : **La pratique du sport**
Activité expérimentale : **non**
Origine du sujet : **GRIESP**

Programme de seconde

Notions et contenus	Compétences attendues
La pression	
Loi de Boyle-Mariotte, un modèle de comportement de gaz, ses limites.	Savoir que, à pression et température données, un nombre donné de molécules occupe un volume indépendant de la nature du gaz.

Description du document

Cette résolution de problème a été testée et mise en œuvre dans des formes différentes en classe de seconde. Cette activité a été proposée à la fin de la partie du programme de seconde portant sur *la pression* mais également à des élèves n'ayant pas encore abordé cette partie (cas signalé par une étoile *). La version 1 "confirmé" a été testée une fois en classe de seconde, avec un groupe de 18 élèves de Sciences et Laboratoire, en test individuel, sur papier pendant 45 mn.

La version 2 "expert", version initiale de l'activité au cours de sa conception, a été testée trois fois :

- en classe entière de seconde de 32 élèves en test individuel, sur papier en 55 mn ;
- en classe de seconde avec un groupe de 18 élèves sur un créneau de 1h en 45 minutes + 10 mn de débriefing.
- en classe de seconde (*) de 32 élèves par groupes de deux ou trois élèves lors d'une séance de TP par demi classe, compte rendu sur traitement de texte en 1h30.

Cette activité peut, par exemple, être proposée comme approfondissement sur la partie *pression* avec initiation à la démarche de résolution de problème: dans ce cas la forme de l'activité sera celle d'un exercice d'entraînement à la résolution de problème, à faire en classe, en interagissant avec les élèves qui travaillent par groupes de deux ou trois avec des aides éventuellement apportées par le professeur. Ces aides, données dans la fiche 2 sont des questions destinées à faire réfléchir l'élève sans lui apporter la solution. Il est important que tous les élèves arrivent au bout de leur résolution. Plusieurs versions de cette résolution de problème sont proposées avec des niveaux de difficulté différents (version 1 "confirmé" ou version 2 "expert").

Cette activité peut aussi être proposée en évaluation complémentaire (version 1 "confirmé") pour des élèves déjà initiés à la démarche de résolution de problème. Le but est alors de tester les élèves sur leur capacité à résoudre un problème : le chemin suivi importe alors plus que la solution elle-même qui sera donnée par le professeur lors du "débriefing" (correction) de l'activité (voir Déroulement de l'activité dans la page suivante).

Analyse des différentes versions de la résolution de problème

Compétences	Niveaux de difficulté		
	Version 1 "confirmé"	Version 2 "expert"	
S'approprier (APP)	3	4	
Analyser (ANA)	4	4	
Réaliser (REA)	2	3	
Valider (VAL)	2	2	
Communiquer (COM)	2	2	

Ce sujet présente des difficultés relatives pour les élèves, surtout concernant :

- l'appropriation des documents qui sont nombreux et qui comportent de nombreuses données dont beaucoup sont inutiles ;
- l'analyse du problème qui induit une voie de résolution utilisant la loi de Boyle-Mariotte dans un contexte inhabituel ;
- la partie « réaliser » est finalement relativement simple puisque la résolution numérique du problème utilise des données qui ne nécessitent pas de conversions d'unités ce qui est classiquement un gros problème pour des élèves de seconde (en particulier pour les unités de volume).

La version 2 est la plus difficile car les données sont "brutes" dans le sens où elles proviennent toutes de documents récupérés sur le web. Certaines données utiles à la résolution ne sont pas exploitables directement et doivent être analysées, comprises et traitées pour pouvoir résoudre le problème. Après avoir testé cette version, il apparaît que les données suivantes posent problème :

- la (les) pression (s) à l'intérieur du ballon gonflé : il s'agit en effet de pression(s) relative(s) ce qui n'est nullement évident pour les élèves ;
- la capacité (de la pompe) qui n'est pas explicitée comme telle ;
- la loi de Boyle-Mariotte décrite dans une forme assez éloignée de ce que l'on peut habituellement rencontrer dans les ouvrages de seconde.

La version 1 prend en compte les difficultés mises en évidence à la version 2 et propose donc de légères (mais significatives) modifications dans la présentation des données qui posent problème.

Déroulement de l'activité

L'élève reçoit l'énoncé (fiche 1).

Au cours de son raisonnement, en cas de blocage, l'élève peut faire appel à des aides, décrites dans la fiche 2.

La gestion de ces aides dépend de la mise en œuvre de l'activité dans la classe.

Ainsi, comme déjà dit dans la partie description du document, les deux versions 1 et 2 de cette activité peuvent être proposées comme approfondissement ou même comme découverte de la partie *pression* avec initiation à la démarche de résolution de problème. Dans ce cas, la forme de l'activité sera celle d'un exercice d'entraînement à la résolution de problème, à faire en classe, en interagissant avec les élèves qui travaillent par groupes de deux ou trois avec des aides éventuellement apportées par le professeur. Ces aides, données dans la fiche 2 sont des questions destinées à faire réfléchir l'élève sans lui apporter la solution. Il est important que tous les élèves arrivent au bout de leur résolution même si celle-ci s'écarte de la ou les solution(s) attendue(s).

Cette activité peut aussi être proposée en évaluation complémentaire (version 2 "confirmé") pour des élèves déjà initiés à la démarche de résolution de problème. Dans ce cas l'interaction avec les élèves est plus limitée mais néanmoins essentielle en cas de blocage. La gestion de l'aide individualisée pour chaque élève en situation de blocage est peu réaliste en classe entière. Ainsi, il est plus raisonnable d'envisager cette activité sous forme d'évaluation en demi-classe. Une solution possible pour la gestion consiste alors à observer régulièrement dans le temps les productions en cours d'élaboration (en passant dans les rangs par exemple) pour évaluer leur état d'avancement et les difficultés rencontrées, puis à apporter oralement une aide ponctuelle, ciblée et déclenchante pour relancer de manière globale l'ensemble du groupe. L'objectif n'est pas forcément que tous les élèves arrivent à trouver la bonne solution. Par contre le chemin et la démarche suivis, valorisés de manière conséquente, importe plus que la solution elle-même qui sera donnée par le professeur lors du "débriefing" (correction) de l'activité.

Des éléments de réponses sont donnés dans la fiche 3 pour le professeur.

La fiche 4 donne des exemples d'indicateurs de réussite permettant à l'enseignant d'évaluer cette activité par compétences s'il le souhaite.

Fiche 1 - Énoncé du sujet

Version 1 : niveau « confirmé »

Combien de coups de pompe pour gonfler un ballon de foot ?



Le **Brazuca** est le ballon officiel de la coupe du monde de football 2014
D'après <http://fr.wikipedia.org/wiki/Brazuca>

Document 1 : Caractéristiques d'un ballon de football

Ses caractéristiques sont définies par la Loi 2 du football de l'International Football Association Board. Elles ont été arrêtées en 1837. Le ballon doit être sphérique, en cuir ou dans une autre matière adéquate, avoir une circonférence de 70 cm au plus et de 68 cm au moins (soit un diamètre de 22 cm), une masse de 650 g au plus et de 600 g au moins au début du match, la pression à l'intérieur du ballon se situant entre 1,6 (pour les ballons de futsal) et 2,1 atmosphères.

D'après http://fr.wikipedia.org/wiki/Ballon_de_football

Document 2 : Loi de Boyle-Mariotte

A température constante et pour une quantité de gaz donnée, le produit de la pression P d'un gaz par le volume V qu'il occupe est une constante : **$P \cdot V = \text{constante}$** . Autrement dit, si on augmente la pression d'une quantité de gaz et que sa température ne varie pas alors son volume diminue de manière inversement proportionnel :

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2 \quad \text{ou encore} \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1}$$

Document 3 : Volume d'une sphère

Volume d'une sphère de rayon R :

$$V = \frac{4}{3} \times \pi \times R^3$$

Document 4 : Caractéristiques techniques d'une pompe à vélo

Longueur: 180 mm

Diamètre: 34 mm

Poids: 160 grammes

Capacité: 105 cm³/coup de pompe

Pression maximale: 11 bars

<http://www.quickex.com/data/images/medieupload/quickex-french.pdf>

Donnée : La pression atmosphérique moyenne au niveau de la mer vaut $1,013 \cdot 10^5$ Pa = 1 atmosphère

Question : À partir des documents ci-dessus, estimer combien de coups de pompe à vélo sont nécessaires pour gonfler un ballon de football.

Version 2 : niveau « expert »

Combien de coups de pompe pour gonfler un ballon de foot ?



Le **Brazuca** est le ballon officiel de la coupe du monde de football 2014
D'après <http://fr.wikipedia.org/wiki/Brazuca>

Document 1 : Caractéristiques d'un ballon de football

Ses caractéristiques sont définies par la Loi 2 du football de l'International Football Association Board. Elles ont été arrêtées en 1837. Le ballon doit être sphérique, en cuir ou dans une autre matière adéquate, avoir une circonférence de 70 cm au plus et de 68 cm au moins (soit un diamètre de 22 cm), une masse de 650 g au plus et de 600 g au moins au début du match et une surpression se situant entre 0,6 (pour les ballons de futsal) et 1,1 atmosphère (600 - 1100 g/cm²).

D'après http://fr.wikipedia.org/wiki/Ballon_de_football

Document 2 : Loi de Boyle-Mariotte

La **loi de Boyle-Mariotte** (souvent appelée **loi de Boyle** par les anglophones, **loi de Mariotte** ou **loi de Boyle-Mariotte** par les francophones) est une des lois de la thermodynamique du gaz réel. Elle relie la pression et le volume d'un gaz réel à température constante. [...] $pV = \text{constante}$ pour une température donnée constante. En d'autres termes, maintenir la température constante pendant une augmentation de pression d'un gaz exige une diminution de volume. Inversement, la réduction de la pression du gaz passe par une augmentation de volume. La valeur exacte de la constante n'a pas besoin d'être connue pour appliquer la loi entre deux volumes de gaz sous des pressions différentes, à la même température :

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

D'après http://fr.wikipedia.org/wiki/Loi_de_Boyle-Mariotte

Document 3 : Volume d'une sphère

Volume d'une sphère de rayon R : $V = \frac{4}{3} \times \pi \times R^3$

Document 4 : Caractéristiques techniques d'une pompe à vélo

Longueur: 180 mm

Diamètre: 34 mm

Poids: 160 grammes

Capacité: 105 cm³

Pression maximale: 11 bars

Livres par pouce carré: 154

<http://www.quickex.com/data/images/medieupload/quickex-french.pdf>

Donnée : La pression atmosphérique moyenne au niveau de la mer vaut $1,013 \cdot 10^5$ Pa = 1 atmosphère

Question : À partir des documents ci-dessus, estimer combien de coups de pompe à vélo sont nécessaires pour gonfler un ballon de football.

Fiche 2 - Aides à la résolution du problème

<p>Quelle(s) information(s) utile(s) peut-on extraire de chaque document ? Quels sont les liens qui existent entre les différentes informations utiles extraites ? A quoi peut bien servir le document sur la loi de Boyle-Mariotte ? A quelle condition peut-on l'utiliser ?</p>	<i>APP</i>
<p>Comment calculer le volume du ballon de foot ? Quelle(s) est (sont) la(les) pression(s) à l'intérieur du ballon lorsqu'il est gonflé ? Quelle est la pression de l'air lorsqu'il est aspiré par la pompe ? Que fait la pompe lorsque l'on pousse sur le piston ? Que se passe-t-il lorsque l'on pousse sur le piston de la pompe ? Quelle est la pression de l'air lorsque la pompe l'injecte dans le ballon ? De quoi va dépendre le nombre de coups de pompe pour gonfler le ballon ? Faut-il le même nombre de coup de pompe pour gonfler un ballon de futsal et un ballon de football de plein air ? Quel volume d'air est contenu dans le ballon sous pression ? Comment calculer le volume d'air correspondant lorsque celui-ci est ramené à la pression atmosphérique ? Quel est le volume d'air extérieur aspiré à chaque coup de pompe ?</p>	<i>ANA</i>
<p>Quelle relation faut-il utiliser pour calculer le volume d'air V_2 contenu dans le ballon ? Faire le calcul du volume d'air contenu dans le ballon directement en cm^3. Utiliser la loi de Boyle-Mariotte pour calculer le volume V_1, ramené à la pression atmosphérique, de la quantité d'air sous pression contenu dans le ballon. Il n'est pas nécessaire de convertir les données dans d'autres unités pour trouver la solution. Quelle est la relation entre le nombre de coups de pompe et le volume d'air aspiré par la pompe ?</p>	<i>RÉA</i>
<p>Combien de coups de pompe à vélo donne-t-on habituellement pour regonfler un ballon de foot dégonflé ? de l'ordre de 1 coup ? 10 coups ? 100 coups ? 1000 coups ? 10000 coups ? Comparer cet ordre de grandeur au résultat trouvé.</p>	<i>VAL</i>

Fiche 3 – Éléments de réponses

S'approprier	<i>Extraire l'information utile.</i>
---------------------	--------------------------------------

Document 1 : le ballon de football est une sphère, de diamètre 22 cm. La **surpression** à l'intérieur du ballon doit être comprise entre 0,6 à 1,1 atmosphère ;

Document 2 : loi de Boyle-Mariotte : pour une quantité de gaz donnée, $P_1V_1 = P_2V_2$ à $T = \text{constante}$;

Document 3 : formule pour calculer le volume d'une sphère en fonction de son rayon ;

Document 4 : la capacité de la pompe est de 105 cm^3 par coup de pompe.

Analyser	<i>Organiser et exploiter les informations extraites. Déterminer et énoncer les lois physiques qui seront utilisées. Établir une stratégie de résolution.</i>
-----------------	---

le document 1 permet de calculer le rayon du ballon assimilé à une sphère soit $R = 22/2 = 11 \text{ cm}$ ainsi que la pression absolue à l'intérieur du ballon qui est comprise varie entre 1,6 et 2,1 atm ;

Les documents 1 et 3 permettent le calcul du volume d'air V_2 contenu dans le ballon. On fait l'hypothèse que la pompe aspire de l'air à la pression atmosphérique et la refoule dans le ballon à une pression supérieure **sans variation de température** (ce qui est certainement discutable lorsque l'on gonfle un ballon de football avec une pompe à vélo). La situation peut être modélisée de la façon suivante :

on prélève un volume total V_1 inconnu d'air à la pression atmosphérique extérieure $P_1 = 1$ atmosphère qui va se retrouver dans le ballon de volume V_2 (que l'on va calculer par ailleurs) à la pression P_2 qui est comprise entre 1,6 et 2,1 atmosphères. En considérant que l'air ne s'échauffe pas lorsqu'il est comprimé par la pompe, le volume V_1 s'obtient par application de la loi de Boyle-Mariotte et est donc encadré par une valeur mini et une valeur maxi ;

Le nombre de coups de pompe est donc lui aussi encadré par une valeur mini et une valeur maxi. On l'obtient en faisant le rapport du volume V_1 par la capacité de la pompe.

Réaliser	<i>Savoir mener efficacement les calculs analytiques et la traduction numérique. Mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée.</i>
-----------------	--

$$\text{Volume d'air dans le ballon : } V_2 = \frac{4}{3}\pi R^3 = 5,6 \cdot 10^3 \text{ cm}^3$$

$$\text{Application de la loi de Boyle-Mariotte : } P_1V_1 = P_2V_2 \text{ d'où } V_1 = \frac{P_2V_2}{P_1}$$

$$\text{Nombre de coups de pompe : } N = \frac{V_1}{V_0} \text{ avec } V_0 = \text{capacité de la pompe}$$

Application numérique :

$$N_{\text{mini}} = \frac{1,6 \times 5,6 \cdot 10^3}{105} = 85, \text{ soit } 85 \text{ coups de pompe pour un gonflage à } 1,6 \text{ atmosphère}$$

$$N_{\text{maxi}} = \frac{2,1 \times 5,6 \cdot 10^3}{105} = 1,1 \cdot 10^2, \text{ soit environ } 110 \text{ coups de pompe pour un gonflage à } 2,1 \text{ atmosphères}$$

Valider

Avoir un regard critique sur les résultats obtenus.

On valide les résultats en les confrontant à un ordre de grandeur : les résultats obtenus sont de l'ordre d'une centaine de coups de pompe ce qui est en accord avec la réalité.

(Le ballon étant complètement dégonflé, c'est à dire écrasé sur lui-même, 10 coups de pompe seraient insuffisants pour le gonfler correctement alors que 1000 feraient probablement exploser le ballon ...)

Fiche 4 – Exemples d'indicateurs de réussite

<p>S'approprier</p>	<p>Le diamètre du ballon de foot est de 22 cm Le ballon est assimilable à une sphère et on va calculer son volume intérieur avec la formule de la sphère la surpression du ballon peut aller de 0,6 atmosphère à 1,1 atmosphère. L'air qui est dans le ballon est une pression supérieure à la pression de l'air extérieur. la capacité de la pompe est égale au volume d'air qu'elle peut fournir à chaque coup de pompe et elle vaut ici 105 cm³ La loi de Boyle-Mariotte permet de relier la pression et le volume de la quantité d'air contenu dans le ballon avec le volume qu'aurait cette même quantité d'air à la pression atmosphérique.</p>
<p>Analyser</p>	<p>Le calcul du volume d'air contenu dans le ballon est correctement fait à partir de la formule de la sphère et du rayon égal à la moitié du diamètre du ballon. La pression à l'intérieur du ballon n'est pas égale à la pression atmosphérique et peut aller de 1,6 à 2,1 atmosphères. Le nombre de coups de pompe dépend de la pression à l'intérieur du ballon, du volume du ballon et de la capacité de la pompe. L'air aspiré par la pompe est à la pression atmosphérique et doit être comprimé pour pouvoir être injecté dans le ballon. L'opération de gonflage doit se faire sans changement de température de l'air pour pouvoir appliquer la loi de Boyle-Mariotte. On considère que tout se passe comme si on aspirait un volume d'air V_1 à la pression atmosphérique P_1 et qu'on l'injectait directement dans le ballon à une nouvelle pression plus élevée P_2, ce qui implique que l'air injecté dans le ballon occupera un volume V_2 plus faible qui est celui du ballon. Le nombre de coup de pompe s'obtient en divisant le volume d'air extérieur V_1 calculé par la capacité V_0 de la pompe.</p>
<p>Réaliser</p>	<p>Le résultat du calcul du volume de sphère est correct. La loi de Boyle-Mariotte est utilisée correctement : - utilisation de la pression absolue pour l'intérieur du ballon ; - mêmes unités pour P_1 et P_2 ainsi que pour V_1 et V_2. Le calcul du nombre de coup de pompe est correctement effectué. Le nombre de chiffres significatifs retenus pour le résultat final est cohérent avec celui des données de l'énoncé.</p>
<p>Valider</p>	<p>La comparaison de la valeur trouvée avec une valeur estimée à partir de l'expérience de la vie quotidienne et du "bon sens" ... Discussion sur les hypothèses de la résolution : pas de changement de température, ballon vide d'air au départ (écrasé sur lui-même) ...</p>
<p>Communiquer</p>	<p>La communication est claire, cohérente avec un vocabulaire scientifique précis. Les hypothèses retenues sont clairement explicitées. Les étapes de la démarche sont clairement identifiables. Les calculs sont effectués correctement, soit à partir de formules littérales, soit en utilisant directement les données numériques.</p>

Rapport sur un test en individuel de l'activité version 1 : niveau "confirmé"

Ce test a été réalisé sur une durée de 45 mn le 16/04/2014, en classe de seconde, avec un groupe de 18 élèves suivant l'enseignement d'exploration Sciences et Laboratoire. L'activité a été présentée comme une évaluation individuelle d'un type nouveau avec les conseils-consignes suivantes :

- ne pas commencer la rédaction de la résolution avant d'avoir bien lu les documents, extrait les données, analyser le problème et réfléchi à une idée de solution ;
- la rédaction de la solution doit tenir sur environ une page.

Déroulement de la séance:

- 15h35 : début de l'activité après distribution des sujets et énoncé des conseils-consignes ;
- 15h55 : après passage dans les rangs :
 - conseil du professeur : " Faire un schéma pour se représenter la situation"
- 16h05 : un certain nombre d'élèves semblent en situation de blocage :
 - indice du professeur : "On peut gonfler le ballon plus ou moins..."
 - question d'un élève : "On va donc devoir trouver un intervalle de valeur ?"
 - réponse du professeur : "Oui c'est une possibilité"
- 16h12 : → question d'un élève : "Y-a-t-il plusieurs façons de résoudre le problème ?"
 - réponse du professeur : "Oui mais globalement on va trouver à peu près le même chemin"
- 16h15 : intervention du professeur : "Il faut maintenant penser à faire la rédaction de la solution"
- 16h20 : fin de l'activité, ramassage des copies.

Bilan :

Sur les 18 copies, seules 4 présentent la même solution que celle donnée à la fiche 3 avec des rédactions, à chaque fois, très personnalisées. 5 élèves sont sur la bonne voie mais les copies présentent des erreurs de calculs et les élèves ne savent pas comment utiliser correctement la loi de Boyle-Mariotte. 5 copies présentent des solutions ne faisant pas intervenir la loi de Boyle-Mariotte (calcul du volume du ballon et division par la capacité de la pompe soit 53 coups de pompe).

Enfin 3 copies présentent des solutions qui montrent clairement que le problème n'a absolument pas été compris.

On trouvera ci-après des exemples de copies scannées et commentées.

Copie 1 :

R 16/4/14

Énergie
2nde 11

Science de l'évaluation

$$\text{Volume du ballon} = \frac{4}{3} \times \pi \times (11)^3$$
$$P \times V = \left(\frac{4}{3} \pi \times 11^3 \right) \times 1,6 \approx 8920,45$$
$$P \times V = \left(\frac{4}{3} \pi \times 11^3 \right) \times 2,1 \approx 11708,08$$

La pompe ~~à~~ injecte 0,105L de gaz / coup de pompe

donc $\frac{11708,08}{105} \approx 111$

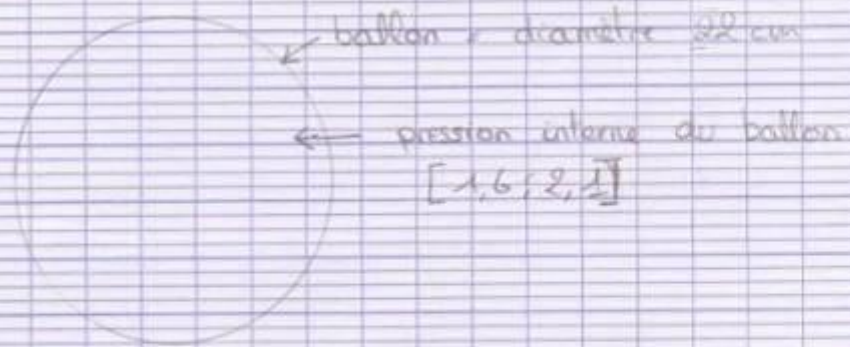
et $\frac{8920,45}{105} \approx 84$

Il faut faire entre 84 et 101 coup de pompe afin que ballon soit dans les normes

Dans la copie 1 la solution est juste et semble clairement présentée. On remarque cependant que l'aspect communication est un peu lapidaire ...

Copie 2 :

Carlos Bryan.



Suite à quoi on trouve une constante avec la loi de Boyle-Mariotte. ($P_1 \times V_1 = C$)

Volume d'une sphère $V_1 = \frac{4}{3} \times \pi \times R^3$
Donc $\left(\frac{4}{3} \times \pi \times 11^3\right) \times 1,6 \approx 8920,44762$

$\left(\frac{4}{3} \times \pi \times 11^3\right) \times 2,1 \approx 11708,0875$

Donc pour un même volume et une fourchette de pression $[1,6; 2,1]$ on a des constante qui varie de $\approx 8920,45$ à $11708,09$.

La pompe envoie 105 cm^3 par coup de pompe donc on en déduit $\left[\frac{\frac{4}{3} \times \pi \times 11^3 \times 1,6}{105}\right] = y$ et

$\frac{\frac{4}{3} \times \pi \times 11^3 \times 2,1}{105} = z$

Finalement on est amené à trouver qu'on doit pomper de entre y et z coup de fois pour gonfler un ballon soit entre $\approx 86,96$ et $111,51$ fois

Dans la copie 2 la solution est juste et le chemin suivi est ici clairement présenté. Le profil de l'élève transparait au travers de la rédaction de la solution : le traitement est très mathématisé mais la notion de chiffre significatif (en relation avec le bon sens ici) n'est pas encore bien comprise. Les unités sont encore très souvent absentes.

Copie 3 :

Adrien
21/11

Exercice - labo

On recherche d'abord l'air du ballon.

Diamètre ballon = 22 cm donc rayon ballon = 11 cm

$$V = \frac{4}{3} \times \pi \times 11^3 \approx 5575,28 \text{ cm}^3$$

On recherche ensuite la pression à l'intérieur du ballon

$$\frac{2,7 + 1,6}{2} = \frac{3,2}{2} = 1,6 \text{ atmosphères}$$

$$1,6 \times 1,013 \times 10^5 = 1,6208 \times 10^5 \text{ Pa}$$

En moyenne la pression dans le ballon est de 1,62 atmosphères

ballon

$P_1 = 1,82 \times 10^6 \text{ Pa}$
 $V_1 = 5575,28 \text{ cm}^3$

$P_2 = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$

pompe

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1} \quad \frac{V_2}{V_1} = \frac{1,013 \times 10^5}{1,82 \times 10^6}$$

$$\frac{5575,28}{V_2} \approx 0,055$$

$$V_2 \approx 0,05 \times \frac{5575,28}{0,055}$$

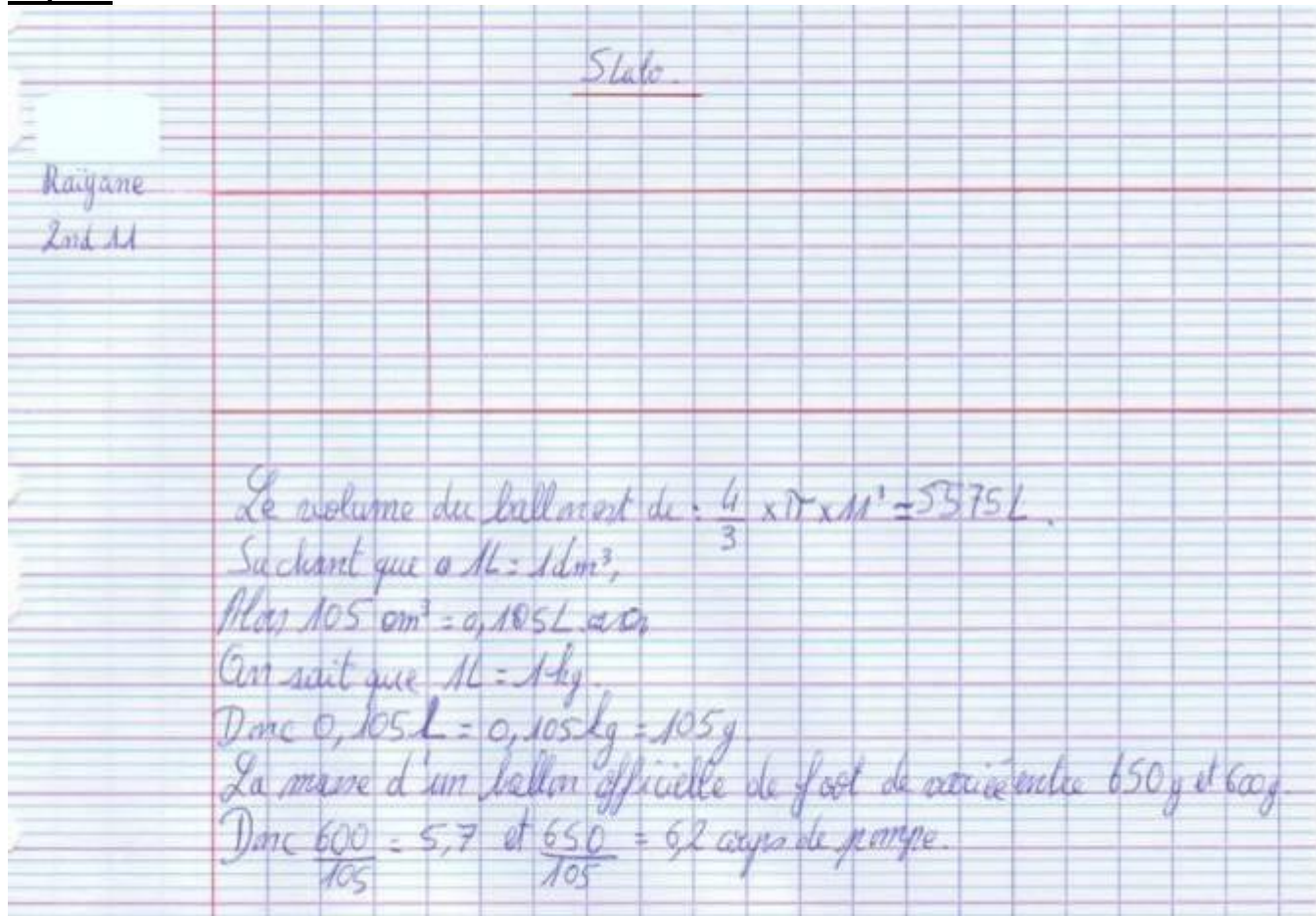
$$V_2 = 401368,9273$$

$$\frac{401368,9273}{10^5} \approx 965$$

965 / adit 965 coup de pompe

Dans la copie 3 on trouve une autre voie de résolution tout à fait intéressante puisque l'élève fait une estimation de la pression moyenne dans un ballon de football. L'élève se représente bien la solution et la communique clairement mais il se trompe dans le calcul de la pression d'un facteur 10 ($1,87 \cdot 10^6$ au lieu de $1,87 \cdot 10^5$) ce qui le conduit à trouver un résultat 10 fois plus grand que celui attendu. On note ici l'absence de regard critique sur le résultat obtenu qui montre que la compétence validée est mal maîtrisée.

Copie 4 :



Dans la copie 4 on trouve d'abord beaucoup d'erreurs sur les unités mais également des erreurs conceptuelles. Les données sont exploitées un peu n'importe comment, sans aucune logique. Une production très surprenante pour un élève ordinairement assez vif et dont les résultats sont globalement corrects dans toutes les matières...

Résolution de problème : Géocentrique ou presque

Niveau : **Seconde**
Thème : **Univers**
Activité expérimentale : **non**
Origine du sujet : **GRIESP**

Programme de seconde

Notions et contenus	Compétences attendues
Le système solaire	
Observation de la Terre et des planètes	Analyser des documents scientifiques portant sur l'observation du système solaire.

Description du document

Une version unique.

Compétences	Niveaux de difficulté		
	Version 1 (niveau « confirmé »)		
S'approprier (APP)	3		
Analyser (ANA)	2		
Réaliser (REA)	2		
Valider (VAL)	3		
Communiquer (COM)	1		

Analyse des différentes versions de la résolution de problème

Cette version est une version « confirmé » bien que toutes les données nécessaires figurent dans le document 1. Il faut une lecture attentive du texte et une bonne compréhension des schémas pour répondre à la question posée. C'est pour cela que le niveau de difficulté associé à la compétence « S'approprier » est de 3.

Déroulement de l'activité

L'élève reçoit l'énoncé (fiche 1).

Au cours de son raisonnement, en cas de blocage, l'élève peut faire appel à des aides, décrites dans la fiche 2.

Des éléments de réponses sont donnés dans la fiche 3 pour le professeur.

La fiche 4 donne des exemples d'indicateurs de réussite permettant à l'enseignant d'évaluer cette activité par compétences s'il le souhaite.

Fiche 1 - Enoncé du sujet

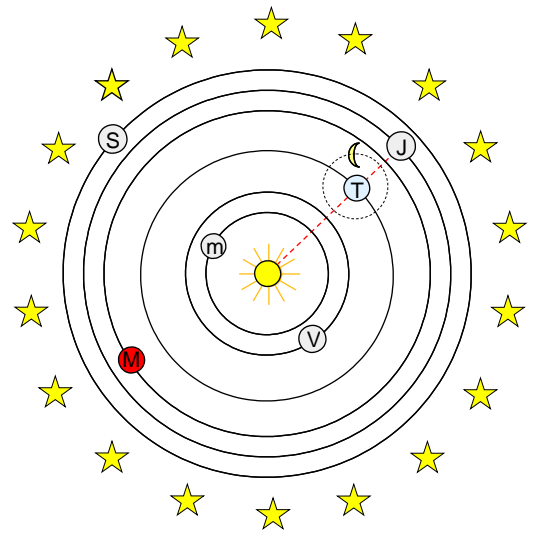
Version 1 : niveau « Confirmé »

Document 1: Mouvement des planètes autour du Soleil

Toutes les planètes du système solaire tournent, dans le même sens, autour du Soleil. Mercure et Vénus, les plus proches du Soleil ont une orbite située à l'intérieur de celle de la Terre. Les autres : Mars, Jupiter... sont plus éloignées que nous du Soleil. Sur le schéma ci-contre, représentant le système héliocentrique de Copernic, seules les planètes visibles à l'œil nu sont représentées. Le schéma est dessiné sans souci d'échelle.

La visibilité d'une planète dépend de la position relative de la planète, de la Terre et du Soleil. Sur le schéma ci-contre, Jupiter est en opposition : vue depuis la Terre, elle est à l'opposé du Soleil. Cela se produit, pour cette planète, tous les 400 jours environ. Elle est alors visible toute la nuit. Sur ce schéma, Mars au contraire est invisible depuis la Terre car elle est pratiquement dans la direction du Soleil. Mercure et Vénus ne sont jamais visibles toute la nuit. On les voit parfois le soir juste après le coucher du Soleil, parfois le matin juste avant son lever.

Système héliocentrique (Copernic 1543)

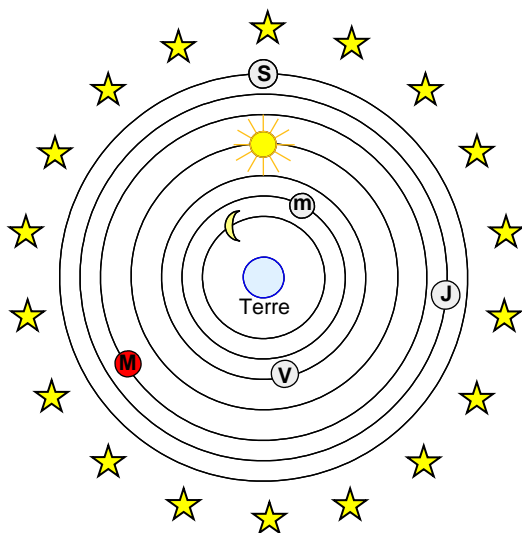


Document 2: Représentations du système solaire chez les Anciens

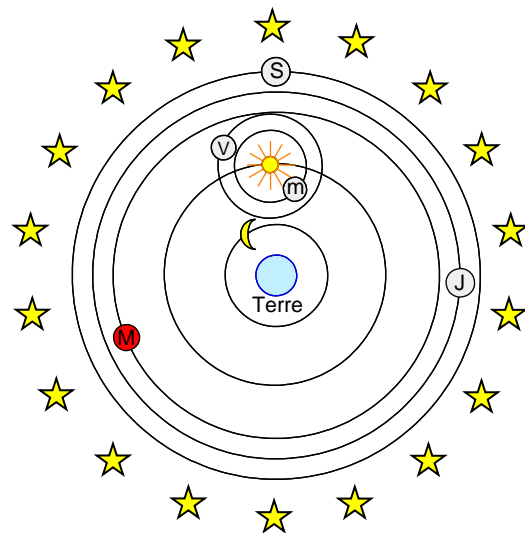
Au VI^e siècle avant JC, les Grecs pensaient que la Terre était immobile au centre de l'Univers et que le soleil et les planètes tournaient autour plus ou moins rapidement : c'est le système géocentrique.

Pourtant, l'observation attentive du ciel a poussé les Egyptiens, cinq siècles avant JC, à modifier un peu ce système. Pour les Egyptiens, Mercure et Vénus ne tournent pas directement autour de la Terre : elles tournent autour du Soleil qui lui-même tourne autour de la Terre.

Représentation de l'univers chez les Grecs



Représentation de l'univers chez les Egyptiens



m : Mercure
V : Vénus
M : Mars
J : Jupiter
S : Saturne

Question :

Représenter des schémas susceptibles d'expliquer le raisonnement que les Egyptiens ont dû faire pour aboutir à cette modification du modèle géocentrique des Grecs.

Fiche 2 - Aides à la résolution du problème

S'approprier le problème

D'une manière générale, à quelle condition un objet est-il visible ?
Quelles sont les conditions de visibilité de Mercure et Vénus ?
Quelle position occupe une planète lorsqu'elle est visible toute la nuit ?
Quelle est la particularité des orbites de Mercure et Vénus bien visible sur le schéma du document 1 ?

Établir une stratégie de résolution (analyser)

Y a-t-il un lien entre les conditions de visibilité de Vénus et la particularité de son orbite ?
La représentation du système solaire par les Grecs permet-elle à Vénus d'être en opposition ?

Mettre en œuvre la stratégie (réaliser)

Faire un schéma montrant que dans le système Grec, Vénus et Mercure peuvent être en opposition et que cela est contraire aux observations.

Faire un schéma montrant que dans le système Egyptien, Vénus et Mercure sont toujours vues, depuis la Terre, du côté du Soleil.

Conclure.

Avoir un regard critique sur les résultats obtenus (valider)

Le système égyptien est-il conforme en tout point aux observations ? En particulier permet-il de voir les planètes Vénus et Mercure se déplacer devant les constellations comme le système de Copernic ?

Fiche 3 – Eléments de réponses

S'approprier le problème

S'approprier le problème

Identifier les grandeurs physiques pertinentes.

Le modèle de la physique à mobiliser pour parvenir à schématiser les situations est celui-ci :

Une planète est visible si la lumière qu'elle diffuse parvient, en ligne droite, sans rencontrer d'obstacle, sur la Terre.

Le document 1 nous indique que les orbites de Mercure et de Vénus sont à l'intérieur de celle de la Terre (bien visible sur le schéma de ce document)

Il nous donne également les conditions de visibilité des planètes et nous indique en particulier que Mercure et Vénus, contrairement aux autres planètes, ne sont jamais visibles toute la nuit.

Le document 2 nous donne la représentation de l'Univers chez les Grecs et la modification apportée par les Egyptiens.

Etablir une stratégie de résolution (analyser)

Analyser

Organiser et exploiter ses connaissances et les informations extraites.

Il faut commencer par expliquer, à l'aide d'un schéma, pourquoi Mercure et Vénus ne sont visibles que le soir ou le matin. On peut ensuite faire un schéma représentant Vénus ou Mercure sur son orbite autour de la Terre dans le système Grec, dans une position qui ne colle pas avec la réalité et comprendre pour finir comment les Grecs ont supprimé ces positions interdites.

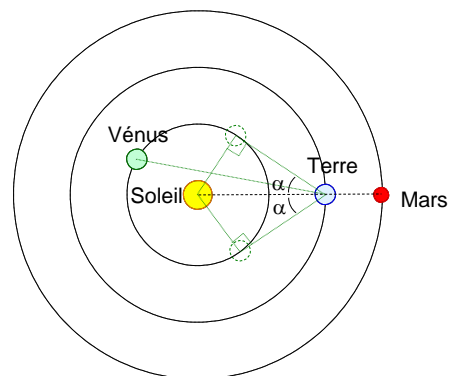
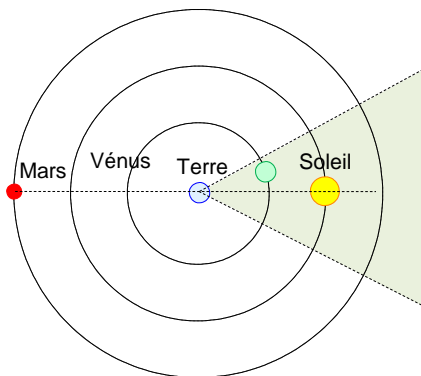
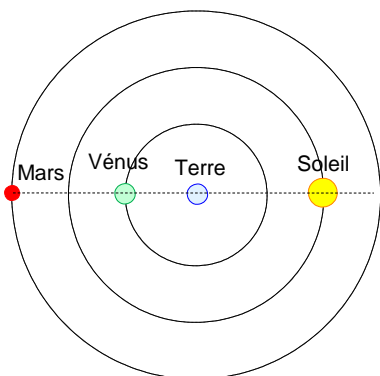
Mettre en œuvre la stratégie (réaliser)

Réaliser

Mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée.

Vénus ayant son orbite à l'intérieur de celle de la Terre, elle est toujours du côté du Soleil puisqu'elle ne peut s'écarter au maximum que d'un angle α d'un côté ou de l'autre par rapport à la direction du Soleil. Elle ne peut donc jamais être à l'opposé du Soleil par rapport à la Terre comme c'est le cas pour Mars, condition nécessaire pour être visible toute la nuit.

Dans le système grec, toutes les planètes et le Soleil ont un mouvement circulaire centré sur la Terre. Les périodes de révolution étant différentes, il se peut que Vénus soit en opposition comme le montre le schéma de gauche ci-dessous.



Pour contraindre Vénus à rester du côté du Soleil pour n'être visible que le soir ou le matin (secteur vert sur le schéma de droite ci-dessus), les Egyptiens n'avaient comme solution que de la faire tourner autour du Soleil

C'est donc l'observation que Mercure et Vénus sont toujours du côté du Soleil et jamais visibles toute la nuit qui a poussé les Egyptiens à modifier un peu le système géocentrique proposé par les Grecs.

Avoir un regard critique sur les résultats obtenus (valider)

Valider	<i>Comparer le résultat obtenu avec le résultat d'une autre approche (mesure expérimentale donnée ou déduite d'un document joint, simulation numérique...).</i>
----------------	---

Le système égyptien corrige bien l'erreur du système grec. On peut également vérifier que ce système est en accord avec le système héliocentrique de Copernic :

- Les distances Vénus Terre et Mercure Terre varient de façon identique dans les deux systèmes.
- du fait du mouvement du Soleil autour de la Terre, ces deux planètes passent dans toutes les constellations du zodiaque comme dans le système héliocentrique.

Fiche 4 – Exemples d'indicateurs de réussite

S'approprier	La propagation rectiligne de la lumière est citée. La particularité des orbites de Mercure et Vénus est remarquée. La différence des conditions de visibilité de Mercure et Vénus par rapport aux autres planètes est notée également.
Analyser	Un lien est établi entre la particularité des orbites de Vénus et Mercure et les conditions d'observation. Le défaut du système grec est mis en évidence ce qui impose la modification par les égyptiens.
Réaliser	Un schéma montrant Vénus ou Mercure en opposition dans le système grec est représenté. L'incohérence entre les observations et le système grec est établie. Un schéma clair montrant que Vénus ou Mercure ne peut pas être en opposition dans le système égyptien est représenté
Valider	Le système égyptien est comparé au système de Copernic : les distances Terre-Vénus par exemple varient de la même façon
Communiquer	La communication est claire, cohérente avec un vocabulaire scientifique précis. Les schémas sont propres et illustrent clairement le raisonnement.

Résolution de problème : Lever de Terre sur la Lune

Niveau : **Seconde**
Thème : **Univers**
Activité expérimentale : **non**
Origine du sujet : **GRIESP**

Programme de seconde

Notions et contenus	Compétences attendues
Le système solaire	
Relativité du mouvement Référentiel. Trajectoire	Comprendre que la nature du mouvement dépend du référentiel choisi

Description du document

Deux versions d'une même résolution de problème traitant de l'influence du référentiel sur la nature du mouvement sont proposées avec des niveaux de difficulté différents.

Compétences	Niveaux de difficulté	
	Version 1 (niveau « confirmé »)	Version 2 (niveau « expert »)
S'approprier (APP)	2	2
Analyser (ANA)	2	3
Réaliser (REA)	4	4
Valider (VAL)	2	2
Communiquer (COM)	2	2

Analyse des différentes versions de la résolution de problème

La **version 1** est la plus simple des deux sans être pour autant facile (c'est pourquoi elle est classée « confirmé »). Les élèves savent depuis longtemps que la rotation de la Terre sur elle-même est responsable du lever et du coucher du Soleil (succession des jours et des nuits). Cette version rappelle que c'est le mouvement de rotation de la Terre sur-elle-même qui est aussi responsable du lever ou du coucher de la Lune. Cela peut aider les élèves à déterminer une stratégie (compétence « analyser »).

La **version 2** du problème guide moins les élèves car la dernière phrase est modifiée et n'indique plus explicitement que la rotation de la Terre provoque le lever et le coucher de la Lune. Elle est plus difficile et classée « expert ».

Cette résolution de problème présente une forte difficulté lors de la mise en œuvre de la résolution (compétence « réaliser »).

On peut lire dans les deux versions que c'est toujours la même face de la Lune qui est tournée vers la Terre. Un élève peut en déduire que depuis la face cachée de la Lune la Terre n'est jamais visible et que cette dernière ne peut donc pas se lever. L'élève est ainsi en mesure d'étudier un cas limite plus simple dont la solution est plus facilement vérifiable.

Déroulement de l'activité

L'élève reçoit l'énoncé (fiche 1).

Au cours de son raisonnement, en cas de blocage, l'élève peut faire appel à des aides, décrites dans la fiche 2.

Des éléments de réponses sont donnés dans la fiche 3 pour le professeur qui se déclinent en deux types de résolution.

La fiche 4 donne des exemples d'indicateurs de réussite permettant à l'enseignant d'évaluer cette activité par compétences s'il le souhaite.

Fiche 1 - Enoncé du sujet

Version 1 : niveau « confirmé »

Document

Pour étudier le mouvement de la Lune, on utilise le référentiel géocentrique. Il est défini par le centre de la Terre et des étoiles lointaines considérées comme fixes.

Dans ce référentiel :

La Terre tourne sur elle-même, autour de l'axe polaire, en 23 h 56 min.

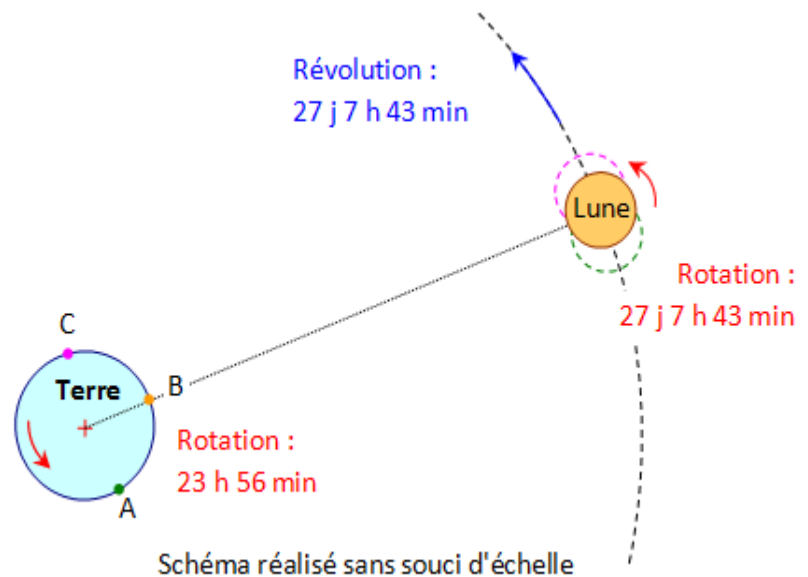
La Lune a principalement deux mouvements :

- Elle tourne autour de la Terre (révolution) en

27 j 7 h 43 min (mouvement circulaire uniforme).

- Elle tourne sur elle-même (rotation)

exactement dans le même temps (27 j 7 h 43 min). C'est cette particularité qui fait que depuis la Terre, on voit toujours la même face de la Lune.



Au cours d'une nuit, la Lune ne se déplace pas beaucoup sur son orbite. C'est la rotation de la Terre sur elle-même qui donne aux terriens l'impression qu'elle se lève (A), qu'elle passe au plus haut dans le ciel (B) puis qu'elle se couche (C), exactement comme le font le Soleil et les étoiles.

Question :

Les deux photos suivantes sont des photos de la Terre vue de la Lune.

La deuxième photo peut-elle avoir été prise depuis le même endroit de la Lune deux ou trois heures plus tard ?



Version 2 : niveau « expert »

Document

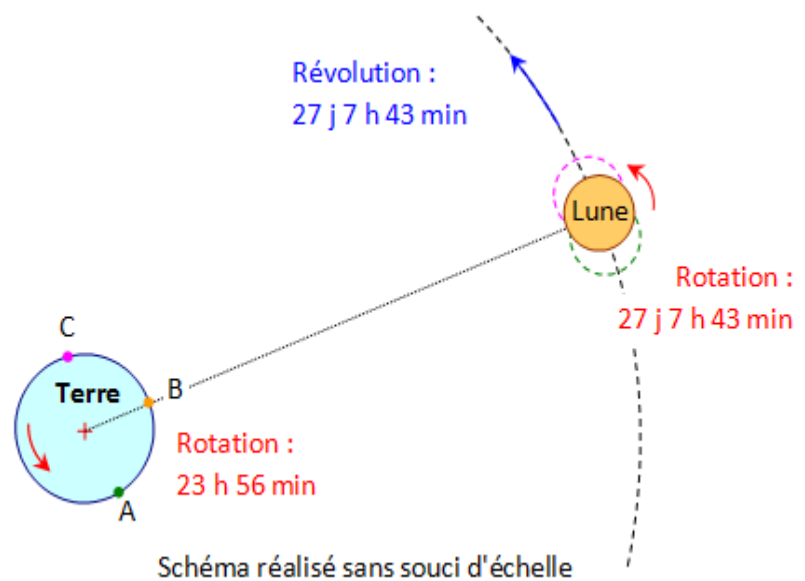
Pour étudier le mouvement de la Lune, on utilise le référentiel géocentrique. Il est défini par le centre de la Terre et des étoiles lointaines considérées comme fixes.

Dans ce référentiel :

La Terre tourne sur elle-même, autour de l'axe polaire, en 23 h 56 min.

La Lune a principalement deux mouvements :

- Elle tourne autour de la Terre (révolution) en **27 j 7 h 43 min** (mouvement circulaire uniforme).
- Elle tourne sur elle-même (rotation) **exactement dans le même temps (27 j 7 h 43 min)**. C'est cette particularité qui fait que depuis la Terre, on voit toujours la même face de la Lune.



Au cours d'une nuit, la Lune ne se déplace pas beaucoup sur son orbite. Son mouvement apparent dans le ciel est provoqué par la rotation de la Terre.

Question :

Les deux photos suivantes sont des photos de la Terre vue de la Lune.

La deuxième photo peut-elle avoir été prise depuis le même endroit de la Lune deux ou trois heures plus tard ?



Fiche 2 - Aides à la résolution du problème

S'approprier le problème

Quelles sont les trois grandeurs temporelles citées dans le document ? Les comparer.
Quel mouvement est responsable du lever ou du coucher de la Lune sur la Terre ?
Quels sont les caractéristiques du référentiel géocentrique ?

Etablir une stratégie de résolution (analyser) et mettre en œuvre la stratégie (réaliser)

Choisir un référentiel d'étude.
Représenter la Terre, la Lune et un point d'observation de la Terre fixe sur la Lune à deux instants successifs.
Depuis ce point d'observation, la Terre est-elle plus haute sur l'horizon à l'instant ultérieur ?

Avoir un regard critique sur les résultats obtenus (valider)

D'après le document, peut-on voir la Terre de n'importe quel endroit de la Lune ?
Y a-t-il des points de la Lune depuis lesquels la Terre est parfois visible, parfois cachée ?

Fiche 3 – Éléments de réponses

S'approprier le problème

S'approprier le problème

Identifier les grandeurs physiques pertinentes.

Les grandeurs physiques pertinentes sont les périodes :

- la période de rotation et la période de révolution de la Lune qui sont rigoureusement égales ;
- la période de rotation de la Terre, très inférieure aux deux périodes lunaires.

Le texte indique que le lever de la Lune vu depuis la Terre provient de la rotation de la Terre sur elle-même. (Version 1)

Etablir une stratégie de résolution (analyser)

Analyser

Elaborer une version simplifiée de la situation en explicitant le choix des hypothèses faites.

Organiser et exploiter ses connaissances et les informations extraites.

Soit $A(t)$, un point de la Lune qui voit, à l'instant t se « lever la Terre » (photo de gauche).

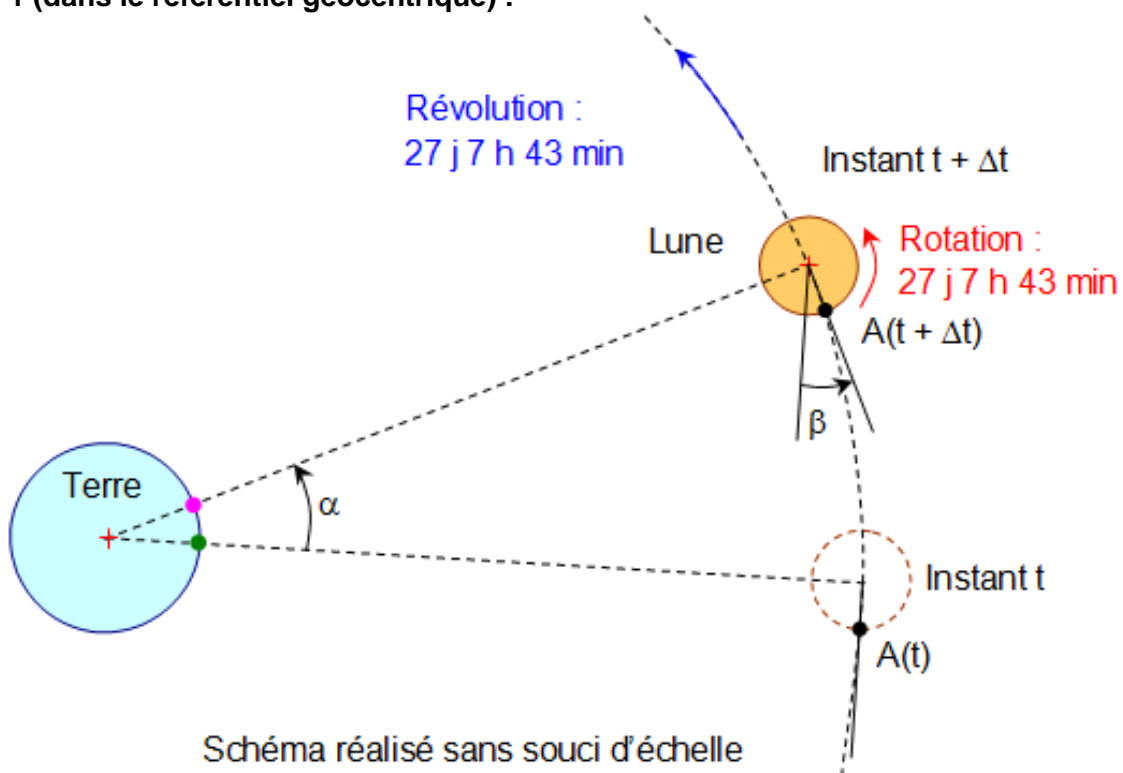
Où se trouve le point $A(t+\Delta t)$ à l'instant $t+\Delta t$?

Mettre en œuvre la stratégie (réaliser)

Réaliser

Mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée.

Méthode 1 (dans le référentiel géocentrique) :

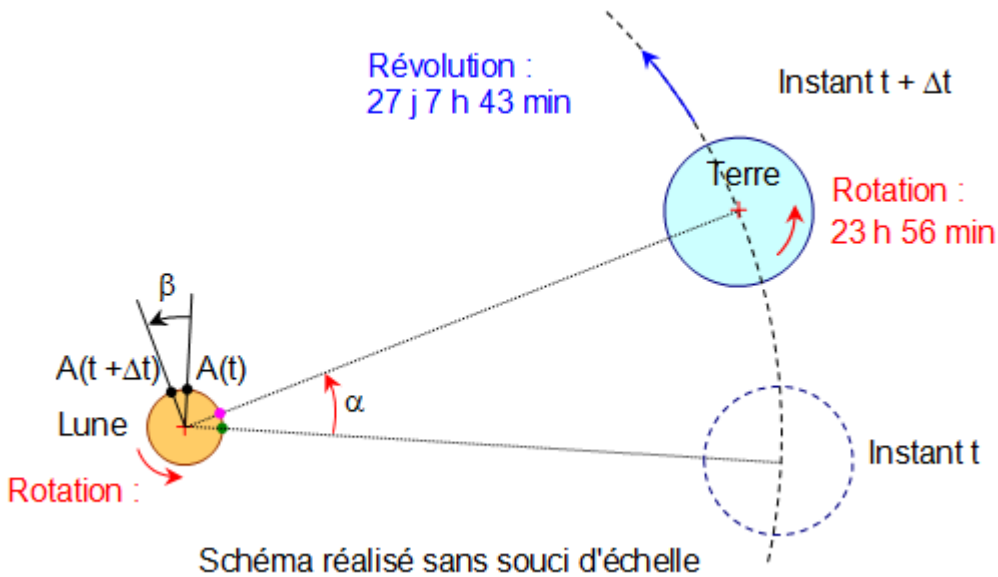


Dans le référentiel géocentrique, la période de rotation de la Lune est rigoureusement égale à la période de révolution de la Lune autour de la Terre.

Pendant Δt , la rotation de la Lune se fait d'un angle β , tandis que le segment Lune-Terre tourne du même angle : $\alpha = \beta$.

Méthode 2 (dans le référentiel sélénocentrique) :

- la lune a un mouvement de rotation sur elle-même en 27 j 7 h 43 min ;
- le centre de la Terre décrit un mouvement circulaire en 27 j 7 h 43 min.



Dans ce référentiel, la période de rotation de la Lune est rigoureusement égale à la période de révolution de la Terre autour de la Lune.

En effet, pendant Δt , la rotation de la Lune se fait d'un angle β , tandis que le segment Lune-Terre tourne du même angle : $\alpha = \beta$.

Pour les deux méthodes:

Ainsi, si en $A(t)$, à l'instant t on voit se « lever la Terre », en point $A(t+\Delta t)$ à l'instant $t+\Delta t$ on voit aussi se « lever la Terre ». L'observateur lunaire voit donc toujours la Terre « se lever ».

On peut donc répondre à la question en affirmant que les deux photos n'ont pas été prises du même endroit de la Lune à des heures différentes.

Avoir un regard critique sur les résultats obtenus (valider)

Valider	Étudier des cas limites plus simples dont la solution est plus facilement vérifiable ou bien déjà connue.
----------------	---

Le document indique que depuis la Terre, on voit toujours la même face de la Lune. Si un point P de la Lune est visible depuis un point Q de la Terre, le point Q de la Terre est également visible depuis le point P de la Lune. Cela signifie qu'une personne placée sur la face cachée de la Lune ne voit jamais la Terre alors qu'une personne placée sur la face visible la voit continuellement. Il n'y a donc pas de lever ou de coucher de Terre sur la Lune.

Remarque pour les professeurs :

Dans la réalité, la rotation de la Lune est uniforme mais pas sa révolution autour de la Terre car la trajectoire est elliptique. D'autre part, l'axe de rotation de la Lune n'est pas rigoureusement parallèle à celui de révolution. Le centre de la Terre n'est donc pas tout à fait immobile dans le ciel lunaire. Il décrit une petite ellipse en un mois mais on ne peut pas parler de lever ou de coucher de Terre sur la Lune.

Fiche 4 – Exemples d'indicateurs de réussite

S'approprier	Les données cinématiques relatives aux différents astres rappelées dans le document sont exprimées dans le référentiel géocentrique. La période de rotation de la Lune est extraite. La période de révolution de la Lune est extraite.
Analyser	Le choix du référentiel est clairement explicité. La position d'un point fixe sur la Lune doit être comparée à deux moments différents.
Réaliser	La rotation de la Lune se fait d'un angle égal à celui de la circulation de l'astre dont le centre bouge dans le référentiel considéré.
Valider	Un cas particulier sur la face cachée ou visible de la Lune est imaginé.
Communiquer	Un vocabulaire scientifique correct est utilisé. Les schémas sont clairs.

Initiation / Introduction à la résolution de problème :

Le sel

Niveau : Multiniveaux avec deux versions adaptées à un niveau dès la **Seconde**
Thème : **La santé**
Activité expérimentale : **Non**
Origine du sujet : **GRIESP**

Programme de Seconde

Notions et contenus	Compétences attendues
Le diagnostic médical	
Masses molaires atomique et moléculaire : M (g.mol ⁻¹)	Calculer une masse molaire moléculaire à partir des masses molaires atomiques.

Description du document

Plusieurs versions d'une même résolution de problème sont proposées avec des niveaux de difficulté différents.

Compétences	Version 1 (niveau « débutant »)	Version 2 (niveau « confirmé »)	Version 3 (niveau « expert »)
S'approprier (APP)	2	2	2
Analyser (ANA)	2	3	4
Réaliser (REA)	2	3	3
Valider (VAL)	2	2	4
Communiquer (COM)	2	2	2

Analyse des différentes versions de la résolution de problème

Cette activité permet d'illustrer, dans une situation très concrète et familière à tous, le concept d'une résolution de problème. Elle ne demande aucun prérequis dans sa version « débutant » et peut donc être exploitée comme initiation à la résolution de problème, et ce dès le collège. Elle correspond à une tâche complexe, laisse de l'initiative aux élèves et illustre le mode de réflexion attendu dans ce type d'activité ; de plus, plusieurs solutions acceptables sont envisageables.

La version débutant ne nécessite pas l'exploitation de notions physiques, ni la modélisation d'une situation physique. La résolution de problèmes en sciences physiques, liée à des contenus disciplinaires, devrait intégrer ces éléments de la démarche scientifique. En ce sens, la version débutant constitue une approche de la résolution de problèmes.

La version 1 du problème, correspondant au niveau « débutant », permet à l'élève de :

- choisir la composition de la famille ;
- proposer la nature et la quantité des aliments consommés par cette famille afin d'estimer la quantité de sel consommée sur une année ;
- comparer la quantité de sel consommée par personne sur une année avec celles préconisées par l'AFSSA.

Les **versions 2 et 3** permettent de travailler avec les élèves la notion de masse molaire moléculaire à partir de données usuellement trouvées sur Internet : les masses en sodium dans différents aliments doivent être exploitées pour déterminer les masses en chlorure de sodium. Elles sont donc adaptées au programme de seconde, mais peuvent être exploitées ultérieurement comme initiation à la résolution de problème.

La **version 2** du problème, correspondant au niveau « confirmé », présente une difficulté accrue pour les élèves par rapport à la version 1 car le tableau du document 3 présente une teneur en sodium dans les différents aliments.

La **version 3** du problème, correspondant au niveau « expert », présente des difficultés accrues pour les élèves par rapport aux versions précédentes car :

- il faut proposer des aliments industriels consommés par une famille afin d'estimer la quantité de sel consommée sur une année ;
- il faut estimer l'apport en sel lié aux préparations "maison" ;
- les élèves doivent comparer deux types d'alimentation basés soit sur des préparations « maison » soit uniquement sur des plats industriels ;
- la consigne invite les élèves à réfléchir sur une éventuelle modification du régime alimentaire après l'analyse critique des résultats.

Déroulement de l'activité

L'élève reçoit l'énoncé (fiche 1). Au cours de son raisonnement, en cas de blocage, l'élève peut faire appel à des aides, décrites dans la fiche 2. Des éléments de réponses sont donnés dans la fiche 3 pour le professeur.

La fiche 4 donne des exemples d'indicateurs de réussite permettant à l'enseignant d'évaluer cette activité par compétences s'il le souhaite.

Fiche 1 - Enoncé du sujet

Version 1 : niveau « débutant »

Êtes-vous en danger ?

Consigne :

Estimer la consommation moyenne en sel d'une famille et indiquer si elle constitue un risque potentiel pour la santé de ses membres.



Document 1 :

Un lien étroit a en effet pu être établi entre une consommation excessive de sel et les complications d'ordre vasculaire, notamment chez les personnes souffrant déjà d'hypertension. On dénote en particulier :

Une augmentation systématique de la tension artérielle et une augmentation des fréquences d'hypertension dans la population,

Des insuffisances cardiaques ou, tout au moins, des troubles du rythme cardiaque,

Une mortalité due aux accidents vasculaires cérébraux plus élevée, notamment chez les personnes en surcharge pondérale.

Une accentuation de l'ostéoporose : un taux élevé de sel dans le sang favorise en effet, une élimination accrue de calcium dans les urines. Au bout de plusieurs années, cela peut se traduire par une diminution de la densité minérale osseuse et une aggravation de l'ostéoporose.

D'après www.e-sante.fr

Document 2 :

Les besoins physiologiques en sel n'excéderaient pas 1,1 kg par an et par personne. Dans le rapport datant du 4 janvier 2002, réalisé par le groupe «Sel» de l'AFSSA (Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments), on peut lire dans les conclusions que le manque de certitudes scientifiques sur la consommation optimale de sel n'incite pas, à l'heure actuelle, à des recommandations définitives : une moyenne d'apports réels de 2 à 3 kg de sel par an et par personne permettrait de modifier la distribution des consommations de sel en France de telle sorte que la proportion des forts consommateurs (plus de 4 kg / an / personne) diminuerait.

D'après www.als.uhp-nancy.fr/conferences/dossiers/21mai2011/05-Sel&Alimentation.pdf

Document 3 :

Aliment	Equivalence en sel (en mg)
1/4 de baguette ou un pain individuel	975
1 tranche de jambon de Bayonne (30 g)	1138
1 tranche de jambon blanc (50 g)	1095
5 rondelles fines de saucisson sec (50 g)	2625
2 petites saucisses (100 g)	2377
une portion individuelle de Roquefort (25 g)	1000
une portion individuelle de camembert (30 g)	600
une portion individuelle d'emmental (30 g)	165
un plat cuisiné surgelé pour 1 personne (300 g)	au moins 1875
une part individuelle de quiche ou pizza (150 g)	1875
un sandwich jambon/beurre	2750
3 cuillères à soupe de vinaigrette industrielle (30 g)	750
un sachet individuel de chips (30 g)	413
un bol (1/4 l) de potage en sachet	au moins 2188
un croissant (50 g)	615
4 "petits beurres" (30 g)	375
2/3 de bol (50 g) de corn-flakes	1250
1 verre (150 ml) d'eau de Vichy	475

D'après www.doctissimo.fr

Version 2 : niveau « confirmé »

Êtes-vous en danger ?

Consigne :

Estimer la consommation moyenne en sel d'une famille et indiquer si elle constitue un risque potentiel pour la santé de ses membres.



Document 1 :

Un lien étroit a en effet pu être établi entre une consommation excessive de sel et les complications d'ordre vasculaire, notamment chez les personnes souffrant déjà d'hypertension. On dénote en particulier :

Une augmentation systématique de la tension artérielle et une augmentation des fréquences d'hypertension dans la population,

Des insuffisances cardiaques ou, tout au moins, des troubles du rythme cardiaque,

Une mortalité due aux accidents vasculaires cérébraux plus élevée, notamment chez les personnes en surcharge pondérale.

Une accentuation de l'ostéoporose : un taux élevé de sel dans le sang favorise en effet, une élimination accrue de calcium dans les urines. Au bout de plusieurs années, cela peut se traduire par une diminution de la densité minérale osseuse et une aggravation de l'ostéoporose.

D'après www.e-sante.fr

Document 2 :

Les besoins physiologiques en sel n'excéderaient pas 1,1 kg par an et par personne. Dans le rapport datant du 4 janvier 2002, réalisé par le groupe «Sel» de l'AFSSA (Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments), on peut lire dans les conclusions que le manque de certitudes scientifiques sur la consommation optimale de sel n'incite pas, à l'heure actuelle, à des recommandations définitives : une moyenne d'apports réels de 2 à 3 kg de sel par an et par personne permettrait de modifier la distribution des consommations de sel en France de telle sorte que la proportion des forts consommateurs (plus de 4 kg / an / personne) diminuerait.

D'après www.als.uhp-nancy.fr/conferences/dossiers/21mai2011/05-Sel&Alimentation.pdf

Document 3 :

Aliment	Equivalence en sodium (en mg)
1/4 de baguette ou un pain individuel	383
1 tranche de jambon de Bayonne (30 g)	447
1 tranche de jambon blanc (50 g)	431
5 rondelles fines de saucisson sec (50 g)	1032
2 petites saucisses (100 g)	935
une portion individuelle de Roquefort (25 g)	393
une portion individuelle de camembert (30 g)	236
une portion individuelle d'emmental (30 g)	65
un plat cuisiné surgelé pour 1 personne (300 g)	au moins 737
une part individuelle de quiche ou pizza (150 g)	737
un sandwich jambon/beurre	1081
3 cuillères à soupe de vinaigrette industrielle (30 g)	295
un sachet individuel de chips (30 g)	162
un bol (1/4 l) de potage en sachet	au moins 860
un croissant (50 g)	242
4 "petits beurres" (30 g)	147
2/3 de bol (50 g) de corn-flakes	491
1 verre (150 ml) d'eau de Vichy	187

D'après www.doctissimo.fr

Données :

$M_{\text{Na}} = 23,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M_{\text{Cl}} = 35,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Version 3 : niveau « expert »

Êtes-vous en danger ?

Consigne :

Estimer la consommation moyenne en sel d'une famille consommant uniquement des plats industriels et indiquer si elle constitue un risque potentiel pour la santé de ses membres. Estimer la consommation moyenne à partir de plats « maison » uniquement et comparer les deux types d'alimentation. Proposer des conseils éventuels afin de limiter la consommation de sel pour cette famille.



Document 1 :

Un lien étroit a en effet pu être établi entre une consommation excessive de sel et les complications d'ordre vasculaire, notamment chez les personnes souffrant déjà d'hypertension. On dénote en particulier :

Une augmentation systématique de la tension artérielle et une augmentation des fréquences d'hypertension dans la population,

Des insuffisances cardiaques ou, tout au moins, des troubles du rythme cardiaque,

Une mortalité due aux accidents vasculaires cérébraux plus élevée, notamment chez les personnes en surcharge pondérale.

Une accentuation de l'ostéoporose : un taux élevé de sel dans le sang favorise en effet, une élimination accrue de calcium dans les urines. Au bout de plusieurs années, cela peut se traduire par une diminution de la densité minérale osseuse et une aggravation de l'ostéoporose.

D'après www.e-sante.fr

Document 2 :

Les besoins physiologiques en sel n'excéderaient pas 1,1 kg par an et par personne. Dans le rapport datant du 4 janvier 2002, réalisé par le groupe «Sel» de l'AFSSA (Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments), on peut lire dans les conclusions que le manque de certitudes scientifiques sur la consommation optimale de sel n'incite pas, à l'heure actuelle, à des recommandations définitives : une moyenne d'apports réels de 2 à 3 kg de sel par an et par personne permettrait de modifier la distribution des consommations de sel en France de telle sorte que la proportion des forts consommateurs (plus de 4 kg / an / personne) diminuerait.

D'après www.als.uhp-nancy.fr/conferences/dossiers/21mai2011/05-Sel&Alimentation.pdf

Document 3 :

Aliment	Equivalence en sodium (en mg)
1/4 de baguette ou un pain individuel	383
1 tranche de jambon de Bayonne (30 g)	447
1 tranche de jambon blanc (50 g)	431
5 rondelles fines de saucisson sec (50 g)	1032
2 petites saucisses (100 g)	935
une portion individuelle de Roquefort (25 g)	393
une portion individuelle de camembert (30 g)	236
une portion individuelle d'emmental (30 g)	65
un plat cuisiné surgelé pour 1 personne (300 g)	au moins 737
une part individuelle de quiche ou pizza (150 g)	737
un sandwich jambon/beurre	1081
3 cuillères à soupe de vinaigrette industrielle (30 g)	295
un sachet individuel de chips (30 g)	162
un bol (1/4 l) de potage en sachet	au moins 860
un croissant (50 g)	242
4 "petits beurres" (30 g)	147
2/3 de bol (50 g) de corn-flakes	491
1 verre (150 ml) d'eau de Vichy	187

On négligera l'apport venant des fruits et des légumes.

D'après www.doctissimo.fr

Données :

$M_{\text{Na}} = 23,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M_{\text{Cl}} = 35,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Document 4 :

Il faut savoir qu'une petite pincée de sel représente 1 g de sel. On va en mettre au minimum une dans la soupe, une sur les légumes, une sur les tomates. Les plats maisons ne garantissent donc pas de manger moins salé, car certaines personnes ont tendance à rajouter beaucoup de sel dans leur assiette". Les plats industriels sont salés, c'est indéniable, et c'est pourquoi il ne faut pas en abuser et bien lire les étiquettes. Mais encore une fois, on peut consommer autant, voire plus de sel avec sa soupe maison si on abuse de la salière."

D'après <http://www.mutualite.fr/L-actualite/Sante/Sante-publique/Alimentation-comment-mesurer-sa-consommation-de-sel>.

Fiche 2 - Aides à la résolution du problème

L'ordre des questions préalables ne correspond pas forcément à un schéma de résolution précis. Il est possible et même souhaitable que les élèves fassent des allers-retours entre les différentes étapes de résolution.

<p>Quel est le lien entre la consommation de sel et un danger éventuel ? Que préconise l'AFSSA ? <u>Pour la version 1 :</u> A quoi correspond l'expression « équivalence en sel » dans le tableau du document 3 ?</p> <p><u>Pour les versions 2 et 3 :</u> A quoi correspond l'expression « équivalence en sodium » dans le tableau du document 3 ?</p>	APP
<p>Quelle estimation proposez-vous pour le nombre de personnes dans une famille ? Quelle estimation proposez-vous pour la consommation annuelle de sel par une famille ? Quelle estimation proposez-vous pour la consommation hebdomadaire de sel par une famille ? Combien de repas faut-il considérer par jour ?</p> <p><u>Pour les versions 2 et 3 :</u> Quelle est la grandeur à laquelle font référence les recommandations de l'AFSSA ? Comment calculer la teneur en sel d'un aliment à partir de sa teneur en sodium ? Quelle est la formule brute du sel de cuisine ?</p> <p><u>Pour la version 3 :</u> Quelle estimation proposez-vous pour la consommation annuelle de sel par une famille utilisant uniquement des plats « maison » ? Quelle estimation proposez-vous pour la consommation hebdomadaire de sel par une famille utilisant uniquement des plats « maison » ? Combien de pincées de sel sont utilisées par repas par une famille utilisant uniquement des plats « maison » ?</p>	ANA
<p>Comment calculer le nombre de semaines dans une année ?</p> <p><u>Pour les versions 2 et 3 :</u> Comment calculer la masse molaire moléculaire du chlorure de sodium ? Quelle est la relation entre la quantité de matière, la masse et la masse molaire ? Comment trouver la quantité de matière de sodium pour un aliment donné ? Quelle est la relation entre la quantité de matière de sodium et la quantité de matière de chlorure de sodium dans un aliment donné ?</p>	REA
<p>Comment exprimer la consommation annuelle en sel de la famille pour pouvoir utiliser les valeurs fournies par l'AFSSA ? Est-ce que la valeur de consommation annuelle trouvée est précise ?</p> <p><u>Pour la version 3 :</u> Quelle conclusion peut-on formuler après analyse des consommations à base de plats industriels ou de plats « maison » ? Quels conseils donner à la famille pour obtenir une consommation en sel réduite ?</p>	VAL

Fiche 3 – Éléments de réponses

S'approprier le problème.	Identifier les grandeurs pertinentes, leur attribuer un symbole. Évaluer quantitativement les grandeurs inconnues et non précisées.
----------------------------------	--

Une consommation excessive de sel peut être dangereuse pour la santé d'après le document 1.

On considère une famille constituée de N personnes.

L'AFSSA vise une consommation annuelle en sel dont les valeurs sont comprises dans l'intervalle suivant : $1,1 \text{ kg}\cdot\text{an}^{-1}\cdot\text{personne}^{-1} < m_{\text{AFSSA}} < 3 \text{ kg}\cdot\text{an}^{-1}\cdot\text{personne}^{-1}$.

Les aliments décrits dans le tableau du document 3 contiennent une certaine masse de chlorure de sodium $m_{\text{sel, aliment}}$.

Versions 2 et 3 :

Les aliments décrits dans le tableau du document 3 contiennent une certaine masse de sodium

$m_{\text{sodium, aliment}}$.

Analyser	Évaluer quantitativement les grandeurs physiques inconnues et non précisées Décomposer le problème en des problèmes plus simples. Commencer par une version simplifiée.
-----------------	---

On considère 2 repas par jour et un petit déjeuner.

On estime la consommation en sel, de préférence hebdomadaire afin de tenir compte d'une variété importante d'aliments, pour une famille de N personnes (N = 3 par exemple). On en déduit la consommation annuelle pour cette famille.

Versions 2 et 3 :

On calcule les masses en chlorure de sodium à partir des masses en sodium pour chaque aliment.

Il faut calculer la quantité de matière de sodium n_{Na} pour un aliment donné à partir de la masse de sodium m_{Na} puis de la masse molaire atomique M_{Na} . Comme $n_{\text{Na}} = n_{\text{NaCl}}$, on peut en déduire m_{NaCl} en utilisant M_{NaCl} .

On a alors $m_{\text{NaCl}} = \frac{M_{\text{NaCl}}}{M_{\text{Na}}} \times m_{\text{Na}}$

On peut aussi utiliser une stratégie utilisant « une règle de trois » en fonction du niveau des élèves.

Version 3 :

On considère 2 repas par jour et un petit déjeuner.

On estime le nombre de pincées de sel par repas « maison ». Connaissant la masse d'une pincée de sel, on calcule la masse de sel par repas ou éventuellement la consommation en sel journalière.

On peut en déduire alors la consommation en sel annuelle.

Réaliser	Mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée.
-----------------	---

Pour 2 repas et un petit déjeuner avec une famille de $N = 3$ personnes cela donne par semaine :

10,5 baguettes	$10,5 \times 4 \times 975 = 40950$ mg
12 tranches de jambon blanc	$12 \times 1095 = 13140$ mg
20 petites saucisses	$10 \times 2377 = 23770$ mg
10 portions individuelles de camembert	$10 \times 600 = 6000$ mg
10 portions individuelles d'emmental	$10 \times 165 = 1650$ mg
12 plats cuisinés surgelés	$12 \times 1875 = 22500$ mg
16 parts individuelles de quiche ou pizza	$16 \times 1875 = 30000$ mg
21 cuillères à soupe de vinaigrette industrielle	$7 \times 750 = 5250$ mg
4 sachets individuels de chips	$4 \times 413 = 1652$ mg
3 croissants	$3 \times 615 = 1845$ mg
40 "petits beurres"	$10 \times 375 = 3750$ mg
3 de bols de corn-flakes	$9/2 \times 1250 = 5625$ mg

Les fruits contiennent une quantité négligeable de sel ; une portion de légumes contient entre 40 et 80 mg de sodium, ce qui constitue un apport négligeable par rapport à l'estimation réalisée ci-dessus.

Cela donne une masse de sel pour 3 personnes et une semaine de 156 g.

La masse de sel sur une année pour trois personnes est donc de $52 \times 156 = 8,12$ kg

Versions 2 et 3 :

Pour 2 repas et un petit déjeuner avec une famille de $N = 3$ personnes cela donne par semaine :

10,5 baguettes	$10,5 \times 4 \times 383 = 16086$ mg
12 tranches de jambon blanc	$12 \times 431 = 5172$ mg
20 petites saucisses	$10 \times 935 = 9350$ mg
10 portions individuelles de camembert	$10 \times 236 = 2360$ mg
10 portions individuelles d'emmental	$10 \times 65 = 650$ mg
12 plats cuisinés surgelés	$12 \times 737 = 8844$ mg
16 parts individuelles de quiche ou pizza	$16 \times 737 = 11792$ mg
21 cuillères à soupe de vinaigrette industrielle	$7 \times 295 = 2065$ mg
4 sachets individuels de chips	$4 \times 162 = 648$ mg
3 croissants	$3 \times 242 = 726$ mg
40 "petits beurres"	$10 \times 147 = 1470$ mg
3 de bols de corn-flakes	$9/2 \times 491 = 2210$ mg

Les fruits contiennent une quantité négligeable de sel ; une portion de légumes contient entre 40 et 80 mg de sodium, ce qui constitue un apport négligeable par rapport à l'estimation réalisée ci-dessus.

Cela donne une masse de sodium pour 3 personnes et une semaine de 61,4 g.

La masse de sodium sur une année pour trois personnes est donc de $52 \times 61,4 = 3,19$ kg

La masse de sel sur une année pour trois personnes est donc de $m_{NaCl} = \frac{58,5}{23,0} \times 3,19 = 8,11$ kg

Version 3 :

Les pincées de sel sont ajoutées à la préparation du plat familial, et non par membre de la famille. On estime à 15 pincées de sel par jour la consommation de 3 personnes pour utiliser uniquement des plats « maison ». Cela correspond à 15 g par jour.

La masse de sel sur une année pour trois personnes consommant uniquement des plats « maison » est donc de $365 \times 15 = 5,48$ kg

Valider	S'assurer que l'on a répondu à la question posée. Discuter de la pertinence du résultat trouvé (identification des sources d'erreur, choix des modèles, formulation des hypothèses, ...)
----------------	---

La masse de sel sur une année pour trois personnes est de 8,12 kg.

Cela correspond à $2,71 \text{ kg.an}^{-1}.\text{personne}^{-1}$.

On est bien dans l'intervalle indiqué par l'AFSSA :

$1,1 \text{ kg.an}^{-1}.\text{personne}^{-1} < m_{\text{AFSSA}} < 3 \text{ kg.an}^{-1}.\text{personne}^{-1}$, mais on est proche de la valeur haute de l'intervalle.

Sachant que les besoins physiologiques en sel sont d'au plus 1,1 kg par an et par personne, les membres de cette famille consomment plus de sel qu'ils n'en ont besoin.

Version 3 :

La masse de sel sur une année pour trois personnes consommant uniquement des plats « maison » est de 5,48 kg.

Cela correspond à $1,83 \text{ kg.an}^{-1}.\text{personne}^{-1}$.

On est bien dans l'intervalle indiqué par l'AFSSA $1,1 \text{ kg.an}^{-1}.\text{personne}^{-1} < m_{\text{AFSSA}} < 3 \text{ kg.an}^{-1}.\text{personne}^{-1}$ mais on est proche de la valeur basse de l'intervalle.

Sachant que les besoins physiologiques en sel sont d'au plus 1,1 kg par an et par personne, les membres de cette famille consomment un peu plus de sel qu'ils n'en ont besoin.

Une consommation exclusivement basée à partir de plats « maison » permet de diminuer la quantité de sel consommée par an et par personne. Ces valeurs sont des estimations, il faudrait avoir une idée des incertitudes associées. D'autres part, lors de la cuisson des pâtes par exemple, une partie du sel est éliminée avec les eaux de lavage ce qui tendrait à diminuer la valeur obtenue.

Lorsque l'on regarde la consommation de la famille utilisant uniquement des plats industriels, on s'aperçoit qu'une importante partie du sel est apportée par le pain, la charcuterie, les plats surgelés ou les portions de quiche et de pizza. Il faudrait conseiller à cette famille de commencer à réduire la consommation de pain par exemple et à favoriser la consommation de plats « maison ».

Fiche 4 – Exemples d'indicateurs de réussite

S'approprier	Le lien entre la consommation excessive de sel et le danger est établi. Les expressions « équivalence en sel » ou « équivalence en sodium » sont comprises.
Analyser	Un nombre de personne est estimé pour la famille. Une stratégie est utilisée pour estimer la consommation annuelle en sel de la famille (par exemple : nombre de repas par jour, consommation en sel hebdomadaire et consommation en sel annuelle). <u>Versions 2 et 3 :</u> Une stratégie est mise en place pour calculer les masses en chlorure de sodium à partir des masses en sodium (par exemple : calcul de M_{NaCl} , calcul de n_{Na} puis n_{NaCl} , calcul de m_{NaCl} ou en utilisant « une règle de trois »). <u>Version 3 :</u> Une stratégie est utilisée pour estimer la consommation annuelle en sel de la famille utilisant uniquement des plats « maison » (par exemple : nombre de repas par jour, masse de sel par pincée, consommation en sel journalière et consommation en sel annuelle).
Réaliser	Calcul de la consommation annuelle en sel de la famille. <u>Versions 2 et 3 :</u> Conversion de la teneur des aliments en sodium en teneur en chlorure de sodium. <u>Version 3 :</u> Calcul de la consommation annuelle en sel de la famille utilisant uniquement des plats « maison ».
Valider	Calcul de la consommation annuelle en sel par personne. Comparaison avec les recommandations de l'AFSSA et conclusion. <u>Version 3 :</u> Calcul de la consommation annuelle en sel par personne pour des familles utilisant uniquement des plats « maison ». Comparaison entre les deux types d'habitudes alimentaires au niveau du sel. Conseils à la famille pour diminuer la consommation en sel.
Communiquer	Les étapes de la démarche sont présentées de manière synthétique, organisée, cohérente et compréhensible. La communication est claire, cohérente avec un vocabulaire scientifique précis

Résolution de problème : La cascade

Niveau : **Première**
Thème : **Optique**
Activité expérimentale : **non**
Origine du sujet : **GRIESP**

Programme de première S

Notions et contenus	Compétences attendues
Lentilles minces convergentes : images réelle et virtuelle. Distance focale, vergence. Relation de conjugaison ; grandissement.	Déterminer graphiquement la position, la grandeur et le sens de l'image d'un objet-plan donnée par une lentille convergente. Utiliser les relations de conjugaison et de grandissement d'une lentille mince convergente.

Description du document

Plusieurs versions d'une même résolution de problème sont proposées avec des niveaux de difficulté différents.

Compétences	Niveaux de difficulté	
	Version 1 (niveau « initiation »)	Version 2 (niveau « confirmé »)
S'approprier (APP)	1	3
Analyser (ANA)	2	3
Réaliser (REA)	2	2
Valider (VAL)	1	3
Communiquer (COM)	2	2

Analyse des différentes versions de la résolution de problème

Les documents donnés dans les deux versions sont identiques, à ceci près que la **version 1** donne la valeur de la hauteur réelle de la chute d'eau, ce qui facilite la validation de la résolution.

La question posée dans la **version 1** donne une piste de départ, contrairement à la **version 2**, ce qui rend l'appropriation et l'analyse du problème plus difficile dans cette dernière.

Déroulement de l'activité

L'élève reçoit l'énoncé (fiche 1).

Au cours de son raisonnement, en cas de blocage, l'élève peut faire appel à des aides, décrites dans la fiche 2.

Des éléments de réponses sont donnés dans la fiche 3 pour le professeur.

La fiche 4 donne des exemples d'indicateurs de réussite permettant à l'enseignant d'évaluer cette activité par compétences s'il le souhaite.

Fiche 1 - Énoncé du sujet

Version 1 : niveau « initiation »

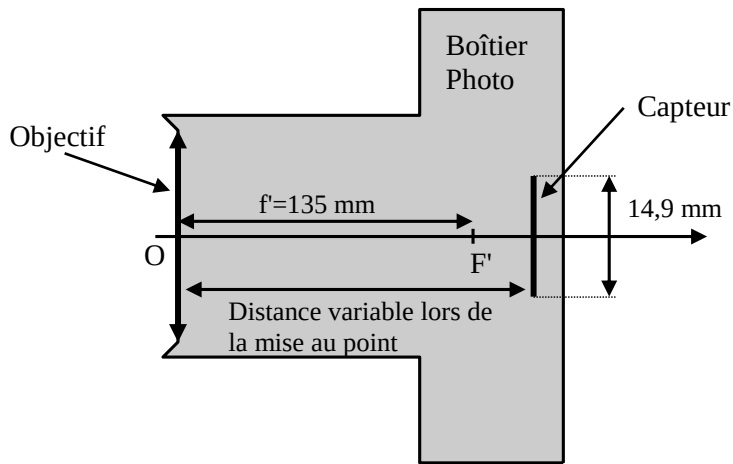
Le doc. 1 présente la photographie de la cascade inférieure du parc national de Yellowstone (haute de 94m). La position du photographe est repérée par une croix sur la vue satellite du doc. 2. On dispose d'une modélisation de l'appareil photographique (doc. 3).



Doc 1 - Photographie de la cascade



Doc 2 - Vue satellite de la position du photographe



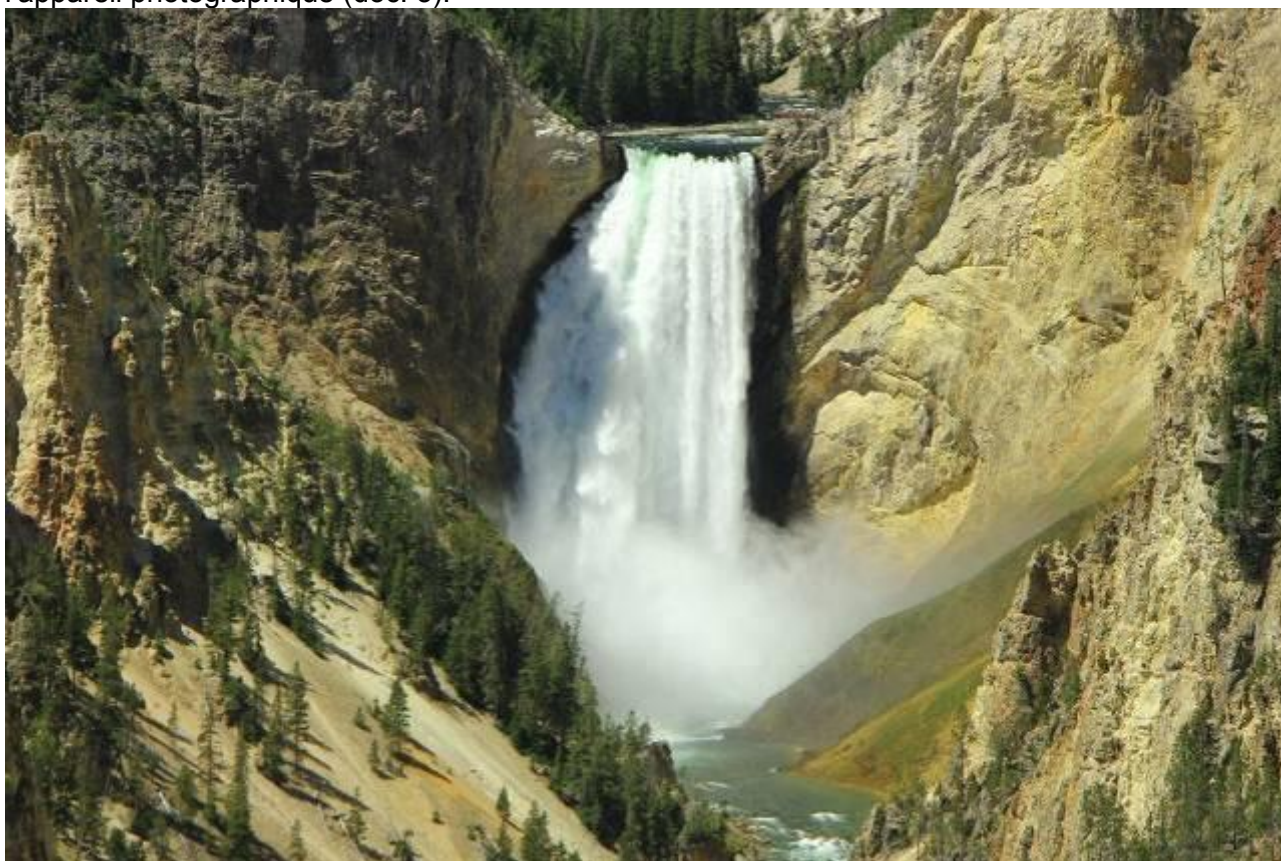
Doc 3 – modélisation de l'appareil photographique

Question :

En faisant un schéma où apparaîtront la cascade, l'objectif et le capteur et en appliquant les relations de conjugaison et de grandissement d'une lentille mince convergente, estimer, grâce aux documents, la hauteur de la cascade inférieure du parc national de Yellowstone.

Version 2 : niveau « confirmé »

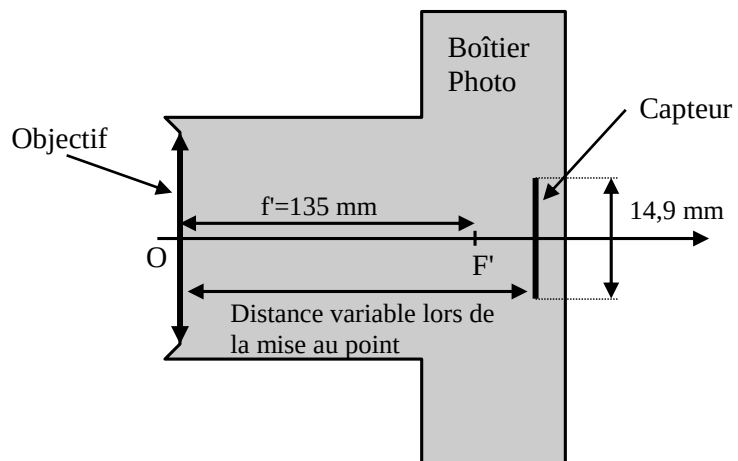
Le doc. 1 présente la photographie de la cascade inférieure du parc national de Yellowstone. La position du photographe est repérée par une croix sur la vue satellite du doc. 2. On dispose d'une modélisation de l'appareil photographique (doc. 3).



Doc 1 - Photographie de la cascade



Doc 2 - Vue satellite de la position du photographe



Doc 3 – modélisation de l'appareil photographique

Question :

Estimer, grâce aux documents, la hauteur de la cascade inférieure du parc national de Yellowstone.

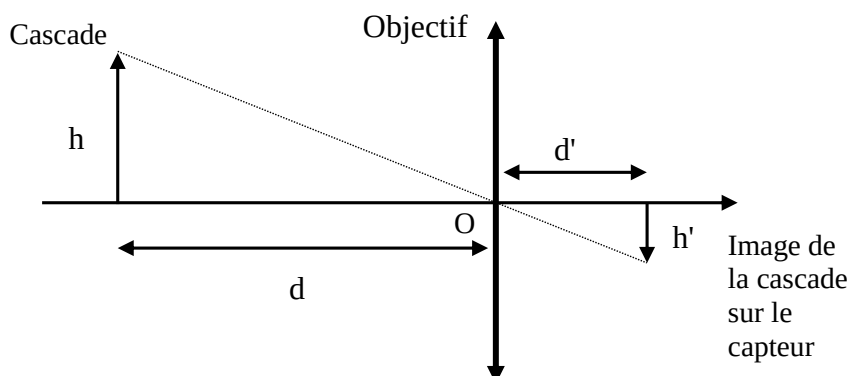
Fiche 2 - Aides à la résolution du problème

L'ordre des questions préalables ne correspond pas forcément à un schéma de résolution précis. Il est possible et même souhaitable que les élèves fassent des allers-retours entre les différentes étapes de résolution.

Faire un schéma optique où apparaîtront : la cascade, l'appareil photographique assimilé à une lentille convergente et à un détecteur assimilé à un plan. (version 2) Sur le graphique, faire apparaître h la hauteur de la cascade, h' la hauteur de l'image de la cascade, d la distance cascade – lentille, et d' la distance lentille – détecteur photographique.	<i>APP</i>
Réécrire les relations de conjugaison avec les données du problème. (version 2) Ecrire de deux façons différentes le grandissement.	<i>ANA</i>
Soient deux objets 1 et 2 de tailles respectives t_1 et t_2 . Ces deux objets apparaissent sur la même photographie avec les tailles respectives t'_1 et t'_2 . Exprimer t_2 en fonction de t_1 , t'_1 et t'_2 .	<i>REA</i>
Citer deux objets et leur taille, l'un plus grand qu'une cascade, l'autre plus petit.	<i>VAL</i>

Fiche 3 – Éléments de réponses

S'approprier le problème.	Faire un schéma modèle. Identifier les grandeurs physiques pertinentes, leur attribuer un symbole. Relier le problème à une situation modèle connue.
----------------------------------	--



On note donc h la hauteur de la cascade, h' la hauteur de l'image de la cascade, d la distance cascade – lentille, et d' la distance lentille – détecteur photographique. La distance focale est $f' = 135 \text{ mm}$.

Analyser	Déterminer et énoncer les lois physiques qui seront utilisées. Évaluer quantitativement les grandeurs physiques inconnues et non précisées
-----------------	---

La relation de conjugaison peut se réécrire : $\frac{1}{d'} + \frac{1}{d} = \frac{1}{f'}$.

Le grandissement est $|\gamma| = \frac{h'}{h} = \frac{d'}{d}$.

Pour déterminer h la hauteur de la cascade, il faut donc :

- déterminer, h' la hauteur de l'image de la cascade ;
- déterminer d la distance cascade – lentille ;
- déterminer d' la distance lentille – détecteur photographique.

Réaliser	Mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée. Savoir mener efficacement les calculs analytiques et la traduction numérique.
-----------------	--

Pour déterminer, h' la hauteur de l'image de la cascade :

- dans le doc 1 on fait le rapport r de la hauteur de la cascade sur la hauteur du capteur ;
- le doc 3 donne la hauteur du capteur = 14,9 mm ;
- $h' = r \times 14,9 \text{ mm} = 8,8 \text{ mm}$

Pour déterminer la distance cascade – lentille d :

- grâce à l'échelle, le doc 2 donne $d = 1400 \text{ m}$;

Pour déterminer la distance lentille – détecteur photographique d' :

- soit on considère directement que $d' \gg f'$, d'où $d \approx f'$;
- soit on applique les relations de conjugaison : $\frac{1}{d'} + \frac{1}{d} = \frac{1}{f'}$ qui donne

$$d' = \frac{d \times f'}{d - f'} = \frac{2,0 \times 10^3 \times 0,135}{2,0 \times 10^3 - 0,135} = 135 \text{ mm}.$$

Pour déterminer la hauteur h de la cascade :

- on utilise le grandissement $|\gamma| = \frac{h'}{h} = \frac{d'}{d}$, soit $h = \frac{d}{d'} h' = \frac{1400 \times 8,8 \times 10^{-3}}{0,135} = 91 \text{ m}$

Valider	Discuter de la pertinence du résultat trouvé Étudier des cas limites plus simples dont la solution est plus facilement vérifiable ou bien déjà connue
---------	--

Version 1 :

La hauteur trouvée est très proche de la valeur donnée.

Version 2 :

On peut vérifier la pertinence : la hauteur de la cascade est plus petite qu'une montagne ($10^3 m$) et plus grande qu'un arbre ($10 m$).

On peut comparer la hauteur de la cascade à la taille t d'un arbre quasiment au même plan : $t = 15 m$ (comme un immeuble de 5 étages), ce qui semble réaliste.

Fiche 4 – Exemples d'indicateurs de réussite

S'approprier	Le schéma d'optique géométrique est correct.
Analyser	La formule de conjugaison est bien appliquée au problème. Le grandissement aussi.
Réaliser	La hauteur de la cascade est mesurée sur le doc. 1. Elle est convertie dans la réalité. La distance cascade – appareil photographique est mesurée sur le doc. 2. Elle est convertie dans la réalité. Les formules de conjugaison et de grandissement sont appliquées.
Valider	La hauteur calculée de la cascade est comparée à la hauteur réelle (version 1) La hauteur calculée de la cascade est comparée à des valeurs connues (version 2)
Communiquer	La communication est claire, cohérente avec un vocabulaire scientifique précis. Les calculs sont effectués à partir de formules littérales, dans un langage mathématique correct.

Résolution de problème : Profondeur d'un pont

Niveau : **Première S**
Thème : **Optique**
Activité expérimentale : **non**
Origine du sujet : **GRIESP**

Programme de première S

Notions et contenus	Compétences attendues
Lentilles minces convergentes : images réelle et virtuelle. Distance focale, vergence. Relation de conjugaison ; grandissement.	Déterminer graphiquement la position, la grandeur et le sens de l'image d'un objet-plan donnée par une lentille convergente. Utiliser les relations de conjugaison et de grandissement d'une lentille mince convergente.

Description du document

Cette résolution de problème ne peut en aucun cas constituer une évaluation sommative, donnée pour évaluer les récents apprentissages sur la partie du programme portant sur *les lentilles convergentes*, car elle suppose que les élèves travaillent à partir d'une hypothèse qui pourrait leur sembler aller à l'encontre de ce qu'ils viennent d'apprendre. En effet, en première S, les élèves apprennent qu'à une distance lentille-image donnée correspond une distance lentille-objet unique, ce qui n'est pas l'hypothèse de travail faite ici. Il s'agit donc d'un exercice d'entraînement à la résolution de problème, à faire en classe, en interagissant avec les élèves qui travaillent par groupes de deux ou trois avec des aides éventuellement apportées par le professeur. Ces aides, données dans la fiche 2 sont des questions destinées à faire réfléchir l'élève sans lui apporter la solution. Il est important que tous les élèves arrivent au bout de leur résolution. Plusieurs versions de cette résolution de problème sont proposées avec des niveaux de difficulté différents.

Compétences	Niveaux de difficulté		
	Version 1 (niveau « confirmé 1 »)	Version 2 (niveau « confirmé 2 »)	Version 3 (niveau « expert »)
S'approprier (APP)	2	3	4
Analyser (ANA)	2	2	2
Réaliser (REA)	3	3	3
Valider (VAL)	2	2	2
Communiquer (COM)	1	1	1

Analyse des différentes versions de la résolution de problème

La photo du pont et la question sont identiques dans les trois versions. Le format de la photo du pont (12 cm×18 cm) a été choisi pour que l'échelle soit facile à calculer. Ce sont les indications données dans le document 2 (**Formation d'une image sur la pellicule**) qui rendent la résolution plus ou moins difficile.

Le **version 1** est la moins difficile. Le document 2 indique que l'image d'un objet éloigné se forme dans le plan focal de la lentille et que cette image est d'autant plus petite que l'objet à photographier est éloigné. Un schéma de l'appareil photo avec construction de l'image d'un objet éloigné est donné.

Le **version 2** est un peu plus difficile : les dernières phrases du document 2 (Tous les objets éloignés ont donc une image nette sur la pellicule si celle-ci est dans le plan focal de l'objectif. Cette image est d'autant plus petite que l'objet est éloigné. C'est ce que l'on peut constater sur la photo du pont.) ont été supprimées.

Dans le **version 3**, le schéma a été supprimé. C'est la version la plus difficile. Il n'est pas possible en première S de faire une version sans document 2.

Déroulement de l'activité

L'élève reçoit l'énoncé (fiche 1).

Au cours de son raisonnement, en cas de blocage, l'élève peut faire appel à des aides, décrites dans la fiche 2.

Des éléments de réponses sont donnés dans la fiche 3 pour le professeur.

La fiche 4 donne des exemples d'indicateurs de réussite permettant à l'enseignant d'évaluer cette activité par compétences s'il le souhaite.

Fiche 1 - Enoncé du sujet

Version 1 : niveau « confirmé 1 »

Document 1. Photographie d'un pont



Voici la photo d'un pont permettant le passage sous une route à 2x2 voies séparées par un terre-plein central + une voie d'accès. Elle a été réalisée avec un appareil photo argentique :

- format de l'image sur la pellicule : 24 mm×36 mm ;
- distance focale de l'objectif assimilé à une lentille mince convergente : $f = 35$ mm.

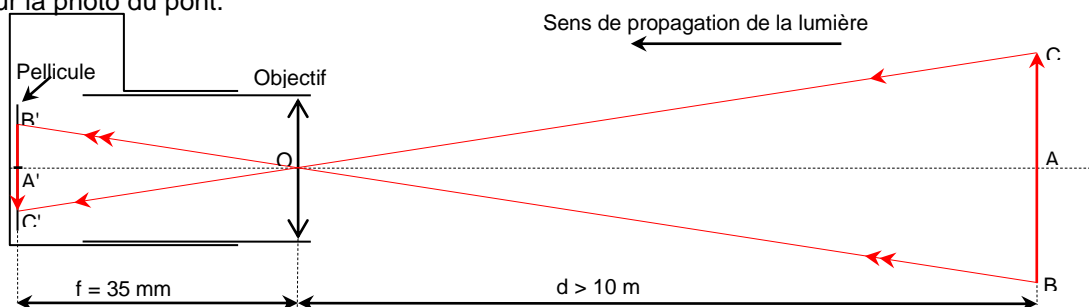
Document 2 : Formation d'une image sur la pellicule

Lorsque la distance entre l'objet à photographier et l'objectif, modélisé par une lentille mince convergente, est très supérieure à la distance focale, la formule de conjugaison montre que l'image se forme dans le plan focal de la lentille (voir schéma).

En effet, si $|\overline{OA}| \gg f$, $\frac{1}{OA}$ est négligeable devant $\frac{1}{f}$ et la relation $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f}$ devient $\frac{1}{OA'} = \frac{1}{f}$ ou

$$\overline{OA'} = f.$$

A titre d'exemple, pour une distance focale de 35 mm et une distance objet-lentille égale à 10 m, la formule de conjugaison donne $OA' = 35,1$ mm. Tous les objets éloignés ont donc une image nette sur la pellicule si celle-ci est dans le plan focal de l'objectif. Cette image est d'autant plus petite que l'objet est éloigné. C'est ce que l'on peut constater sur la photo du pont.



Attention, le schéma n'est pas à la même échelle des deux côtés de la lentille. Il n'est donc pas possible de tracer d'autres rayons que ceux qui passent par le centre optique

Question :

Estimer, à partir de la photo, la profondeur du pont. Remarque : On apportera le plus grand soin aux mesures effectuées sur la photo et on validera le résultat obtenu.

Version 2 : niveau "confirmé 2"

Document 1. Photographie d'un pont



Voici la photo d'un pont permettant le passage sous une route à 2x2 voies séparées par un terre-plein central + une voie d'accès. Elle a été réalisée avec un appareil photo argentique :

- format de l'image sur la pellicule : 24 mmx36 mm ;
- distance focale de l'objectif assimilé à une lentille mince convergente : $f = 35$ mm.

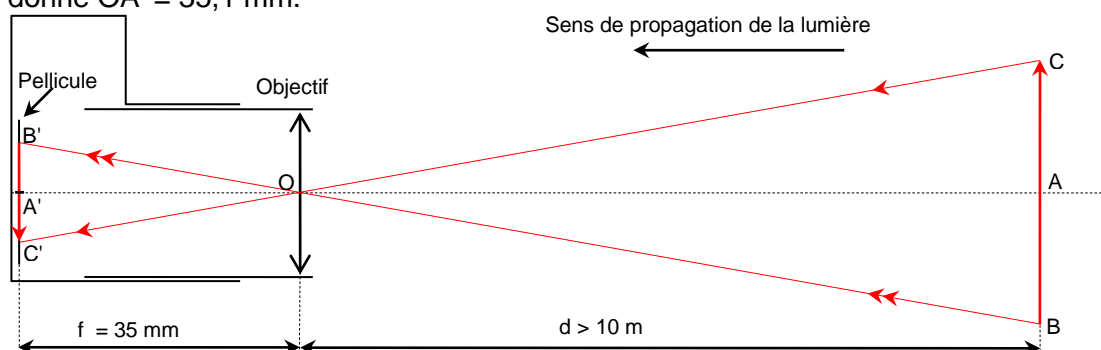
Document 2 : Formation d'une image sur la pellicule

Lorsque la distance entre l'objet à photographier et l'objectif, modélisé par une lentille mince convergente, est très supérieure à la distance focale, la formule de conjugaison montre que l'image se forme dans le plan focal de la lentille (voir schéma).

En effet, si $|\overline{OA}| \gg f$, $\frac{1}{OA}$ est négligeable devant $\frac{1}{f}$ et la relation $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f}$ devient $\frac{1}{OA'} = \frac{1}{f}$ ou

$$\overline{OA'} = f .$$

A titre d'exemple, pour une distance focale de 35 mm et une distance objet-lentille égale à 10 m, la formule de conjugaison donne $OA' = 35,1$ mm.



Attention, le schéma n'est pas à la même échelle des deux côtés de la lentille. Il n'est donc pas possible de tracer d'autres rayons que ceux qui passent par le centre optique

Question :

Estimer, à partir de la photo, la profondeur du pont. Remarque : On apportera le plus grand soin aux mesures effectuées sur la photo et on validera le résultat obtenu.

Version 3 : niveau "expert "

Document 1. Photographie d'un pont



Voici la photo d'un pont permettant le passage sous une route à 2x2 voies séparées par un terre-plein central + une voie d'accès. Elle a été réalisée avec un appareil photo argentique :

- format de l'image sur la pellicule : 24 mm×36 mm ;
- distance focale de l'objectif assimilé à une lentille mince convergente : $f = 35$ mm.

Document 2 : Formation d'une image sur la pellicule

Lorsque la distance entre l'objet à photographier et l'objectif, modélisé par une lentille mince convergente, est très supérieure à la distance focale, la formule de conjugaison montre que l'image se forme dans le plan focal de la lentille (voir schéma).

En effet, si $|\overline{OA}| \gg f$, $\frac{1}{OA}$ est négligeable devant $\frac{1}{f}$ et la relation $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f}$ devient $\frac{1}{OA'} = \frac{1}{f}$ ou $\overline{OA'} = f$.

A titre d'exemple, pour une distance focale de 35 mm et une distance objet-lentille égale à 10 m, la formule de conjugaison donne $OA' = 35,1$ mm.

Question :

Estimer, à partir de la photo, la profondeur du pont.

Remarque : On apportera le plus grand soin aux mesures effectuées sur la photo et on validera le résultat obtenu.

Fiche 2 - Aides à la résolution du problème

S'approprier le problème

Que représente pour le pont l'objet BC du schéma ?

Où se place sur le schéma la sortie EF du pont ?

Que peut-on dire de la taille de ces deux objets et de la distance qui les sépare ?

Compte tenu des indications du document 1, où se situe l'image E'F' de l'objet EF ? Faire la construction.

Etablir une stratégie de résolution (analyser)

Quelle relation, vue en cours, peut-on écrire entre BC, B'C', OA et OA' ?

Mettre en œuvre la stratégie (réaliser)

Par quel coefficient faut-il diviser les longueurs mesurées sur la photo pour avoir les longueurs correspondantes sur la pellicule ?

Comment peut-on déterminer avec soin l'image de l'entrée et de la sortie du pont et les hauteurs correspondantes ?

Avoir un regard critique sur les résultats obtenus (valider)

Quelle indication du document 1 permet de déterminer approximativement la largeur de la route sous laquelle passe le pont ?

Fiche 3 – Éléments de réponses

S'approprier le problème

S'approprier le problème

Faire un schéma

Identifier les grandeurs physiques pertinentes.

On note :

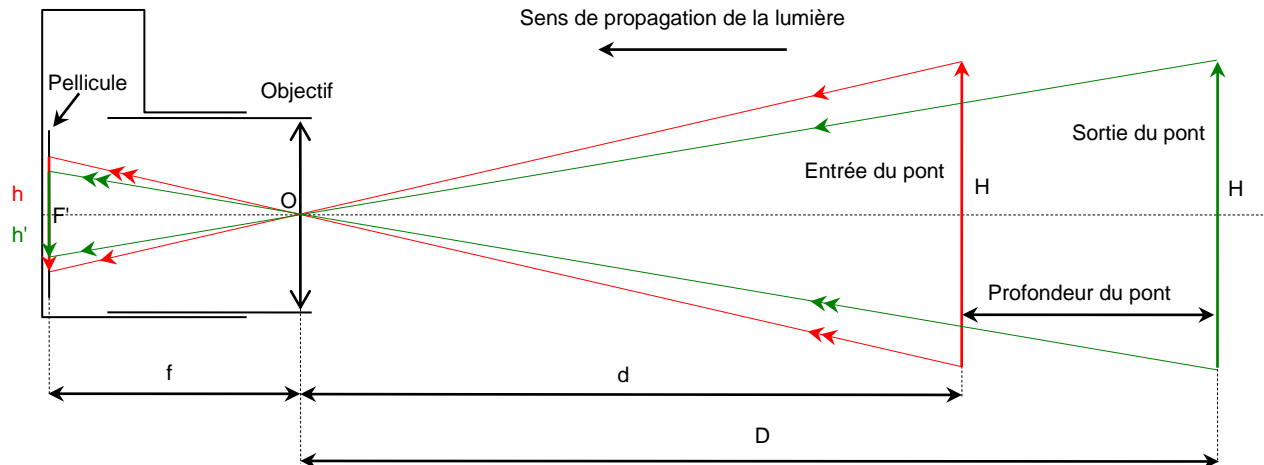
H la hauteur du pont (entrée et sortie ont la même hauteur)

d la distance qui sépare l'entrée du pont de l'objectif

D la distance qui sépare la sortie du pont de l'objectif. La profondeur du pont est donc $D - d$

h la hauteur de l'image de l'entrée du pont sur la pellicule

h' la hauteur de l'image de la sortie du pont sur la pellicule



Etablir une stratégie de résolution (analyser)

Analyser

Organiser et exploiter ses connaissances et les informations extraites.

Le grandissement est donné par la relation : $|\gamma| = \frac{\text{hauteur de l'image}}{\text{hauteur de l'objet}} = \frac{\text{distance lentille-image}}{\text{distance lentille-objet}}$

La hauteur de l'objet (pont) est connue ($H = 4,3 \text{ m}$)

La distance lentille image est connue : c'est la distance focale f de la lentille d'après le document 2

Il faut donc déterminer les hauteurs h et h' des images de l'entrée et de la sortie du pont pour calculer d et D à partir du grandissement et en déduire la profondeur du pont.

Mettre en oeuvre la stratégie (réaliser)

Réaliser

Savoir mener efficacement les calculs analytiques et la traduction numérique.

Mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée.

Pour calculer h et h' sur la pellicule, il faut déterminer le rapport entre la taille de la photo fournie et celle de la pellicule. La photo mesure $180 \text{ mm} \times 120 \text{ mm}$ et la pellicule $36 \text{ mm} \times 24 \text{ mm}$.

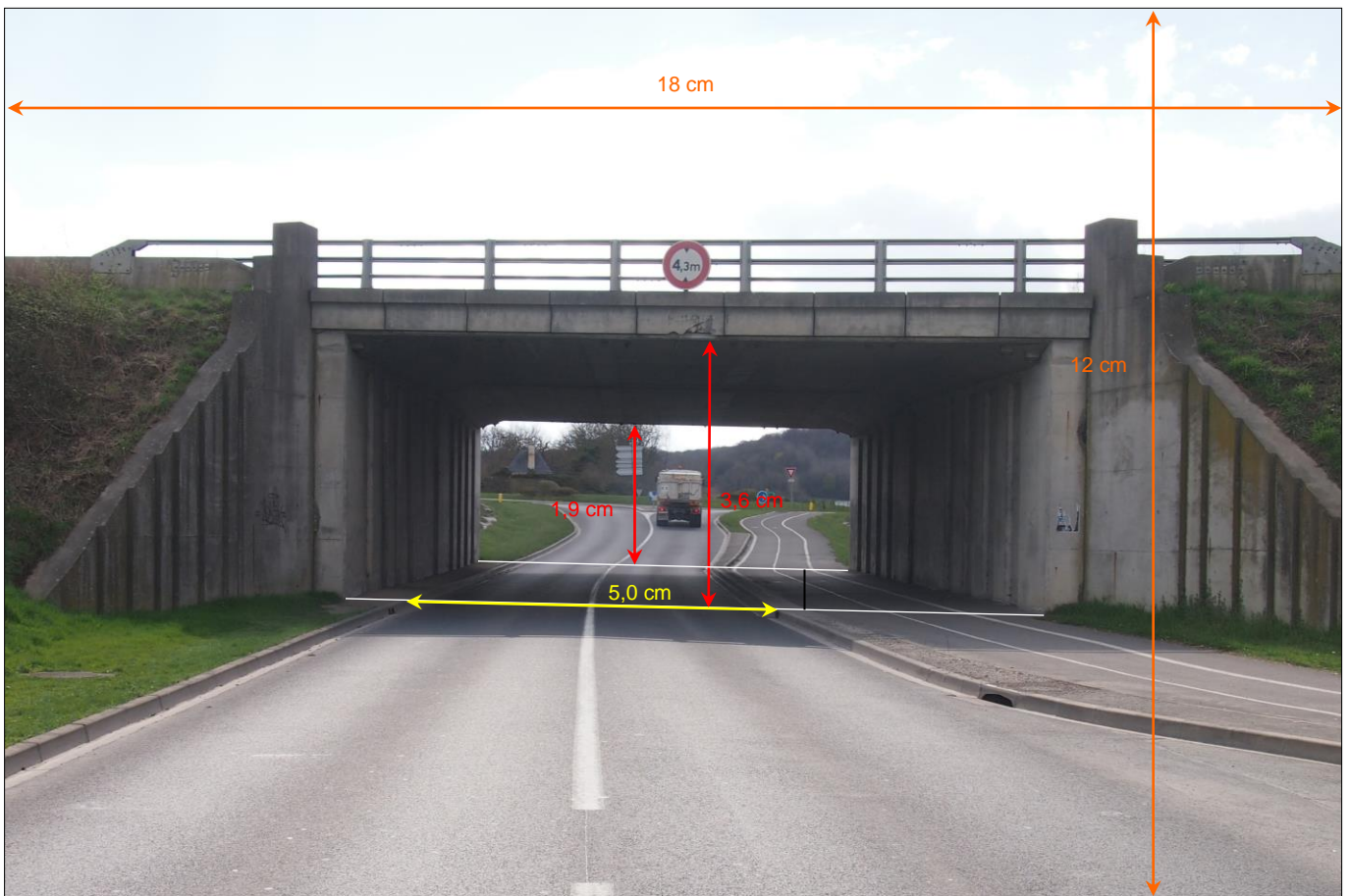
Il faut donc diviser par 5 les longueurs mesurées sur la photo pour obtenir les longueurs correspondantes

sur la pellicule car $\frac{36}{180} = \frac{24}{120} = \frac{1}{5}$

Pour mesurer correctement la hauteur de l'entrée et de la sortie du pont sur la pellicule, il faut déterminer avec soin l'image de l'entrée et la sortie du pont. Ne pas se fier à l'ombre car le soleil n'est pas au zénith. Il faut utiliser les côtés

On trouve : 3,6 cm pour l'entrée ce qui donne $h = 0,72 \text{ cm}$

1,9 cm pour la sortie ce qui donne $h' = 0,38 \text{ cm}$



L'application de la formule du grandissement donne : $d = \frac{f \times H}{h} = 21m$ et $D = \frac{f \times H}{h'} = 40m$

On en déduit la profondeur du pont : $40 - 21 = 19 m$

Avoir un regard critique sur les résultats obtenus (valider)

Valider	<i>Comparer le résultat obtenu avec le résultat d'une autre approche (mesure expérimentale donnée ou déduite d'un document joint, simulation numérique...).</i>
----------------	---

Les distances trouvées permettent de valider l'hypothèse des images formées dans le plan focal image de la lentille.

La largeur normalisée d'une voie de circulation est 3,5 m (de nombreux élèves de 1S sont en conduite accompagnée et ont passé le code de la route). Le professeur peut fournir ce renseignement si aucun élève ne connaît cette valeur.

Le document 1 donne l'indication : route à 2x2 voies séparées par un terre-plein central + une voie d'accès. Cela fait 5 voies = $5 \times 3,5 = 17,5 m$ sans compter le terre-plein et les glissières de sécurité qui peuvent faire 2 à 3 m. Le résultat trouvé est donc cohérent.

Remarque. On peut calculer la largeur des deux voies qui passent sous le pont à partir de la photo mais on ne trouve que 6 m car les voies sont réduites en largeur à 3 m chacune à cause de la piste cyclable.

Fiche 4 – Exemples d'indicateurs de réussite

S'approprier	Le lien entre l'entrée du pont et l'objet AB du schéma a été fait correctement Sur le schéma, la sortie du pont a été représentée par un objet de même taille que AB. L'image de la sortie du pont se trouve sur la pellicule.
Analyser	La formule du grandissement est écrite. Dans cette formule, la distance lentille image est bien représentée par la distance focale de l'objectif dans les deux cas
Réaliser	Le rapport entre la taille de la photographie du document 1 et la taille de la pellicule a été calculé correctement. Les hauteurs des images de l'entrée et de la sortie du pont sont mesurées précisément. La formule du grandissement est appliquée convenablement
Valider	La profondeur du pont calculée est comparée à celle obtenue en estimant la largeur de la route qui passe sur le pont.
Communiquer	La communication est claire, cohérente avec un vocabulaire scientifique précis. Les calculs sont effectués à partir de formules littérales, dans un langage mathématique correct.

Résolution de problème : **Le CO₂ émis par une voiture**

Niveau : **première S**
Thème : **chimie**
Activité expérimentale : **non**
Origine du sujet : **GRIESP**

Programme de première S

Notions et contenus	Compétences attendues
Convertir l'énergie et économiser les ressources	
Énergie libérée lors de la combustion d'un hydrocarbure ou d'un alcool.	Écrire une équation de combustion. Argumenter sur l'impact environnemental des transformations mises en jeu. Déterminer l'ordre de grandeur de la masse de CO ₂ produit lors du déplacement d'un véhicule.

Description du document

Cette résolution de problème vise à déterminer l'ordre de grandeur de la masse de dioxyde de carbone produit lors du déplacement d'une voiture.

Elle peut être proposée en initiation à la résolution de problème ou en évaluation. Dans le cas de l'initiation des aides (cf. fiche 2) peuvent être apportées par le professeur afin d'amener l'élève en difficulté à résoudre le problème par lui-même.

Plusieurs versions d'une même résolution de problème sont proposées avec des niveaux de difficulté différents.

Compétences	Niveaux de difficulté		
	Version 1 (niveau « initiation »)	Version 2 (niveau « confirmé »)	Version 3 (niveau « expert »)
S'approprier (APP)	1	1	1
Analyser (ANA)	2	3	4
Réaliser (REA)	2	2	2
Valider (VAL)	2	2	2
Communiquer (COM)	2	2	2

Analyse des différentes versions de la résolution de problème

Dans la **version 1**, toutes les données nécessaires à la résolution du problème sont présentes dans le document ; ce sujet ne présente pas de difficultés particulières.

Il a été testé en première S, en fin d'année, lors d'une séance de TP, en demi-classe et en évaluation individuelle durant 40 min, par des élèves déjà initiés à la démarche de résolution de problème. Il n'y a pas eu d'aide apportée par le professeur au cours de cette séance. Cet exercice a été jugé facile par les élèves. Sur 35 élèves présents :

- 17 élèves ont eu une note entre 4 et 5 sur 5 ; tous ont abouti à la solution donnée en fiche 3 ; mais certains élèves n'ont pas toujours suffisamment vérifié la pertinence du résultat trouvé ;
- 10 élèves ont eu une note de 3 sur 5 ; les copies présentaient souvent des erreurs de calculs ou les formules établies n'étaient pas cohérentes notamment au niveau analyse dimensionnelle ;
- 8 élèves ont eu une note entre 1 et 2 sur 5, les copies présentaient de nombreuses erreurs, les différentes étapes du raisonnement étaient peu explicites ou le problème pas compris.

Quelques exemples de copies scannées ont été placés en annexe, avec leur notation établie à l'aide de la grille de notation proposée pour cette version 1.

Dans la **version 2**, les données manquantes sont remplacées par des hypothèses permettant d'estimer la masse de dioxyde de carbone.

Au contraire, la **version 3** présente des données manquantes que seule la culture scientifique de l'élève permettra d'estimer.

Déroulement de l'activité

L'élève reçoit l'énoncé (fiche 1).

Au cours de son raisonnement, en cas de blocage, l'élève peut faire appel à des aides, décrites dans la fiche 2.

Des éléments de réponses sont donnés dans la fiche 3 (deux types de solution) pour le professeur.

La fiche 4 donne des exemples d'indicateurs de réussite permettant à l'enseignant d'évaluer cette activité par compétences s'il le souhaite.

Fiche 1 - Énoncé du sujet

Version 1 : niveau « initiation »

Consommation de carburant et émission de CO₂

Marque : VOITURE

Modèle : XXX

Version : 88CH

Énergie : Essence

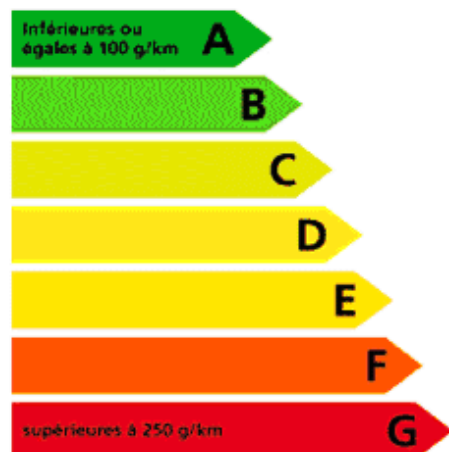
Consommation de carburant

Consommation mixte :

6,4 l/100 km

CO₂ Le CO₂ (dioxyde de carbone) est le principal gaz à effet de serre responsable du changement climatique.

Émissions de CO₂ faibles



Émissions de CO₂ élevées



On donne :

- La masse volumique de l'essence $\rho_{\text{essence}} = 0,74 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$ qu'on assimilera à de l'octane.

- La masse molaire de l'hydrogène est de $M(\text{H}) = 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, celle du carbone de $M(\text{C}) = 12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, et celle de l'oxygène de $M(\text{O}) = 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Question : À l'aide des informations fournies, estimer la masse de CO₂ émise par cette voiture à essence lors d'un déplacement de 100 km.

Version 2 : niveau « confirmé »

Consommation de carburant et émission de CO₂

Marque : VOITURE
Modèle : XXX
Version : 88CH
Énergie : Essence

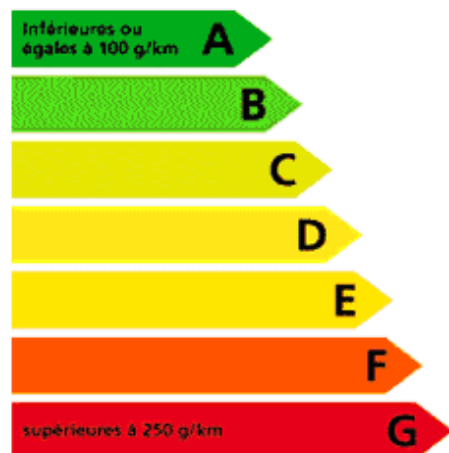
Consommation de carburant

Consommation mixte :

6,4 l/100 km

CO₂ Le CO₂ (dioxyde de carbone) est le principal gaz à effet de serre responsable du changement climatique.

Émissions de CO₂ faibles



Émissions de CO₂ élevées



On pourra considérer que :

- La masse d'un hydrocarbure est sensiblement égale à celle du carbone qui le constitue.
- Les atomes de carbone et d'oxygène étant proches dans la classification périodique, leurs masses molaires sont proches.

Question : À l'aide des informations fournies, estimer la masse de CO₂ émise par cette voiture à essence lors d'un déplacement de 100 km.

Version 3 : niveau « expert »

Consommation de carburant et émission de CO₂

Marque : VOITURE

Modèle : XXX

Version : 88CH

Énergie : Essence

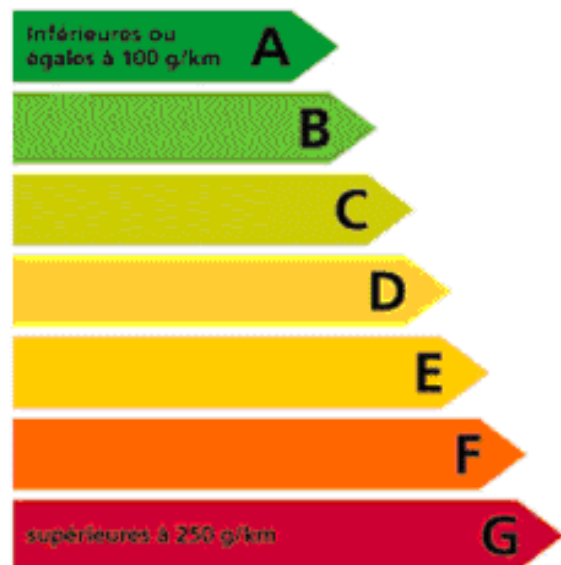
Consommation de carburant

Consommation mixte :

6,4 l/100 km

CO₂ Le CO₂ (dioxyde de carbone) est le principal gaz à effet de serre responsable du changement climatique.

Émissions de CO₂ faibles



Émissions de CO₂ élevées



Question : À l'aide de ces données, estimer la masse de CO₂ émise par cette voiture à essence lors d'un déplacement de 100 km.

Fiche 2 - Aides à la résolution du problème

L'ordre des questions préalables ne correspond pas forcément à un schéma de résolution précis. Il est possible et même souhaitable que les élèves fassent des allers-retours entre les différentes étapes de résolution.

<ul style="list-style-type: none"> - D'après la fiche, quel est le volume V_{octane} d'essence consommée lors d'un trajet de 100km ? - D'où provient l'émission de dioxyde de carbone ? - À quelles données a-t-on accès dans le document ? Les souligner. - Quelles sont les grandeurs physiques pertinentes pour répondre à la question posée ? 			
<p><u>Solution à proposer en cas de difficulté</u></p>			
<p><u>Version 1</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Le volume d'essence consommée pour 100 km : $V = 6,4 \text{ L}$; - La masse volumique de l'essence : $\rho_{\text{octane}} = 0,74 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$; - Les masses molaires : $M(\text{H}) = 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $M(\text{C}) = 12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $M(\text{O}) = 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$. 	<p><u>Version 2</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Le volume d'essence consommée pour 100 km : $V = 6,4 \text{ L}$; - masse (hydrocarbure) \approx masse (des atomes de C le constituant) ; - Les masses molaires : $M(\text{C}) \approx M(\text{O})$; 	<p><u>Version 3</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Le volume d'essence consommée pour 100 km : $V = 6,4 \text{ L}$; 	APP
<p><u>Plus spécifique à la version 1</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - A quel alcane assimile-t-on l'essence ? Quelle est sa formule brute ? - Quelle hypothèse peut-on faire quant à la combustion de l'essence ? - Écrire l'équation de combustion de l'octane. - Relier n_{octane}, la quantité de matière d'octane consommé à n_{CO_2}, celle de dioxyde de carbone formé. 	<p><u>Version 2</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Comparer la densité de l'essence à celle de l'eau et en déduire la masse de l'essence consommée sur 100 km. - Estimer la masse de carbone à partir de celle de l'essence ; - Quelle hypothèse peut-on faire quant à la combustion de l'essence ? - Ecrire la conservation de l'élément carbone au cours de la combustion. 	<p><u>Version 3</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Estimer la masse d'un hydrocarbure à partir de la masse des atomes de carbone le constituant. - Comparer la densité de l'essence à celle de l'eau et en déduire la masse de l'essence consommée sur 100 km. - Estimer la masse de carbone à partir de celle de l'essence ; - Quelle hypothèse peut-on faire quant à la combustion de l'essence ? - Ecrire la conservation de l'élément carbone au cours de la combustion. 	ANA
<ul style="list-style-type: none"> - Relier la masse du dioxyde de carbone produit lors de la combustion au volume d'essence consommé. - Vérifier l'homogénéité des formules établies. - Vérifier le calcul numérique. - Utiliser les unités adaptées. 			REA
<ul style="list-style-type: none"> - D'après le document, dans quel domaine s'attend-on à trouver la masse du dioxyde de carbone produit lors d'un trajet de 100 km ? 			VAL

Fiche 3 – Éléments de réponses

Première résolution (adaptée seulement à la version 1) :

S'approprier le problème.	<i>Extraire l'information utile. Identifier les grandeurs physiques pertinentes, leur attribuer un symbole.</i>
----------------------------------	---

Lors d'un déplacement de 100 km, la voiture consomme $V_{\text{octane}} = 6,4 \text{ L}$ d'essence.

L'essence est assimilée à de l'octane.

La combustion de l'octane produit du dioxyde de carbone CO_2 .

La masse volumique de l'octane est : $\rho_{\text{octane}} = 0,74 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$

Les masses molaires données sont : $M(\text{H}) = 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $M(\text{C}) = 12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $M(\text{O}) = 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

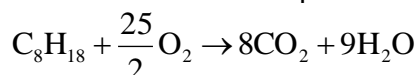
Analyser	<i>Organiser et exploiter ses connaissances ou les informations extraites Déterminer et énoncer les lois physiques qui seront utilisées. Évaluer quantitativement les grandeurs physiques inconnues et non précisées</i>
-----------------	--

La masse molaire du CO_2 est : $M_{\text{CO}_2} = M_{\text{C}} + 2M_{\text{O}} = 44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

La masse molaire de l'octane est : $M_{\text{octane}} = 8M_{\text{C}} + (2 \times 8 + 2)M_{\text{H}} = 114 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

La quantité de matière d'octane est $n_{\text{octane}} = \frac{m_{\text{octane}}}{M_{\text{octane}}} = \frac{\rho_{\text{octane}} V_{\text{octane}}}{M_{\text{octane}}}$.

La combustion de l'octane peut être considérée comme complète :



D'après la stœchiométrie de l'équation de la réaction de combustion de l'octane, on a : $n_{\text{CO}_2} = 8n_{\text{octane}}$

La quantité de matière de CO_2 produit est $n_{\text{CO}_2} = \frac{m_{\text{CO}_2}}{M_{\text{CO}_2}}$

Réaliser	<i>Mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée. Savoir mener efficacement les calculs analytiques et la traduction numérique.</i>
-----------------	--

Donc $m_{\text{CO}_2} = 8n_{\text{octane}} M_{\text{CO}_2} = 8 \frac{M_{\text{CO}_2}}{M_{\text{octane}}} \rho_{\text{octane}} V_{\text{octane}}$

AN : $m_{\text{CO}_2} = 8 \times \frac{44}{114} \times 0,74 \times 6,4 = 15 \text{ kg}$

Valider	<i>Vérifier la pertinence du résultat trouvé, notamment en comparant avec des estimations ou ordres de grandeurs connus.</i>
----------------	--

La valeur trouvée est comprise entre les deux valeurs que l'on peut déduire des cas extrêmes :

Cas A : $< 100 \text{ g/km} \times 100 \text{ km} = 10 \text{ kg}$

Cas G : $> 250 \text{ g/km} \times 100 \text{ km} = 25 \text{ kg}$

C'est donc tout à fait cohérent.

Seconde résolution (adaptée plus particulièrement aux versions 2 et 3) :

S'approprier le problème.	<i>Extraire l'information utile. Identifier les grandeurs physiques pertinentes, leur attribuer un symbole.</i>
----------------------------------	---

Lors d'un déplacement de 100 km, la voiture consomme $V_{\text{essence}} = 6,4 \text{ L}$ d'essence.

La combustion de cet hydrocarbure libère du CO_2 .

Version 2 : - masse (hydrocarbure) \approx masse (des atomes de C le constituant) ;
- masses molaires : $M(\text{C}) \approx M(\text{O})$;

Analyser	<i>Organiser et exploiter ses connaissances ou les informations extraites Déterminer et énoncer les lois physiques qui seront utilisées. Évaluer quantitativement les grandeurs physiques inconnues et non précisées</i>
-----------------	--

- La masse d'un hydrocarbure est sensiblement égale à celle du carbone qu'il comprend.
- Le volume $V = 6,4 \text{ L}$ d'essence correspond à une masse m de carbone.
- On peut estimer la masse de carbone à $m \approx 6,4 \text{ kg}$ ou un peu moins car la densité de l'essence est plus faible que celle de l'eau (lors du mélange d'eau et d'essence, liquides non miscibles, l'essence flotte sur l'eau).
- La conservation de l'élément carbone au cours de la combustion supposée complète, implique que tout le carbone compris dans ce volume V est transformé en CO_2 de masse m' .

Réaliser	<i>Mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée. Savoir mener efficacement les calculs analytiques et la traduction numérique.</i>
-----------------	--

Comme le carbone et l'oxygène sont proches dans la classification périodique, leur masse molaire est proche et on estime donc que le CO_2 a une masse trois fois plus grande que le carbone : $m' \approx 3m$.

$$m' \approx 18 \text{ kg}$$

Valider	<i>Vérifier la pertinence du résultat trouvé, notamment en comparant avec des estimations ou ordres de grandeurs connus.</i>
----------------	--

La valeur trouvée est comprise entre les deux valeurs que l'on peut déduire des cas extrêmes :

$$\text{Cas A : } < 100 \text{ g/km} \times 100 \text{ km} = 10 \text{ kg}$$

$$\text{Cas G : } > 250 \text{ g/km} \times 100 \text{ km} = 25 \text{ kg}$$

C'est donc tout à fait cohérent.

Fiche 4 – Exemples d'indicateurs de réussite

S'approprier	<ul style="list-style-type: none"> - La consommation d'essence est extraite du document. - La combustion complète de l'octane (ou de l'hydrocarbure) produit du CO₂ <p><u>Version 1</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - L'essence est assimilée à de l'octane - La masse volumique de l'octane est : $\rho_{\text{octane}} = 0,74 \text{ kg.L}^{-1}$ - Les masses molaires de C, H et O sont extraites <p><u>Version 2</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - masse (hydrocarbure) \approx masse(des atomes de C le constituant) ; - masses molaires : $M(\text{C}) \approx M(\text{O})$;
Analyser	<p><u>Version 1</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Les masses molaires de l'octane et du CO₂ sont exprimées - La relation entre quantité de matière de l'octane, sa masse et sa masse molaire est formalisée - Ecriture de l'équation de la réaction de combustion de l'octane et hypothèse d'une combustion complète de l'octane - La relation entre quantité de matière de l'octane et celle de CO₂ est établie - La relation entre quantité de matière de CO₂, sa masse et sa masse molaire est formalisée <p><u>Versions 2 & 3</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - L'essence est assimilée à un hydrocarbure. - L'hypothèse $d_{\text{hydrocarbure}}$ un peu plus faible que d_{eau}, est formulée - La masse de l'essence consommée est estimée. - La conservation de l'élément carbone durant la combustion supposée complète, montre que tous les carbones de l'essence se retrouvent dans le dioxyde de carbone.
Réaliser	<ul style="list-style-type: none"> - Le calcul analytique de la masse du dioxyde de carbone produit est effectué. - Application numérique correcte : $m_{\text{CO}_2} = 15 \text{ kg}$ (version 1) et $m' \approx 18 \text{ kg}$ (versions 2 &3) <p><u>Version 3</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - L'hypothèse $M(\text{C}) \approx M(\text{O})$ est formulée
Valider	<ul style="list-style-type: none"> - Les deux limites (A et B) du document sont estimées pour un trajet de 100 km.
Communiquer	<ul style="list-style-type: none"> - La communication est claire, cohérente avec un vocabulaire scientifique précis. - Les calculs sont effectués à partir de formules littérales, dans un langage mathématique correct.

ANNEXE RESOLUTION DE PROBLEME : LE CO₂ EMIS PAR UNE VOITURE (VERSION DU 03-07-14)

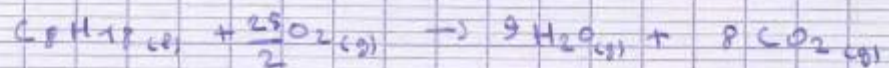
Copie 1 notée 5 points sur 5

Résolution de problème

- Voie 6,4 L / 100 km la consommation d'énergie de la voiture moto: I. et P la masse molaire de l'octane.
- Les masses molaires sont données en $g \cdot mol^{-1}$, on multiplie donc par 10^{-3} .
- Soit $m_{C_8H_{18}}$, m_{CO_2} , $M_{C_8H_{18}}$, M_{CO_2} , $m_{C_8H_{18}}$, m_{CO_2} respectivement les masses, masses molaires, quantités de matière de C_8H_{18} et CO_2 .
- on cherche à calculer la masse d'énergie, assimilée à de l'octane consommée pour 100 km.

$$\begin{aligned}
 m_{C_8H_{18}} &= P \times 1 \times 100 \\
 &= 0,74 \times \frac{6,4}{100} \times 100 \\
 &= 4,74 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Pour le moteur, il s'effectue une combustion pour libérer de l'énergie. Si cette combustion est complète alors elle peut être écrite sous la forme.



- on cherche à calculer la masse de CO_2 émise par un trajet de 100 km, calculons dans un premier temps la quantité de matière d'octane consommé pour un même trajet.

$$\begin{aligned}
 n_{\text{C}_8\text{H}_{18}} &= \frac{m_{\text{C}_8\text{H}_{18}}}{M_{\text{C}_8\text{H}_{18}}} \\
 &= \frac{\rho \times V \times 10^3}{8 \times 12 + 18 \times 1} \\
 &= \frac{0,74 \times 67 \times 10^3}{8 \times 12 + 18 \times 1} \\
 &= 43 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

Soit 43 mol de C_8H_{18} consommé pour un trajet de 100 km.

- D'après l'équation de la combustion précédente on voit que 8 mol de CO_2 sont formés pour 1 mol de C_8H_{18} (O_2 négligé en excès).

$$\begin{aligned}
 \text{donc, } 8 n_{\text{C}_8\text{H}_{18}} &= n_{\text{CO}_2} \\
 n_{\text{CO}_2} &= 8 \times 43 \\
 n_{\text{CO}_2} &= 344 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

Soit 344 mol de CO_2 formé lors du trajet de 100 km.

- calcul de la masse de CO_2 formé

$$m_{\text{CO}_2} = n_{\text{CO}_2} \times M_{\text{CO}_2}$$

$$\begin{aligned}
 m_{\text{CO}_2} &= m_{\text{car}} \times M(\text{C}_3 + 2\text{H} + \text{O}) \\
 &= 344 \times (42 + 2 \times 16) \\
 &= 344 \times 74 \\
 &= 1,5 \times 10^4 \text{ g} \\
 &= 15 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Soit 15 kg la masse de CO_2 émise par cette voiture à essence lors d'un déplacement de 100 km.

Le résultat semble plausible car 15 kg/100 km cela est égal à 150 g/km. La voiture est classée D sur l'échelle des émissions de CO_2 . D donc elle est comprise entre A et C soit 100 g/km et 250 g/km.

$$\begin{aligned}
 &A < D < C \\
 &100 \text{ g} < 150 \text{ g} < 250 \text{ g}
 \end{aligned}$$

Le résultat n'est pas parfait ne sachant si :
- la combustion de l'essence est totale.

Malheureusement, il devrait être assez proche.
15 kg pour 100 km.

On note que :

- Les différents éléments d'informations ont été correctement repérés ;
- Les hypothèses clairement précisées ;
- Les grandeurs physiques ont été identifiées et l'élève leur a attribué systématiquement un symbole ;
- Les différentes étapes du raisonnement sont clairement exposées et la démarche a été menée jusqu'au bout pour répondre explicitement à la question posée ;
- Les calculs analytiques sont justes et ont été effectués à partir de formules littérales ; Les chiffres significatifs des résultats donnés sont cohérents.
- L'argumentaire pour valider le résultat trouvé est pertinent ;
- La communication est claire, cohérente avec un vocabulaire scientifique précis.

Le niveau A a été attribué à chaque compétence.

Résolution de problème

14/05

Version 1

Une voiture a pour carburant de l'essence. Elle en consomme $6,4 \text{ L}$ pour 100 km parcourus. On a aussi la masse volumique ρ de l'essence, on peut donc déduire la masse m d'essence consommée:

$$\begin{aligned} m &= \rho \times V \\ &= 0,74 \times 6,4 \\ &= 4,7 \text{ kg} = 4700 \text{ g} \end{aligned}$$

Aussi, on assimile de l'essence à de l'octane de formule brute C_8H_{18} . À l'aide des masses molaires données, on va pouvoir calculer les masses molaires de l'octane et du dioxyde de carbone. Avec la masse m de l'essence on déduira la quantité de matière de l'octane. Puis, grâce à la conservation de l'élément carbone, on déduira la quantité de matière de dioxyde de carbone. On aura alors sa masse.

Calculons la masse molaire de l'octane: $M_{\text{C}_8\text{H}_{18}} = 8 \times M_{\text{carbone}} + 18 \times M_{\text{hydrogène}}$

$$\begin{aligned} &= 8 \times 12 + 18 \times 1 \\ &= 114 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

Calculons maintenant la masse molaire du dioxyde de carbone, qui nous servira plus tard:

$$\begin{aligned} M_{\text{CO}_2} &= 1 \times M_{\text{carbone}} + 2 \times M_{\text{oxygène}} \\ &= 1 \times 12 + 2 \times 16 \\ &= 44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

La quantité de matière n d'octane est donc :

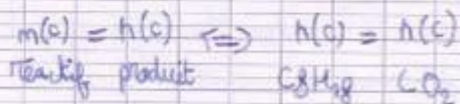
$$n = \frac{m_{\text{octane}}}{M}$$

$$= \frac{4700}{114}$$

$$= 41,2 \text{ mol}$$

Le seul réactif à contenir du carbone est l'octane et le seul produit à contenir du carbone est le dioxyde de carbone.

En considérant la conservation de l'élément carbone :



Dans une 1 mol d'octane, il y a 8 atomes de carbone

$$\begin{aligned} \text{donc } n(\text{C})_{\text{C}_8\text{H}_{18}} &= 8 \times n \\ &= 8 \times 41,2 \\ &= 329,6 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\text{Ainsi, } n(\text{C})_{\text{C}_8\text{H}_{18}} = n(\text{C})_{\text{CO}_2} = 329,6 \text{ mol}$$

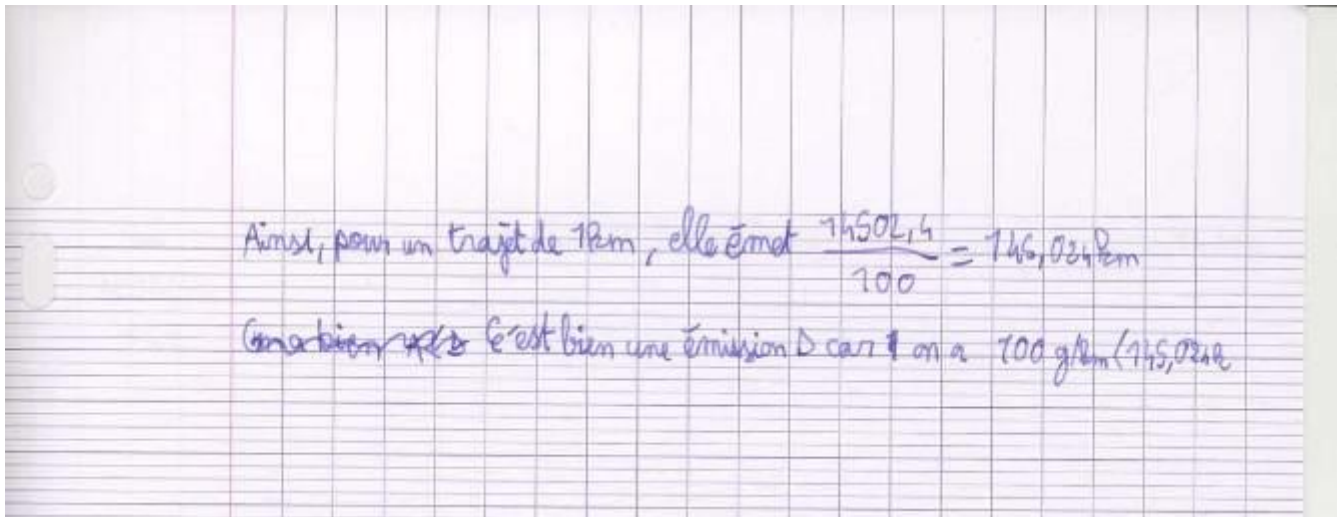
Or, dans une 1 mol de CO_2 , il y a un atome de carbone

$$\begin{aligned} \text{donc } n_{\text{CO}_2} &= n(\text{C})_{\text{CO}_2} \quad \text{avec } n_1 \text{ la quantité de matière de } \text{CO}_2 \\ n_1 &= 329,6 \text{ mol} \end{aligned}$$

Ainsi, on donne m_1 , la masse de dioxyde de carbone

$$\begin{aligned} m_1 &= n_1 \times M_{\text{CO}_2} \\ &= 329,6 \times 44 \\ &= 14502,4 \text{ g} \end{aligned}$$

Lors d'un déplacement de 100 km, la voiture émet 14 502,4 g de CO_2



On note que :

- Les différents éléments d'informations ont été correctement repérés ;
- Les grandeurs physiques ont été identifiées et l'élève leur a attribué systématiquement un symbole ;
- Les différentes étapes du raisonnement sont clairement exposées et la démarche a été menée jusqu'au bout pour répondre explicitement à la question posée. On peut remarquer que l'élève a raisonné à partir de la conservation de l'élément carbone.
- Les calculs analytiques sont justes et ont été effectués à partir de formules littérales ;
- La copie est soignée, l'écriture lisible.

Par contre :

- Toutes les hypothèses n'ont pas été précisées, notamment celle d'une combustion complète ;
- Il y a eu une confusion d'unité entre km et kg en fin de résolution ;
- La notion de chiffres significatifs n'est pas assimilée ;
- L'argumentaire pour valider le résultat trouvé est peu développé ;
- Le vocabulaire n'est pas toujours bien précis : confusion notamment dans l'utilisation des termes mole et atome.

Les niveaux attribués aux différentes compétences ont été :

- A pour s'approprier : tous les indicateurs de réussite présents ;
- A pour analyser : tous les indicateurs de réussite présents en dehors de l'hypothèse à formuler sur la combustion complète de l'octane ;
- B pour réaliser : les calculs analytiques ont été bien menés mais une confusion km/kg et quelques incohérences dans les chiffres significatifs retenus ;
- C pour valider
- A pour communiquer : les étapes de la démarche ont été clairement explicités, les calculs correctement effectués à partir de formules littérales, la communication était claire en dehors de quelques confusions dans l'utilisation de termes scientifiques.

14/06/2014

Résolution de problème

v est inférieur
à 250 g/km.

D'après l'énoncé, on a la consommation de carburant d'une voiture à essence de 6,6 l/100 km. De plus, pour cette voiture, l'émission de CO_2 est moyenne (on sait qu'elle est supérieure à 100 g/km³). On sait que le CO_2 est le principal gaz à effet de serre.

On a : $\rho = 0,74 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$

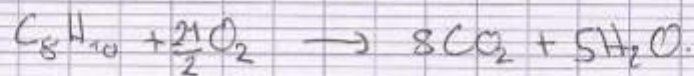
$M(\text{H}) = 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $M(\text{C}) = 12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ et $M(\text{O}) = 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

On assimile cette essence à un octane.

On cherche la masse de CO_2 émise par cette voiture pour 100 km.

L'essence est un octane, de formule brute C_8H_{18}
de Masse molaire $M(\text{C}_8\text{H}_{18}) = 8 \times 12 + 18 \times 1 = 114 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

On a l'équation de combustion suivante :



Pour 1 mol, de C_8H_{18} consommé, on a 8 mol de CO_2

émis
et $M(\text{CO}_2) = 12 + 2 \times 16 = 44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

On consomme de carburant etant de 6,6 l/100 km,
 on a la masse $m_{C_{8}H_{18}}$ de l'essence.

$$m_{C_{8}H_{18}} = \rho \times V = 6,76 \text{ kg} \cdot \text{pour } 100 \text{ km}.$$

$$\text{On a alors } n_{C_{8}H_{18}} = \frac{m_{C_{8}H_{18}}}{M(C_{8}H_{18})} = \frac{6,76}{114 \times 10^{-3}} = 103,7 \text{ mol}.$$

On pour 1 mol de $C_{8}H_{18}$, on a 8 mol de CO_2 donc
 soit $m_{C_{8}H_{18}} = 8 m_{CO_2}$ d'où $m_{CO_2} = \frac{m_{C_{8}H_{18}}}{8} = \frac{103,7}{8} = 13,5 \text{ mol}$

On calcul ensuite la masse m de CO_2 émis.

$$m = M(CO_2) \times n_{CO_2}$$

$$m = 44 \times 10^{-3} \times 13,5 = 594 \times 10^{-3} = 5,94 \times 10^{-1} \text{ kg}.$$

Mes calculs ne correspondent pas avec les données
 du document, on ne pourra donc pas préciser
 l'estimation de la masse de CO_2 pour cette voiture, on
 ne pourra que dire qu'elle se situe entre
 100g et 1g/100km et 2,5g/100km.
 (pour un déplacement de 100 km).

On note que :

- Les différents éléments d'informations ont été correctement repérés ;
- Les grandeurs physiques ont été identifiées et l'élève leur a attribué systématiquement un symbole ;
- Les différentes étapes du raisonnement ne sont pas clairement exposées mais la démarche a été menée jusqu'au bout pour répondre à la question posée.
- Une partie des calculs analytiques sont justes et ont été effectués à partir de formules littérales ; Les chiffres significatifs des résultats donnés sont cohérents.
- La communication est claire, cohérente avec un vocabulaire scientifique précis.

Par contre :

- Toutes les hypothèses n'ont pas été précisées, notamment celle d'une combustion complète ;
- L'élève a commis plusieurs erreurs :
 - dans la formule brute de l'octane ce qui a entraîné un calcul faux pour sa masse molaire ;
 - dans le calcul de la quantité de matière de l'octane (confusion dans les valeurs des masses molaires) ;
 - dans la relation établie à partir de l'équation de la réaction de combustion et liant la quantité de matière de l'octane avec celle du dioxyde de carbone ;
 - dans les symboles des unités : g.mol pour g.mol⁻¹ ;

- L'argumentaire pour valider le résultat trouvé est peu développé ;

Les niveaux attribués aux différentes compétences ont été : A pour s'approprier, C pour analyser, C pour réaliser, C pour valider et B pour communiquer.

	Exemples d'indicateurs de réussite pour le niveau A	Niveaux de réussite				
		A	B	C	D	
S'approprier	<ul style="list-style-type: none"> - La consommation d'essence est extraite du document. - La combustion complète de l'octane (ou de l'hydrocarbure) produit du CO₂ - L'essence est assimilée à de l'octane - La masse volumique de l'octane est : $\rho_{\text{octane}} = 0,74 \text{ kg.L}^{-1}$ - Les masses molaires de C, H et O sont extraites 					
Analyser	<ul style="list-style-type: none"> - Les masses molaires de l'octane et du CO₂ sont exprimées - La relation entre quantité de matière de l'octane, sa masse et sa masse molaire est formalisée - Ecriture de l'équation de la réaction de combustion de l'octane et hypothèse d'une combustion complète de l'octane - La relation entre quantité de matière de l'octane et celle de CO₂ est établie - La relation entre quantité de matière de CO₂, sa masse et sa masse molaire est formalisée 					× 2
Réaliser	<ul style="list-style-type: none"> - Le calcul analytique de la masse du dioxyde de carbone produit est effectué. - Application numérique correcte : $m_{\text{CO}_2} = 15 \text{ kg}$ 					× 2
Valider	<ul style="list-style-type: none"> - Les deux limites (A et B) du document sont estimées pour un trajet de 100 km. 					× 2
Communiquer	<ul style="list-style-type: none"> - La communication est claire, cohérente avec un vocabulaire scientifique précis. - Les calculs sont effectués à partir de formules littérales, dans un langage mathématique correct. 					× 2

Aide à la notation :

Première étape :

- majorité de A et de B : note entre 3 et 5
- majorité de C et D : note entre 0 à 3

Deuxième étape :

- majorité de A : note entre 4 ou 5 (majorité de A et aucun C ou D : 5)
- majorité de B : note entre 2 et 4 (uniquement des B : 3)
- majorité de C : entre 1 et 3 (uniquement des C : 2)
- majorité de D entre 0 et 2 (uniquement des D : 0 ; dès qu'il y a d'autres niveaux que le D : 1 ou 2)

NOTE :

15

La note finale résulte d'une analyse du tableau avec l'aide à la notation utilisée mais la décision finale relève de l'expertise du professeur.

Résolution de problème : EXTRACTIONS SELECTIVES

Niveau : **Première S**
Thème : **Agir**
Activité expérimentale : **oui**
Origine du sujet : **GRIESP**

Programme de Première S

Notions et contenus	Compétences attendues
Synthétiser des molécules et fabriquer de nouveaux matériaux.	
Acides carboxyliques : nomenclature, caractère acide, solubilité et pH.	<i>Pratiquer une démarche expérimentale pour extraire un acide carboxylique d'un mélange</i> <i>Réaliser une extraction par solvant</i>

Description du document

Plusieurs versions d'une même résolution de problème sont proposées avec des niveaux de difficulté différents.

Compétences	Version 1 (niveau « débutant »)	Version 2 (niveau « confirmé »)	Version 3 (niveau « expert »)
S'approprier (APP)	2	3	4
Analyser (ANA)	2	3	4
Réaliser (REA)	2	3	4
Valider (VAL)	2	2	2
Communiquer (COM)	2	2	2

Analyse des différentes versions de la résolution de problème

L'objectif est de travailler avec les élèves la notion d'extraction grâce à l'étude de la séparation d'un mélange d'acide benzoïque et de naphthalène. **L'activité peut faire l'objet d'un travail en classe avant la pratique expérimentale.**

La version 1 du problème, correspondant au niveau « débutant », permet à l'élève de :

- choisir les solvants, à l'aide d'un tableau de solubilité, afin de réaliser la mise en solution du solide puis la séparation des deux espèces chimiques ;
- réaliser l'extraction avec la forme basique de l'acide benzoïque puis d'isoler l'acide benzoïque.

La version 2 du problème, correspondant au niveau « confirmé », présente des difficultés accrues pour les élèves par rapport à la version 1 car :

- la solubilité de la forme basique de l'acide benzoïque n'est plus indiquée ;
- le document 3 donne le diagramme de prédominance du couple BH / B⁻.

La version 3 du problème, correspondant au niveau « expert », présente des difficultés accrues pour les élèves par rapport aux versions précédentes car :

- la solubilité dans l'eau salée est rajoutée ;
- la notion de coefficient de partage est donnée ainsi que la nécessité de réaliser plusieurs extractions et lavages ;
- la liste du matériel, des produits et des solutions disponibles est supprimée.

Déroulement de l'activité

L'élève reçoit l'énoncé (fiche 1).

Au cours de son raisonnement, en cas de blocage, l'élève peut faire appel à des aides, décrites dans la fiche 2.

Des éléments de réponses sont donnés dans la fiche 3 pour le professeur.

La fiche 4 donne des exemples d'indicateurs de réussite permettant à l'enseignant d'évaluer cette activité par compétences s'il le souhaite.

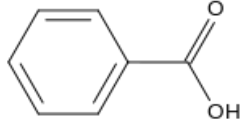
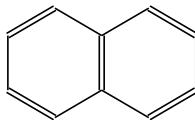
Fiche 1 - Énoncé du sujet

Version 1 : niveau « débutant »

Les techniques d'extraction et de purification de composés organiques peuvent permettre d'isoler les divers constituants d'une substance naturelle. Elles sont aussi très utiles après une transformation chimique, lorsque le produit recherché est en mélange avec un ou plusieurs coproduits, avec un excès de réactif et éventuellement avec les produits de transformations chimiques parasites. Il est indispensable que ces méthodes assurent une bonne séparation des produits les uns des autres et permettent de les recueillir avec un bon rendement.

Problématique

Elaborer un protocole permettant de séparer le plus efficacement possible les constituants d'un solide contenant de l'acide benzoïque et du naphthalène à l'aide d'extraction(s). Le protocole de séparation pourra être proposé sous forme d'un organigramme schématisant les différentes étapes à suivre.

Acide benzoïque : BH <i>utilisé comme conservateur alimentaire et naturellement présent dans certains produits naturels tel que le propolis ou bien les canneberges</i>	Naphtalène : N <i>hydrocarbure aromatique couramment utilisé comme antimites</i>
	

Document 1. Propriétés de quelques espèces chimiques

	Masse molaire (g.mol ⁻¹)	T _{fusion} (°C)	T _{éb} (°C)	Densité d
Acide benzoïque BH	122,12	122,4	249	1,2659
Naphtalène N	128,18	80,55	218	1,025
Ethoxyéthane (éther)	74,12	-116	34,5	0,7137
Dichlorométhane	84,93	-95	40	1,3266
Ethanol	46,07	-114	78	0,7890
Eau	—	—	—	1,0

Document 2. Solubilités dans quelques solvants

	Solubilité dans l'eau	Solubilité dans l'éthanol	Solubilité dans l'éthoxyéthane	Solubilité dans le dichlorométhane
Acide benzoïque BH	ε	ts	ts	ts
Ion benzoate B ⁻	ts	s	i	i
Naphtalène N	ε	s	ts	s
Ethoxyéthane (éther)	ε	∞	-	∞
Dichlorométhane	ε	∞	∞	-
Ethanol	∞	-	∞	∞

Symboles de solubilité :

i : insoluble

ε : très peu soluble

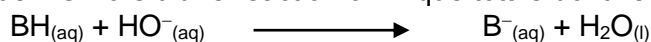
s : peu soluble

ts : très soluble

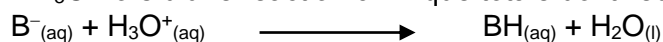
∞ : soluble en toutes proportions

Document 3. Réactions acido – basiques avec l'acide benzoïque

BH réagit avec l'ion hydroxyde HO⁻ lors d'une réaction chimique totale dont l'équation est :



B⁻ réagit avec l'ion hydronium H₃O⁺ lors d'une réaction chimique totale dont l'équation est :



Document 4. Matériel, produits et solutions disponibles

On dispose :

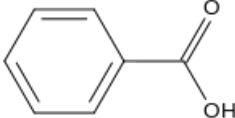
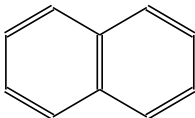
- de solvants : éthoxyéthane, dichlorométhane, éthanol, eau ;
- d'une solution aqueuse d'acide chlorhydrique (H₃O⁺, Cl⁻) : pH = 1 ;
- d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium (Na⁺, HO⁻) : pH = 13 ;
- d'un desséchant (MgSO₄ anhydre) usuellement utilisé pour éliminer les traces d'eau d'une phase organique ;
- du matériel classique du laboratoire de chimie organique par ailleurs.

Version 2 : niveau « confirmé »

Les techniques d'extraction et de purification de composés organiques peuvent permettre d'isoler les divers constituants d'une substance naturelle. Elles sont aussi très utiles après une transformation chimique, lorsque le produit recherché est en mélange avec un ou plusieurs coproduits, avec un excès de réactif et éventuellement avec les produits de transformations chimiques parasites. Il est indispensable que ces méthodes assurent une bonne séparation des produits les uns des autres et permettent de les recueillir avec un bon rendement.

Problématique

Elaborer un protocole permettant de séparer le plus efficacement possible les constituants d'un solide contenant de l'acide benzoïque et du naphthalène à l'aide d'extraction(s). Le protocole de séparation pourra être proposé sous forme d'un organigramme schématisant les différentes étapes à suivre.

Acide benzoïque : BH <i>utilisé comme conservateur alimentaire et naturellement présent dans certains produits naturels tel que le propolis ou bien les canneberges</i>	Naphtalène : N <i>hydrocarbure aromatique couramment utilisé comme antimites</i>
	

Document 1. Propriétés de quelques espèces chimiques

	Masse molaire (g.mol ⁻¹)	T _{fusion} (°C)	T _{éb} (°C)	Densité d	pK _a
Acide benzoïque BH	122,12	122,4	249	1,2659	4,19
Naphtalène N	128,18	80,55	218	1,025	–
Ethoxyéthane (éther)	74,12	-116	34,5	0,7137	–
Dichlorométhane	84,93	-95	40	1,3266	–
Ethanol	46,07	-114	78	0,7890	–
Eau	–	–	–	1,0	–

Document 2. Solubilités dans quelques solvants

	Solubilité dans l'eau	Solubilité dans l'éthanol	Solubilité dans l'éthoxyéthane	Solubilité dans le dichlorométhane
Acide benzoïque BH	ε	ts	ts	ts
Naphtalène N	ε	s	ts	s
Ethoxyéthane (éther)	ε	∞	-	∞
Dichlorométhane	ε	∞	∞	-
Ethanol	∞	-	∞	∞

Les espèces ioniques formées dans le TP sont toutes hydrosolubles.

Symboles de solubilité :

i : insoluble

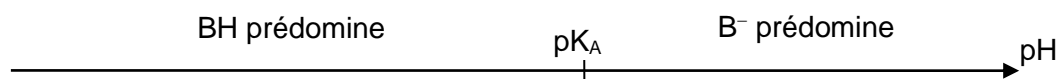
ε : très peu soluble

s : peu soluble

ts : très soluble

∞ : soluble en toutes proportions

Document 3. Diagramme de prédominance du couple BH / B⁻



Plus on s'éloigne de la constante nommée pK_A (constante à une température donnée, souvent tabulée à 25°C) caractéristique du couple acido basique BH / B⁻, plus une forme prédomine sur l'autre (la concentration d'une des espèces chimiques est de plus en plus grande par rapport à l'autre).

Document 4. Matériel, produits et solutions disponibles

On dispose :

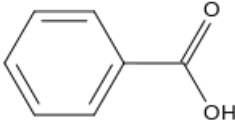
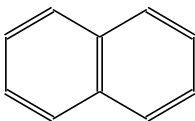
- des solvants : éthoxyéthane, dichlorométhane, éthanol, eau ;
- d'une solution aqueuse d'acide chlorhydrique (H₃O⁺, Cl⁻) : pH = 1 ;
- d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium (Na⁺, HO⁻) : pH = 13 ;
- d'un desséchant (MgSO₄ anhydre) usuellement utilisé pour éliminer les traces d'eau d'une phase organique ;
- du matériel classique du laboratoire de chimie organique par ailleurs.

Version 3 : niveau « expert »

Les techniques d'extraction et de purification de composés organiques peuvent permettre d'isoler les divers constituants d'une substance naturelle. Elles sont aussi très utiles après une transformation chimique, lorsque le produit recherché est en mélange avec un ou plusieurs coproduits, avec un excès de réactif et éventuellement avec les produits de transformations chimiques parasites. Il est indispensable que ces méthodes assurent une bonne séparation des produits les uns des autres et permettent de les recueillir avec un bon rendement.

Problématique

Élaborer un protocole permettant de séparer le plus efficacement possible les constituants d'un solide contenant de l'acide benzoïque et du naphthalène à l'aide d'extraction(s). Le protocole de séparation pourra être proposé sous forme d'un organigramme schématisant les différentes étapes à suivre.

Acide benzoïque : BH <i>utilisé comme conservateur alimentaire et naturellement présent dans certains produits naturels tel que le propolis ou bien les canneberges</i>	Naphtalène : N <i>hydrocarbure aromatique couramment utilisé comme antimites</i>
	

Document 1. Propriétés de quelques espèces chimiques

	Masse molaire (g.mol ⁻¹)	T _{fusion} (°C)	T _{éb} (°C)	Densité d _{20/4} (*)	pK _a
Acide benzoïque BH	122,12	122,4	249	1,2659	4,19
Naphtalène N	128,18	80,55	218	1,025	–
Ethoxyéthane (éther)	74,12	-116	34,5	0,7137	–
Dichlorométhane	84,93	-95	40	1,3266	–
Ethanol	46,07	-114	78	0,7890	–
Eau salée	–	–	–	1,1	–
Eau	–	–	–	1,0	–

(*) Masse volumique de l'espèce chimique pure à 20°C par rapport à la masse volumique de l'eau prise à 4°C

Document 2. Solubilités dans quelques solvants

	Solubilité dans l'eau	Solubilité dans l'éthanol	Solubilité dans l'éthoxyéthane	Solubilité dans le dichlorométhane	Solubilité dans l'eau salée
Acide benzoïque BH	ε	ts	ts	ts	i
Naphtalène N	ε	s	ts	s	i
Ethoxyéthane (éther)	ε	∞	-	∞	i
Dichlorométhane	ε	∞	∞	-	i
Ethanol	∞	-	∞	∞	∞

Symboles de solubilité :

i : insoluble

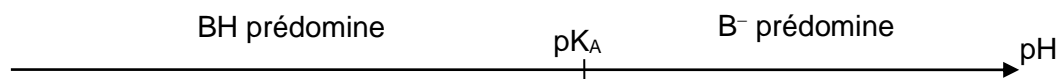
ε : très peu soluble

s : peu soluble

ts : très soluble

∞ : soluble en toutes proportions

Document 3. Diagramme de prédominance du couple BH / B⁻

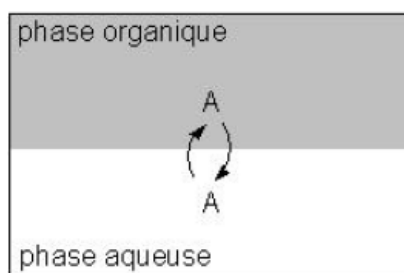
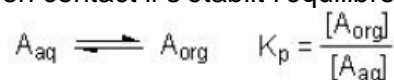


Plus on s'éloigne de la constante nommée pK_A (constante à une température donnée, souvent tabulée à 25°C) caractéristique du couple acido basique BH / B⁻, plus une forme prédomine sur l'autre (la concentration d'une des espèces chimiques est de plus en plus grande par rapport à l'autre).

Document 4. Coefficient de partage

L'extraction liquide-liquide repose sur la différence d'affinité d'un soluté entre deux phases liquides non miscibles.

Considérons un soluté A en solution dans l'eau à extraire par une phase organique non-miscible à l'eau. Lorsque les deux phases liquides sont en contact il s'établit l'équilibre de partage suivant pour A :



L'extraction sera d'autant plus efficace que le coefficient de partage est grand, on choisit, lorsque cela est possible, un solvant d'extraction dans lequel le soluté est très soluble. On peut montrer que pour un volume donné de solvant d'extraction, il est plus efficace de procéder en plusieurs extractions avec des fractions de ce volume qu'en une seule fois.

La saturation d'une phase aqueuse avec du chlorure de sodium permet de favoriser l'extraction des molécules organiques présentes dans cette phase : c'est le relavage.

D'après Hagop Demirdjian pour Culture sciences-chimie

Document 5. Les desséchants

Un **desséchant** est un composé capable d'absorber les dernières traces d'eau présentes dans un solide ou un liquide. Le séchage est essentiel car des traces de solvant peuvent jouer un rôle important sur la détermination de la pureté du composé synthétisé, ou peuvent réagir chimiquement avec le composé. Le plus utilisé est le sulfate de magnésium anhydre MgSO_4 en raison de son fort pouvoir desséchant et de sa polyvalence. De pH neutre avec une vitesse de séchage rapide, il est utilisé pour éliminer les traces d'eau des liquides organiques. Pour effectuer le séchage, ajouter du sulfate de magnésium anhydre sous forme de poudre jusqu'à ce que les grains ne s'agglomèrent plus entre eux. Effectuer ensuite une filtration pour récupérer le composé sec.

D'après <http://www.lachimie.fr/organique/technique/dessechant.php>

Fiche 2 - Aides à la résolution du problème

L'ordre des questions préalables ne correspond pas forcément à un schéma de résolution précis. Il est possible et même souhaitable que les élèves fassent des allers-retours entre les différentes étapes de résolution.

<p>Quelle propriété est à considérer pour mettre le solide en solution ? puis pour séparer N de BH ? Comment choisir le solvant pour mettre le solide en solution ? Dispose-t-on d'un solvant permettant de séparer directement N de BH ? Comment « modifier » l'une des espèces afin de pouvoir les séparer ensuite ? Quelle est la propriété intéressante de la forme basique B⁻ ?</p> <p><u>Pour les versions 2 et 3 :</u></p> <p>Qu'est-ce que le pK_A ?</p>	APP
<p>Comment choisir les solvants pour réaliser une extraction liquide-liquide ? Quelle verrerie utiliser pour séparer deux liquides non miscibles ? Quelle est la nature des deux phases ? Quelle propriété exploiter ? Phase aqueuse : - Sous quelle forme est l'acide benzoïque extrait ? - Comment récupérer BH ? Phase organique : - Quelle propriété du solvant dichlorométhane (ou éthoxyéthane) est à considérer ? - Comment récupérer N ? - Comment sécher la phase organique ? Comment estimer les volumes de soude puis d'acide chlorhydrique nécessaires ?</p> <p><u>Pour la version 3 :</u></p> <p>Comment peut-on améliorer une extraction ? Comment extraire au mieux la phase aqueuse (afin de récupérer tout le N) ? Comment s'assurer de récupérer tout B⁻ de la phase organique ?</p>	ANA
<p>Questions pratiques sur la manipulation : Comment identifier les deux phases dans l'ampoule à décanter ? Comment évaluer rapidement si le pH est suffisamment basique ? puis suffisamment acide ? Comment savoir si la phase organique est suffisamment séchée ?</p> <p><u>Pour la version 3 :</u></p> <p>Au niveau de la filtration sur Büchner : comment améliorer la pureté des cristaux obtenus ?</p>	REA
<p>Comment caractériser les produits obtenus ? Sous quel état physique sont obtenus les produits ?</p> <p><u>Pour les versions 1 et 2 :</u></p> <p>Comment peut-on améliorer une extraction ?</p>	VAL

Fiche 3 – Éléments de réponses

S'approprier le problème.	Faire un schéma modèle. Identifier les grandeurs pertinentes, leur attribuer un symbole. Évaluer quantitativement les grandeurs inconnues et non précisées.
----------------------------------	---

Identifier les principales grandeurs pertinentes des documents 1 et 2 :

- solubilités ;
- densités des solvants (et non de BH et N) ;
- pK_A de BH pour les versions 2 et 3 ;
- T_{eb} du dichlorométhane ou de l'éthoxyéthane ;
- T_F de BH et N.

Exploiter le pK_A de BH (documents 1 et 3, versions 2 et 3) :

- pour comprendre l'utilité du passage à la forme B^- : « espèce chargée hydrosoluble » ;
- pour prévoir les quantités de NaOH puis de HCl à ajouter à BH :
 - pH très supérieur au pK_A pour une obtention ultra-majoritaire de B^- ;
 - pH très inférieur au pK_A pour une obtention ultra-majoritaire de BH.

Exploiter le document 2 pour sélectionner les solvants utiles :

- l'éthanol n'est pas intéressant ici car il est miscible à l'eau ;
- l'éthoxyéthane et le dichlorométhane peuvent être utilisés ;
- différence de densité des solvants par rapport à l'eau.

Analyser	Évaluer quantitativement les grandeurs physiques inconnues et non précisées Décomposer le problème en des problèmes plus simples. Commencer par une version simplifiée.
-----------------	---

Décomposer le problème en problèmes simples :

- mise en solution du mélange solide dans l'éthoxyéthane ou le dichlorométhane ;
- passage en milieu basique pour obtenir la forme B^- ;
- séparation de la phase aqueuse et de la phase organique ;
- traitement de la phase aqueuse par une solution acide ;
- extractions de la phase aqueuse et lavages à l'eau salée de la phase organique dans le cas de la version 3 ;
- séchage de la phase organique ;
- évaporation du solvant organique ;
- filtration sur Büchner de la solution acide contenant BH ;
- caractérisation de BH et / ou de N.

Réaliser

Mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée.

Schéma d'analyse des démarches des versions 1 et 2 :

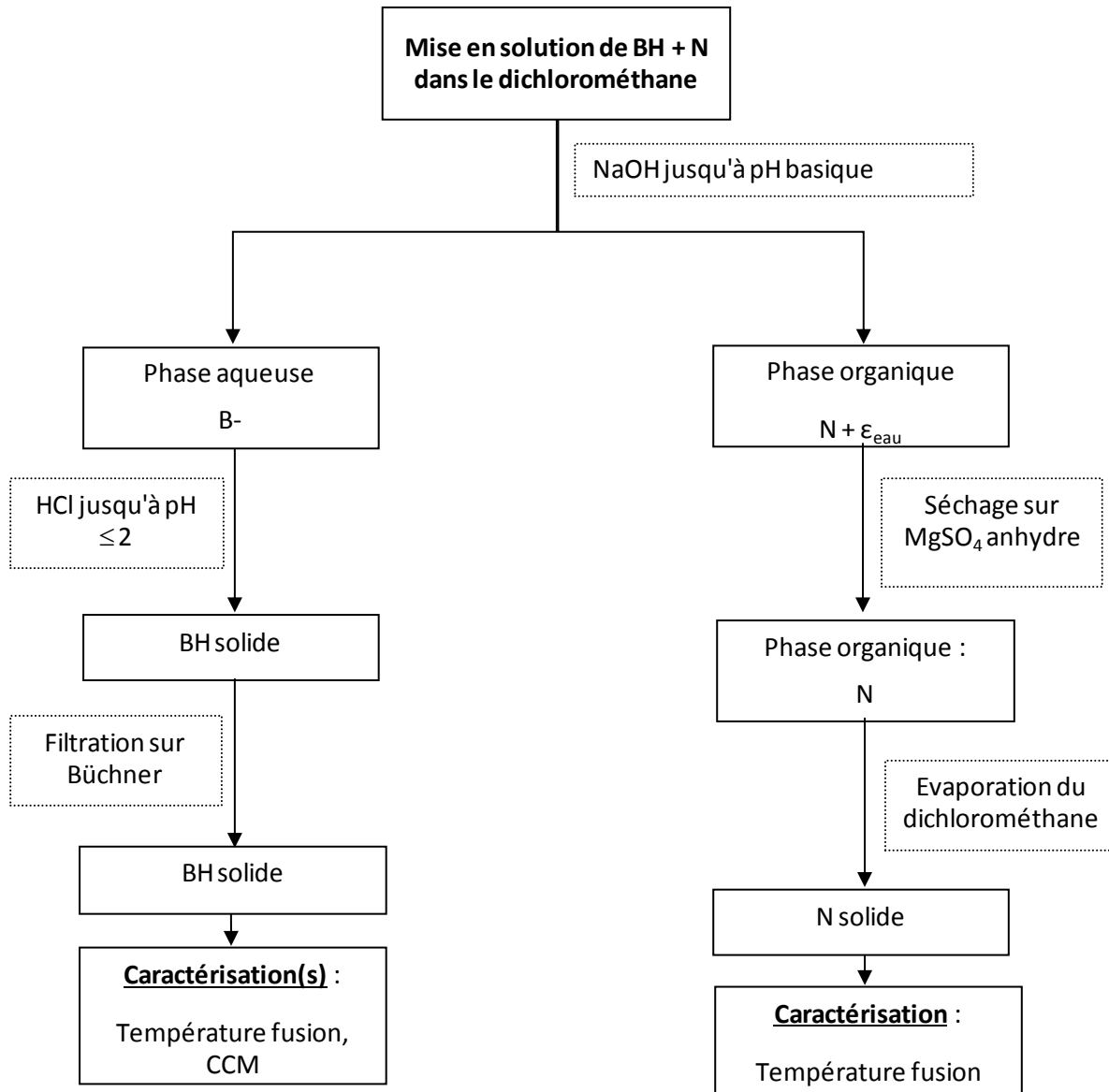
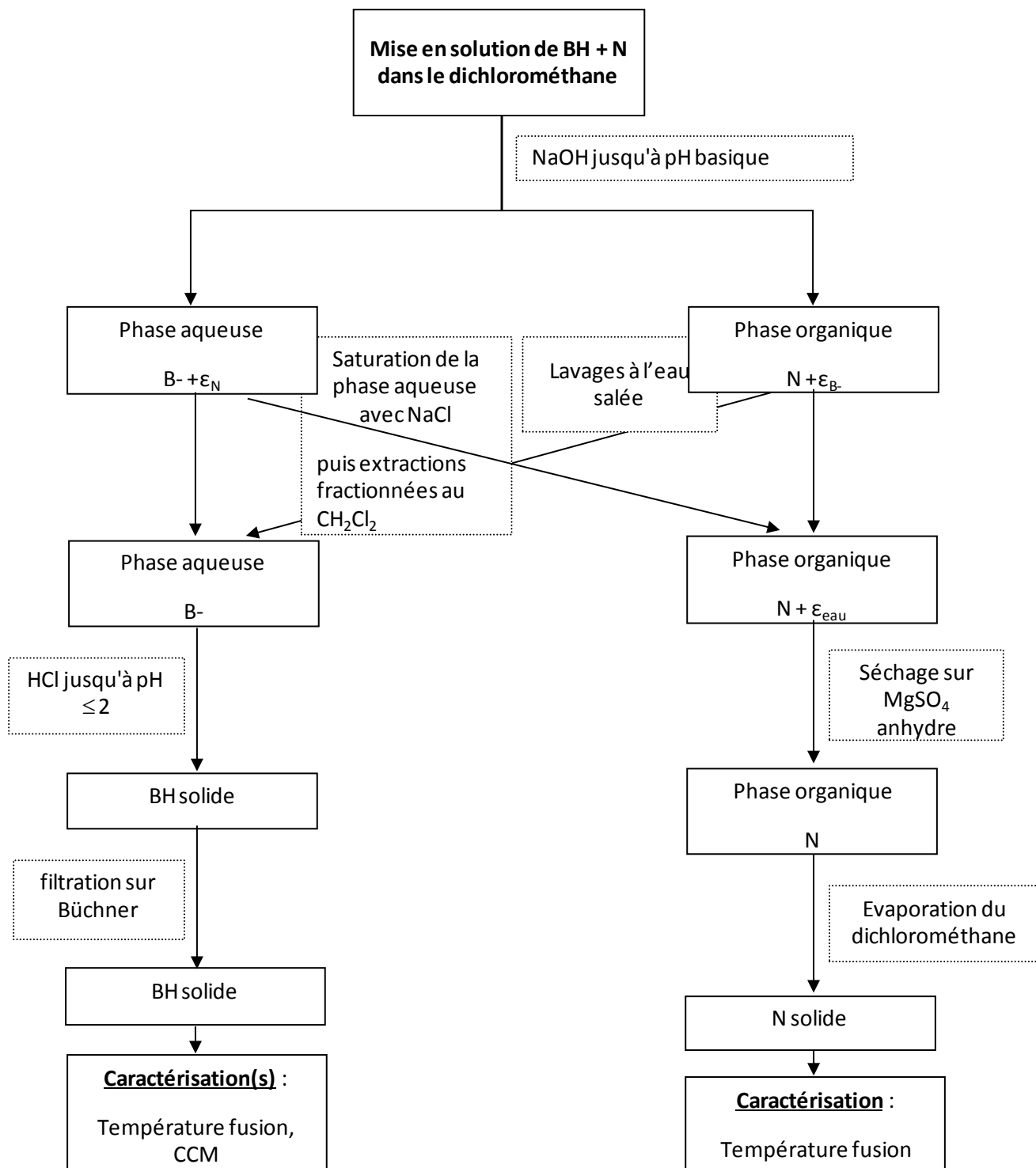


Schéma d'analyse des démarches de la version 3 :



Valider	S'assurer que l'on a répondu à la question posée. Discuter de la pertinence du résultat trouvé (identification des sources d'erreur, choix des modèles, formulation des hypothèses, ...)
----------------	---

Obtention des deux solides ou d'un solide et d'une phase organique séchée.

Contrôle des produits obtenus par prise du point de fusion ou par réalisation d'une CCM d'une solution de BH (2 volumes de cyclohexane pour 1 volume d'acétone ; dissolution d'une pointe de spatule de BH dans 2 mL de cyclohexane et comparaison à un dépôt de BH commercial).

En cas d'impossibilité d'évaporer le solvant de la phase organique, seul BH peut être caractérisé.

Fiche 4 – Exemples d'indicateurs de réussite

S'approprier	<p>Le solvant de mise en solution de N et BH est identifié (dichlorométhane ou éthoxyéthane) Un solvant non miscible à l'eau est choisi (éthanol éliminé) L'intérêt de passer en milieu basique est identifié</p>
Analyser	<p>L'utilisation de l'ampoule à décanter est envisagée L'exploitation des formes acide et basique de BH est envisagée Les deux phases sont séparées Phase aqueuse : - l'acidification est envisagée - la récupération du solide par filtration sur Büchner est proposée Phase organique : - le séchage de la phase organique est envisagé - la faible température d'ébullition du solvant est considérée - l'élimination du solvant par distillation ou évaporation est envisagée</p>
Réaliser	<p>La densité est exploitée pour identifier les phases Le pH basique est contrôlé avant séparation Phase organique : - L'agent desséchant est utilisé - Le solvant est convenablement éliminé par distillation ou évaporation si c'est techniquement possible. Phase aqueuse : - l'acidification est réalisée - le solide est convenablement récupéré par filtration sur Büchner</p> <p><u>Version 3 :</u></p> <p>Le protocole est optimisé : - extractions fractionnées de la phase aqueuse après saturation avec du sel - lavages à l'eau salée de la phase organique</p> <p>Les règles de sécurité sont respectées</p>
Valider	<p>Le point de fusion est mesuré et la valeur obtenue est en accord avec les données ou Une CCM est effectuée</p>
Communiquer	<p>Les étapes du travail sont présentées de manière synthétique, organisée, cohérente et compréhensible La communication est claire, cohérente avec un vocabulaire scientifique précis</p>

Résolution de problème : Le jet d'eau

Niveau : **première**
 Thème : **énergie**
 Activité expérimentale : **non**
 Origine du sujet : **GRIESP**

Programme de première

Notions et contenus	Compétences attendues
Formes et principe de la conservation d'énergie	
Énergie d'un point matériel en mouvement dans le champ de pesanteur uniforme : énergie cinétique, énergie potentielle de pesanteur, conservation ou non conservation de l'énergie mécanique. Frottements ; transferts thermiques ; dissipation d'énergie. Formes d'énergie Principe de conservation de l'énergie.	Connaître et utiliser l'expression de l'énergie cinétique d'un solide en translation et de l'énergie potentielle de pesanteur d'un solide au voisinage de la Terre. <i>Réaliser et exploiter un enregistrement pour étudier l'évolution de l'énergie cinétique, de l'énergie potentielle et de l'énergie mécanique d'un système au cours d'un mouvement.</i> Connaître diverses formes d'énergie. Exploiter le principe de conservation de l'énergie dans des situations mettant en jeu différentes formes d'énergie.
Convertir l'énergie et économiser les ressources	
Production de l'énergie électrique ; puissance.	Distinguer puissance et énergie. Connaître et utiliser la relation liant puissance et énergie. Connaître et comparer des ordres de grandeur de puissances. Schématiser une chaîne énergétique pour interpréter les conversions d'énergie en termes de conservation, de dégradation.

Description du document

Plusieurs versions d'une même résolution de problème sont proposées avec des niveaux de difficulté différents.

Compétences	Niveaux de difficulté		
	Version 1 (niveau « initiation »)	Version 2 (niveau « confirmé »)	Version 3 (niveau « expert »)
S'approprier (APP)	1	1	1
Analyser (ANA)	1	2	4
Réaliser (REA)	1	1	3
Valider (VAL)	2	3	3
Communiquer (COM)	2	2	2

Analyse des différentes versions de la résolution de problème

Dans la **version 1** sont présentes toutes les données nécessaires, et seulement celles-ci. La question posée aide l'élève en lui permettant de modéliser le jet.

La **version 2** du problème présente plus de difficultés car certaines données sont manquantes (le champ de pesanteur) et d'autres ne servent pas à la résolution (puissance de l'éclairage).

La **version 3** du problème est très difficile car la vitesse du jet n'étant pas donnée, la résolution du problème nécessite de mener à bien une analyse dimensionnelle pour déterminer la hauteur.

La validation du résultat trouvé est un peu plus difficile dans les versions 2 et 3 que dans la version 1 car la hauteur réelle du jet n'est pas spécifiée.

Déroulement de l'activité

L'élève reçoit l'énoncé (fiche 1).

Au cours de son raisonnement, en cas de blocage, l'élève peut faire appel à des aides, décrites dans la fiche 2.

Des éléments de réponses sont donnés dans la fiche 3 pour le professeur.

La fiche 4 donne des exemples d'indicateurs de réussite permettant à l'enseignant d'évaluer cette activité par compétences s'il le souhaite.

Fiche 1 - Enoncé du sujet

Version 1 : niveau « initiation »



On fournit ci-dessous une information technique issue de la fiche touristique de la ville de Genève relative à son célèbre jet d'eau qui culmine à 140 m (cf. photographie) :

vitesse d'éjection du jet : 200 km/h.

On donne la valeur de l'intensité du champ de pesanteur $g = 10 \text{ ms}^{-2}$.

Question :

À l'aide de ces données et en assimilant un volume d'eau à un solide, retrouver l'ordre de grandeur de la hauteur du jet.

Version 2 : niveau « confirmé »



On fournit ci-dessous des informations techniques issues de la fiche touristique de la ville de Genève relative à son célèbre jet d'eau (cf. photographie) :

Débit : 500 L/s,

Vitesse d'éjection du jet : 200 km/h

Puissance de l'éclairage : 9 kW

Question :

À l'aide de ces données, trouver l'ordre de grandeur de la hauteur du jet.

Version 3 : niveau « expert »



On fournit ci-dessous des informations techniques issues de la fiche touristique de la ville de Genève relative à son célèbre jet d'eau (cf. photographie) :

Débit : 500 L/s,

Puissance des pompes : 1MW,

Puissance de l'éclairage : 9 kW

Question :

À l'aide de ces données, trouver l'ordre de grandeur de la hauteur du jet.

Fiche 2 - Aides à la résolution du problème

L'ordre des questions préalables ne correspond pas forcément à un schéma de résolution précis. Il est possible et même souhaitable que les élèves fassent des allers-retours entre les différentes étapes de résolution.

Parmi les données du problème, lesquelles sont pertinentes ? Leur attribuer un symbole et donner leur valeur numérique dans le système international d'unités (SI).	APP
Quelles sont les grandeurs physiques non précisées qui pourraient être utiles à la résolution du problème ? Leur attribuer un symbole et donner leur valeur numérique dans le système international d'unités (SI). (versions 2 et 3) Rappeler les expressions de l'énergie cinétique, de l'énergie potentielle de pesanteur, de l'énergie mécanique. En l'absence de frottement, que vérifie l'énergie mécanique ? Quelle est la relation qui existe entre puissance et énergie pendant une durée Δt ? (version 3)	ANA
Exprimer l'énergie mécanique d'une masse m d'eau en bas du jet et en haut du jet. On cherche à exprimer le débit massique $\frac{m}{\Delta t}$ où la masse m est éjectée par la pompe pendant la durée Δt . sous la forme $\frac{m}{\Delta t} = D^\alpha \cdot \mu^\delta$ où D est le débit volumique et μ la masse volumique de l'eau. Qu'impose sur les coefficients α et δ l'analyse dimensionnelle de l'expression $\frac{m}{\Delta t} = D^\alpha \cdot \mu^\delta$: en terme de longueur ? en terme de masse ? (version 3)	REA
Dans le cas où des frottements existeraient, quelle influence aurait cette dissipation d'énergie sur la variation d'énergie mécanique ? Que peut-on en déduire concernant la hauteur réelle du jet d'eau, comparativement à la hauteur calculée ?	VAL

Fiche 3 – Éléments de réponses

S'approprier le problème. Identifier les grandeurs physiques pertinentes, leur attribuer un symbole.

Versions 1 et 2 :

On pose :

la vitesse d'éjection $v = 200 \text{ km/h} = 55,6 \text{ m.s}^{-1}$,

le champ de pesanteur $g = 10 \text{ ms}^{-2}$ (pour la version 1)

et la hauteur du jet h , à déterminer.

Version 3 :

On pose :

le débit $D = 500 \text{ L/s} = 0,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$,

la puissance des pompes $P = 1 \text{ MW} = 1,0.10^6 \text{ W}$,

et la hauteur du jet h , à déterminer.

Analyser

Déterminer et énoncer les lois physiques qui seront utilisées.
Évaluer quantitativement les grandeurs physiques inconnues et non précisées

Versions 1 et 2 :

L'énergie potentielle de pesanteur d'une masse m d'eau à une altitude h est $E_p = mgh$.

$g = 10 \text{ ms}^{-2}$ (version 2).

L'énergie cinétique d'une masse m d'eau est $E_c = \frac{1}{2}mv^2$.

Il s'agit d'écrire la conservation de l'énergie mécanique de l'eau en l'absence de frottements.

Version 3 :

La relation entre puissance et énergie est $P = \frac{E}{\Delta t}$ pendant une durée Δt .

L'énergie communiquée à une masse m d'eau élevée d'une hauteur h pendant une durée Δt est $E = mgh$ en l'absence de frottement où $g = 10 \text{ ms}^{-2}$.

Il s'agit de relier ces deux expressions : $P = \frac{E}{\Delta t} = \frac{m}{\Delta t}gh$ et d'y faire intervenir le débit D et la masse volumique de l'eau $\mu = 1,0.10^3 \text{ kg.m}^{-3}$ et le champ de pesanteur $g = 10 \text{ ms}^{-2}$ plutôt que la masse m et la durée Δt .

Réaliser

Mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée.
Savoir mener efficacement les calculs analytiques et la traduction numérique.

Versions 1 et 2 :

Etat initial : l'eau en bas a une énergie mécanique $E_i = \frac{1}{2}mv^2 + 0$

Etat final : l'eau en haut a une énergie mécanique $E_f = 0 + mgh$

La conservation de l'énergie mécanique de l'eau en l'absence de frottements donne : $E_f = E_i$ soit

$$h = \frac{v^2}{2g} = \frac{(55,6)^2}{2 \times 10} = 154 \text{ m}$$

Version 3 :

Première méthode : $\frac{m}{\Delta t} = \frac{m}{V} \frac{V}{\Delta t}$ où V est le volume d'eau élevé.

Or $\mu = \frac{m}{V}$ et $D = \frac{V}{\Delta t}$.

Ainsi, $\frac{m}{\Delta t} = \mu D$.

Deuxième méthode : on cherche $\frac{m}{\Delta t}$ sous la forme $\frac{m}{\Delta t} = D^\alpha \cdot \mu^\delta$.

Les unités donnent : pour les secondes : $-1 = -\alpha$ et pour les kilogrammes : $1 = \delta$.

Ainsi, $\frac{m}{\Delta t} = \mu D$.

Dans tous les cas, on trouve : $h = \frac{P}{D \cdot g \cdot \mu} = \frac{10^6}{0,5 \times 10 \times 10^3} = 200 \text{ m}$

Valider	Discuter de la pertinence du résultat trouvé (identification des sources d'erreur, choix des modèles, formulation des hypothèses, ...) Étudier des cas limites plus simples dont la solution est plus facilement vérifiable ou bien déjà connue Proposer d'éventuelles pistes d'amélioration de la démarche de résolution
---------	---

Version 1 :

La valeur trouvée (154 m) est bien du même ordre de grandeur que la valeur réelle (140 m), mais cette dernière est plus faible du fait des frottements ; des transferts thermiques ; de la dissipation d'énergie.

Versions 2 et 3 :

On pourrait estimer la hauteur du jet à un immeuble ayant de nombreux étages (de 3 m environ) d'après la photo.

Fiche 4 – Exemples d'indicateurs de réussite

S'approprier	Les grandeurs pertinentes ont été notées et converties dans le système international.
Analyser	La conservation de l'énergie a été rappelée, avec l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur et l'énergie cinétique. La valeur du champ de pesanteur est donnée dans les unités SI. (versions 2 et 3) La relation entre puissance et énergie a été rappelée (version 3).
Réaliser	La conservation de l'énergie est correctement appliquée entre le bas et le haut du jet. La relation entre puissance et énergie est convertie en faisant apparaître le débit et la masse volumique de l'eau.
Valider	La relation trouvée est une borne supérieure du fait des frottements.
Communiquer	La communication est claire, cohérente avec un vocabulaire scientifique précis. Les calculs sont effectués à partir de formules littérales, dans un langage mathématique correct.

Résolution de problème : **Le hobbit**

Niveau : **première S**
Thème : **Comprendre (lois et modèles)**
Activité expérimentale : **non**
Origine du sujet : **GRIESP**

Programme de première S

Notions et contenus	Compétences attendues
Cohésion et transformations de la matière	
Variation de température et transformation physique d'un système par transfert thermique.	Interpréter à l'échelle microscopique les aspects énergétiques d'une variation de température et d'un changement d'état.

Description du document

Plusieurs versions d'une même résolution de problème sont proposées avec des niveaux de difficultés différents.

Compétences	Niveaux de difficulté	
	Version 1 (niveau « confirmé »)	Version 2 (niveau « confirmé »)
S'approprier (APP)	2	2
Analyser (ANA)	3	4
Réaliser (REA)	2	2
Valider (VAL)	2	2
Communiquer (COM)	2	3

Analyse des différentes versions de la résolution de problème

La **version 1** peut être donnée lorsque la partie sur la cohésion et les transformations de la matière a été traitée. Elle présente quelques difficultés pour les élèves, concernant :

- l'appropriation des documents avec beaucoup de données nécessaires à la résolution du problème dont certaines, comme la tonne équivalent charbon minéral (tec), ne sont pas forcément connues par les élèves alors que d'autres ne sont pas nécessairement utiles ;
- l'analyse du problème avec une hypothèse à émettre concernant la température limite de l'or liquide compte-tenu des données fournies (la valeur de la capacité thermique massique de l'or liquide n'est pas fournie).

La **version 2** du problème présente les mêmes difficultés pour les élèves mais le sujet est rendu plus difficile par rapport à la version 1 car aucune piste n'est donnée à l'élève.

Déroulement de l'activité

L'élève reçoit l'énoncé (fiche 1) qu'il commence par lire en entier, puis l'enseignant présente la vidéo ou si l'élève dispose d'un poste informatique, il visualise seul la vidéo.

Au cours de son raisonnement, en cas de blocage, l'élève peut faire appel à des aides, décrites dans la fiche 2.

Des éléments de réponses sont donnés dans la fiche 3 (deux types de solution) pour le professeur.

La fiche 4 donne des exemples d'indicateurs de réussite permettant à l'enseignant d'évaluer cette activité par compétences s'il le souhaite.

Fiche 1 - Enoncé du sujet

Version 1 : niveau « initiation »



Document 1 : Description d'une scène de « The désolation of Smaug »

Dans le film n°2 du « Hobbit » (The desolation of Smaug), les « dwarfs » essaient de tuer le dragon Smaug en le noyant dans de l'or liquide. Pour cela, ils fondent de l'or dans d'anciennes forges en quelques minutes puis ils remplissent le moule d'une statue gigantesque avec cet or devenu liquide. Quand le dragon Smaug s'approche, ils cassent le moule et l'or recouvre Smaug.

Un aperçu en vidéo : <https://www.youtube.com/watch?v=t1xG8haCtvq>

Document 2 : Hypothèses de travail issues du film

Il fait assez froid dans la grotte et la température initiale de l'or est de 10°C.
La statue peut être assimilée à un cylindre de 15 m de hauteur sur 2,5 m de diamètre.
Les forges utilisent comme combustible du charbon minéral.

Données :

- Propriétés de l'or dans la grotte

Symbol	Z	Masse molaire (g.mol ⁻¹)	Masse volumique (g.cm ⁻³)	Température de fusion (°C)	Température d'ébullition (°C)	Energie massique de fusion (kJ.kg ⁻¹)	Capacité thermique massique (J.kg ⁻¹ .K ⁻¹)
Au	79	197	19,3	1064	2856	63,7	129

- 1 tonne équivalent charbon minéral (tec) correspond à 29,307 GJ.

- La consommation quotidienne d'une centrale thermique de 800 MW est d'environ 6000 tonnes de charbon.

Question : À l'aide des documents fournis ci-dessus, déterminer la quantité d'énergie nécessaire pour fondre l'or devant remplir la statue. Les scènes du film portant sur la fusion de l'or et sur la noyade de Smaug vous semblent-elle réalistes ?

Version 2 : niveau « confirmé »



Document 1 : Description d'une scène de « The désolation of Smaug »

Dans le film n°2 du « Hobbit » (The desolation of Smaug), les « dwarfs » essaient de tuer le dragon Smaug en le noyant dans de l'or liquide. Pour cela, ils fondent de l'or dans d'anciennes forges en quelques minutes puis ils remplissent le moule d'une statue gigantesque avec cet or devenu liquide. Quand le dragon Smaug s'approche, ils cassent le moule et l'or recouvre Smaug.

Un aperçu en vidéo : <https://www.youtube.com/watch?v=t1xG8haCtvq>

Document 2 : Hypothèses de travail issues du film

Il fait assez froid dans la grotte et la température initiale de l'or est de 10°C.
La statue peut être assimilée à un cylindre de 15 m de hauteur sur 2,5 m de diamètre.
Les forges utilisent comme combustible du charbon minéral.

Données :

- Propriétés de l'or dans la grotte

Symbol ^e	Z	Masse molaire (g.mol ⁻¹)	Masse volumique (g.cm ⁻³)	Température de fusion (°C)	Température d'ébullition (°C)	Energie massique de fusion (kJ.kg ⁻¹)	Capacité thermique massique (J.kg ⁻¹ .K ⁻¹)
Au	79	197	19,3	1064	2856	63,7	129

- 1 tonne équivalent charbon minéral (tec) correspond à 29,307 GJ.

- La consommation quotidienne d'une centrale thermique de 800 MW est d'environ 6000 tonnes de charbon.

Question : Les scènes du film portant sur la fusion de l'or et sur la noyade de Smaug sont-elles réalistes ? Justifiez votre réponse en vous basant sur les documents fournis ci-dessus.

Fiche 2 - Aides à la résolution du problème

L'ordre des questions préalables ne correspond pas forcément à un schéma de résolution précis. Il est possible et même souhaitable que les élèves fassent des allers-retours entre les différentes étapes de résolution.

<ul style="list-style-type: none"> - À quelles données a-t-on accès dans le document ? Les souligner. - Quelles sont les grandeurs physico-chimiques pertinentes pour répondre à la question posée ? - A quel type de forme géométrique est assimilée la statue en or ? - Quel est le changement d'état subi par l'or ? Préciser la température et la pression de l'or dans chacun de ces états ? - Grâce à quel dispositif les « dwarfs » parviennent-ils à faire fondre la statue en or ? 	<i>APP</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Comment déterminer la masse m_{Au} d'or versé dans le moule et correspondant à la statue ? - Quelle est l'énergie à transférer à l'or de masse m_{Au} pour qu'il passe de la température θ_i à la température θ_f sans changer d'état ? - La température de l'or liquide peut-elle dépasser 1064°C ? Quelle hypothèse peut-on faire ? - Quelle est l'énergie à transférer à l'or de masse m_{Au} pour qu'il change d'état ? - Le volume d'un cylindre est égal au produit de sa surface par sa hauteur. 	<i>ANA</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Vérifier l'homogénéité des formules établies. - Vérifier les calculs numériques et réfléchir à la cohérence des chiffres significatifs du résultat donné. - Attention ! Le volume de la statue est exprimé en m^3 et la masse volumique de l'or en $g.cm^{-3}$. 	<i>REA</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Quelle masse de charbon faudrait-il brûler pour que toute la statue en or fonde ? - Ce résultat vous semble-t-il absurde ? 	<i>VAL</i>

Fiche 3 – Éléments de réponses

S'approprier le problème.

Extraire l'information utile.

Identifier les grandeurs physiques pertinentes, leur attribuer un symbole.

La statue est assimilée à un cylindre de hauteur $H = 15$ m et de diamètre $D = 2,5$ m. Elle est entièrement en or de masse m_{Au} .

La masse volumique de l'or a pour valeur : $\rho_{Au} = 19,3 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$.

Dans la grotte, l'or est initialement à l'état solide à la température $\theta_i = 10^\circ\text{C}$.

La capacité thermique massique de l'or à pression constante a pour valeur : $c_p = 129 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

Dans la grotte, l'or passe de l'état solide à l'état liquide à la température $\theta_f = 1064^\circ\text{C}$.

L'énergie massique de fusion de l'or a pour valeur : $L_f = 63,7 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

1 tec = 29,307 GJ

Analyser

Elaborer une version simplifiée de la situation en explicitant les choix des hypothèses faites

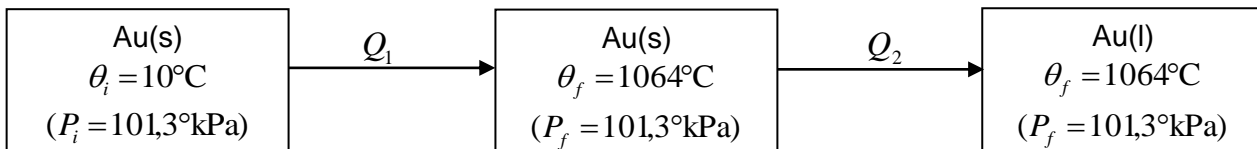
Organiser et exploiter ses connaissances ou les informations extraites

Évaluer quantitativement les grandeurs physiques inconnues et non précisées

Le volume de la statue : $V = \pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times H$ relation (1)

La masse d'or correspondant au moule de la statue : $m_{Au} = \rho_{Au} \times V$ relation (2)

On suppose que tout l'or du moule passe de l'état solide à l'état liquide et que la forge ne dépasse pas la température de fusion de l'or, soit $\theta_f = 1064^\circ\text{C}$.



Transfert thermique Q_1 correspondant à la variation de température $\Delta\theta$ sans changement d'état :

$$Q_1 = m_{Au} \times c_p \times (\theta_f - \theta_i) \quad \text{relation (3)}$$

Transfert thermique Q_2 correspondant au changement d'état : $Q_2 = m_{Au} \times L_f$ relation (4)

Réaliser

Mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée.

Savoir mener efficacement les calculs analytiques et la traduction numérique.

L'énergie Q à transférer à l'or versé dans le moule pour qu'il fonde est égale à : $Q = Q_1 + Q_2$

Les relations (3) et (4) donnent : $Q = m_{Au} \times c_p \times (\theta_f - \theta_i) + m_{Au} \times L_f$

$$Q = m_{Au} [c_p \times (\theta_f - \theta_i) + L_f]$$

Et, avec (1) dans (2):

$$m_{Au} = \frac{\pi}{4} \times \rho_{Au} \times H \times D^2$$

D'où :

$$Q = \frac{\pi}{4} \times \rho_{Au} \times H \times D^2 [c_p \times (\theta_f - \theta_i) + L_f]$$

A.N. :
$$Q = \frac{\pi}{4} \times 19,3 \times 10^3 \times 15 \times 2,5^2 \times [129 \times (1064 - 10) + 63,7 \times 10^3]$$

$$Q = 2,8 \times 10^{11} \text{ J} = 2,8 \times 10^2 \text{ GJ}$$

Valider	<i>Exploiter et interpréter des résultats. Vérifier la pertinence du résultat trouvé, notamment en comparant avec des estimations ou ordres de grandeurs connus.</i>
----------------	--

La masse m_{Au} d'or à faire fondre vaut :

$$m_{Au} = \frac{\pi}{4} \times \rho_{Au} \times H \times D^2$$

$$m_{Au} = \frac{\pi}{4} \times 19,3 \times 10^3 \times 15 \times 2,5^2$$

$$m_{Au} = 1,4 \times 10^6 \text{ kg soit } 1,4 \times 10^3 \text{ tonnes d'or}$$

La masse m_C de charbon nécessaire à la fusion de tout l'or est :

$$m_C = \frac{Q \text{ (en GJ)}}{29,307} \quad \text{avec 1 tec} = 29,307 \text{ GJ}$$

$$m_C = \frac{2,8 \times 10^2}{29,307}$$

$m_C = 9,6$ tonnes soit environ 10 tonnes de charbon minéral... 600 fois moins que la consommation journalière d'une centrale thermique.

La valeur obtenue pour la masse de charbon paraît plausible. La scène du film pourrait donc sembler réaliste.

On peut néanmoins s'interroger sur la masse importante d'or utilisée ainsi que sur la durée nécessaire pour faire fondre une telle quantité d'or. De plus, on peut aussi remarquer que le volume d'or dans lequel Smaug se noie et qui remplit cette gigantesque salle sur au moins 3 ou 4 m de hauteur, remplirait bien plus qu'une statue, aussi grande soit elle...

Fiche 4 – Exemples d'indicateurs de réussite

S'approprier	<ul style="list-style-type: none"> - Statue en or assimilée à un cylindre de hauteur $H = 15$ m et de diamètre $D = 2,5$ m. - Masse volumique de l'or : $\rho_{Au} = 19,3 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ - Or initialement solide à $\theta_i = 10^\circ\text{C}$ dans la grotte. - Capacité thermique massique de l'or à pression constante : $c_p = 129 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ - Or passe de l'état solide à l'état liquide à $\theta_f = 1064^\circ\text{C}$ dans la grotte. - Energie massique de fusion de l'or : $L_f = 63,7 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ - 1 tec = 29,307 GJ
Analyser	<ul style="list-style-type: none"> - Volume de la statue : $V = \pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times H$ - Masse d'or : $m_{Au} = \rho_{Au} \times V$ - On suppose que tout l'or du moule passe de l'état solide à l'état liquide et que la forge ne dépasse pas la température de fusion de l'or, soit $\theta_f = 1064^\circ\text{C}$. - $Q_1 = m_{Au} \times c_p \times (\theta_f - \theta_i)$ - $Q_2 = m_{Au} \times L_f$
Réaliser	<ul style="list-style-type: none"> - Le calcul analytique de l'énergie Q à transférer à l'or versé dans le moule pour qu'il fonde est effectué. - Application numérique correcte : $Q = 2,8 \times 10^{11} \text{ J}$
Valider	<ul style="list-style-type: none"> - Calcul de la masse d'or à faire fondre : $m_{Au} = 1,4 \times 10^3$ tonnes d'or - Calcul de la masse de charbon nécessaire : $m_C = 9,6$ tonnes ≈ 10 tonnes de charbon - Comparaison de la valeur trouvée avec celle de la consommation quotidienne en charbon d'une centrale thermique. - Discussion sur le réalisme ou non de cette scène de film.
Communiquer	<ul style="list-style-type: none"> - La communication est claire, cohérente avec un vocabulaire scientifique précis. - Les hypothèses émises sont clairement explicitées. - Les étapes de la démarche sont clairement identifiables (notamment en version 2) - Les calculs sont effectués à partir de formules littérales, dans un langage mathématique correct.

Résolution de problème : Production solaire d'électricité

Niveau : **Terminale S (enseignement de spécialité)**
Thème : **Matériaux**
Activité expérimentale : **non**
Origine du sujet : **GRIESP**

Programme de Terminale S (enseignement de spécialité)

Domaines d'étude	Mots clés
Structure et propriétés	Conducteurs, supraconducteurs, cristaux liquides. Semi-conducteurs, photovoltaïques.

Description et analyse du document

Compétences	Niveaux de difficulté (niveau « initiation »)
S'approprier (APP)	2
Analyser (ANA)	2
Réaliser (REA)	1
Valider (VAL)	2
Communiquer (COM)	2

Ce document propose une résolution de problème à plusieurs niveaux de résolutions. L'existence de ces différents niveaux, dont le premier est relativement élémentaire, permet d'une part d'utiliser cette activité comme introduction à la résolution de problème et d'autre part de montrer un exemple de résolution « itérative », chaque étape apportant une précision supplémentaire à la précédente. On peut noter que certaines résolutions de problèmes, extrêmement intéressantes par ailleurs, ne permettent pas une telle démarche, les niveaux de résolutions plus précis étant hors de portée des élèves ou nécessitant trop de temps.

Il n'est pas nécessaire d'avoir réalisé tous les niveaux de résolution pour considérer que l'on a répondu à la question, mais le résultat doit être associé à des commentaires montrant que l'élève est conscient de la précision avec laquelle il a travaillé (ordre de grandeur ou valeur précise).

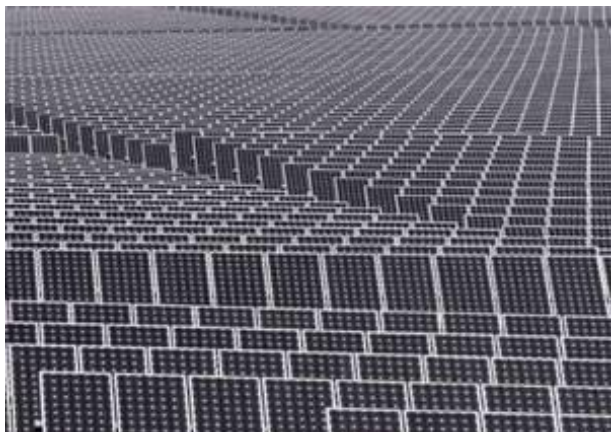
Déroulement de l'activité

L'élève reçoit l'énoncé (fiche 1).

Nous proposons des exemples de solution pour le professeur (fiche 2).

La fiche 3 donne des exemples d'indicateurs de réussite permettant à l'enseignant d'évaluer cette activité par compétences s'il le souhaite.

Fiche 1 - Énoncé du sujet



Le Portugal a construit en 2006 à Moura la plus grande centrale solaire photovoltaïque du monde, avec 350000 panneaux solaires installés sur 114 hectares et une capacité de production de 62 mégawatts (à comparer aux 1500 mégawatts produits par un réacteur nucléaire). Elle est six fois plus puissante que la centrale Bavaria solarpark (photo ci-contre) installée en Allemagne (10 MW).

Sachant que l'énergie électrique produite en France par an est de l'ordre de $520 \text{ TW}\cdot\text{h} = 520 \cdot 10^9 \text{ kW}\cdot\text{h}$, on peut se poser la question suivante :

Pourrait-on produire de l'électricité en France uniquement avec des panneaux solaires photovoltaïques ?

Pour vous aider à répondre à la question de façon argumentée, vous disposez d'un certain nombre d'informations, consignées dans un rapport fourni en **dossier annexe**. Des commentaires sur les résultats obtenus sont également attendus.

Problème :

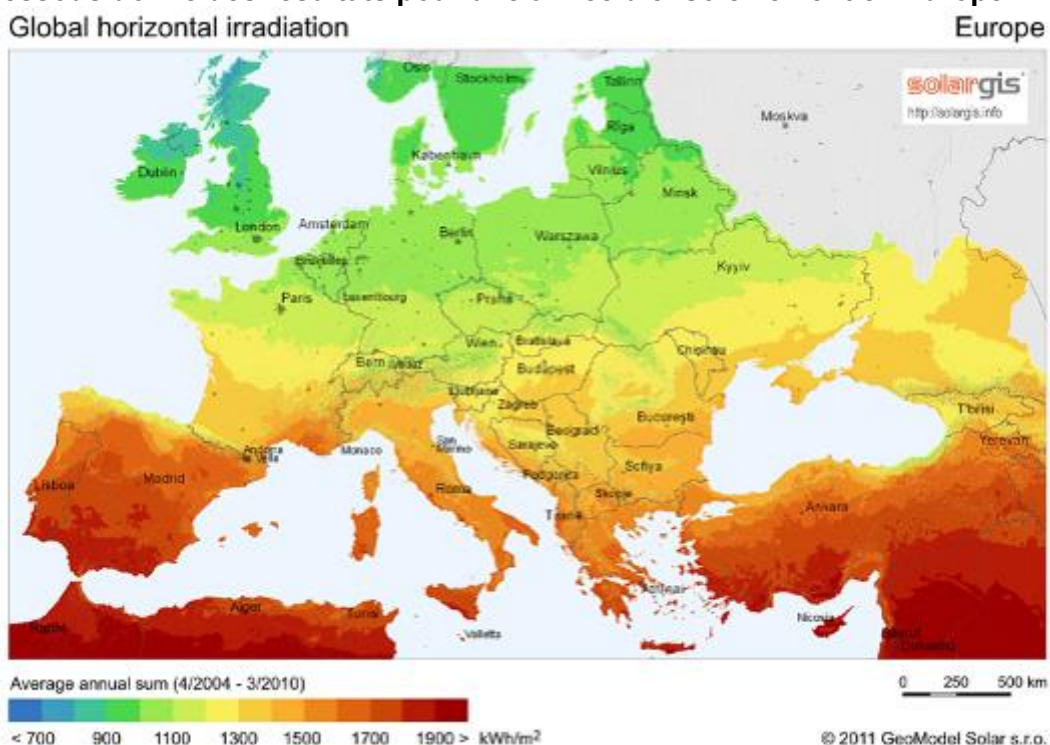
Quelle surface de panneaux solaires serait nécessaire pour produire la totalité de l'électricité produite en France en un an ? Est-ce réaliste ?

Document n°1: Éclairement

Sources : <http://en.wikipedia.org/wiki/Insolation>

L'éclairement (Insolation en anglais) est la mesure de l'énergie solaire reçue **sur une certaine surface pendant un certain temps**. Il s'exprime habituellement en watts par mètres carré (W/m^2), kilowatt-heures par mètres carré et par jour ($\text{kW}\cdot\text{h}/(\text{m}^2\cdot\text{jour})$) ou kilowatt-heures par mètres carré et par an ($\text{kW}\cdot\text{h}/(\text{m}^2\cdot\text{an})$).

La carte ci-dessous donne des résultats pour une année d'ensoleillement en Europe.



Document n°2: Panneaux solaires photovoltaïques :

Sources : http://en.wikipedia.org/wiki/Module_solaire_photovoltaique



Les panneaux sont généralement des parallélépipèdes rectangles rigides minces (quelques centimètres d'épaisseur), dont la longueur et la largeur sont de l'ordre du mètre, et une masse de l'ordre de la dizaine de kg.

Leur rendement est un peu plus faible que celui des cellules qui les constituent, du fait des pertes électriques internes et des surfaces non couvertes ; soit un rendement de 10 à 20 %.

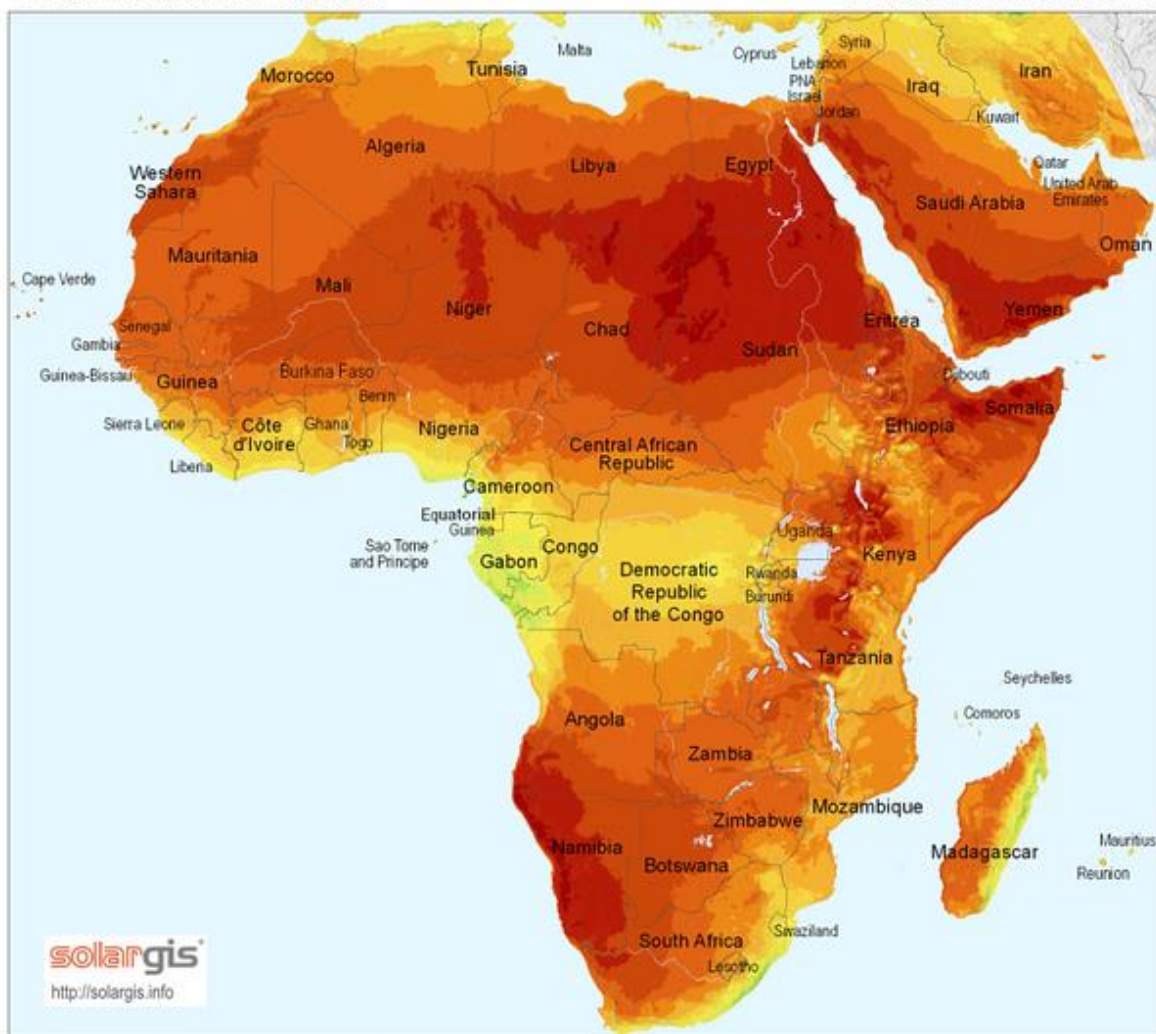
Document n°3: Ensoleillement en Afrique et Moyen-Orient

Sources : <http://en.wikipedia.org/wiki/Insolation>

Pour une année :

Global horizontal irradiation

Africa and Middle East



Average annual sum (4/2004 - 3/2010)
< 1600 1800 2000 2200 2400 > kWh/m²

0 500 1000 km

© 2011 GeoModel Solar s.r.o.

Fiche 2 – Exemples de résolution du problème

Afin d'illustrer l'existence de différents modes de résolutions, nous proposons ici deux approches parmi la multitude des possibles. L'ordre de présentation ne préjuge en rien d'une quelconque supériorité de l'une par rapport à l'autre :

La première résolution de problème est une démarche « itérative », conduisant à des résultats de plus en plus précis et exploitant séparément chaque document. Un bref commentaire vient clore chaque niveau de résolution et justifier le suivant.

La seconde résolution est une approche plus globale.

Dans la première approche, il existe un perpétuel va-et-vient entre les différentes compétences (S'approprier APP, Analyser ANA, Réaliser REA et Valider VAL), alors qu'elles apparaissent comme des « étapes » successives dans la seconde.

Approche n°1 : méthode de résolution « itérative »

Les compétences mobilisées sont matérialisées par les sigles (APP), (ANA) ...

Analyse préliminaire :

On peut commencer par un simple calcul d'ordre de grandeur. Le document n°1 montre que l'ensoleillement moyen en France est en moyenne de l'ordre de $I \sim 10^3 \text{ kWh/an/m}^2$ (APP).

I est bien une puissance par unité de surface, les kWh étant une unité d'énergie (ANA). On peut noter au passage l'ambiguïté de la légende qui donne un résultat en kWh/m^2 , la référence temporelle étant dans les phrases au-dessus, en anglais : « Average annual sum », ou en français : « résultats pour une année d'ensoleillement ». La difficulté consiste à faire en sorte que les élèves comprennent bien la différence entre une puissance et une énergie (surfacique), tout en laissant assez de souplesse pour pouvoir accepter aussi bien :

L'éclairement moyen est de $I \sim 10^3 \text{ kWh/an/m}^2$.

Chaque année, le Soleil apporte une énergie de $I \sim 10^3 \text{ kWh}$ par m^2 .

L'éclairement est de $I \sim 10^3 \text{ kWh/m}^2$ sur une année.

...

Pour produire une puissance de l'ordre de $P \sim 5 \cdot 10^{11} \text{ kWh/an}$ (ou une énergie de $E \sim 5 \cdot 10^{11} \text{ kWh}$ en un an) (APP : informations données dans l'introduction du problème), il faut donc utiliser une surface $S = \frac{P}{I}$

(ANA, REA). L'application numérique conduit à $S \sim 2 \cdot 10^8 \text{ m}^2$ (REA).

Sous cette forme et avec cette unité, il est difficile de commenter le résultat obtenu (VAL). En supposant qu'il s'agit d'un carré de côté d et avec une unité adaptée, on obtient un carré de côté $d \sim 20 \text{ km}$ (ANA, REA).

Il n'est donc pas nécessaire de couvrir toute la France (de surface environ égale à $1000 \text{ km} \times 1000 \text{ km}$) de panneaux solaires. De plus cette valeur n'est pas extravagante, comparée à la centrale de Moura (APP : informations données dans l'introduction du problème), dont la surface est de $114 \text{ ha} \sim 10^6 \text{ m}^2$, soit un carré de 1 km de côté (ANA).

Résolution plus fine du problème :

D'une part, la faible valeur de d permet d'essayer d'améliorer la production en choisissant la localisation de la centrale dans le Sud de la France (ANA). Mais d'autre part, il convient de relativiser l'optimisme initial en n'oubliant pas l'effet du rendement de conversion de 10 % à 20 % d'un panneau photovoltaïque (document n°2) : toute l'énergie solaire ne sera pas transformée en énergie électrique (APP).

La suite de la résolution consiste donc à prendre en compte l'un et l'autre de ces deux aspects, l'un ou l'autre, l'un puis l'autre ou encore l'autre puis l'un ! Nous ne traiterons ici que la première de ces solutions.

Dans le Sud de la France, $I \sim 1600 \text{ kWh/an/m}^2$ (APP).

Le rendement moyen d'un panneau photovoltaïque est de 10 %, soit $\eta = 0.1$ (APP). La puissance électrique disponible par unité de surface vaut donc : $I \sim 160 \text{ kWh/an/m}^2$ (ANA, REA).

Il faut donc une surface de $S = \frac{P}{\eta I} = \frac{5,2 \cdot 10^{11}}{160} = 3,2 \cdot 10^9 \text{ m}^2$, soit un carré de côté $d \sim 57 \text{ km}$ (REA).

Sans être encore complètement extravagante, cette valeur illustre toutefois que la réalisation pratique d'une telle centrale poserait un certain nombre de difficultés (**VAL**).

Approche n°2 : méthode de résolution plus globale

S'approprier

S'approprier le problème.	Identifier les grandeurs physiques pertinentes, leur attribuer un symbole.
---------------------------	--

Informations utiles dans chaque document :

Document n°1 : L'éclairement est une puissance par unité de surface, c'est-à-dire une énergie par unité de temps par unité de surface. L'éclairement est plus grand dans le sud de la France que dans le nord.

L'énergie solaire moyenne reçue sur un mètre carré dans le sud de la France sur une année :

$$I \sim 1600 \text{ kWh/an/m}^2$$

Document n°2 : Le rendement de conversion d'un panneau photovoltaïque est de 10 à 20 %. On choisit de prendre le rendement le plus défavorable (10 %), soit $\eta = 0.1$.

Analyser et Réaliser

Établir une stratégie de résolution (analyser).	Déterminer et énoncer les lois physiques qui seront utilisées.
Mettre en œuvre la stratégie (réaliser).	Mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée. Savoir mener efficacement les calculs analytiques et la traduction numérique.

Le rendement est le rapport de l'énergie (ou puissance) électrique produite sur l'énergie (ou puissance)

solaire utilisée, soit : $\eta = \frac{P_{elec}}{P_{solaire}}$

Si S est la surface utilisée, $P_{solaire} = IS$, la surface S nécessaire pour produire une puissance électrique P

est : $S = \frac{P}{\eta I}$

Interprétation physique de la formule littérale obtenue :

S diminue si l'éclairement I augmente

S diminue si le rendement η augmente

L'application numérique conduit à une surface de $S = \frac{5,2 \cdot 10^{11}}{0,1 \times 1600} = 3,2 \cdot 10^9 \text{ m}^2$, soit un carré de côté

$$d \sim 57 \text{ km}.$$

Valider

Avoir un regard critique sur les résultats obtenus	Comparer le résultat obtenu avec le résultat d'une autre approche (mesure expérimentale donnée ou déduite d'un document joint, simulation numérique, ...).
--	--

Sans être encore complètement extravagante, cette valeur illustre toutefois que la réalisation pratique d'une telle centrale poserait un certain nombre de difficultés.

De plus, le fait que $d \ll \text{Taille de la France}$ valide *a posteriori* le choix d'avoir privilégié l'ensoleillement d'une région et non un ensoleillement moyen sur l'ensemble du pays.

Remarque : on peut également compléter les commentaires en calculant, à l'aide du document n° 3, la taille d'une centrale délocalisée en plein centre du Sahara.

Fiche 3 – Exemples d'indicateurs de réussite

S'approprier	Une valeur réaliste de l'éclairement est bien extraite du document 1, soit une valeur moyenne sur la France, soit pour une région particulière. La signification du rendement donné au document 2 est correctement définie en termes d'énergie ou de puissance
Analyser Réaliser	Bien formuler le lien entre puissance solaire disponible, surface éclairée et éclairement. Obtenir la valeur numérique de la surface nécessaire.
Valider	Exprimer la surface obtenue dans une unité adéquate. La surface calculée est comparée à celle des centrales existantes
Communiquer	La communication est claire, cohérente avec un vocabulaire scientifique précis. Les calculs sont effectués à partir de formules littérales, dans un langage mathématique correct.

Résolution de problème : Dilatation des océans

Niveau : **Terminale S Enseignement de spécialité**
Thème : **Eau**
Activité expérimentale : **non**
Origine du sujet : **GRIESP**

Programme de Spécialité Chimie en Terminale S

Domaines d'étude	Mots-clés
Eau et environnement	Mers, océans ; climat

Description du document

Ce document regroupe deux versions :
La version d'origine déjà étudiée
Une nouvelle version plus simple.

Compétences	Niveaux de difficulté		
	Version 1 (niveau « initiation »)	Version 2 (niveau « confirmé »)	Version 3 (niveau « expert »)
S'approprier (APP)	2	3	
Analyser (ANA)	2	3	
Réaliser (REA)	2	3	
Valider (VAL)	2	2	
Communiquer (COM)	1	1	

Analyse des différentes versions de la résolution de problème

La nouvelle version est une version très simplifiée par rapport à la version initiale. Les questions préalables ont été supprimées mais les documents fournis sont plus faciles à exploiter. Le document 3 donne la variation relative d'un volume d'eau pour une élévation de température de 1°C qui était l'une des questions (difficile) posée dans la version initiale. Ce même document donne l'expression de la surface d'une sphère et la relation permettant de calculer le volume d'une épaisseur h d'eau sur cette surface. Les données inutiles ont été supprimées. D'autre part, le schéma du document 2 a été quadrillé pour permettre une meilleure estimation du niveau moyen des océans.

Déroulement de l'activité

L'élève reçoit l'énoncé (fiche 1).

Au cours de son raisonnement, en cas de blocage, l'élève peut faire appel à des aides, décrites dans la fiche 2.

Des éléments de réponses sont donnés dans la fiche 3 pour le professeur.

La fiche 4 donne des exemples d'indicateurs de réussite permettant à l'enseignant d'évaluer cette activité par compétences s'il le souhaite

Fiche 1 - Enoncé du sujet

Version 1 : niveau « initiation »

Problématique :

« Les 16 petits états insulaires qui se sont réunis dans le cadre du Forum du Pacifique à Auckland en Nouvelle-Zélande ont produit, à l'issue du sommet, un communiqué, qui souligne que « le changement climatique reste la plus grosse menace contre les moyens d'existence, la sécurité et le bien-être des populations du Pacifique ».

Ces petits états insulaires sont particulièrement exposés aux conséquences des changements climatiques et sont d'une grande vulnérabilité face au phénomène d'élévation des océans que ce réchauffement provoque. »

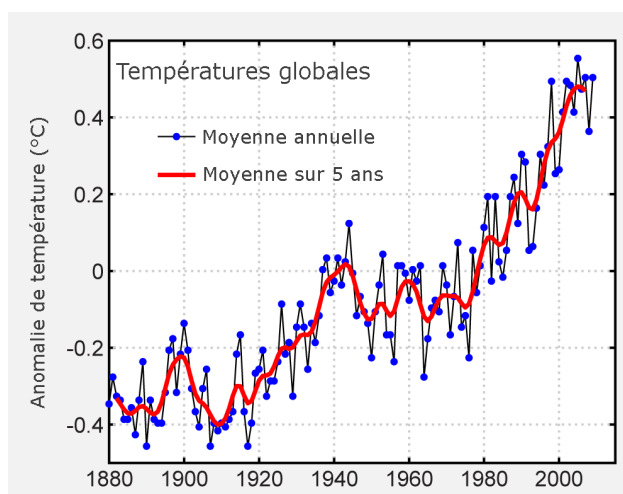
<http://www.rfi.fr/science le 09/09/2011>.



Le Tuvalu, groupe d'atolls proche de l'Australie (<http://en.wikipedia.org/wiki/Tuvalu>)

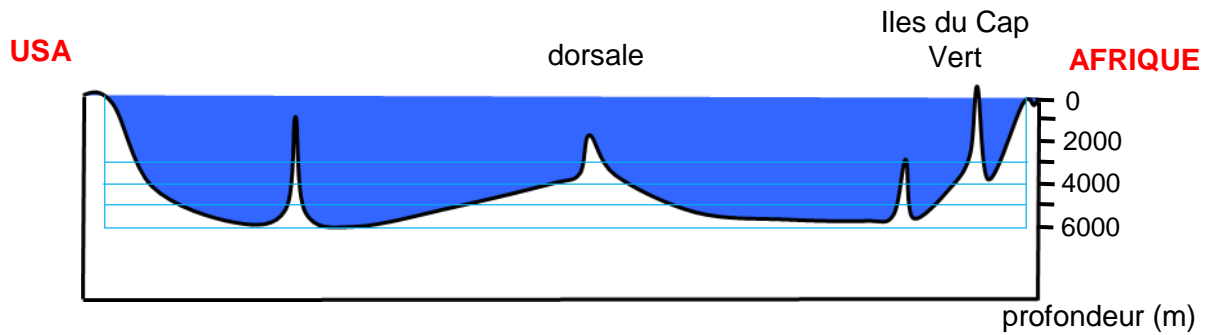
Document 1 : Evolution de l'anomalie de la température de surface.

La courbe ci-dessous représente l'évolution de l'anomalie de température au cours des dernières décennies.



Différence de température globale moyenne de surface par rapport à la moyenne 1961-1990, sur la période 1880-2009. Source <http://wikipédia.org>

Document 2 : Profil de l'océan atlantique



Document 3 : Données

- Variation relative d'un volume d'eau $\frac{\Delta V}{V}$ pour une élévation de température de 1°C : $1,5 \times 10^{-4}$
- Volume d'une épaisseur h d'eau à la surface S d'une sphère de rayon R : $V = S \times h$ si $R \gg h$
- variation de volume pour une variation de hauteur à surface constante : $\Delta V = S \times \Delta h$

Question :

Au cours du XX^{ème} siècle, la température moyenne à la surface de la Terre a augmenté. Cet échauffement a induit une dilatation des eaux océaniques.

Estimer la variation du niveau des océans qui résulte de cet échauffement, afin de savoir s'il s'agit d'un phénomène négligeable ou pas.

Analyser la valeur numérique obtenue, ainsi que le modèle utilisé.

Version 2 : niveau « confirmé »

Problématique :

« Les 16 petits états insulaires qui se sont réunis dans le cadre du Forum du Pacifique à Auckland en Nouvelle-Zélande ont produit, à l'issue du sommet, un communiqué, qui souligne que « le changement-climatique reste la plus grosse menace contre les moyens d'existence, la sécurité et le bien-être des populations du Pacifique ».

Ces petits états insulaires sont particulièrement exposés aux conséquences des changements climatiques et sont d'une grande vulnérabilité face au phénomène d'élévation des océans que ce réchauffement provoque. »

<http://www.rfi.fr/science> le 09/09/2011.



Le Tuvalu, groupe d'atolls proche de l'Australie (<http://en.wikipedia.org/wiki/Tuvalu>)

Au cours du XX^{ème} siècle, la température moyenne à la surface de la Terre a augmenté. Cet échauffement a induit une dilatation des eaux océaniques. **On cherche à estimer la variation du niveau des océans qui en résulte, afin de savoir s'il s'agit d'un phénomène négligeable ou pas.**

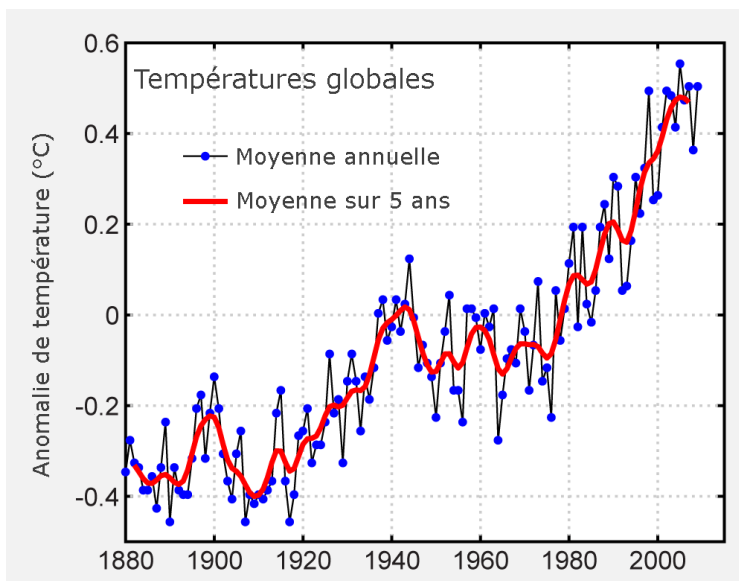
Questions :

En utilisant les documents fournis et en introduisant éventuellement d'autres grandeurs qui vous paraissent utiles :

1. Estimer la variation du volume d'un kilogramme d'eau liquide consécutif à une augmentation de température de 1°C, puis la variation relative de ce volume (c'est-à-dire la variation de volume rapportée au volume total) correspondante.
2. Présenter les étapes du raisonnement permettant d'évaluer numériquement la variation du niveau des océans et le mettre en œuvre.
3. Analyser la valeur numérique obtenue, ainsi que le modèle utilisé.

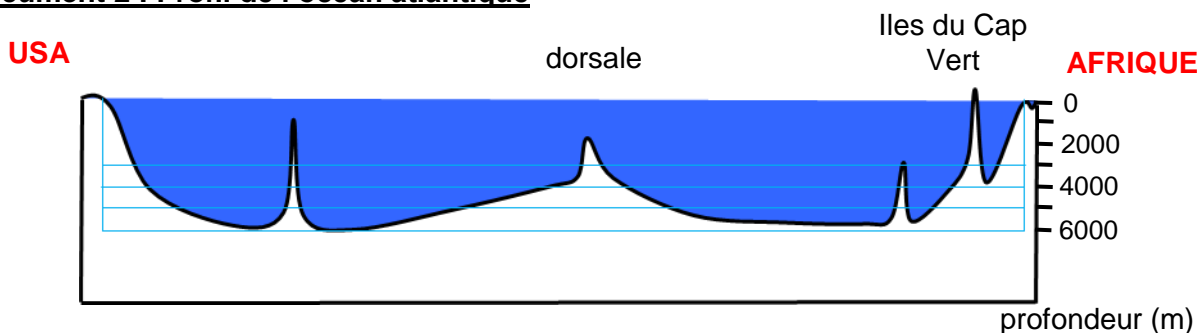
Document 1 : Evolution de l'anomalie de la température de surface.

La courbe ci-dessous représente l'évolution de l'anomalie de température au cours des dernières décennies.



Différence de température globale moyenne de surface par rapport à la moyenne 1961-1990, sur la période 1880-2009. Source <http://wikipédia.org>

Document 2 : Profil de l'océan atlantique



Document 3 : Données numériques

- évolution du volume d'un kilogramme d'eau en fonction de la température :

Le tableau suivant donne l'évolution du volume d'un kilogramme d'eau en fonction de la température.

Température en °C	Volume de 1 kg d'eau en m ³
10	1,00035.10 ⁻³
11	1,00045.10 ⁻³
12	1,00056.10 ⁻³
13	1,00068.10 ⁻³
14	1,00085.10 ⁻³
15	1,00095.10 ⁻³
16	1,00110.10 ⁻³
17	1,00126.10 ⁻³
18	1,00144.10 ⁻³
19	1,00164.10 ⁻³
20	1,00184.10 ⁻³

- La Terre : rayon : 6400 km ; les océans couvrent environ 70 % de sa surface.

Fiche 2 - Aides à la résolution du problème

Version 1 : niveau « initiation »

S'approprier le problème

Quelle grandeur faut-il déterminer pour répondre à la problématique ?

Quel renseignement apporte le document 1 ?

Quel renseignement apporte le document 2 ?

Quelles relations du document 3 sont utiles pour trouver la variation Δh du niveau des océans ?

Etablir une stratégie de résolution (analyser)

Quel lien peut-on établir entre l'augmentation de température donnée par le document 1 et la valeur de $\frac{\Delta V}{V}$ donnée dans le document 3.

- Comment peut-on estimer la profondeur moyenne h des océans à l'aide du document 2.

- Peut-on exprimer Δh en fonction de $\frac{\Delta V}{V}$ et h à partir des relations indiquées dans le document 3 ?

- La surface des océans intervient-elle dans le calcul de Δh ?

Mettre en œuvre la stratégie (réaliser)

A partir des documents, déterminer ΔT pour le XX^{ème} siècle et la hauteur moyenne h des océans.

Déterminer $\frac{\Delta V}{V}$ pour l'élévation de température calculée.

Exprimer $\frac{\Delta V}{V}$ en fonction de h et Δh puis exploiter cette relation pour calculer Δh .

Avoir un regard critique sur les résultats obtenus (valider)

Le résultat obtenu semble-t-il convenable, trop grand ou trop petit ?

Quelle hypothèse simplificatrice peut justifier un écart entre la variation réelle (5 cm) et la valeur calculée ?

Y a-t-il d'autres phénomènes responsables de l'élévation du niveau des océans ?

Que vous inspire la fin du document 1 (après 1980) ?

Fiche 3 – Eléments de réponses

Version 1 : niveau « initiation »

S'approprier le problème

S'approprier le problème	<i>Identifier les grandeurs physiques pertinentes, leur attribuer un symbole Donner un sens aux trois documents</i>
---------------------------------	---

On cherche à déterminer la variation Δh du niveau des océans.

Le document 1 nous permet de déterminer l'élévation moyenne de température ΔT durant le vingtième siècle.

Le document 2 nous permet de déterminer la hauteur moyenne h des océans.

Le document 3 nous donne les relations nécessaires pour calculer la variation de hauteur des océans et répondre à la question posée.

Etablir une stratégie de résolution (analyser)

Analyser	<i>- Identifier les principales étapes de la résolution - Identifier les grandeurs physiques inconnues et non précisées : profondeur moyenne des océans, hausse moyenne de la température des océans - Faire la synthèse et proposer une démarche de résolution</i>
-----------------	---

Les étapes possibles du raisonnement sont les suivantes :

- estimer l'augmentation de la température moyenne au cours du XX^{ème} siècle à l'aide du document 1 ;
- estimer la variation relative du volume de l'eau consécutive à l'augmentation de température calculée précédemment à partir de la donnée du document 3 ;
- estimer la profondeur moyenne h des océans à l'aide du document 2 ;
- exprimer la variation relative de la hauteur des océans en fonction de la variation relative du volume et en déduire la variation du niveau des océans.

Mettre en œuvre la stratégie (réaliser)

Réaliser	<i>- évaluer graphiquement une valeur moyenne et une pente - mobiliser les trois données obtenues pour répondre à l'objectif fixé - vérifier l'homogénéité des formules, effectuer correctement les applications numériques et utiliser les unités adaptées</i>
-----------------	---

- À partir du document 1, on estime l'amplitude de l'élévation de température au cours du XX^{ème} siècle à $\Delta T = 0,4 - (-0,2) = 0,6^\circ\text{C}$.

- La variation relative du volume d'eau consécutive à une augmentation de $0,6^\circ\text{C}$ de la température peut être estimée à : $\frac{\Delta V}{V} = 1,5 \cdot 10^{-4} \times 0,6 = 9 \times 10^{-5}$

- Pour évaluer la profondeur moyenne de l'océan, il faut chercher la ligne horizontale pour laquelle la surface en bleu entre cette ligne et la ligne 6000 est égale à la surface en blanc au-dessus. Cette ligne se situe entre 4000 m et 5000 m. On peut choisir $h = 5$ km. C'est très approximatif mais on ne connaît rien de la profondeur des autres océans.

En notant S la surface des océans (70 % de la surface de la Terre) et en utilisant les données du document

3, on obtient : $\frac{\Delta V}{V} = \frac{S\Delta h}{Sh} \approx 9 \times 10^{-5} \Rightarrow \Delta h = 9 \times 10^{-5} \times 5 \times 10^3 \approx 0,5 \text{ m}$.

Avoir un regard critique sur les résultats obtenus (valider)

Valider	<ul style="list-style-type: none">- identifier d'éventuelles valeurs aberrantes- discuter des conséquences d'un résultat- identifier les limites d'un modèle- souligner qu'un effet peut avoir plusieurs causes
----------------	--

D'après nos calculs, le niveau des océans se serait élevé de 0,5 m au cours du XXème siècle ce qui semble beaucoup. C'est l'hypothèse sur le réchauffement de la totalité de l'eau des océans qui majore notre résultat. Dans la réalité, l'eau ne s'échauffe que sur quelques mètres au plus.

Notre modèle est trop simple pour qu'on puisse donner une valeur proche de la valeur réelle mais cette étude montre quand même que l'élévation de température a un impact sur le niveau des océans et justifie les craintes des petits états insulaires.

Le plus inquiétant est l'évolution de la température donnée par le document 1 : à partir de 1980, la pente est beaucoup plus importante et il n'y a plus de paliers.

Version 2 : niveau « confirmé »

1.

L'analyse des données numériques du tableau du document 3 relatif à l'évolution de la masse volumique de l'eau conduit à une augmentation de volume d'environ $1,5 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3$ pour 1°C . Le volume d'un kilogramme d'eau étant de l'ordre de 1 L, la variation relative du volume est de $1,5 \cdot 10^{-4}$ pour 1°C . Il s'agit d'une moyenne effectuée entre 10°C et 20°C .

2. Les étapes du raisonnement :

Les étapes possibles du raisonnement sont les suivantes :

- estimation de l'augmentation de la température moyenne au cours du XXème siècle à l'aide du document 1.
- estimation de la variation relative du volume du liquide consécutif à une augmentation de température : faite à la question 1.
- estimation de la profondeur moyenne des océans à l'aide du document 2.
- on utilise enfin, le coefficient de variation relative du volume et la profondeur moyenne pour estimer la variation du niveau des océans.

Mise en œuvre :

- A partir du document 1, on estime l'amplitude de l'élévation de température au cours du XXème siècle à $\Delta T = 0,6^\circ\text{C}$.
- La variation relative du volume d'eau consécutive à une augmentation de 1°C de la température peut être estimée à :

$$\frac{\Delta V}{V} = 1,5 \cdot 10^{-4}$$

- L'observation du document 2, permet de faire une évaluation de la profondeur moyenne des océans. En analysant rapidement la coupe proposée par le document on peut l'évaluer à 3 km.
- On admet que le coefficient de dilatation de l'eau salée océanique est comparable à celui estimé ci-dessus. En notant S la surface des océans, on écrit :

$$\frac{S \Delta h}{Sh} \approx 1,5 \cdot 10^{-4}. \text{ On en déduit } \boxed{\Delta h \approx 45 \text{ cm}}$$

Remarque :

Une alternative consiste à évaluer le volume des océans mais il faut connaître la surface d'une sphère.

$$\text{Volume des océans : } V_o = 0,7 \cdot 4\pi R_T^2 h \approx 1,1 \cdot 10^{18} \text{ m}^3$$

$$\text{Augmentation de volume par dilatation : } \Delta V_o = 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot 1,1 \cdot 10^{18} \approx 1,7 \cdot 10^{14} \text{ m}^3$$

$$\text{Augmentation de la hauteur qui en résulte : } \Delta h \approx \frac{\Delta V_o}{0,7 \cdot 4\pi R_T^2} \approx 0,45 \text{ m}. \text{ On constate une certaine maladresse}$$

dans cette méthode car une simplification par la surface n'est pas vue mais le principe est compris, on pourra éventuellement ici suggérer lors de la correction une amélioration à la solution proposée.

3.

Le phénomène ne semble pas négligeable : si l'amplitude du réchauffement climatique s'accroissait au cours du XXI^{ème} siècle, l'effet de dilatation des océans pourrait être à même de menacer certaines littorales. Mais il faut fortement nuancer le résultat : la totalité de l'eau océanique n'est probablement pas affectée par l'effet de dilatation. S'il s'agit seulement de l'eau en surface, l'effet est donc sans aucun doute nettement moindre !

Bien entendu d'autres facteurs interviennent dans l'étude de l'augmentation du niveau de la mer.

Fiche 4 – Exemples d'indicateurs de réussite

S'approprier	<p>La grandeur Δh à déterminer pour répondre au problème est citée Les grandeurs ΔT et h peuvent être déterminées à partir des documents 1 et 2. Le document 3 fait le lien entre V et h donc entre ΔV et Δh</p>
Analyser	<p>Les différentes étapes de la résolution sont clairement exposées : Par exemple, les étapes suivantes sont citées : calculer $\Delta V/V$ pour la variation de température donnée par le document 1 estimer le niveau moyen des océans à partir du document 2 établir une relation entre h et $\Delta V/V$</p>
Réaliser	<p>L'estimation de l'élévation de température au cours du XX^{ème} siècle est effectuée convenablement. Le niveau moyen des océans est estimé à partir du document 2 La relation $\Delta h = h \frac{\Delta V}{V}$ est établie et utilisée pour calculer Δh. Le résultat est correct.</p>
Valider	<p>L'hypothèse simplificatrice (échauffement global des océans) est évoquée. D'autres sources d'élévation du niveau des océans sont évoquées</p>
Communiquer	<p>Un vocabulaire scientifique correct est utilisé. Le résultat est donné avec un nombre de chiffres significatifs correct compte-tenu du modèle utilisé.</p>

Résolution de problème : Voiture en mouvement

Niveau : **Terminale S (enseignement spécifique)**
Thème : **Observer (lois et modèles)**
Activité expérimentale : **oui**
Origine du sujet : **GRIESP**

Programme de Terminale S

Notions et contenus	Compétences exigibles
Propriétés des ondes	
Effet Doppler	<i>Mettre en œuvre une démarche expérimentale pour mesurer une vitesse en utilisant l'effet Doppler.</i>

Description du document

Une version unique d'une résolution de problème à caractère expérimental.

Compétences	Version 1 (niveau « confirmé »)
S'approprier (APP)	1
Analyser (ANA)	2
Réaliser (REA)	3
Valider (VAL)	2
Communiquer (COM)	1

Analyse des différentes versions de la résolution de problème

Cette version est une version « confirmé ». Pour que la recherche d'une démarche de résolution soit au cœur des objectifs de travail, les élèves doivent disposer d'une bonne maîtrise des logiciels Audacity et REGRESSI pour ne pas se trouver freinés par une appropriation insuffisante de ces logiciels et se trouver dans l'impossibilité d'imaginer le traitement d'informations qu'ils pourraient en espérer. La réalisation des calculs algébriques demande une maîtrise suffisante de l'outil mathématique. C'est donc la compétence réaliser qui est ici le plus fortement mobilisée. La compétence s'approprier est particulièrement simple car la présence du fichier son et du document sur l'effet Doppler oriente les élèves.

Déroulement de l'activité

L'élève reçoit l'énoncé (fiche 1).

Il dispose d'un ordinateur avec Audacity, Regressi ainsi que le fichier son du klaxon de la voiture en mouvement.

Au cours de son raisonnement, en cas de blocage, l'élève peut faire appel à des aides, décrites dans la fiche 2.

Des éléments de réponses sont donnés dans la fiche 3 pour le professeur.

La fiche 4 donne des exemples d'indicateurs de réussite permettant à l'enseignant d'évaluer cette activité par compétences s'il le souhaite.

Fiche 1 - Enoncé du sujet

Version 1 : niveau « Confirmé »

Document 1

Les limitations de vitesse

Hors agglomération

La vitesse des véhicules ne doit pas dépasser :

- 130 km/h sur autoroute.
- 110 km/h sur les routes à deux chaussées séparées par un terre-plein central.
- 90 km/h sur les autres routes.

Par temps de pluie ainsi que pour les titulaires d'un permis depuis moins de 2 ans, ces vitesses sont réduites :

- 110 km/h sur autoroute.
- 100 km/h sur les routes à deux chaussées séparées par un terre-plein central.
- 80 km/h sur les autres routes.

(Code de la route, articles R 413-2 et R 413-5)

De plus, sur autoroute, il est interdit de rouler sur la voie la plus à gauche à une vitesse inférieure à 80 km/h *(Code de la route, article R 413-19)*.

En ville

La vitesse est limitée à 50 km/h et peut être abaissée à 30 km/h par les autorités locales. Cette limite peut être relevée à 70 km/h sur les sections de routes où les accès des riverains et les traversées des piétons sont en nombre limité et sont protégés par des dispositifs appropriés *(Code de la route, article R 413-3)*.

La tolérance est de 5 km/h pour les vitesses inférieures à 100 km/h *(arrêté du 07 janvier 1991)*. Le conducteur d'un véhicule roulant à 95 km/h sur une route départementale par temps sec n'est pas verbalisé.

Document 2

L'effet Doppler

Quand une source sonore est en mouvement par rapport à un observateur, la fréquence de l'onde perçue par l'observateur est différente de la fréquence de l'onde émise par la source. Cette modification de la fréquence constitue **l'effet Doppler**.

La vitesse radiale de la source v_S (composante de la vitesse dans la direction source observateur) peut être calculée à partir de l'une des deux relations suivantes :

$$v_S = v \left(\frac{f_A - f}{f_A} \right) \text{ quand la source s'approche ; } v_S = v \left(\frac{f - f_E}{f_E} \right) \text{ quand la source s'éloigne}$$

avec : v : célérité de l'onde sonore : $v = 340 \text{ m.s}^{-1}$

f : fréquence d'émission de la source.

f_A : fréquence du son perçu par l'observateur quand la source s'approche.

f_E : fréquence du son perçu quand la source s'éloigne.

Document 3

Réalisation de l'enregistrement

L'enregistrement du klaxon d'un véhicule, roulant à vitesse constante, a été réalisé par temps sec sur la route départementale D 973 entre la sortie du virage et le chemin de Javage, en plaçant un magnétophone à mi-chemin sur le bas-côté de la route.

Cet enregistrement sonore est téléchargeable sur le même site que le document.

Au début et à la fin de l'enregistrement, on peut considérer que la direction de la vitesse du véhicule et la direction véhicule magnétophone sont confondues (la vitesse du véhicule est égale à la vitesse radiale de la source sonore).



Question :

Le conducteur du véhicule est-il en infraction vis-à-vis du code de la route ?
Valider votre réponse.

Fiche 2 - Aides à la résolution du problème

S'approprier le problème

Quelle grandeur faut-il déterminer pour répondre au problème posé ?
Quelle(s) méthode(s) peut-on utiliser pour déterminer la valeur de cette grandeur ?

Etablir une stratégie de résolution (analyser)

Quelles grandeurs doit-on mesurer pour utiliser les formules données dans le document 2 ?
Quelles parties du fichier son faut-il exploiter pour déterminer ces deux fréquences ?

Mettre en œuvre la stratégie (réaliser)

Utiliser Audacity et Regressi pour déterminer les deux fréquences.
A partir des formules données dans le document 2, établir une relation entre v_S , v , f_A et f_E .
Calculer v_S puis conclure.

Avoir un regard critique sur les résultats obtenus (valider)

Comment, à partir du document 3 peut-on vérifier que la vitesse trouvée est correcte ?
Quel document permet de déterminer la durée de l'enregistrement ?
Quel document permet de déterminer la longueur parcourue pendant l'enregistrement ?
Quelle relation permet de calculer v à partir de ces deux grandeurs ?
La vitesse déterminée par effet Doppler est-elle correcte ?

Fiche 3 – Eléments de réponses

S'approprier le problème

S'approprier le problème

Identifier les grandeurs physiques pertinentes.

La grandeur à déterminer pour répondre au problème posé est la vitesse de la voiture.

Les documents 2 et 3 permettent de calculer la vitesse :

- en utilisant l'effet Doppler (document 2)
- en utilisant la relation $v = L/\Delta t$ (document 3). Cette méthode peu précise car la distance parcourue est approximative, peut permettre de valider la valeur obtenue par effet Doppler.

Etablir une stratégie de résolution (analyser)

Analyser

Organiser et exploiter ses connaissances et les informations extraites.

Il faut commencer par déterminer la fréquence du son enregistré quand la voiture s'approche, notée f_A puis la fréquence du son enregistré quand la voiture s'éloigne notée f_E . Pour que la vitesse radiale de la source corresponde à la vitesse de la voiture, on prendra un échantillon de l'enregistrement au début puis à la fin. On calcule ensuite à l'aide des formules données dans le document 2 la vitesse radiale de la source donc la vitesse de la voiture. Pour cela, il faut éliminer f entre les deux relations car la fréquence d'émission de la source est inconnue. On valide ensuite notre résultat à l'aide de l'échelle fournie sur le plan du document 3.

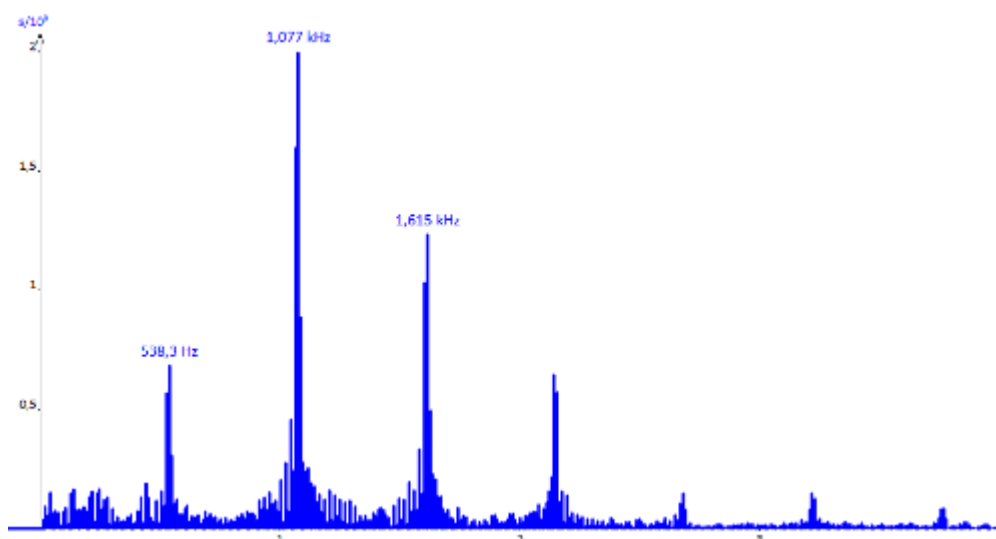
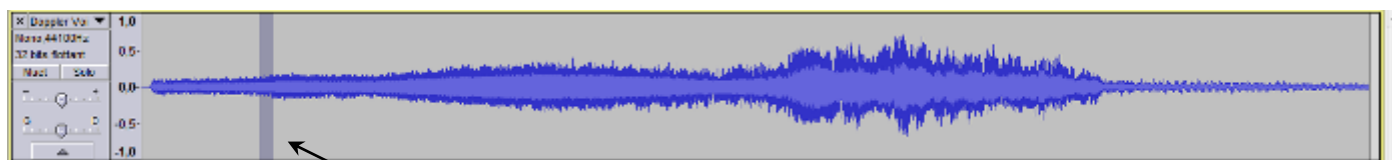
Mettre en œuvre la stratégie (réaliser)

Réaliser

Mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée.

Pour déterminer la fréquence du son enregistré quand la voiture s'approche, on utilise Audacity. On prélève un petit échantillon de la bande son qu'on analyse avec Regressi. On peut :

- soit mesurer la période et en déduire la fréquence ;
- soit réaliser le spectre en fréquence (méthode retenue ici).



On trouve $f_A = 538$ Hz

En procédant de la même manière avec un échantillon de la bande son prélevé vers la fin de l'enregistrement, on trouve $f_E = 474$ Hz

Remarque : l'enregistrement est beaucoup moins bon à la fin car bruité par le souffle de l'air déplacé par la voiture.

$$\frac{v_S}{v} = \left(\frac{f_A - f}{f_A} \right) \Rightarrow v_S f_A = v f_A - v f \Rightarrow v f = f_A (v - v_S)$$

On obtient de même : $v f = f_E (v + v_S)$

En égalant les deux égalités, on obtient : $v_S = v \frac{f_A - f_E}{f_A + f_E}$

Application numérique : $v_S = 340 \times \frac{538 - 474}{538 + 474} = 21,5 \text{ m.s}^{-1} = 77,4 \text{ km.h}^{-1}$

Cette vitesse étant largement inférieure à la vitesse limite autorisée hors agglomération, par temps sec, on peut conclure que le conducteur n'est pas en infraction.

Avoir un regard critique sur les résultats obtenus (valider)

Valider	<i>Comparer le résultat obtenu avec le résultat d'une autre approche (mesure expérimentale donnée ou déduite d'un document joint, simulation numérique...).</i>
----------------	---

Le document 3 permet de vérifier si le résultat précédent est juste.

En effet, l'échelle du plan fourni permet de déterminer approximativement la distance qui sépare la fin du virage de l'intersection avec le chemin de Javage.

20 mm ↔ 80 m

16 mm ↔ $L = \frac{80 \times 16}{20} = 64 \text{ m}$

Audacity permet de déterminer la durée de l'enregistrement : $\Delta t = 3,00 \text{ s}$

On obtient donc : $v = \frac{64}{3,00} = 21 \text{ m.s}^{-1}$ ce qui valide notre résultat.

Fiche 4 – Exemples d'indicateurs de réussite

S'approprier	La vitesse est citée comme grandeur à déterminer L'effet Doppler est cité comme moyen de la déterminer
Analyser	Les fréquences perçues quand la voiture s'approche et quand elle s'éloigne sont les grandeurs à calculer. Il faut utiliser le fichier son à ses deux extrémités pour les calculer Il faut éliminer la fréquence d'émission en combinant les deux relations du document 2 pour calculer la vitesse.
Réaliser	Les logiciels Audacity et Regressi sont utilisés convenablement. Le fichier son est utilisé, à chaque extrémité, pour déterminer les deux fréquences La relation entre les fréquences enregistrées, la vitesse de la source et la célérité des ondes sonores est correctement établie. Le calcul de la vitesse et la conclusion sont justes.
Valider	Il est noté qu'il faut calculer la vitesse de manière indépendante pour valider le résultat. Le document 3 est utilisé pour déterminer la distance parcourue pendant l'enregistrement. Le fichier son est utilisé pour déterminer la durée de l'enregistrement.
Communiquer	

Résolution de problème : L'octobasse

Niveau : **Terminale S Spécialité Physique**
Thème : **Son et musique**
Activité expérimentale : **non**
Origine du sujet : **sujet du baccalauréat donné en septembre 2013 en métropole**

Programme de Spécialité Physique en Terminale S

Domaines d'étude	Mots-clés
Instruments de musique	Instruments à cordes, à vent et à percussion. Acoustique musicale ; gammes ; harmonies.

Description du document

Plusieurs versions d'une même résolution de problème sont proposées avec des niveaux de difficulté différents.

Compétences	Niveaux de difficulté		
	Version 1 (niveau « confirmé »)	Version 2 (niveau « confirmé »)	Version 3 (niveau « expert »)
S'approprier (APP)	4	3	4
Analyser (ANA)	3	3	4
Réaliser (REA)	2	2	4
Valider (VAL)	1	1	1
Communiquer (COM)	2	2	3

Analyse des différentes versions de la résolution de problème

La **version 1** est le sujet du baccalauréat donné en septembre 2013 en métropole. Ce sujet présente des difficultés assez importantes pour les élèves, surtout concernant :

- l'appropriation des documents (présence de données inutiles, vocabulaire utilisé dans l'énoncé compliqué...);
- l'analyse du problème (par exemple, une donnée, exigible dans l'enseignement spécifique de Terminale S, est manquante dans l'énoncé).

La **version 2** du problème présente également des difficultés pour les élèves mais le sujet a été un peu simplifié par rapport à la version 1 :

- en proposant davantage de questions préalables ;
- en supprimant les données inutiles ;
- en ajoutant la donnée manquante dans un des documents.

La **version 3** du problème est très difficile et ce sujet est réservé aux élèves ayant un goût marqué et/ou des facilités pour ce type d'activité. En effet, l'énoncé du sujet contient des données manquantes et des données inutiles supplémentaires alors que les questions préalables ont été supprimées. De plus, la résolution du problème nécessite de mener à bien une analyse dimensionnelle.

Déroulement de l'activité

L'élève reçoit l'énoncé (fiche 1).

Au cours de son raisonnement, en cas de blocage, l'élève peut faire appel à des aides, décrites dans la fiche 2.

Des éléments de réponses sont donnés dans la fiche 3 pour le professeur.

La fiche 4 donne des exemples d'indicateurs de réussite permettant à l'enseignant d'évaluer cette activité par compétences s'il le souhaite.

Fiche 1 - Enoncé du sujet

Version 1 : niveau « confirmé », sujet donné au baccalauréat

L'histoire de la contrebasse remonte à la création de la famille des violons au XVI^{ème} siècle en Italie. La recherche d'instruments à cordes avec ce timbre particulier mais capables de jouer des notes plus graves a conduit à l'élaboration de la contrebasse puis de l'octobasse. En 2010 l'atelier de lutherie de Mirecourt de J.J. Pagès a reproduit à l'identique l'octobasse.



L'objectif de cet exercice est de répondre au problème que se pose le luthier : comment peut-il produire des notes de plus en plus graves avec l'instrument qu'il fabrique, l'octobasse ?

Pour répondre aux questions suivantes, vous vous aiderez des trois documents ci-dessous.

Résolution de problème

Questions préalables

Donner la relation liant la fréquence f du mode de vibration fondamental, la longueur de la corde L et la célérité v de l'onde sur la corde. Montrer que cette relation peut s'écrire : $f = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$.

Le son le plus grave de la contrebasse jouant à vide est un mi_0 . La longueur de la corde émettant cette note vaut $L_0 = 1,05$ m. On souhaite construire une octobasse qui puisse émettre la note do_{-1} .

En faisant l'hypothèse que l'octobasse possède une corde de même masse linéique et de même tension que la corde « mi_0 » de la contrebasse, que peut-on dire de la longueur de la corde L_1 de l'octobasse nécessaire pour émettre la note do_{-1} ? À quelle difficulté se trouve confronté le luthier ?

Problème

En s'affranchissant de l'hypothèse précédente, quelle(s) solution(s) technique(s) le luthier peut-il proposer pour que, en respectant le cahier des charges (document 3), une même corde de l'octobasse puisse émettre un do_{-1} et aussi un $ré_{-1}$?

Remarques : l'analyse des données ainsi que la démarche suivie sont évaluées et nécessitent d'être correctement présentées. Les calculs numériques seront menés à leur terme avec rigueur.

Document 1. Quelques informations

Une corde de longueur L vibrant dans son mode fondamental vérifie la relation :

$$L = \frac{\lambda}{2} \text{ avec } \lambda : \text{longueur d'onde de la vibration de la corde.}$$

La célérité v de l'onde sur la corde est liée à la tension T imposée à la corde et à sa masse linéique μ par la relation :

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \text{ avec } T \text{ en N et } \mu \text{ en kg.m}^{-1}$$

Le domaine du spectre audible pour l'homme va de 20 Hz à 20 kHz.

Document 2. Fréquences de quelques notes dans la gamme tempérée

Fréquences des notes (Hz)			
Numéro d'octave	-1	0	1
do (ut)	16,3	32,7	65,4
ré	18,3	36,7	73,4
mi	20,6	41,2	82,4
fa	21,8	43,6	87,3
sol	24,5	49,0	98,0
la	27,5	55,0	110
si	30,9	61,7	123

Les cordes d'un instrument sont nommées d'après la note qu'elles émettent dans le mode fondamental, quand elles sont pincées à vide.

Document 3. Cahier des charges de l'octobasse d'après le luthier

L'octobasse possède 3 cordes jouant respectivement les notes do_{-1} , sol_{-1} et do_0 et sa taille est d'environ 4 m. La longueur des cordes est de 2,18 m (longueur à vide). L'instrument est si grand que le musicien doit monter sur un escabeau pour frotter les cordes avec un archer. Le musicien peut manipuler, à l'aide de manettes, sept doigts métalliques qui réduisent la longueur des cordes pour jouer les différentes notes.



Version 2 : niveau « confirmé », version plus facile que la version 1

L'histoire de la contrebasse remonte à la création de la famille des violons au XVI^{ème} siècle en Italie. La recherche d'instruments à cordes avec ce timbre particulier mais capables de jouer des notes plus graves a conduit à l'élaboration de la contrebasse puis de l'octobasse. En 2010 l'atelier de lutherie de Mirecourt de J.J. Pagès a reproduit à l'identique l'octobasse.

L'objectif de cet exercice est de répondre au problème que se pose le luthier : comment peut-il produire des notes de plus en plus graves avec l'instrument qu'il fabrique, l'octobasse ?



Pour répondre aux questions suivantes, vous vous aiderez des deux documents ci-dessous.

Résolution de problème

Questions préalables

Répondre aux questions suivantes :

Quelle est la relation liant la fréquence f du mode de vibration fondamental, la longueur de la corde L et la célérité v de l'onde sur la corde ?

Quelle est la longueur à vide des cordes de l'octobasse ?

A quoi servent les doigts métalliques dans une octobasse ?

Le son le plus grave de la contrebasse jouant à vide est un mi_0 , de fréquence $f_0 = 41,2$ Hz. La longueur de la corde émettant cette note vaut $L_0 = 1,05$ m. On souhaite construire une octobasse qui puisse émettre la note do_{-1} .

En faisant l'hypothèse que l'octobasse possède une corde de même masse linéique et de même tension que la corde « mi_0 » de la contrebasse, que peut-on dire de la longueur de la corde L_1 de l'octobasse nécessaire pour émettre la note do_{-1} , de fréquence $f_{do_{-1}} = 16,3$ Hz ? À quelle difficulté se trouve confronté le luthier ?

Problème

En s'affranchissant de l'hypothèse précédente, quelle(s) solution(s) technique(s) le luthier peut-il proposer pour que, en respectant le cahier des charges (document 2), une même corde de l'octobasse puisse émettre un do_{-1} (de fréquence $f_{do_{-1}} = 16,3$ Hz) et aussi un $ré_{-1}$ (de fréquence $f_{ré_{-1}} = 18,3$ Hz) ?

Remarques : l'analyse des données ainsi que la démarche suivie sont évaluées et nécessitent d'être correctement présentées. Les calculs numériques seront menés à leur terme avec rigueur.

Document 1. Quelques informations

Une corde de longueur L vibrant dans son mode fondamental vérifie la relation :

$$L = \frac{\lambda}{2} \text{ avec } \lambda : \text{longueur d'onde de la vibration de la corde.}$$

La célérité v de l'onde sur la corde est liée à la tension T imposée à la corde et à sa masse linéique μ par la relation :

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \text{ avec } T \text{ en N et } \mu \text{ en kg.m}^{-1}$$

Ainsi, la relation liant la fréquence f du mode de vibration fondamental, la longueur de la corde L et la célérité v de l'onde sur la corde peut s'écrire : $f = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$.

$$\left(\text{car } f = \frac{v}{\lambda} \text{ et } L = \frac{\lambda}{2} ; \text{ donc } f = \frac{v}{2L} = \frac{1}{2L} \times \sqrt{\frac{T}{\mu}} \text{ étant donné que } v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \right)$$

Document 2. Cahier des charges de l'octobasse d'après le luthier

L'octobasse possède 3 cordes de longueur à vide 2,18 m.

Le musicien peut manipuler, à l'aide de manettes, sept doigts métalliques qui réduisent la longueur des cordes pour jouer les différentes notes.

doigts métalliques

manettes



Version 3 : niveau « expert »

L'histoire de la contrebasse remonte à la création de la famille des violons au XVI^{ème} siècle en Italie. La recherche d'instruments à cordes avec ce timbre particulier mais capables de jouer des notes de plus en plus graves a conduit à l'élaboration de la contrebasse puis de l'octobasse. En 2010 l'atelier de lutherie de Mirecourt de J.J. Pagès a reproduit à l'identique l'octobasse.



Le luthier peut-il utiliser les mêmes cordes pour fabriquer une contrebasse ou une octobasse ?

Quelle(s) solution(s) technique(s) le luthier peut-il proposer pour que, en respectant le cahier des charges (document 3), une même corde de l'octobasse puisse émettre un do₋₁ et aussi un ré₋₁ ?

Pour répondre à cette problématique, vous vous aiderez des trois documents suivants.

Remarques : l'analyse des données ainsi que la démarche suivie sont évaluées et nécessitent d'être correctement présentées. Les calculs numériques seront menés à leur terme avec rigueur.

Document 1. Quelques informations

Une corde de longueur L vibrant dans son mode fondamental vérifie la relation :

$$L = \frac{\lambda}{2} \text{ avec } \lambda : \text{longueur d'onde de la vibration de la corde.}$$

La célérité v de l'onde sur la corde dépend uniquement de la tension T (en N) imposée à la corde et de sa masse linéique μ (en kg.m^{-1}).

La célérité c d'une onde sonore dans l'air vaut 340 m.s^{-1} .

Le domaine du spectre audible pour l'homme va de 20 Hz à 20 kHz.

Document 2. Fréquences de quelques notes dans la gamme tempérée

Fréquences des notes (Hz)

Numéro d'octave	-1	0	1
do (ut)	16,3	32,7	65,4
ré	18,3	36,7	73,4
mi	20,6	41,2	82,4
fa	21,8	43,6	87,3
sol	24,5	49,0	98,0
la	27,5	55,0	110
si	30,9	61,7	123

Les cordes d'un instrument sont nommées d'après la note qu'elles émettent dans le mode fondamental, quand elles sont pincées à vide.

Document 3. Cahier des charges de l'octobasse et de la contrebasse d'après le luthier

L'octobasse possède 3 cordes jouant respectivement les notes do_{-1} , sol_{-1} et do_0 et sa taille est d'environ 4 m. La longueur des cordes est de 2,18 m (longueur à vide). L'instrument est si grand que le musicien doit monter sur un escabeau pour frotter les cordes avec un archer. Le musicien peut manipuler, à l'aide de manettes, sept doigts métalliques qui réduisent la longueur des cordes pour jouer les différentes notes.

Le son le plus grave de la contrebasse jouant à vide est un mi_0 . La longueur de la corde émettant cette note vaut 1,05 m.

doigts
métalliques

manettes



Fiche 2 - Aides à la résolution du problème

L'ordre des questions préalables ne correspond pas forcément à un schéma de résolution précis. Il est possible et même souhaitable que les élèves fassent des allers-retours entre les différentes étapes de résolution.

Question préalable n° 1 (aide pour la version 1) :

Rechercher dans les documents la formule entre v , T et μ et relier la à la relation entre f , L et v .	ANA
---	-----

Question préalable n° 2 (aides pour les versions 1 et 2) :

Quelles sont les fréquences des notes mi_0 et do_{-1} ? Pour comprendre à quelle difficulté se trouve confronté le luthier, lire le cahier des charges de l'octobasse.	APP
Quelles grandeurs ne varient pas dans la formule $f = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$ quand on s'intéresse à la contrebasse puis à l'octobasse ? Dans le cadre de l'hypothèse faite dans cette question, montrer que $f = \frac{k}{L}$ avec k une constante de même valeur pour les deux instruments de musique différents.	ANA

Problème (aides pour les versions 1, 2 et 3) :

Reformuler le problème posé en expliquant que le luthier peut utiliser des cordes différentes pour la contrebasse et l'octobasse. Quelles sont les fréquences des notes do_{-1} et $ré_{-1}$? Quelle est la longueur des cordes de l'octobasse ? Pour une corde donnée, quelle est la formule liant la longueur de la corde à la fréquence de la note jouée ? A quoi sert un doigt métallique d'une octobasse ?	APP
Essayer d'écrire un « protocole » de résolution même si vous n'arrivez pas à résoudre le problème. Quelles grandeurs le luthier peut-il modifier dans la formule $f = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$ pour qu'une corde de l'octobasse puisse jouer la note do_{-1} ? Dans quel sens varient ces grandeurs par rapport à celles de la corde de la contrebasse ?	ANA

Aides pour la version 3 uniquement :

Les notes les plus graves jouées avec la contrebasse sont-elles plus graves, plus aiguës ou identiques que les notes jouées avec une octobasse ? Comparer sur la photo les longueurs des cordes de l'octobasse et de la contrebasse. Quelle est la fréquence de la note mi_0 ?	APP
Les notes les plus graves jouées avec la contrebasse ont-elles une fréquence plus élevée, égale ou inférieure à celle des notes jouées avec une octobasse ? Donner la relation liant la fréquence f du mode de vibration fondamental, la longueur de la corde L et la célérité v de l'onde sur la corde.	ANA
Montrer par analyse dimensionnelle que la célérité v de l'onde sur la corde est liée à la tension T imposée à la corde et à sa masse linéique μ par la relation : $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$. Montrer que la fréquence f du mode de vibration fondamental est liée par la longueur de la corde L , la tension T imposée à la corde et à sa masse linéique μ par la relation : $f = \frac{1}{2L} \times \sqrt{\frac{T}{\mu}}$.	REA

Fiche 3 – Éléments de réponses

Question préalable n° 1

Version 1 :

Analyser Déterminer et énoncer les lois physiques qui seront utilisées.

D'après le programme de l'enseignement spécifique en Terminale S, $f = \frac{v}{\lambda}$.

S'approprier Extraire l'information utile.

D'après le document 1, $L = \frac{\lambda}{2}$ et $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$.

Analyser Organiser et exploiter ses connaissances ou les informations extraites.

D'après les données précédentes, $L = \frac{\lambda}{2}$ donc $f = \frac{v}{2L}$ et $f = \frac{1}{2L} \times \sqrt{\frac{T}{\mu}}$ étant donné que $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$.

Version 2 :

S'approprier Extraire l'information utile.

D'après le document 1, $f = \frac{v}{2L}$.

D'après le document 2, la longueur à vide de l'octobasse est 2,18 m et ses doigts métalliques permettent de réduire la longueur des cordes pour jouer les différentes notes.

Question préalable n° 2

Version 1 :

S'approprier Extraire l'information utile.

D'après l'énoncé de la deuxième question préalable, la corde de l'octobasse et sa tension sont identiques à celles de la contrebasse.

D'après le document 2, $f_0 = 41,2$ Hz et $f_{do-1} = 16,3$ Hz.

Analyser Organiser et exploiter ses connaissances ou les informations extraites.

Si la corde de l'octobasse et sa tension étaient identiques à celles de la contrebasse, la longueur L_{-1} de la corde du do_{-1} devrait vérifier : $L_{-1} \times f_{do-1} = L_0 \times f_0$ donc $L_{-1} = L_0 \times f_0 / f_{do-1}$.

Réaliser Savoir mener efficacement les calculs analytiques et la traduction numérique.
Mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée.

Comme $f_0 > f_{do-1}$, la corde de l'octobasse doit être plus longue que L_0 .

On trouve finalement que : $L_{-1} = 1,05 \times 41,2 / 16,3 = 2,65$ m.

S'approprier Extraire l'information utile.

D'après le document 3, la longueur des cordes de l'octobasse est de 2,18 m.

Valider Comparer le résultat obtenu avec le résultat d'une autre approche (mesure expérimentale donnée ou déduite d'un document joint, simulation numérique...).

La longueur des cordes de l'octobasse étant de 2,18 m, la note do_{-1} ne peut pas être obtenue dans cette hypothèse ($L_{-1} = 2,65$ m).

Version 2 :

Les éléments de réponse de la version 2 sont identiques à ceux de la version 1. L'appropriation des informations utiles est toutefois facilitée dans cette version car il n'est plus nécessaire de rechercher les valeurs des fréquences des notes dans les documents.

Problème

Versions 1 et 2 :

Obtention du do₁ avec une octobasse

S'approprier	<i>Extraire l'information utile.</i>
---------------------	--------------------------------------

D'après l'énoncé du problème, on s'affranchit de l'hypothèse précédente, c'est-à-dire que l'on ne considère plus que la corde de l'octobasse et sa tension sont identiques à celles de la contrebasse.

De plus, d'après le cahier des charges (document 3), la longueur des cordes de l'octobasse est fixée à 2,18 m : on ne considère donc pas dans ce problème que ce paramètre est ajustable.

Analyser	<i>Organiser et exploiter ses connaissances ou les informations extraites.</i>
-----------------	--

Cette longueur est inférieure à celle que l'on a calculée dans la question précédente. D'après la formule

$f = \frac{1}{2L} \times \sqrt{\frac{T}{\mu}}$, ceci a tendance à provoquer une augmentation de la fréquence du fondamental de la note, et

donc à rendre la note plus aigue qu'un mi₀ si rien n'est fait pour la tension et/ou la masse linéique de la corde.

$$f = \frac{1}{2L} \times \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

Ainsi, toujours d'après la formule , pour diminuer f et atteindre le fondamental du do₁, le luthier peut diminuer la tension T de la corde et/ou augmenter sa masse linéique.

Obtention du ré₁ avec une octobasse

S'approprier	<i>Extraire l'information utile.</i>
---------------------	--------------------------------------

Le ré₁ doit être obtenu avec la même corde. Le document 3 explique qu'un doigt métallique permet de réduire la longueur de cette corde.

Analyser	<i>Elaborer une version simplifiée de la situation en explicitant les choix des hypothèses faites. Organiser et exploiter ses connaissances ou les informations extraites.</i>
-----------------	--

Le doigt métallique doit être situé à une distance précise de l'extrémité de la corde. On fait l'hypothèse que la tension de la corde n'est quasiment pas modifiée. La masse linéique n'est pas modifiée.

En reprenant le raisonnement des questions préliminaires, on obtient : $L_{ré-1} = L_{do-1} \times f_{do-1} / f_{ré-1}$.

Réaliser	<i>Savoir mener efficacement les calculs analytiques et la traduction numérique. Mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée.</i>
-----------------	--

$L_{ré-1} = L_{do-1} \times 16,3 / 18,3 = 1,94$ m donc le doigt métallique doit être placé à $2,18 - 1,94 = 0,24$ m du haut de la corde.

Version 3 :

Utilisation de cordes différentes pour fabriquer une contrebasse ou une octobasse

Analyser	Déterminer et énoncer les lois physiques qui seront utilisées.
-----------------	--

D'après le programme de l'enseignement spécifique en Terminale S, $f = \frac{v}{\lambda}$.

S'approprier	Extraire l'information utile.
---------------------	-------------------------------

D'après le document 1, $L = \frac{\lambda}{2}$.

D'après le document 1, la célérité v de l'onde sur la corde dépend uniquement de la tension T imposée à la corde et de sa masse linéique μ .

Analyser	Proposer une méthode permettant de résoudre le problème posé.
-----------------	---

Il faut réussir à relier les différentes grandeurs entre elles (f , L , T , μ).

Pour cela, il faut notamment mener une analyse dimensionnelle.

Réaliser	Mener une analyse dimensionnelle à son terme.
-----------------	---

D'après une analyse dimensionnelle, on peut montrer que $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$.

Analyser	Organiser et exploiter ses connaissances ou les informations extraites.
-----------------	---

D'après les données précédentes, $L = \frac{\lambda}{2}$ donc $f = \frac{v}{2L}$ et $f = \frac{1}{2L} \times \sqrt{\frac{T}{\mu}}$ étant donné que $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$.

S'approprier	Extraire l'information utile.
---------------------	-------------------------------

D'après le document 2, $f_{mi0} = 41,2$ Hz et $f_{do-1} = 16,3$ Hz.

Analyser	Organiser et exploiter ses connaissances ou les informations extraites.
-----------------	---

Si la corde de l'octobasse et sa tension étaient identiques à celles de la contrebasse, la longueur L_{-1} de la corde du do_{-1} de l'octobasse devrait vérifier : $L_{-1} \times f_{do-1} = L_0 \times f_{mi0}$ (avec L_0 la longueur de la corde de la contrebasse).

Ainsi, $L_{-1} = L_0 \times f_{mi0} / f_{do-1}$.

Réaliser	Savoir mener efficacement les calculs analytiques et la traduction numérique. Mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée.
-----------------	--

Comme $f_{mi0} > f_{do-1}$, la corde de l'octobasse doit être plus longue que L_0 .

On trouve finalement que : $L_{-1} = 1,05 \times 41,2 / 16,3 = 2,65$ m.

S'approprier	Extraire l'information utile.
---------------------	-------------------------------

D'après le document 3, la longueur des cordes de l'octobasse est de 2,18 m.

Valider	Comparer le résultat obtenu avec le résultat d'une autre approche (mesure expérimentale donnée ou déduite d'un document joint, simulation numérique...).
----------------	--

La longueur des cordes de l'octobasse étant de 2,18 m, la note do_{-1} ne peut pas être obtenue si le luthier utilise les mêmes cordes pour fabriquer une contrebasse ou une octobasse ($L_{-1} = 2,65$ m).

Obtention du do_{-1} et du $ré_{-1}$ avec une octobasse

Les éléments de réponse de la version 3 sont identiques à ceux des versions 1 et 2.

Fiche 4 – Exemples d'indicateurs de réussite

S'approprier	<p>La relation $L \times f = \text{constante}$ est mobilisée (<i>versions 1 et 2</i>).</p> <p>Les valeurs des fréquences des notes sont extraites des documents.</p> <p>La question des différentes longueurs des cordes de la contrebasse et de l'octobasse est soulevée.</p> <p>Le ré₋₁ doit être obtenu avec la même corde que le do₋₁ grâce au doigt métallique de l'octobasse. Ce doigt métallique permettant de réduire la longueur de la corde doit être situé à une distance précise de l'extrémité de la corde. La masse linéique de la corde n'est pas modifiée et la tension quasiment pas.</p>
Analyser	<p>Le lien est correctement fait entre les connaissances et les informations des documents pour arriver à l'expression $f = \frac{1}{2L} \times \sqrt{\frac{T}{\mu}}$ (<i>version 1</i>).</p> <p>La formule $f = \frac{1}{2L} \times \sqrt{\frac{T}{\mu}}$ peut être trouvée par analyse dimensionnelle (<i>version 3</i>).</p> <p>Pour jouer un do₋₁ avec une corde plus courte, le luthier peut diminuer la tension T de la corde et/ou augmenter sa masse linéique.</p> <p>Les modifications qualitatives nécessaires de T et μ pour atteindre le do₋₁ sont justifiées correctement à partir des relations précédentes.</p> <p>Le raisonnement conduisant à $L_{\text{ré-1}}$ et à la position du doigt métallique est satisfaisant.</p>
Réaliser	<p>On trouve que : $L_{-1} = 1,05 \times 41,2 / 16,3 = 2,65 \text{ m}$.</p> <p>L'analyse dimensionnelle permettant de retrouver $f = \frac{1}{2L} \times \sqrt{\frac{T}{\mu}}$ est correctement menée (<i>version 3</i>).</p> <p>Les calculs numériques de $L_{\text{ré-1}}$ et de la position du doigt sont satisfaisants.</p> <p>Les résultats sont donnés avec un nombre de chiffres significatifs et une unité adaptés.</p>
Valider	<p>Les mêmes cordes, avec les mêmes tensions, ne peuvent pas être utilisées pour la contrebasse et pour l'octobasse.</p>
Communiquer	<p>La communication est claire, cohérente avec un vocabulaire scientifique précis.</p> <p>Les calculs sont effectués à partir de formules littérales, dans un langage mathématique correct.</p>

Résolution de problème : Le jet d'eau

Niveau : **terminale**
Thème : **conservation de l'énergie**
Activité expérimentale : **non**
Origine du sujet : **GRIESP**

Programme de terminale

Notions et contenus	Compétences attendues
Temps, mouvement et évolution	
Énergie mécanique.	Analyser les transferts énergétiques au cours d'un mouvement d'un point matériel

Description du document

Plusieurs versions d'une même résolution de problème sont proposées avec des niveaux de difficulté différents.

Compétences	Niveaux de difficulté	
	Version 1 (niveau « confirmé »)	Version 2 (niveau « expert »)
S'approprier (APP)	1	1
Analyser (ANA)	2	4
Réaliser (REA)	3	3
Valider (VAL)	2	3
Communiquer (COM)	2	2

Analyse des différentes versions de la résolution de problème

Dans la **version 1** sont présentes toutes les données nécessaires, et seulement celles-ci. La relation entre puissance et énergie est rappelée car elle n'apparaît pas dans le programme de terminale mais dans celui de première. La résolution du problème est difficile car elle nécessite de mener à bien une analyse dimensionnelle pour déterminer la hauteur.

La **version 2** du problème présente plus de difficultés car certaines données sont manquantes (le champ de pesanteur, la masse volumique de l'eau) et d'autres ne servent pas à la résolution (puissance de l'éclairage).

La relation entre puissance et énergie n'est pas rappelée. La validation du résultat trouvé est un peu plus difficile que dans la version 1 car la hauteur réelle du jet n'est pas spécifiée.

Déroulement de l'activité

L'élève reçoit l'énoncé (fiche 1).

Au cours de son raisonnement, en cas de blocage, l'élève peut faire appel à des aides, décrites dans la fiche 2.

Des éléments de réponses sont donnés dans la fiche 3 pour le professeur.

La fiche 4 donne des exemples d'indicateurs de réussite permettant à l'enseignant d'évaluer cette activité par compétences s'il le souhaite.

Fiche 1 - Enoncé du sujet

Version 1 : niveau « confirmé »



On fournit ci-dessous des informations techniques issues de la fiche touristique de la ville de Genève relative à son célèbre jet d'eau qui culmine à 140 m (cf. photographie) :

Débit : 500 L/s,

Puissance des pompes : 1 MW

On donne la valeur de l'intensité du champ de pesanteur $g=10\text{ms}^{-2}$ et la masse volumique de l'eau $\mu=1,0.10^3\text{kg.m}^{-3}$.

La relation entre puissance et énergie est $P = \frac{E}{\Delta t}$ pendant une durée Δt .

Question :

À l'aide de ces données, retrouver l'ordre de grandeur de la hauteur du jet.

Version 2 : niveau « expert »



On fournit ci-dessous des informations techniques issues de la fiche touristique de la ville de Genève relative à son célèbre jet d'eau (cf. photographie) :

Débit : 500 L/s,

Puissance des pompes : 1 MW,

Puissance de l'éclairage : 9 kW

Question :

À l'aide de ces données, trouver l'ordre de grandeur de la hauteur du jet.

Fiche 2 - Aides à la résolution du problème

L'ordre des questions préalables ne correspond pas forcément à un schéma de résolution précis. Il est possible et même souhaitable que les élèves fassent des allers-retours entre les différentes étapes de résolution.

Parmi les données du problème, lesquelles sont pertinentes ? Leur attribuer un symbole et donner leur valeur numérique dans le système international d'unités (SI).	APP
Quelles sont les grandeurs physiques non précisées qui pourraient être utiles à la résolution du problème ? Leur attribuer un symbole et donner leur valeur numérique dans le système international d'unités (SI). (version 2) Rappeler les expressions de l'énergie potentielle de pesanteur, de l'énergie mécanique. En l'absence de frottement, que vérifie l'énergie mécanique ? À quoi sert l'énergie communiquée par la pompe à une masse m d'eau ? Quelle est la relation qui existe entre puissance et énergie pendant une durée Δt ? (version 2)	ANA
Exprimer l'énergie mécanique d'une masse m d'eau en bas du jet et en haut du jet. On cherche à exprimer le débit massique $\frac{m}{\Delta t}$ où la masse m est éjectée par la pompe pendant la durée Δt . sous la forme $\frac{m}{\Delta t} = D^\alpha \cdot \mu^\delta$ où D est le débit volumique et μ la masse volumique de l'eau. Qu'impose sur les coefficients α et δ l'analyse dimensionnelle de l'expression $\frac{m}{\Delta t} = D^\alpha \cdot \mu^\delta$: en terme de longueur ? en terme de masse ? (version 3)	REA
Dans le cas où des frottements existeraient, quelle influence aurait cette dissipation d'énergie sur la variation d'énergie mécanique ? Que peut-on en déduire concernant la hauteur réelle du jet d'eau, comparativement à la hauteur calculée ?	VAL

Fiche 3 – Éléments de réponses

S'approprier le problème.	Identifier les grandeurs physiques pertinentes, leur attribuer un symbole.
----------------------------------	--

On pose :

le débit $D = 500 \text{ L/s} = 0,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$,

la puissance des pompes $P = 1 \text{ MW} = 1,0 \cdot 10^6 \text{ W}$,

et la hauteur du jet h , à déterminer.

Analyser	Déterminer et énoncer les lois physiques qui seront utilisées. Évaluer quantitativement les grandeurs physiques inconnues et non précisées
-----------------	---

La relation entre puissance et énergie est $P = \frac{E}{\Delta t}$ pendant une durée Δt .

L'énergie communiquée à une masse m d'eau élevée d'une hauteur h pendant une durée Δt est $E = mgh$ en l'absence de frottement où $g = 10 \text{ ms}^{-2}$.

Il s'agit de relier ces deux expressions : $P = \frac{E}{\Delta t} = \frac{m}{\Delta t} gh$ et d'y faire intervenir le débit D et la masse

volumique de l'eau $\mu = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$ et le champ de pesanteur $g = 10 \text{ ms}^{-2}$ plutôt que la masse m et la durée Δt .

Réaliser	Mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée. Savoir mener efficacement les calculs analytiques et la traduction numérique.
-----------------	--

Première méthode : $\frac{m}{\Delta t} = \frac{m}{V} \frac{V}{\Delta t}$ où V est le volume d'eau élevé.

Or $\mu = \frac{m}{V}$ et $D = \frac{V}{\Delta t}$.

Ainsi, $\frac{m}{\Delta t} = \mu D$.

Deuxième méthode : on cherche $\frac{m}{\Delta t}$ sous la forme $\frac{m}{\Delta t} = D^\alpha \cdot \mu^\delta$.

Les unités donnent : pour les secondes : $-1 = -\alpha$ et pour les kilogrammes : $1 = \delta$.

Ainsi, $\frac{m}{\Delta t} = \mu D$.

Dans tous les cas, on trouve : $h = \frac{P}{D \cdot g \cdot \mu} = \frac{10^6}{0,5 \times 10 \times 10^3} = 200 \text{ m}$

Valider	Discuter de la pertinence du résultat trouvé (identification des sources d'erreur, choix des modèles, formulation des hypothèses, ...) Étudier des cas limites plus simples dont la solution est plus facilement vérifiable ou bien déjà connue Proposer d'éventuelles pistes d'amélioration de la démarche de résolution
----------------	---

Version 1 :

La valeur trouvée (200 m) est bien du même ordre de grandeur que la valeur réelle (140 m), mais cette dernière est plus faible du fait des frottements ; des transferts thermiques ; de la dissipation d'énergie.

Versions 2 :

On pourrait estimer la hauteur du jet à un immeuble ayant de nombreux étages (de 3 m environ) d'après la photo.

Fiche 4 – Exemples d'indicateurs de réussite

S'approprier	Les grandeurs pertinentes ont été notées et converties dans le système international.
Analyser	La conservation de l'énergie mécanique a été rappelée, avec l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur. La valeur du champ de pesanteur est donnée dans les unités SI (version 2). La masse volumique de l'eau est donnée dans les unités SI (version 2). La relation entre puissance et énergie a été rappelée (version 2). Le lien entre énergie fournie par la pompe et énergie mécanique d'une masse m d'eau est réalisé.
Réaliser	La conservation de l'énergie est correctement appliquée. La relation entre puissance et énergie est convertie en faisant apparaître le débit et la masse volumique de l'eau.
Valider	La relation trouvée est une borne supérieure du fait des frottements.
Communiquer	La communication est claire, cohérente avec un vocabulaire scientifique précis. Les calculs sont effectués à partir de formules littérales, dans un langage mathématique correct.

Résolution de problème : COMMENT PROTÉGER LA COQUE D'UN BATEAU DE LA CORROSION ?

Niveau : **Terminale S Spécialité Physique**
 Thème : **Matériaux**
 Activité expérimentale : **non**
 Origine du sujet : **sujet du baccalauréat donné en juin 2013 en métropole**

Programme de Spécialité Physique en Terminale S

Domaines d'étude	Mots-clés
Cycle de vie	Corrosion, protection.

Description du document

Plusieurs versions d'une même résolution de problème sont proposées avec des niveaux de difficulté différents.

Compétences	Niveaux de difficulté		
	Version 1 (niveau « débutant »)	Version 2 (niveau « confirmé »)	Version 3 (niveau « expert »)
S'approprier (APP)	2	3	4
Analyser (ANA)	2	3	4
Réaliser (REA)	2	2	2
Valider (VAL)	1	1	1
Communiquer (COM)	2	2	2

Analyse des différentes versions de la résolution de problème

Le **version 1** est une version simplifiée du sujet du baccalauréat donné en juin 2013 en métropole. Ce sujet présente des simplifications pour les élèves, surtout concernant :

- l'appropriation des documents (suppression d'un document sur les potentiels standard, simplification des questions préalables) ;
- l'analyse du problème (la relation $I = J \times S$ est donnée ainsi que $n_M = \frac{n(e^-)}{k}$).

Le **version 2** est le sujet du baccalauréat donné en juin 2013 en métropole. Ce sujet présente des difficultés pour les élèves, surtout concernant :

- l'appropriation des documents (notion de potentiel standard, de densité de courant) ;
- l'analyse du problème (par exemple, la relation $I = J \times S$ est manquante dans l'énoncé. Il faut raisonner à partir des unités).

Le **version 3** du problème est très difficile et ce sujet est réservé aux élèves ayant un goût marqué et/ou des facilités pour ce type d'activité. En effet, on supprime des données du document 1 jugées redondantes et considérées comme des compétences exigibles ($M \rightleftharpoons M^{k+} + k e^-$, une mole de métal oxydé produit k moles d'électrons) ; On ajoute un document sur un navire à coque en acier (c'est à l'élève d'avoir l'initiative d'une part de penser à évaluer la surface immergée du navire et d'autre part de mettre en œuvre un raisonnement pour procéder à cette évaluation) ; On supprime les questions préliminaires (on présente ainsi une résolution de problèmes plus authentique) ; On supprime le seuil des 50 % de la masse de métal (on se concentre sur la problématique centrale, détail non essentiel dans la démarche) ; On demande uniquement un ordre de grandeur (la situation est plus ouverte) ; les élèves doivent trouver que l'anode sacrificielle peut être en zinc, en aluminium ou en magnésium.

Déroulement de l'activité

L'élève reçoit l'énoncé (fiche 1).

Au cours de son raisonnement, en cas de blocage, l'élève peut faire appel à des aides, décrites dans la fiche 2.

Des éléments de réponses sont donnés dans la fiche 3 pour le professeur.

La fiche 4 donne des exemples d'indicateurs de réussite permettant à l'enseignant d'évaluer cette activité par compétences s'il le souhaite.

Fiche 1 - Enoncé du sujet

Version 1 : niveau « débutant »

La corrosion est un phénomène bien connu des marins. Les bateaux dont la coque est en acier en sont victimes et doivent en être protégés. Une méthode de protection consiste à poser à la surface de la coque des blocs de métal que l'on appelle « anodes sacrificielles ».

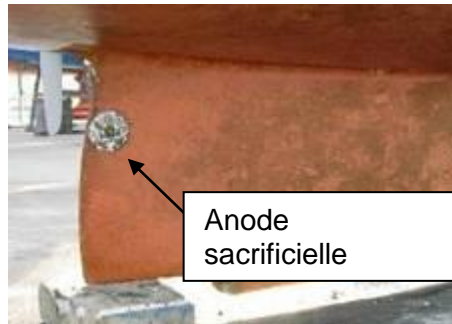


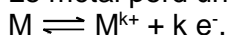
Image provenant du site www.hisse-et-oh.com

L'objectif de l'exercice est d'évaluer, à l'aide des documents ci-après, la masse de l'anode sacrificielle nécessaire à la protection d'un bateau.

Document 1. Le phénomène de corrosion

La corrosion d'un métal M est sa transformation à l'état de cation métallique M^{k+} par réaction avec le dioxygène dissous dans l'eau.

Le métal perd un ou plusieurs électrons, il est oxydé selon la demi-équation rédox :



La quantité de matière de métal, n_M , et la quantité de matière d'électrons échangés, $n(e^-)$, sont reliés par la

$$\text{relation : } n_M = \frac{n(e^-)}{k}$$

Document 2. Protection d'un bateau avec coque en acier

Lors de l'oxydation de l'anode sacrificielle, il s'établit un courant de protection au niveau de la surface S de la coque immergée. Sa densité de courant moyenne, intensité de courant par unité de surface, vaut :

$$j = 0,1 \text{ A.m}^{-2} \text{ avec } I = j \times S$$

Ce courant a son origine dans la charge électrique échangée lors de la réaction d'oxydo-réduction.

L'intensité I d'un courant électrique peut s'exprimer en fonction de la charge électrique Q échangée au cours de la réaction pendant une durée Δt :

$$I = \frac{Q}{\Delta t} \text{ où, dans le système international, } I \text{ s'exprime en ampère (A), } Q \text{ en coulomb (C) et } \Delta t \text{ en seconde (s).}$$

Résolution de problème

Questions préalables

Un bateau possède une coque en acier donc composée essentiellement de fer. Écrire la demi-équation de l'oxydation du fer métallique.

Pourquoi l'anode en zinc utilisée est-elle qualifiée de « sacrificielle » ?

Problème

On désire protéger pendant une année la coque en acier d'un bateau par une anode sacrificielle en zinc. La surface de coque immergée dans l'eau de mer vaut $S = 40 \text{ m}^2$.

Quelle est la masse totale d'anode sacrificielle en zinc qu'on doit répartir sur la coque pour la protéger pendant une année ? Exercer un regard critique sur la valeur trouvée.

Données

Masse molaire du zinc : $M = 65,4 \text{ g.mol}^{-1}$

Une mole d'électrons possède une charge électrique $F = 9,65 \times 10^4 \text{ C.mol}^{-1}$

Couple du fer : $\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}$; couple du Zinc : $\text{Zn}^{2+} / \text{Zn}$

Remarque :

L'analyse des données, la démarche suivie et l'analyse critique du résultat sont évaluées et nécessitent d'être correctement présentées.

Version 2 : niveau « confirmé », sujet donné au baccalauréat

La corrosion est un phénomène bien connu des marins. Les bateaux dont la coque est en acier en sont victimes et doivent en être protégés. Une méthode de protection consiste à poser à la surface de la coque des blocs de métal que l'on appelle « anodes sacrificielles ».

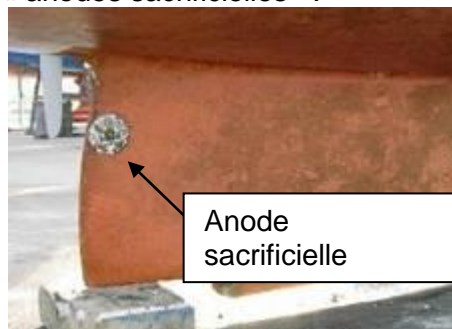


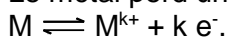
Image provenant du site www.hisse-et-oh.com

L'objectif de l'exercice est d'évaluer, à l'aide des documents ci-après, la masse de l'anode sacrificielle nécessaire à la protection d'un bateau.

Document 1. Le phénomène de corrosion

La corrosion d'un métal M est sa transformation à l'état de cation métallique M^{k+} par réaction avec le dioxygène dissous dans l'eau.

Le métal perd un ou plusieurs électrons, il est oxydé selon la demi-équation rédox :



Une mole de métal oxydé produit k moles d'électrons.

Document 2. Potentiels standard de différents métaux

Pour prévoir les réactions d'oxydoréduction, on peut s'appuyer en première approche sur l'échelle suivante, appelée échelle des potentiels standard. Tous les couples oxydant/réducteur peuvent être classés par leur potentiel standard.

Échelle des potentiels standards de quelques couples à 20°C :

Élément	Couple	Potentiel standard (V)
Plomb	Pb^{2+} / Pb	-0,126
Étain	Sn^{2+} / Sn	-0,138
Nickel	Ni^{2+} / Ni	-0,257
Fer	Fe^{2+} / Fe	-0,447
Zinc	Zn^{2+} / Zn	-0,760
Aluminium	Al^{3+} / Al	-1,67
Magnésium	Mg^{2+} / Mg	-2,37

Lorsque deux métaux sont en contact et peuvent être oxydés par le dioxygène, c'est celui dont le couple a le potentiel standard le plus faible qui s'oxyde : il constitue l'anode et protège l'autre métal qui ne réagira pas.

Document 3. Protection d'un bateau avec coque en acier

Lors de l'oxydation de l'anode sacrificielle, il s'établit un courant de protection au niveau de la surface S de la coque immergée. Sa densité de courant moyenne, intensité de courant par unité de surface, vaut :

$$j = 0,1 \text{ A.m}^{-2}.$$

Ce courant a son origine dans la charge électrique échangée lors de la réaction d'oxydo-réduction.

L'intensité I d'un courant électrique peut s'exprimer en fonction de la charge électrique Q échangée au cours de la réaction pendant une durée Δt :

$$I = \frac{Q}{\Delta t} \text{ où, dans le système international, } I \text{ s'exprime en ampère (A), } Q \text{ en coulomb (C) et } \Delta t \text{ en seconde (s).}$$

Résolution de problème

Questions préalables

Un bateau possède une coque en acier donc composée essentiellement de fer. Écrire la demi-équation de l'oxydation du fer métallique en considérant uniquement les couples du **document 2**.

Citer en justifiant votre réponse, les métaux du tableau du **document 2** susceptibles de protéger la coque en acier d'un bateau. Pourquoi l'anode utilisée est-elle qualifiée de « sacrificielle » ?

Problème

On désire protéger pendant une année la coque en acier d'un bateau par une anode sacrificielle en zinc. La surface de coque immergée dans l'eau de mer vaut $S = 40 \text{ m}^2$. Une anode sacrificielle sur une coque de bateau doit être remplacée quand elle a perdu 50 % de sa masse.

Quelle est la masse totale d'anode sacrificielle en zinc qu'on doit répartir sur la coque pour la protéger pendant une année ? Exercer un regard critique sur la valeur trouvée.

Données

Masse molaire du zinc : $M = 65,4 \text{ g.mol}^{-1}$

Une mole d'électrons possède une charge électrique $q = 9,65 \times 10^4 \text{ C}$

Remarque :

L'analyse des données, la démarche suivie et l'analyse critique du résultat sont évaluées et nécessitent d'être correctement présentées.

Version 3 : niveau « expert »

La corrosion est un phénomène bien connu des marins. Les bateaux dont la coque est en acier en sont victimes et doivent en être protégés. Une méthode de protection consiste à poser à la surface de la coque des blocs de métal que l'on appelle « anodes sacrificielles ».

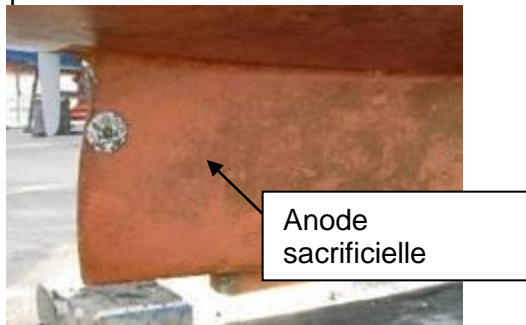


Image provenant du site www.hisse-et-oh.com

L'objectif de l'exercice est d'évaluer, à l'aide des documents ci-après, la masse de l'anode sacrificielle nécessaire à la protection d'un bateau.

Document 1. Le phénomène de corrosion

La corrosion d'un métal M est sa transformation à l'état de cation métallique M^{k+} par réaction avec le dioxygène dissous dans l'eau. Le métal perd un ou plusieurs électrons.

Document 2. Potentiels standard de différents métaux

Pour prévoir les réactions d'oxydoréduction, on peut s'appuyer en première approche sur l'échelle suivante, appelée échelle des potentiels standard. Tous les couples oxydant/réducteur peuvent être classés par leur potentiel standard.

Échelle des potentiels standards de quelques couples à 20°C :

Élément	Couple	Potentiel standard (V)
Plomb	Pb^{2+} / Pb	-0,126
Étain	Sn^{2+} / Sn	-0,138
Nickel	Ni^{2+} / Ni	-0,257
Fer	Fe^{2+} / Fe	-0,447
Zinc	Zn^{2+} / Zn	-0,760
Aluminium	Al^{3+} / Al	-1,67
Magnésium	Mg^{2+} / Mg	-2,37

Lorsque deux métaux sont en contact et peuvent être oxydés par le dioxygène, c'est celui dont le couple a le potentiel standard le plus faible qui s'oxyde : il constitue l'anode et protège l'autre métal qui ne réagira pas.

Document 3. Protection d'un bateau avec coque en acier

Lors de l'oxydation de l'anode sacrificielle, il s'établit un courant de protection au niveau de la surface de la coque immergée. Sa densité de courant moyenne, intensité de courant par unité de surface, vaut :
 $j = 0,1 \text{ A.m}^{-2}$.

Ce courant a son origine dans la charge électrique échangée lors de la réaction d'oxydo-réduction. L'intensité I d'un courant électrique peut s'exprimer en fonction de la charge électrique Q échangée au cours de la réaction pendant une durée Δt :

$I = \frac{Q}{\Delta t}$ où, dans le système international, I s'exprime en ampère (A), Q en coulomb (C) et Δt en seconde (s).

Document 4: bateau commercial avec coque en acier

Le bateau commercial ci-dessus, en construction à Gdansk en Pologne, possède une coque en acier qui est donc composée essentiellement de fer.



Résolution de problème

Problème

On désire protéger pendant une année la coque en acier du bateau décrit dans le document 4 par une anode sacrificielle dont il faudra trouver la nature.

Quelle est l'ordre de grandeur de la masse totale d'anode sacrificielle qu'on doit répartir sur la coque pour la protéger pendant une année ? Exercer un regard critique sur la valeur trouvée.

Données

$M_{Pb} = 207,1 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_{Sn} = 118,7 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_{Ni} = 58,7 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_{Fe} = 55,8 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_{Zn} = 65,4 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_{Al} = 27,0 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_{Mg} = 24,3 \text{ g.mol}^{-1}$

Une mole d'électrons possède une charge électrique $q = 9,65 \times 10^4 \text{ C}$

Remarque :

L'analyse des données, la démarche suivie et l'analyse critique du résultat sont évaluées et nécessitent d'être correctement présentées.

Fiche 2 - Aides à la résolution du problème

L'ordre des questions préalables ne correspond pas forcément à un schéma de résolution précis. Il est possible et même souhaitable que les élèves fassent des allers-retours entre les différentes étapes de résolution.

Question préalable n° 1 (aide pour les versions 1 et 2) :

Retrouver dans les documents les informations qui concernent l'oxydation d'un métal.	APP
--	-----

Question préalable n° 2 (aides pour les versions 1 et 2) :

Quels sont les métaux qui s'oxydent lorsqu'ils sont associés au fer ? (version 2)	APP
Quelle est la réaction qui se produit à l'anode ?	ANA

Problème (aides pour les versions 1, 2 et 3) :

Quelle est la relation entre la quantité de matière de zinc consommé et la quantité de matière d'électrons échangés ? (version 1)	APP
Quelle est la relation entre la quantité de matière de zinc consommé et la quantité de matière d'électrons échangés ? (version 2)	ANA
Quelles sont les indications données par l'unité de j ? (version 2 et 3)	
Comment utiliser la charge électrique transportée par une mole d'électrons ?	REA
Quelle doit être l'unité de la durée ?	
Comment tenir compte de l'indication du remplacement de l'anode sacrificielle lorsqu'elle a perdu 50 % de sa masse ? (version 2)	VAL
Comment est réparti le zinc sur la coque du bateau ? (version 2)	
La valeur obtenue semble-t-elle cohérente ?	

Aides pour la version 3 uniquement :

Quels sont les métaux utilisables pour fabriquer l'anode sacrificielle sachant qu'elle est constituée avec le métal qui a le potentiel standard de son couple plus faible que celui du couple du fer ?	APP
Ecrire la demi-équation de l'oxydation du fer métallique.	ANA
Quelle est la relation entre la quantité de matière de métal consommé et la quantité de matière d'électrons échangés ?	
Comment calculer la surface de la coque si on considère que la coque du bateau peut être assimilée à un demi-cylindre de rayon R et de longueur L avec une surface donnée par $\pi \times R \times L$?	
Comment prendre en compte la partie immergée de la coque ?	VAL
Comment est réparti le métal constituant l'anode sacrificielle sur la coque du bateau ?	

Fiche 3 – Éléments de réponses

Question préalable n° 1

Version 1 et 2 :

S'approprier Extraire l'information utile.

D'après le document 1, la demi-équation d'oxydation du fer métallique est : $\text{Fe} = \text{Fe}^{2+} + 2 e^-$

Question préalable n° 2

Version 1 :

Analyser Organiser et exploiter ses connaissances ou les informations extraites.

Le zinc va être oxydé à la place du fer. Le métal protecteur est rongé, les atomes métalliques sont transformés en ions métalliques qui sont dissous.

Version 2 :

S'approprier Extraire l'information utile.

D'après le document 2, les métaux susceptibles de protéger la coque en acier sont ceux dont le potentiel standard est inférieur à celui du fer. Il s'agit du zinc, de l'aluminium et du magnésium.

Analyser Organiser et exploiter ses connaissances ou les informations extraites.

Le zinc va être oxydé à la place du fer. Le métal protecteur est rongé, les atomes métalliques sont transformés en ions métalliques qui sont dissous.

Problème

Version 1 :

Analyser Organiser et exploiter ses connaissances ou les informations extraites.

Déterminons d'abord la masse de zinc consommée en une année.

Comme $n_{\text{Zn}} = \frac{m_{\text{Zn}}}{M_{\text{Zn}}}$ alors $m_{\text{Zn}} = n_{\text{Zn}} \times M_{\text{Zn}}$

Équation d'oxydation du zinc de l'anode : $\text{Zn} = \text{Zn}^{2+} + 2 e^-$

S'approprier Extraire l'information utile.

D'après cette équation et le document 1, $n_{\text{Zn}} = \frac{n(e^-)}{2}$

Analyser Organiser et exploiter ses connaissances ou les informations extraites.

Donc $m_{\text{Zn}} = \frac{n(e^-)}{2} \times M_{\text{Zn}}$

La charge électrique échangée au cours de la réaction est : $Q = n(e^-) \times F$ où $n(e^-)$ correspond à la quantité de matière d'électrons libérée par l'oxydation du zinc.

Ainsi $n(e^-) = \frac{Q}{F}$, alors $m_{\text{Zn}} = \frac{Q}{2F} \times M_{\text{Zn}}$

S'approprier Extraire l'information utile.

D'après le document 2, $I = \frac{Q}{\Delta t}$ et $I = j \times S$.

Analyser Organiser et exploiter ses connaissances ou les informations extraites.

On a donc $Q = I \times \Delta t$ et $Q = j \times S \times \Delta t$.

Réaliser Savoir mener efficacement les calculs analytiques et la traduction numérique.
Mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée.

Finalement $m_{\text{Zn}} = \frac{j \times S \times \Delta t}{2F} \times M_{\text{Zn}}$

$$m_{Zn} = \frac{0,1 \times 40 \times (365 \times 24 \times 3600)}{2 \times 9,65 \times 10^4} \times 65,4 = 4,27 \times 10^4 \text{ g}$$

Soit environ 43 kg de zinc consommé par an.

On doit garder un seul chiffre significatif donc $m_{totale} = 4 \times 10^1 \text{ kg}$.

Il faut donc répartir $4 \times 10^1 \text{ kg}$ de zinc sur la surface de la coque.

Valider	<i>Poser un regard critique sur la valeur numérique trouvée.</i>
----------------	--

Ce résultat semble élevé, la photo montre une anode sacrificielle qui semble assez petite. Il y a sans doute plusieurs blocs de zinc répartis sur la coque.

Version 2 :

Analyser	<i>Organiser et exploiter ses connaissances ou les informations extraites.</i>
-----------------	--

Déterminons d'abord la masse de zinc consommée en une année.

Comme $n_{Zn} = \frac{m_{Zn}}{M_{Zn}}$ alors $m_{Zn} = n_{Zn} \times M_{Zn}$

Équation d'oxydation du zinc de l'anode : $Zn = Zn^{2+} + 2 e^-$

D'après cette équation et le document 1, $n_{Zn} = \frac{n(e^-)}{2}$

Donc $m_{Zn} = \frac{n(e^-)}{2} \times M_{Zn}$

La charge électrique échangée au cours de la réaction est : $Q = n(e^-) \times q$ où $n(e^-)$ correspond à la quantité de matière d'électrons libérée par l'oxydation du zinc.

Ainsi $n(e^-) = \frac{Q}{q}$, alors $m_{Zn} = \frac{Q}{2q} \times M_{Zn}$

S'approprier	<i>Extraire l'information utile.</i>
---------------------	--------------------------------------

D'après le document 3, $I = \frac{Q}{\Delta t}$. On a donc $Q = I \times \Delta t$.

Réaliser	<i>Mener une analyse dimensionnelle à son terme.</i>
-----------------	--

La densité de courant est $j = 0,1 \text{ A.m}^{-2}$. Au regard des unités, on peut penser que $j = \frac{I}{S}$.

Réaliser	<i>Savoir mener efficacement les calculs analytiques et la traduction numérique. Mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée.</i>
-----------------	--

Donc $I = j \times S$ et $Q = j \times S \times \Delta t$.

Finalement $m_{Zn} = \frac{j \times S \times \Delta t}{2q} \times M_{Zn}$

$$m_{Zn} = \frac{0,1 \times 40 \times (365 \times 24 \times 3600)}{2 \times 9,65 \times 10^4} \times 65,4 = 4,27 \times 10^4 \text{ g}$$

Soit environ 43 kg de zinc consommé par an.

L'anode sacrificielle doit être remplacée lorsqu'elle a perdu 50 % de sa masse.

La masse totale de zinc à répartir doit être égale au double de la masse consommée.

$m_{totale} = 2 \cdot m_{Zn} = 8,5 \times 10^4 \text{ g} = 85 \times 10^3 \text{ g} = 85 \text{ kg}$.

On doit garder un seul chiffre significatif donc $m_{totale} = 9 \times 10^1 \text{ kg}$.

Il faut donc répartir $9 \times 10^1 \text{ kg}$ de zinc sur la surface de la coque.

Valider	<i>Poser un regard critique sur la valeur numérique trouvée.</i>
----------------	--

Ce résultat semble élevé, la photo montre une anode sacrificielle qui semble assez petite. Il y a sans doute plusieurs blocs de zinc répartis sur la coque.

Version 3

S'approprier Extraire l'information utile.

D'après le document 1, la demi-équation d'oxydation du fer métallique est : $\text{Fe} = \text{Fe}^{2+} + 2 e^-$

D'après le document 2, les métaux susceptibles de protéger la coque en acier sont ceux dont le potentiel standard est inférieur à celui du fer. Il s'agit du zinc, de l'aluminium et du magnésium.

Analyser Organiser et exploiter ses connaissances ou les informations extraites.

Le zinc, l'aluminium ou le magnésium vont être oxydés à la place du fer. Le métal protecteur est rongé, les atomes métalliques sont transformés en ions métalliques qui sont dissous.

Déterminons d'abord la masse de métal M consommée en une année (zinc, aluminium ou magnésium).

Comme $n_M = \frac{m_M}{M_M}$ alors $m_M = n_M \times M_M$

Équation d'oxydation du métal M de l'anode : $\text{M} = \text{M}^{2+} + 2 e^-$

D'après cette équation et le document 1, $n_M = \frac{n(e^-)}{2}$

Donc $m_M = \frac{n(e^-)}{2} \times M_M$

La charge électrique échangée au cours de la réaction est : $Q = n(e^-) \times q$ où $n(e^-)$ correspond à la quantité de matière d'électrons libérée par l'oxydation du zinc.

Ainsi $n(e^-) = \frac{Q}{q}$, alors $m_M = \frac{Q}{2q} \times M_M$

S'approprier Extraire l'information utile.

D'après le document 3, $I = \frac{Q}{\Delta t}$. On a donc $Q = I \times \Delta t$.

Réaliser Mener une analyse dimensionnelle à son terme.

La densité de courant est $j = 0,1 \text{ A.m}^{-2}$. Au regard des unités, on peut penser que $j = \frac{I}{S}$.

Analyser Elaborer une version simplifiée de la situation en explicitant les choix des hypothèses faites.

On donne un ordre de grandeur de S en considérant que la coque du bateau peut être assimilée à un demi-cylindre de rayon R et de longueur L et immergée au 1/3..

$$S = \frac{\pi \times R \times L}{3}$$

On prend l'hypothèse que $R = 10 \text{ m}$ et $L = 100 \text{ m}$ donc $S = 10^3 \text{ m}^2$.

Réaliser Savoir mener efficacement les calculs analytiques et la traduction numérique.

Mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée.

Donc $I = j \times S$ et $Q = j \times S \times \Delta t$.

Finalement $m_M = \frac{j \times S \times \Delta t}{2q} \times M_M$

$$m_{\text{Zn}} = \frac{0,1 \times 10^3 \times (365 \times 24 \times 3600)}{2 \times 9,65 \times 10^4} \times 65,4 = 10^6 \text{ g}$$

$$m_{\text{Al}} = \frac{0,1 \times 10^3 \times (365 \times 24 \times 3600)}{2 \times 9,65 \times 10^4} \times 27,0 = 4 \times 10^5 \text{ g}$$

$$m_{\text{Mg}} = \frac{0,1 \times 10^3 \times (365 \times 24 \times 3600)}{2 \times 9,65 \times 10^4} \times 24,3 = 4 \times 10^5 \text{ g}$$

Soit environ 1 t de zinc consommé par an, 0,4 t d'aluminium ou 0,4 t de magnésium.

Il faut donc répartir un de ces métaux sur la surface de la coque.

Valider Poser un regard critique sur la valeur numérique trouvée.

Ce résultat semble élevé, la photo montre une anode sacrificielle qui semble assez petite. Il y a sans doute plusieurs blocs répartis sur la coque.

La coque n'est pas un demi-cylindre. La surface est donc plus faible, ce qui diminue la masse obtenue. Le bateau à considérer est toutefois assez gros.

Il semble plus intéressant d'utiliser de l'aluminium ou du magnésium que du zinc car la masse est plus faible. Il faut considérer peut-être d'autres facteurs (prix, faisabilité de la réaction ...) afin de choisir la meilleure anode.

Fiche 4 – Exemples d'indicateurs de réussite

S'approprier	La demi-équation du fer (version 1 et 2), la liste des métaux capable de protéger le fer (version 2 et 3) et la notion d'anode sacrificielle est cohérente avec les indications des documents.
Analyser	Exploitation de la densité de courant pour exprimer la charge électrique échangée sur une année. Estimation d'une valeur cohérente de la surface immergée de la coque du bateau (version 3) Exploitation de l'oxydation pour exprimer la charge électrique échangée par mole et le nombre de mole de zinc (ou d'aluminium et de magnésium pour la version 3) consommée par an. Introduction de la masse cherchée en lien avec la masse molaire. Estimation de la surface de la coque du bateau (version 3).
Réaliser	Les calculs menés sont techniquement justes indépendamment d'erreur résultant d'une mauvaise analyse. Les unités sont correctement maîtrisées. L'analyse dimensionnelle permet de trouver l'expression de j (versions 2 et 3).
Valider	L'élève pose un regard critique sur la valeur de la masse trouvée par exemple en comparant la masse trouvée et celle estimée du bateau. Ce n'est pas la justesse du résultat qui est évaluée. Il émet une hypothèse sur une source d'erreur possible quand son résultat lui paraît aberrant. L'élève compare les masses de zinc, d'aluminium ou de magnésium et propose une conclusion cohérente (version 3). L'élève mentionne le procédé d'estimation de la surface immergée du bateau (version 3).
Communiquer	La communication est claire, cohérente avec un vocabulaire scientifique précis. Les calculs sont effectués à partir de formules littérales, dans un langage mathématique correct.

Résolution de problème : Mission Apollo

Niveau : **Terminale S Spécialité Chimie**
Thème : **L'eau**
Activité expérimentale : **non**
Origine du sujet : **Apollo News Ref CM 1968.pdf**

Programme de Spécialité Chimie en Terminale S

Domaines d'étude	Mots-clés
Eau et énergie	Piles à combustible.

Description du document

Plusieurs versions d'une même résolution de problème sont proposées avec des niveaux de difficulté différents.

Compétences	Niveaux de difficulté		
	Version 1 (niveau « confirmé 1 »)	Version 2 (niveau « confirmé 2 »)	Version 3 (niveau « expert »)
S'approprier (APP)	2	3	4
Analyser (ANA)	2	3	4
Réaliser (REA)	3	3	3
Valider (VAL)	2	2	2
Communiquer (COM)	2	2	2

Analyse des différentes versions de la résolution de problème

La **version 1** est la version « confirmé 1 ». Ce sujet présente des difficultés relatives pour les élèves, surtout concernant :

- l'appropriation des documents qui sont nombreux et dans les liens à opérer entre eux ;
- l'analyse du problème qui induit deux voies de résolution. Une voie utilise l'énergie disponible aux bornes de la pile (méthode 1) et l'autre (méthode 2) utilise la quantité de dihydrogène présente dans un réservoir ;
- la partie « réaliser » est assez conséquente et donc pas très évidente pour les élèves (plusieurs étapes de raisonnement à enchaîner pour obtenir une seule expression littérale).

La **version 2** du problème est la version « confirmé 2 ». Elle présente des difficultés accrues pour les élèves :

- en proposant un document de plus et un autre simplifié (données moins explicitées) ;
- en complexifiant la résolution (introduction d'un rendement) ;
- en supprimant des données utiles (consommation en eau de boisson, masse volumique de l'eau, volume d'une sphère) ;
- en ajoutant une donnée inutile dans un des documents (pression du dihydrogène dans un réservoir).

La **version 3** du problème est très difficile et ce sujet est réservé aux élèves ayant un goût marqué et/ou des facilités pour ce type d'activité. En effet, l'énoncé du sujet contient des données encore moins explicitées (difficulté accrue pour établir l'équation de la réaction de fonctionnement de la pile, dans l'utilisation du rendement et des unités). De plus, une partie des documents est légendée en anglais.

Déroulement de l'activité

L'élève reçoit l'énoncé (fiche 1).

Au cours de son raisonnement, en cas de blocage, l'élève peut faire appel à des aides, décrites dans la fiche 2.

Des éléments de réponses sont donnés dans la fiche 3 pour le professeur.

La fiche 4 donne des exemples d'indicateurs de réussite permettant à l'enseignant d'évaluer cette activité par compétences s'il le souhaite.

Fiche 1 - Énoncé du sujet

Version 1 : niveau « confirmé 1 »

Problème : à l'aide des documents ci-dessous, le volume d'eau produit par les piles à combustible de type AFC embarquées dans le module de service du programme Apollo couvre-t-il la consommation de l'eau de boisson de son équipage pour un vol spatial de 15 jours ?

Document 1 : module de commande et de service (CSM) du programme Apollo



module de commande (CM)

module de service (SM)

De 1961 à 1975, le module de commande et de service (CSM) est le véhicule spatial du programme américain Apollo, développé par la NASA. Le CSM est constitué de deux modules distincts : le module de commande (CM) et le module de service (SM). Le module de commande peut accueillir trois astronautes durant leur mission entre la Terre et la Lune, pour des vols spatiaux pouvant durer un peu plus de deux semaines. Quant au module de service, il contient en particulier trois piles à combustible de type AFC (Alkaline Fuel Cell) fournissant de l'énergie électrique et de l'eau. Ces piles sont alimentées en dihydrogène stocké dans deux réservoirs, eux aussi situés dans le SM.

Document 2 : pile à combustible de type AFC embarquée dans le SM.



Tension aux bornes de la pile à combustible de type AFC : 29 V.

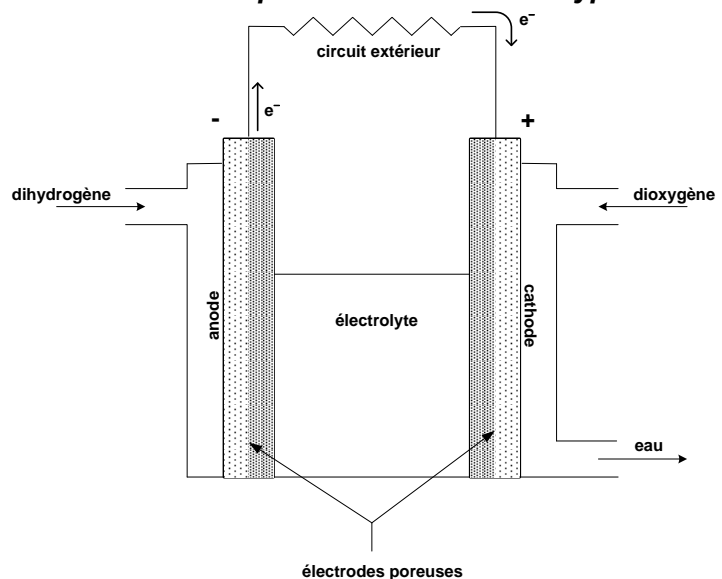
Énergie électrique disponible aux bornes de la pile à combustible de type AFC :

$$E = U.I.\Delta t = 1,5.10^7 \text{ kJ.}$$

Document 3 : fonctionnement d'une cellule élémentaire d'une pile à combustible de type AFC.

Une cellule élémentaire d'une pile à combustible est un générateur qui transforme l'énergie chimique du combustible en électricité.

Au cours du fonctionnement de la cellule élémentaire, les gaz dioxygène et dihydrogène se combinent en présence d'un électrolyte pour former de l'eau. Durant ce processus, un courant électrique circule dans le circuit extérieur relié aux deux électrodes.



Couples rédox : H^+ (aq) / H_2 (g) ; O_2 (g) / H_2O (l)

Charge électrique échangée au cours de la réaction pendant la durée Δt : $Q = n(e^-) \cdot F = I \cdot \Delta t$ avec :

- Q en C ;
- $n(e^-)$ en mol : quantité d'électrons échangée au cours de la réaction pendant la durée Δt ;
- F : le faraday : $F = 9,65 \cdot 10^4 \text{ C mol}^{-1}$;
- I en A : intensité du courant électrique supposée constante circulant dans le circuit extérieur.

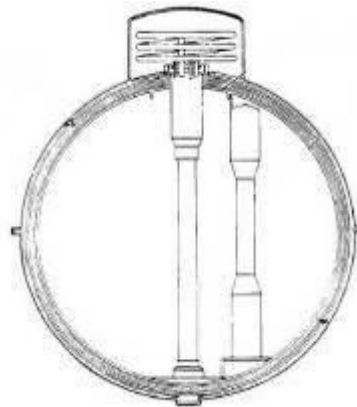
Document 4 : réservoir sphérique à dihydrogène du SM.

Volume d'une sphère en fonction de

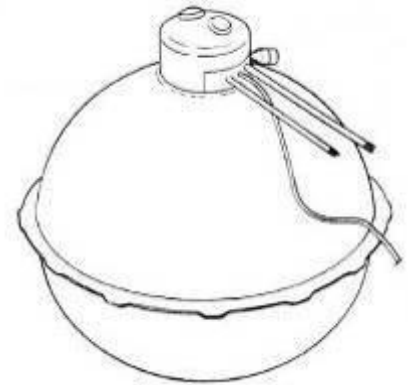
son rayon : $\frac{4}{3} \pi R^3$

Rayon intérieur : 36 cm

Masse volumique du dihydrogène
contenu dans un réservoir : 67 kg.m^{-3}



coupe



vue d'ensemble

Données :

Masses molaires atomiques en g.mol^{-1} : $M(\text{H}) = 1,0$ et $M(\text{O}) = 16,0$;

Eau de boisson consommée par jour et par adulte : 2 L ;

Masse volumique de l'eau : $1,0 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$.

Version 2 : niveau « confirmé 2 »

Problème : à l'aide des documents ci-dessous, le volume d'eau produit par les piles à combustible de type AFC embarquées dans le module de service du programme Apollo couvre-t-il la consommation de l'eau de boisson de son équipage pour un vol spatial de 15 jours ?

Document 1 : module de commande et de service (CSM) du programme Apollo



CSM du programme Apollo

module de commande (CM)

module de service (SM)

De 1961 à 1975, le module de commande et de service (CSM) est le véhicule spatial du programme américain Apollo, développé par la NASA. Le CSM est constitué de deux modules distincts : le module de commande (CM) et le module de service (SM).

Le module de commande peut accueillir trois astronautes durant leur mission entre la Terre et la Lune, pour des vols spatiaux pouvant durer un peu plus de deux semaines.

Quant au module de service, il contient en particulier trois piles à combustible de type AFC (Alkaline Fuel Cell) fournissant de l'énergie électrique et de l'eau. Ces piles sont alimentées en dihydrogène stocké dans deux réservoirs, eux aussi situés dans le SM.

Document 2 : pile à combustible de type AFC embarquée dans le SM.



La pile à combustible est formée par l'association en série de 31 cellules élémentaires dont la tension entre les électrodes est en moyenne de 0,935 V.

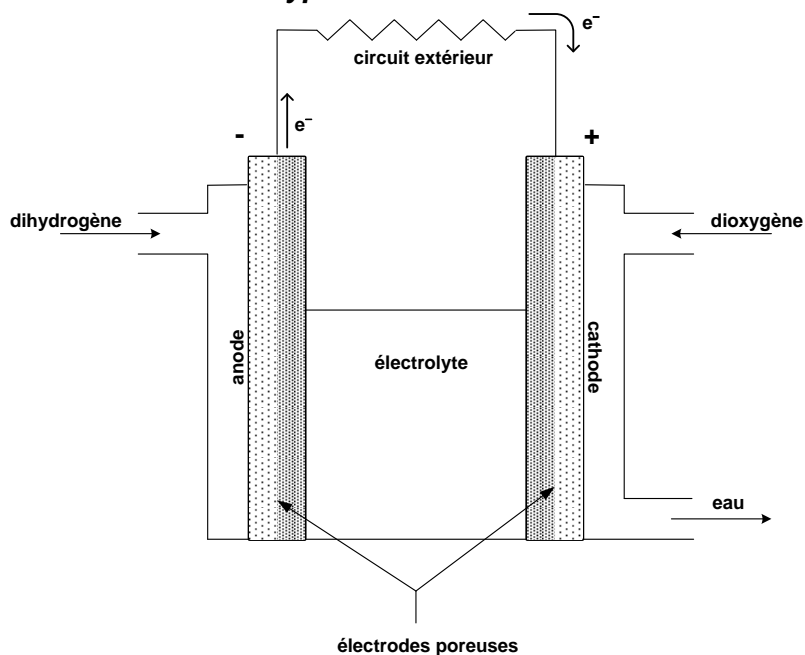
Énergie électrique disponible aux bornes de la pile à combustible de type AFC :

$$E = U \cdot I \cdot \Delta t = 1,5 \cdot 10^7 \text{ kJ}$$

Rendement électrique de la pile :

$$r = \frac{Q_{\text{réellement produite}}}{Q_{\text{maximale}}} = 0,60$$

Document 3 : fonctionnement d'une cellule élémentaire d'une pile à combustible de type AFC.



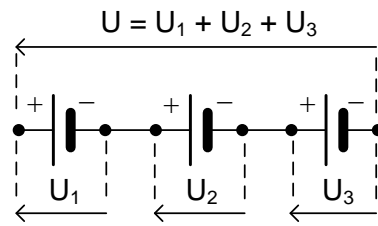
Couples rédox : $\text{H}^+ (\text{aq}) / \text{H}_2 (\text{g})$; $\text{O}_2 (\text{g}) / \text{H}_2\text{O} (\text{l})$

Charge électrique échangée au cours de la réaction pendant la durée Δt : $Q = n(e^-) \cdot F = I \Delta t$

avec :

- Q en C ;
- $n(e^-)$ en mol : quantité d'électrons échangée au cours de la réaction pendant la durée Δt ;
- F : le faraday : $F = 9,65 \cdot 10^4 \text{ C mol}^{-1}$;
- I en A : intensité du courant électrique supposée constante circulant dans le circuit extérieur.

Document 4 : loi des tensions pour une association en série de plusieurs cellules élémentaires d'une pile à combustible.

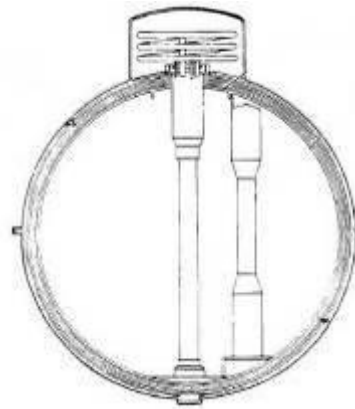


Document 5 : réservoir à dihydrogène du SM.

Diamètre intérieur : 72 cm

Pression du dihydrogène à l'intérieur du réservoir : $1,7 \cdot 10^6$ Pa

Masse volumique du dihydrogène contenu dans un réservoir : $67 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$



coupe



vue d'ensemble

Données : masses molaires atomiques en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$: $M(\text{H}) = 1,0$ et $M(\text{O}) = 16,0$.

Version 3 : niveau « expert »

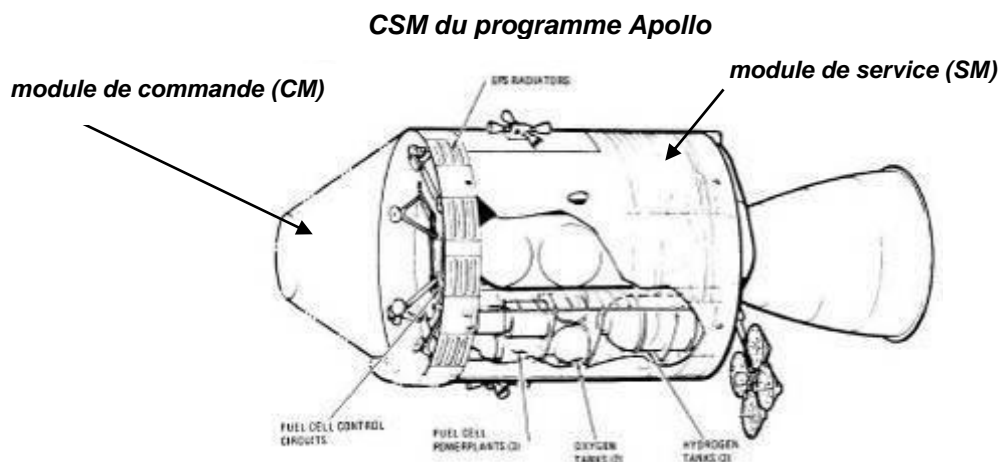
Problème : à l'aide des documents ci-dessous, le volume d'eau produit par les piles à combustible de type AFC embarquées dans le module de service du programme Apollo couvre-t-il la consommation de l'eau de boisson de son équipage pour un vol spatial de 15 jours ?

Document 1 : **module de commande et de service (CSM) du programme Apollo**

De 1961 à 1975, le module de commande et de service (CSM) est le véhicule spatial du programme américain Apollo, développé par la NASA. Le CSM est constitué de deux modules distincts : le module de commande (CM) et le module de service (SM).

Le module de commande peut accueillir trois astronautes durant leur mission entre la Terre et la Lune, pour des vols spatiaux pouvant durer un peu plus de deux semaines.

Quant au module de service, il contient en particulier trois piles à combustible de type AFC (Alkaline Fuel Cell) fournissant de l'énergie électrique et de l'eau. Ces piles sont alimentées en dihydrogène stocké dans deux réservoirs, eux aussi situés dans le SM.

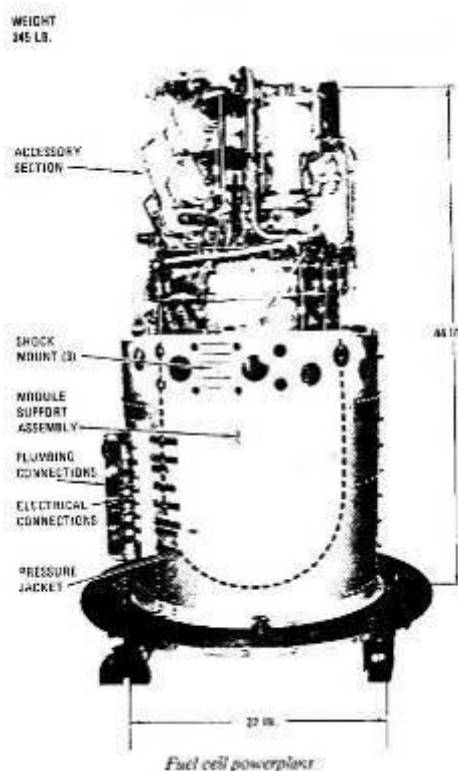


Document 2 : **pile à combustible de type AFC embarquée dans le SM.**

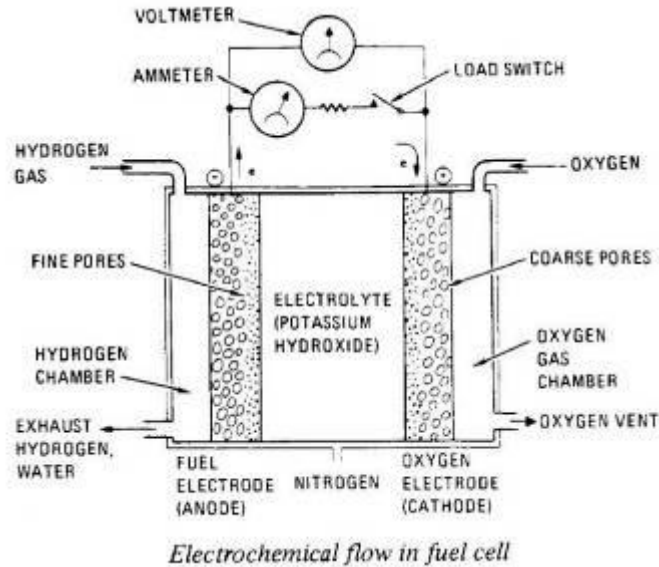
La pile à combustible est formée par l'association en série de 31 cellules élémentaires dont la tension entre les électrodes est en moyenne de 0,935 V.

Énergie électrique disponible aux bornes de la pile : $4,1 \cdot 10^3$ kWh.

Rendement électrique de la pile : 60 %.



Document 3 : fonctionnement d'une cellule élémentaire d'une pile à combustible de type AFC.

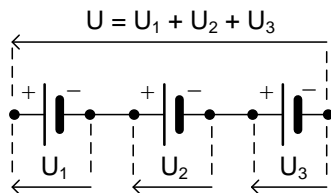


Couples rédox : $H^+ (aq) / H_2 (g)$; $O_2 (g) / H_2O (l)$

Charge électrique échangée au cours de la réaction pendant la durée Δt : $Q = n(e^-) \cdot F = I \cdot \Delta t$
avec :

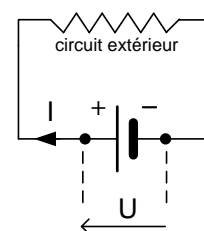
- Q en C ;
- $n(e^-)$ en mol : quantité d'électrons échangée au cours de la réaction pendant la durée Δt ;
- F : le faraday : $F = 9,65 \cdot 10^4 \text{ C mol}^{-1}$;
- I en A : intensité du courant électrique supposée constante circulant dans le circuit extérieur.

Document 4 : loi des tensions pour une association en série de plusieurs cellules élémentaires d'une pile à combustible.



Document 5 : énergie disponible E aux bornes d'une pile fonctionnant pendant une durée Δt .

$$E = U \cdot I \cdot \Delta t = P \cdot \Delta t$$

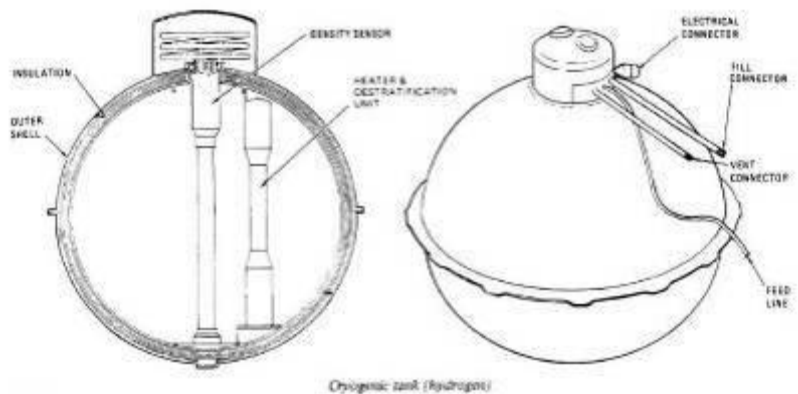


Document 6 : réservoir à dihydrogène du SM.

Diamètre intérieur : 72 cm

Pression du dihydrogène à l'intérieur du réservoir : $1,7 \cdot 10^6 \text{ Pa}$

Masse volumique du dihydrogène contenu dans un réservoir : $67 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$



Données : Masses molaires atomiques en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$: $M(H) = 1,0$ et $M(O) = 16,0$.

Fiche 2 - Aides à la résolution du problème

L'ordre des questions préalables ne correspond pas forcément à un schéma de résolution précis. Il est possible et même souhaitable que les élèves fassent des allers-retours entre les différentes étapes de résolution.

Aides pour les versions 1, 2 et 3 :

Quelle(s) information(s) utile(s) peut-on extraire de chaque document ? Quels sont les liens qui existent entre les différentes informations utiles extraites ?	APP
Il y a deux méthodes différentes pour répondre à la question. Méthode 1 : Quelles sont les équations chimiques nécessaires à la résolution ? Comment les établir ? Comment relier la quantité d'eau produite à la quantité de dihydrogène et à la quantité d'électrons ayant circulé ? Relier $n(e^-)$ et E. Donner l'expression reliant masse, quantité et masse molaire. Rappeler l'expression de la masse volumique. Combien y a-t-il de piles ? Méthode 2 : Quelle est l'équation de la réaction de fonctionnement de la pile ? Comment l'établir ? Comment relier la quantité d'eau produite à la quantité de dihydrogène contenue dans un réservoir ? Donner l'expression reliant masse, quantité et masse molaire. Rappeler l'expression de la masse volumique. Combien y a-t-il de réservoirs ?	ANA
Méthode 1 : Combiner les relations $n(e^-).F = I. \Delta t$ et $E = U.I. \Delta t$ pour exprimer $n(e^-)$ en fonction de E et U.	RÉA
Quel est le volume d'eau de boisson consommé lors du voyage ? Est-il concevable que la NASA n'est pas prévue assez d'eau de boisson pour les astronautes de la mission Apollo ? Proposer une explication à la différence trouvée.	VAL

Aides pour les versions 2 et 3 uniquement :

Parmi les données du problème, lesquelles sont pertinentes ? Leur attribuer un symbole et donner leur valeur numérique dans le système international d'unités (SI). Quelles sont les grandeurs physiques non précisées qui pourraient être utiles à la résolution du problème ? Leur attribuer un symbole et donner leur valeur numérique dans le système international d'unités (SI). Méthode 2 : Quelle est la forme d'un réservoir ? Quel est son volume ?	APP
Méthode 1 : Comment déterminer la tension aux bornes de la pile ? Méthode 2 : Toute la quantité de dihydrogène contenue dans les réservoirs fournit-elle une quantité maximale d'eau ?	ANA
Méthode 2 : Exprimer le volume réellement produit d'eau en fonction du volume maximal d'eau produit.	REA
À combien peut-on estimer le volume d'eau de boisson nécessaire pour un individu et par jour ? Les deux méthodes de résolution donnent-elles un résultat identique ?	VAL

Fiche 3 – Éléments de réponses

Version 1 :

S'approprier	<i>Extraire l'information utile.</i>
---------------------	--------------------------------------

Document 1 : 3 astronautes, 3 piles et 2 réservoirs à hydrogène

Document 2 : tension aux bornes de la pile et énergie disponible

Document 3 : permet d'établir les équations nécessaires à la résolution ; relation entre $n(e^-)$ et $I \Delta t$

Document 4 : volume d'une sphère ; rayon de la sphère ; masse volumique du dihydrogène

Lien à faire entre l'énergie disponible et la relation $n(e^-) F = I \Delta t$

Remarque : document 1 et 3 communs aux deux voies de résolution ; document 2 spécifique à la méthode 1 et document 4 spécifique à la méthode 2.

Analyser	<i>Organiser et exploiter les informations extraites. Déterminer et énoncer les lois physiques qui seront utilisées. Établir une stratégie de résolution.</i>
-----------------	---

Méthode 1 : à partir de l'énergie :

Établir les équations des réactions : oxydation à l'anode et réaction de fonctionnement de la pile

Relier les quantités $n(H_2O)$, $n(H_2)$ et $n(e^-)$ entre elles à l'aide des nombres stœchiométriques des équations

Utiliser la relation : $n(e^-) \cdot F = I \cdot \Delta t$

Exprimer $I \cdot \Delta t$ en fonction de E et de U

Utiliser la relation entre quantité, masse et masse molaire

Utiliser la masse volumique

Penser au fait qu'il y a 3 piles

Méthode 2 : à partir de la quantité de dihydrogène contenue dans les réservoirs :

Établir l'équation de la réaction de fonctionnement de la pile

Relier les quantités $n(H_2O)$, $n(H_2)$ entre elles à l'aide des nombres stœchiométriques des équations

Utiliser la relation entre quantité, masse et masse molaire

Utiliser la masse volumique

Penser au fait qu'il y a 2 réservoirs

Réaliser	<i>Savoir mener efficacement les calculs analytiques et la traduction numérique. Mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée.</i>
-----------------	--

Méthode 1 : à partir de l'énergie :

Oxydation à l'anode : $H_2 = 2 H^+ + 2 e^-$

Équation de la réaction de fonctionnement de la pile : $2 H_2 + O_2 = 2 H_2O$

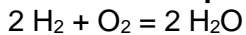
D'après les nombres stœchiométriques des équations : $n(H_2O) = n(H_2) = \frac{n(e^-)}{2}$

Pour 3 piles : $n_{\text{tot}}(H_2O) = 3 \times \frac{n(e^-)}{2} = \frac{3 I \cdot \Delta t}{2 F} = \frac{3 E}{2 U \cdot F}$

$m_{\text{tot}}(H_2O) = \frac{3 E \cdot M(H_2O)}{2 U \cdot F}$

$V_{\text{tot}}(H_2O) = \frac{3 E \cdot M(H_2O)}{2 U \cdot F \cdot \rho_{\text{eau}}}$

Application numérique : $V_{\text{tot}}(H_2O) = \frac{3 \times 1,5 \cdot 10^{10} \times 18 \cdot 10^{-3}}{2 \times 29 \times 9,65 \cdot 10^4 \times 1,0 \cdot 10^3} = 1,4 \cdot 10^{-1} \text{ m}^3 \text{ soit } 1,4 \cdot 10^2 \text{ L}$

Méthode 2 : à partir de la quantité de dihydrogène contenue dans les réservoirs :

D'après les nombres stœchiométriques de l'équation : $n(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{H}_2)$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{H}_2\text{O}) \times M(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{H}_2) \times M(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2)}{M(\text{H}_2)} \times M(\text{H}_2\text{O})$$

Pour 2 réservoirs : $m_{\text{tot}}(\text{H}_2\text{O}) = 2 \times \frac{m(\text{H}_2)}{M(\text{H}_2)} \times M(\text{H}_2\text{O})$

$$m_{\text{tot}}(\text{H}_2\text{O}) = 2 \times \frac{\mu \cdot V}{M(\text{H}_2)} \times M(\text{H}_2\text{O}) = \frac{8 \pi R^3 \cdot \mu}{3 M(\text{H}_2)} \times M(\text{H}_2\text{O})$$

$$V_{\text{tot}}(\text{H}_2\text{O}) = \frac{8 \pi R^3 \cdot \mu}{3 \mu_{\text{eau}} \cdot M(\text{H}_2)} \times M(\text{H}_2\text{O}) = \frac{8 \pi R^3}{3} \times \frac{\mu}{\mu_{\text{eau}}} \times \frac{M(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2)}$$

Application numérique : $V_{\text{tot}}(\text{H}_2\text{O}) = \frac{8 \times \pi \times (3,6 \cdot 10^{-1})^3}{3} \times \frac{67}{1,0 \cdot 10^3} \times \frac{18}{2,0} = 2,4 \cdot 10^{-1} \text{ m}^3 \text{ soit } 2,4 \cdot 10^2 \text{ L}$

Valider*Avoir un regard critique sur les résultats obtenus.*

Comparer le résultat trouvé (140 L ou 240 L) avec la valeur nécessaire pour couvrir les besoins en eau de boisson des 3 astronautes pendant 15 jours (soient 90 L).

On peut évidemment supposer dès l'appropriation du problème que le volume d'eau à trouver doit couvrir la consommation d'eau de boisson de l'équipage pour les 15 jours (comme en fait mention le document 1). En fait le volume d'eau produit est supérieur à celui nécessaire à la consommation d'eau de boisson car une partie sert à d'autres utilisations en particulier pour la préparation de la nourriture. On peut également évoquer le problème posé par une pile qui cesserait de fonctionner.

Version 2 et 3 :

Les éléments de réponses de la version 2 et 3 reprennent ceux de la version 1 mais on peut signaler en plus :

S'approprier	<i>Extraire l'information utile.</i>
---------------------	--------------------------------------

Document 4 : permettre la détermination de la tension aux bornes d'une pile.
Document 5 (version 3) : relier E et P afin de convertir les kWh en J.

Analyser	<i>Organiser et exploiter les informations extraites. Déterminer et énoncer les lois physiques qui seront utilisées. Établir une stratégie de résolution.</i>
-----------------	---

Déterminer la tension U aux bornes d'une pile

Réaliser	<i>Savoir mener efficacement les calculs analytiques et la traduction numérique. Mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée.</i>
-----------------	--

Version 3 (méthode 1) : oxydation à l'anode : $\text{H}_2 + 2 \text{OH}^- = 2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^-$ (mais il n'est pas obligatoire de tenir compte de la nature de l'électrolyte car en effet cela n'influe pas sur la résolution)

Méthode 1 :

$$\text{Application numérique : } V_{\text{tot}}(\text{H}_2\text{O}) = \frac{3 \times 4,1 \cdot 10^3 \times 3,6 \cdot 10^6 \times 18 \cdot 10^{-3}}{2 \times 31 \times 0,935 \times 9,65 \cdot 10^4 \times 1,0 \cdot 10^3} = 1,4 \cdot 10^{-1} \text{ m}^3 \text{ soit } 1,4 \cdot 10^2 \text{ L}$$

Méthode 2 :

$$\text{En tenant compte du rendement : } V'_{\text{tot}}(\text{H}_2\text{O}) = r \times \frac{8 \pi R^3}{3} \times \frac{\mu}{\mu_{\text{eau}}} \times \frac{M(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2)}$$

$$\text{Application numérique : } V'_{\text{tot}}(\text{H}_2\text{O}) = 0,60 \times \frac{8 \times \pi \times (3,6 \cdot 10^{-1})^3}{3} \times \frac{67}{1,0 \cdot 10^3} \times \frac{18}{2,0} = 1,4 \cdot 10^{-1} \text{ m}^3 \text{ soit } 1,4 \cdot 10^2 \text{ L}$$

Valider	<i>Comparer le résultat obtenu avec le résultat d'une autre approche</i>
----------------	--

Les deux méthodes 1 et 2 de résolution donnent le même résultat ce qui montre leur cohérence.

Fiche 4 – Exemples d'indicateurs de réussite

<p>S'approprier</p>	<p>Pour répondre à la problématique, la comparaison entre la valeur du volume d'eau nécessaire pour couvrir les besoins en eau de boisson et celle déterminée par une voie de résolution est indiquée.</p> <p>Méthode 1 : à partir de l'énergie : L'équipage est constitué de 3 astronautes. Il faut considérer 3 piles. Les informations « U », « E » et « $n(e^-) F = I \Delta t$ » sont extraites. Le lien entre l'énergie disponible E et la relation $n(e^-) F = I \Delta t$ est mobilisé. Versions 2 et 3 : le lien entre les cellules élémentaires et la pile est évoqué. Version 3 : le lien entre E et P est effectué afin de convertir les kWh en J. Le problème de l'établissement des équations chimiques nécessaires à la résolution est soulevé. L'utilisation de la stœchiométrie pour établir des relations entre les quantités est mentionnée.</p> <p>Méthode 2 : à partir de la quantité de dihydrogène contenue dans les réservoirs : L'équipage est constitué de 3 astronautes. Il faut considérer 2 réservoirs. Les informations « volume d'une sphère », « rayon de la sphère » et « masse volumique du dihydrogène » sont extraites ou mobilisées (versions 2 et 3) puis mises en relation. Le problème de l'établissement de l'équation chimique de la réaction de fonctionnement de la pile est soulevé. L'utilisation de la stœchiométrie pour établir une relation entre les quantités est indiquée. La prise en compte du rendement dans la résolution est mentionnée (versions 2 et 3).</p>
<p>Analyser</p>	<p>Méthode 1 : à partir de l'énergie : Les équations des réactions (oxydation à l'anode et la réaction de fonctionnement de la pile) sont correctement écrites. Les relations stœchiométriques entre quantités d'eau, de dihydrogène et d'électrons sont justes. L'expression littérale donnant la quantité d'eau en fonction de E et de U est satisfaisante. La détermination de U est correcte (versions 2 et 3). L'utilisation de la relation entre masse, quantité et masse molaire, puis de la masse volumique conduit bien au volume d'eau produit par une pile. La présence des 3 piles est prise en compte pour le calcul du volume total d'eau.</p> <p>Méthode 2 : à partir de la quantité de dihydrogène contenue dans les réservoirs : L'équation de la réaction de fonctionnement de la pile est correctement écrite. La relation stœchiométrique entre quantité d'eau et quantité de dihydrogène est juste. L'expression littérale donnant la masse d'eau produite en fonction de la masse de dihydrogène contenue dans un réservoir E est satisfaisante. L'utilisation de la masse volumique conduit bien au volume d'eau que l'on peut produire à partir de la masse de dihydrogène contenue dans un réservoir. La présence des 2 réservoirs est prise en compte pour le calcul du volume total d'eau. La prise en compte du rendement est correctement effectuée (versions 2 et 3).</p> <p>Le volume d'eau nécessaire pour couvrir les besoins en eau de boisson est correctement calculé (version 1) ou correctement estimé (version 2 et 3).</p>

Réaliser	<p>Le calcul numérique du volume total d'eau produite est satisfaisant. Le résultat est donné avec un nombre de chiffres significatifs et une unité adaptés.</p>
Valider	<p>La comparaison est effectuée avec pertinence. Il est « normal » de trouver un volume d'eau produit supérieur aux besoins en eau de boisson. Au moins une explication est formulée pour justifier la différence.</p> <p>Les deux méthodes de résolution sont comparées. Version 1 : les résultats sont différents mais du même ordre de grandeur (une explication peut être avancée). Versions 2 et 3 : elles aboutissent au même résultat (140 L) en tenant compte du rendement.</p>
Communiquer	<p>La communication est claire, cohérente avec un vocabulaire scientifique précis. Les calculs sont effectués à partir de formules littérales, dans un langage mathématique correct.</p>

Résolution de problème : Passé en avant ou en arrière au rugby ?

Niveau : **Terminale S (enseignement spécifique)**
Thème : **Comprendre (lois et modèles)**
Activité expérimentale : **non**
Origine du sujet : **GRIESP**

Programme de Terminale S (enseignement spécifique)

Notions et contenus	Compétences attendues
Temps, mouvement et évolution	
Description du mouvement d'un point au cours du temps : vecteurs position, vitesse et accélération. Lois de Newton.	Choisir un référentiel d'étude. Connaître et exploiter les trois lois de Newton ; les mettre en œuvre pour étudier des mouvements dans le champ de pesanteur.

Description du document

Plusieurs versions d'une même résolution de problème sont proposées avec des niveaux de difficulté différents.

Compétences	Niveaux de difficulté	
	Version 1 (niveau « initiation »)	Version 2 (niveau « confirmé »)
S'approprier (APP)	2	2
Analyser (ANA)	2	3
Réaliser (REA)	1	3
Valider (VAL)	1	1
Communiquer (COM)	2	2

Analyse des différentes versions de la résolution de problème

La **version 1** peut être donnée dès le début de l'année scolaire car les notions exigibles dans cette résolution de problème portent uniquement sur la relativité du mouvement et sur le principe d'inertie, notions déjà connues des élèves depuis la classe de Seconde. Excepté l'appropriation des règles du rugby et la présence de données inutiles dans le document, ce sujet ne présente pas de difficultés particulières.

La **version 2** du problème présente davantage de difficultés pour les élèves au niveau de l'analyse et de la résolution du problème car sa résolution nécessite la modélisation du mouvement du ballon de rugby et l'établissement d'équations horaires dans le référentiel terrestre du terrain de rugby.

Déroulement de l'activité

Le professeur présente la vidéo de l'essai litigieux puis l'élève reçoit l'énoncé (fiche 1).

Au cours de son raisonnement, en cas de blocage, l'élève peut faire appel à des aides, décrites dans la fiche 2.

Des éléments de réponses sont donnés dans la fiche 3 pour le professeur.

La fiche 4 donne des exemples d'indicateurs de réussite permettant à l'enseignant d'évaluer cette activité par compétences s'il le souhaite.

Présentation d'une des deux vidéos suivantes :

Match complet Toulouse-Clermont du 5 janvier 2014 (l'essai « litigieux » est visible à la 11^{ème} minute du match et à la 15^{ème} minute de la vidéo) :

http://www.youtube.com/watch?feature=player_detailpage&v=HG4tZ4KBr3Y

Résumé du match Toulouse-Clermont du 5 janvier 2014 (l'essai « litigieux » est visible 1 min 8 s après le début du résumé) : http://www.youtube.com/watch?v=LDGV0Op_bEw

Fiche 1 - Énoncé du sujet

Top 14, Toulouse-Clermont : Quand la passe en avant de Huget enflamme le rugby français !
D'après une dépêche de l'AFP du 09/01/2014 @RugbyramaFR

Profitant des nouvelles directives de l'IRB concernant les en-avant, l'essai inscrit par le Toulousain Médard contre Clermont a entraîné de nombreuses réactions.



Nulla règle ne définit mieux le rugby que la sacro-sainte passe en arrière, mais ce principe est aujourd'hui au cœur d'une très vive polémique, suite à la volonté des autorités mondiales du jeu de modifier le jugement de la passe. *"Avancer en se passant le ballon vers l'arrière"*: cette antienne inoxydable pose question, jusqu'au sein même du corps arbitral, depuis que l'International Rugby Board (IRB) réclame que la passe en avant soit jugée selon le mouvement des mains et non plus selon la trajectoire du ballon sur le terrain.

Dimanche dernier, dernier épisode de la polémique lors du match Toulouse-Clermont de la 16^{ème} journée de Top 14, un essai a été accordé au Toulousain Maxime Médard après qu'il ait récupéré un ballon lancé vers l'arrière par Yoann Huget, mais qui avait atterri deux mètres en avant sur le terrain. *"Si on se fie aux nouveaux critères, il n'y a pas en-avant mais si vous me le demandez à moi, je vous dirai que oui, il y a en-avant"*, résume l'entraîneur des trois-quarts toulousains Jean-Baptiste Elissalde. Selon les nouvelles directives de l'IRB, l'essai accordé après un examen de la vidéo était bel et bien valable. Jusqu'à cette saison, une passe était jugée en avant selon la trajectoire du ballon - vers l'avant ou vers l'arrière - par rapport au terrain. Mais ce critère pose un problème scientifique : le principe physique de la vitesse relative fait qu'un ballon lancé par un joueur qui court atterrira régulièrement devant l'endroit où il a été lancé.

Dans le cadre de l'extension du recours à l'arbitrage vidéo cette saison, l'IRB a donc prôné de ne plus tenir compte de la trajectoire du ballon mais du geste. *"L'arbitre vidéo ne doit pas juger la trajectoire du ballon mais l'action du joueur qui a passé le ballon, c'est-à-dire si les mains du joueur effectuant la passe ont eu un mouvement vers sa propre ligne de but"*, stipule une directive de l'IRB.

"On est en train de construire une usine à gaz où chacun interprète à sa manière et ça crée des incompréhensions grotesques. La façon dont elle est appliquée depuis le début de saison dans le championnat français crée des situations ubuesques. Dans le vestiaire dimanche, certains joueurs étaient persuadés que l'arbitre avait sifflé une pénalité et pas un essai. Ils ne comprenaient pas qu'il ait pu être accordé", explique le directeur sportif de Clermont Jean-Marc Lhermet, ulcéré par l'essai toulousain.

Pour l'instant, lors des matchs de la saison régulière, la polémique reste mesurée mais elle prendra une toute autre importance en phase finale, voire en finale, avec un titre en jeu. *"Je ne vous cache pas que les arbitres français sont mal à l'aise. Avoir introduit cette notion est une complication, une source d'incompréhension et une source de subjectivité supplémentaire. Nous préférerions qu'on revienne à la définition précédente de la passe en avant, à savoir si le ballon va vers la ligne de ballon mort adverse"*, répond le président de la Commission centrale des arbitres, Didier Méné.

Version 1 : niveau « initiation »

Question préalable :

La passe de Yoann Huget à Maxime Médard est-elle une passe en avant ou une passe en arrière ? Justifier la réponse.

Problème :

Cette nouvelle règle du rugby concernant les passes favorise-t-elle les joueurs les plus rapides ou les joueurs les plus lents ? Que pensez-vous finalement de cette nouvelle règle ?

Version 2 : niveau « confirmé »

Question préalable :

La passe de Yoann Huget à Maxime Médard est-elle une passe en avant ou une passe en arrière ? Justifier la réponse.

Problème :

Après avoir modélisé le mouvement du ballon de rugby avec des équations horaires, répondre aux questions suivantes :

Cette nouvelle règle du rugby concernant les passes favorise-t-elle les joueurs les plus rapides ou les joueurs les plus lents ? Que pensez-vous finalement de cette nouvelle règle ?

Fiche 2 - Aides à la résolution du problème

L'ordre des questions préalables ne correspond pas forcément à un schéma de résolution précis. Il est possible et même souhaitable que les élèves fassent des allers-retours entre les différentes étapes de résolution.

Question préalable (aides pour les versions 1 et 2)

D'après le document et la vidéo, Maxime Médard a récupéré un ballon lancé vers l'arrière par Yoann Huget, mais qui a atterri deux mètres en avant sur le terrain.	APP
Etes vous immobile ou en mouvement autour du Soleil lorsque vous répondez à cet exercice ? Y a-t-il un mouvement « absolu » ? Yoann Huget est immobile dans le référentiel lié à lui-même et il est en mouvement dans le référentiel lié au terrain (le référentiel terrestre). Décrivez le mouvement du ballon de rugby dans le référentiel lié au terrain et dans le référentiel lié à Yoann Huget.	ANA

Problème

Cette nouvelle règle du rugby concernant les passes favorise-t-elle les joueurs les plus rapides ou les joueurs les plus lents ? (aides pour les versions 1 et 2)

L'International Rugby Board (IRB) réclame depuis la saison 2013-2014 que la passe en avant soit jugée selon le mouvement des mains du joueur lançant la balle et non plus selon la trajectoire du ballon dans le référentiel lié au terrain, comme c'était le cas auparavant.	APP
D'après le principe d'inertie, si on néglige les frottements de l'air, le ballon de rugby serait tombé au pied de Yoann Huget s'il l'avait lâché en courant en ligne droite à vitesse constante (sans le lancer vers l'arrière). Dans le référentiel lié au terrain (le référentiel terrestre), on peut modéliser le mouvement de Yoann Huget par un mouvement rectiligne parallèle à la ligne de touche, vers la ligne d'essai adverse.	ANA
<p>Rugby : passe en avant, une question de trajectoire</p> <p>Difficile de juger un en-avant ! L'International Board (IRB) veut que ce soit désormais le mouvement des mains qui détermine si une passe est correcte, et non plus la trajectoire</p>  <p>1 Avancer en se passant le ballon vers l'arrière : c'est la règle d'or du jeu.</p> <p>2 Au déclenchement de cette passe, le mouvement des mains du joueur est bien dirigé vers l'arrière</p> <p>3 Mais comme le joueur court, le ballon va atterrir devant son point de départ. C'est le principe physique de la vitesse relative</p> <p>4 Si on juge la trajectoire du ballon par rapport au terrain, il y a en-avant. Selon les nouveaux critères de l'IRB, la passe est bonne</p> <p>Source : IRB</p> <p>http://www.lindependant.fr/2014/01/10/les-mains-de-la-discorde,1833348.php</p> <p>AFP</p>	

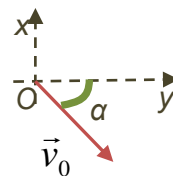
Aides pour la version 1 :

<p>La vitesse du ballon dans le référentiel lié au terrain dépend :</p> <ul style="list-style-type: none"> - de la vitesse du ballon dans le référentiel lié à Yoann Huget ; - de la vitesse de Yoann Huget dans le référentiel lié au terrain. 	ANA
<p>La relation entre les valeurs des composantes dans la direction de la longueur du terrain :</p> <ul style="list-style-type: none"> - de la vitesse du ballon dans le référentiel lié au terrain $V_{ballon/terrain}$; - de la vitesse du ballon lancé vers l'arrière dans le référentiel lié à Yoann Huget $V_{ballon/Huget}$; - de la vitesse de Yoann Huget vers l'avant dans le référentiel lié au terrain $V_{Huget/terrain}$; <p>est : $V_{ballon/terrain} = V_{Huget/terrain} - V_{ballon/Huget}$ *</p> <p>(dans le référentiel du terrain, le ballon va : - en avant si $V_{ballon/terrain} > 0$ - en arrière si $V_{ballon/terrain} < 0$).</p>	REA
<p>Dans le référentiel du terrain, le ballon va en arrière ($V_{ballon/terrain} < 0$) uniquement si $V_{Huget/terrain} < V_{ballon/Huget}$. Plus $V_{ballon/Huget}$ est faible, plus $V_{Huget/terrain}$ doit être faible pour que le ballon aille en arrière dans le référentiel du terrain ($V_{ballon/terrain} < 0$).</p>	VAL

* : travailler avec des valeurs absolues permet de faire apparaître la négation, ce qui est plus simple pour les élèves.

Aides pour la version 2 :

<p>Pour répondre au problème posé, il faut trouver les équations horaires modélisant le mouvement du ballon de rugby dans le référentiel lié au terrain, qui est un référentiel terrestre, considéré comme galiléen.</p>	ANA
<p>Dans le référentiel terrestre lié au terrain, on prend :</p> <p>comme repère d'espace un repère :</p> <ul style="list-style-type: none"> d'axe x horizontal ayant pour direction la longueur du terrain et pour sens vers la ligne d'essai adverse ; d'axe y horizontal ayant pour direction la largeur du terrain et pour sens de Yoann Huget à Maxime Médard ; d'axe z vertical vers le haut ; <p>ayant pour origine la position du ballon de rugby au moment où il est lancé par Yoann Huget ;</p> <p>comme origine des temps l'instant où Yoann Huget lance le ballon à Maxime Médard.</p> <p>Le ballon est modélisé par un point matériel A de masse constante m.</p> <p>On néglige les forces de frottements exercées sur le ballon. On considère que le ballon est en chute libre après avoir été lancé à Maxime Médard. La seule force exercée sur le ballon après son lancer par Yoann Huget est le poids du ballon.</p> <p>Yoann Huget lance le ballon avec une vitesse \vec{v}_0 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - de direction horizontale : - de sens vers l'arrière (vers sa propre ligne d'essai) ; - de valeur v_0. 	



<p>Dans le référentiel lié au terrain, la vitesse $\vec{v}_{O_{terrain}}$ du ballon à l'instant $t = 0$ est égale à :</p> $\vec{v}_{O_{terrain}} = \vec{v}_0 + \vec{v}_{Huget}$ <p>avec \vec{v}_0 la vitesse initiale du ballon dans le référentiel lié à Huget, \vec{v}_{Huget} la vitesse de Yoann Huget dans le référentiel du terrain au moment de la passe.</p> <p>Il faut utiliser la deuxième loi de Newton pour trouver les équations horaires modélisant le mouvement du ballon de rugby dans le référentiel lié au terrain.</p>	ANA
<p>D'après la deuxième loi de Newton : $m \cdot \vec{a} = \sum \vec{F}$.</p> <p>$\sum \vec{F} = m \cdot \vec{g}$ d'où $m \cdot \vec{g} = m \cdot \vec{a}$. Ainsi : $\vec{a} = \vec{g} = \overline{cte}$ dans le champ de pesanteur uniforme.</p> $\vec{g} \begin{cases} g_x = 0 \\ g_y = 0 \\ g_z = -g \end{cases}$ $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} \text{ et } \vec{v} = \frac{d\overrightarrow{OA}}{dt}$ <p>La détermination des constantes s'effectue en étudiant la vitesse ou la position du ballon à l'instant $t = 0$.</p> $\vec{v} \begin{cases} v_x = -v_0 \cdot \sin(\alpha) + v_{Huget} \\ v_y = v_0 \cdot \cos(\alpha) \\ v_z = -g \cdot t \end{cases}$ $\overrightarrow{OA} \begin{cases} x = (v_{Huget} - v_0 \cdot \sin(\alpha)) \cdot t \\ y = v_0 \cdot \cos(\alpha) \cdot t \\ z = -\frac{1}{2} g \cdot t^2 \end{cases}$	REA
<p>Dans le référentiel du terrain, le ballon va en arrière ($v_x < 0$) uniquement si $v_{Huget} < v_0 \cdot \sin(\alpha)$. Plus $v_0 \cdot \sin(\alpha)$ est faible, plus v_{Huget} doit être faible pour que le ballon aille en arrière dans le référentiel du terrain ($v_x < 0$).</p>	VAL

Que pensez-vous finalement de cette nouvelle règle ? (aides pour les versions 1 et 2)

<p>D'après le document de l'énoncé, le directeur sportif de Clermont a été ulcéré par l'essai toulousain alors que certains joueurs étaient persuadés que l'arbitre avait sifflé une pénalité et pas un essai. D'après le document de l'énoncé, le patron des arbitres français trouve que cette nouvelle règle apporte une complication, une source d'incompréhension et une source de subjectivité supplémentaire. D'après la réponse à la première question du problème, les joueurs les plus rapides sont favorisés par cette nouvelle règle.</p>	APP
<p>Les spectateurs, qui voient le match depuis le bord du terrain, peuvent eux aussi ne pas comprendre la nouvelle règle. Tous les matchs de rugby, notamment les matchs avec les jeunes joueurs, ne peuvent pas bénéficier de l'arbitrage vidéo.</p>	ANA
<p>Il est possible de nuancer la réponse et de ne pas donner un avis définitif.</p>	VAL

Fiche 3 – Éléments de réponses

Question préalable

Version 1 :

S'approprier	Extraire l'information utile.
---------------------	-------------------------------

D'après la dépêche de l'AFP, Maxime Médard a récupéré un ballon lancé vers l'arrière par Yoann Huget, mais qui avait atterri deux mètres en avant sur le terrain.

Analyser	Déterminer et énoncer les lois physiques qui seront utilisées.
-----------------	--

D'après la relativité du mouvement, la passe de Yoann Huget à Maxime Médard est :

- une passe en avant dans le référentiel terrestre lié au terrain de rugby ;
- une passe en arrière dans le référentiel lié à Yoann Huget.

Problème

Versions 1 et 2 :

Les joueurs les plus rapides favorisés par cette nouvelle règle du rugby concernant les passes

S'approprier	Extraire l'information utile.
---------------------	-------------------------------

D'après la dépêche de l'AFP, l'International Rugby Board (IRB) réclame depuis la saison 2013-2014 que la passe en avant soit jugée selon le mouvement des mains du joueur lançant la balle et non plus selon la trajectoire du ballon dans le référentiel lié au terrain, comme c'était le cas auparavant.

Analyser	Elaborer une version simplifiée de la situation en explicitant les choix des hypothèses faites. Organiser et exploiter ses connaissances ou les informations extraites.
-----------------	--

Pour étudier cette nouvelle règle et savoir si elle favorise les joueurs les plus lents ou les plus rapides, il faut étudier le mouvement du ballon de rugby par rapport à la vitesse du joueur faisant la passe dans le référentiel terrestre lié au terrain.

Pour simplifier la situation étudiée, on peut négliger les forces de frottements exercées sur le ballon et considérer que le mouvement de Yoann Huget est un mouvement rectiligne, parallèle à la ligne de touche, vers la ligne d'essai adverse.

Suite du raisonnement pour la version 1 :

Réaliser	Savoir mener efficacement les calculs analytiques. Mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée.
-----------------	---

La relation entre les valeurs des composantes dans la direction de la longueur du terrain :

- de la vitesse du ballon dans le référentiel lié au terrain $V_{\text{ballon/terrain}}$;
- de la vitesse du ballon lancé vers l'arrière dans le référentiel lié à Yoann Huget $V_{\text{ballon/Huget}}$;
- de la vitesse de Yoann Huget vers l'avant dans le référentiel lié au terrain $V_{\text{Huget/terrain}}$;

est : $V_{\text{ballon/terrain}} = |V_{\text{Huget/terrain}}| - |V_{\text{ballon/Huget}}|$.

Valider	Exploiter et interpréter des résultats.
----------------	---

Dans le référentiel du terrain, le ballon va donc en arrière ($V_{\text{ballon/terrain}} < 0$) uniquement si $|V_{\text{Huget/terrain}}| < |V_{\text{ballon/Huget}}|$.

Ainsi pour un même lancer de ballon (avec une même valeur de vitesse $V_{\text{ballon/Huget}}$), un joueur rapide ($|V_{\text{Huget/terrain}1}|$ grand) enverra le ballon en avant dans le référentiel du terrain car $|V_{\text{Huget/terrain}1}| > |V_{\text{ballon/Huget}}|$ alors qu'un joueur plus lent ($|V_{\text{Huget/terrain}2}|$ plus faible) l'enverra en arrière car $|V_{\text{Huget/terrain}2}| < |V_{\text{ballon/Huget}}|$.

Les joueurs les plus rapides étaient donc défavorisés par l'ancienne règle et cette nouvelle règle avantage enfin les joueurs les plus rapides par rapport aux joueurs les plus lents.

Suite du raisonnement pour la version 2 :

Analyser	<p><i>Elaborer une version simplifiée de la situation en explicitant les choix des hypothèses faites.</i></p> <p><i>Organiser et exploiter ses connaissances ou les informations extraites.</i></p>
-----------------	---

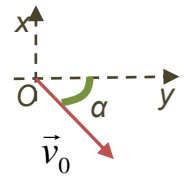
Pour répondre au problème, il faut trouver les équations horaires modélisant le mouvement du ballon de rugby dans le référentiel lié au terrain, qui est un référentiel terrestre considéré comme galiléen.

Dans le référentiel terrestre lié au terrain, on prend donc comme repère d'espace un repère :

- d'axe x horizontal ayant pour direction la longueur du terrain et pour sens vers la ligne d'essai adverse ;
- d'axe y horizontal ayant pour direction la largeur du terrain et pour sens de Yoann Huget à Maxime Médard ;
- d'axe z vertical vers le haut ;
- ayant pour origine la position du ballon de rugby au moment où il est lancé par Yoann Huget ;
- comme origine des temps l'instant où Yoann Huget lance le ballon à Maxime Médard.

On applique alors la deuxième loi de Newton au ballon de rugby, que l'on modélise par un point matériel A de masse constante m .

Pour cela, on néglige les forces de frottements exercées sur le ballon et on considère que le ballon est en chute libre après avoir été lancé par Yoann Huget avec une vitesse \vec{v}_0 :



- de valeur v_0 ;
- de direction horizontale ;
- de sens vers l'arrière (vers sa propre ligne d'essai).

Ainsi, dans le référentiel terrestre lié au terrain, la vitesse $\vec{v}_{0\text{terrain}}$ du ballon à l'instant $t = 0$ est égale à :

$\vec{v}_{0\text{terrain}} = \vec{v}_0 + \vec{v}_{\text{Huget}}$ avec \vec{v}_0 la vitesse initiale du ballon dans le référentiel lié à Huget, \vec{v}_{Huget} la vitesse de Yoann Huget dans le référentiel du terrain au moment de la passe.

Réaliser	<p><i>Savoir mener efficacement les calculs analytiques.</i></p> <p><i>Mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée.</i></p>
-----------------	--

La situation étant convenablement décrite, il est maintenant possible d'appliquer la deuxième loi de

Newton : $m \cdot \vec{a} = \sum \vec{F}$ $\Leftrightarrow \sum \vec{F} = m \cdot \vec{g}$ d'où $m \cdot \vec{g} = m \cdot \vec{a}$.

Ainsi : $\vec{a} = \vec{g} = \overline{cte}$ dans le champ de pesanteur uniforme.

Comme $\vec{g} \begin{cases} g_x = 0 \\ g_y = 0 \\ g_z = -g \end{cases}$, $\vec{a} \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = 0 \\ a_z = -g \end{cases}$.

De plus, $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ donc $\vec{a} \begin{cases} a_x = \frac{dv_x}{dt} = 0 \\ a_y = \frac{dv_y}{dt} = 0 \\ a_z = \frac{dv_z}{dt} = -g \end{cases}$ et $\vec{v} \begin{cases} v_x = cte_1 \\ v_y = cte_2 \\ v_z = -g \cdot t + cte_3 \end{cases}$.

A $t = 0$, $\vec{v} = \vec{v}_{0\text{terrain}} = \vec{v}_0 + \vec{v}_{\text{Huget}} \begin{cases} v_{0x} = cte_1 = -v_0 \cdot \sin(\alpha) + v_{\text{Huget}} \\ v_{0y} = cte_2 = v_0 \cdot \cos(\alpha) \\ v_{0z} = cte_3 = 0 \end{cases}$.

La détermination des valeurs des constantes 1, 2 et 3 permet de trouver que :

$\vec{v} \begin{cases} v_x = -v_0 \cdot \sin(\alpha) + v_{\text{Huget}} \\ v_y = v_0 \cdot \cos(\alpha) \\ v_z = -g \cdot t \end{cases}$.

Ensuite, on sait que : $\vec{v} = \frac{d\vec{OA}}{dt}$ donc $\vec{v} \left\{ \begin{array}{l} v_x = \frac{dx}{dt} = v_{Hugest} - v_0 \cdot \sin(\alpha) \\ v_y = \frac{dy}{dt} = v_0 \cdot \cos(\alpha) \\ v_z = \frac{dz}{dt} = -g \cdot t \end{array} \right.$ et

$$\vec{OA} \left\{ \begin{array}{l} x = (v_{Hugest} - v_0 \cdot \sin(\alpha)) \cdot t + cte_4 \\ y = v_0 \cdot \cos(\alpha) \cdot t + cte_5 \\ z = -\frac{1}{2} g \cdot t^2 + cte_6 \end{array} \right.$$

Comme $\vec{OA}(t=0) \left\{ \begin{array}{l} x = cte_4 = 0 \\ y = cte_5 = 0 \\ z = cte_6 = 0 \end{array} \right.$, les équations horaires caractérisant le mouvement du ballon de rugby

dans le référentiel terrestre du terrain sont :

$$\vec{OA} \left\{ \begin{array}{l} x = (v_{Hugest} - v_0 \cdot \sin(\alpha)) \cdot t \\ y = v_0 \cdot \cos(\alpha) \cdot t \\ z = -\frac{1}{2} g \cdot t^2 \end{array} \right.$$

Valider | *Exploiter et interpréter des résultats.*

Dans le référentiel du terrain, le ballon va en arrière ($v_x < 0$) uniquement si $v_{Hugest} < v_0 \cdot \sin(\alpha)$.

Ainsi pour un même lancer de ballon avec une même valeur de vitesse v_0 et un même angle α , un joueur rapide ($v_{Hugest1}$ grand) enverra le ballon en avant dans le référentiel du terrain car $v_{Hugest1} > v_0 \cdot \sin(\alpha)$ alors qu'un joueur plus lent ($v_{Hugest2}$ plus faible) l'enverra en arrière car $v_{Hugest2} < v_0 \cdot \sin(\alpha)$.

Les joueurs les plus rapides étaient donc défavorisés par l'ancienne règle et cette nouvelle règle avantage enfin les joueurs les plus rapides par rapport aux joueurs les plus lents.

Que pensez-vous finalement de cette nouvelle règle ? (versions 1 et 2)

S'approprier | *Extraire l'information utile.*

Cette nouvelle règle favorise les joueurs les plus rapides.

Cependant d'après la dépêche de l'AFP citée dans l'énoncé, des directeurs sportifs, des joueurs et même des arbitres ont des difficultés pour comprendre cette nouvelle règle.

Analyser | *Organiser et exploiter ses connaissances ou les informations extraites.*

Il en est de même pour les spectateurs et il ne faut pas oublier que tous les matchs, notamment les matchs amateurs, ne bénéficient pas de l'arbitrage vidéo.

Valider | *Faire preuve d'esprit critique.*

Ainsi, cette nouvelle règle est intéressante car elle est dans l'esprit du jeu en favorisant les joueurs les plus rapides.

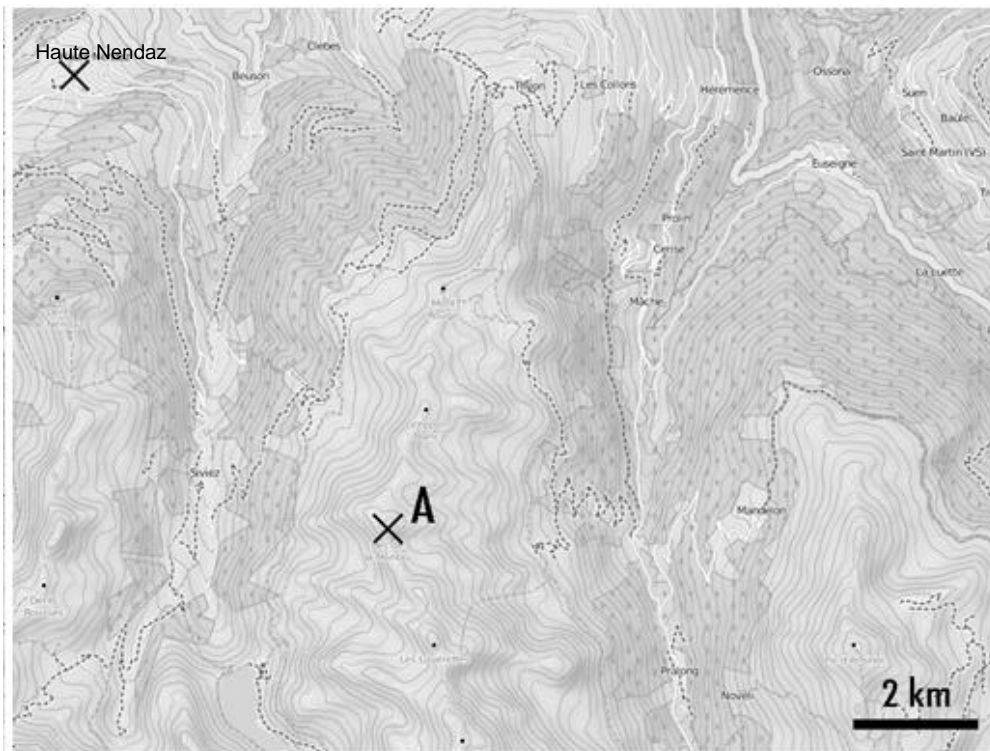
Cependant, elle nécessite l'utilisation de la vidéo car les arbitres et les spectateurs voient le plus souvent le mouvement du ballon dans le référentiel terrestre du terrain. C'est donc une règle qui ne peut pas être appliquée à tous les niveaux, notamment chez les jeunes, et qui peut être difficile à comprendre pour le public.

Fiche 4 – Exemples d'indicateurs de réussite

<p>S'approprier</p>	<p>Yoann Huget a lancé la balle vers l'arrière mais elle est arrivée plus en avant sur le terrain.</p> <p>D'après l'IRB, cette passe est maintenant considérée comme une passe en arrière et elle est donc valable.</p> <p>Cette nouvelle règle apporte beaucoup de confusion car elle est difficile à comprendre.</p>
<p>Analyser</p>	<p>La passe de Yoann Huget à Maxime Médard est en avant ou en arrière suivant le référentiel d'étude.</p> <p>Dans le référentiel terrestre lié au terrain, la vitesse du ballon de rugby est étudiée par rapport à la vitesse du joueur.</p> <p>La modélisation de la situation est correctement présentée.</p>
<p>Réaliser</p>	<p>Version 1 : $V_{ballon/terrain} = V_{Huget/terrain} - V_{ballon/Huget} .$</p> <p>Une explication sans calcul avec uniquement des phrases peut également suffire. Par exemple : avec l'ancienne règle qui étudiait le mouvement des passes dans le référentiel lié au terrain, les joueurs les plus rapides devaient lancer le ballon dans une direction plus en arrière ou avec une valeur de vitesse plus grande que les joueurs lents pour que le ballon aille en arrière dans le référentiel lié au terrain.</p> <p>Version 2 :</p> $\vec{v} \begin{cases} v_x = -v_0 \cdot \sin(\alpha) + v_{Huget} \\ v_y = v_0 \cdot \cos(\alpha) \\ v_z = -g \cdot t \end{cases} \quad \text{et} \quad \vec{OA} \begin{cases} x = (v_{Huget} - v_0 \cdot \sin(\alpha)) \cdot t \\ y = v_0 \cdot \cos(\alpha) \cdot t \\ z = -\frac{1}{2} g \cdot t^2 \end{cases}$ <p>ou toutes autres équations horaires cohérentes avec la modélisation proposée.</p>
<p>Valider</p>	<p>Cette nouvelle règle avantage les joueurs les plus rapides par rapport aux joueurs les plus lents.</p> <p>Cette nouvelle règle est intéressante car elle avantage les joueurs les plus rapides. Cependant, cette nouvelle règle est difficile à comprendre.</p>
<p>Communiquer</p>	<p>La communication est claire, cohérente avec un vocabulaire scientifique précis.</p> <p>Les équations sont établies avec un langage mathématique correct.</p>

Résolution de problème – Baccalauréat 2014 - métropole LE COR DES ALPES (5 points)

Chaque année, au mois de juillet, se déroule le festival international du cor des Alpes à Haute Nendaz, en Suisse. Cet instrument folklorique était jadis utilisé par les bergers pour communiquer entre eux.



Δ Le berger, situé au sommet d'une colline (point A sur la carte) joue la note la plus grave de son cor des Alpes. Son instrument a une longueur de 3,4 m.

Pourra-t-on l'entendre à Haute Nendaz si le niveau d'intensité sonore est de 100 dB à un mètre de l'instrument ?

Hypothèses de travail :

- L'amortissement de l'onde n'est pas pris en compte : la dissipation d'énergie au cours de la propagation est négligeable.
- Le rayonnement de la source est supposé isotrope.

L'analyse des données ainsi que la démarche suivie seront évaluées et nécessitent d'être correctement présentées. Les calculs numériques seront menés à leur terme avec rigueur. Il est aussi nécessaire d'apporter un regard critique sur le résultat et de discuter de la validité des hypothèses formulées.

Donnée :

- Intensité acoustique de référence : $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$

Document 1. Valeurs de la célérité du son dans l'air en fonction de la température

Température en °C	10	20	30	40
Célérité en m.s^{-1}	337	343	349	355

Document 2. Un instrument à vent : le cor des Alpes

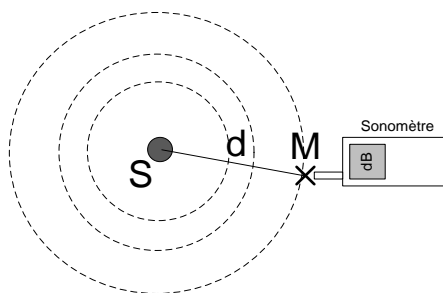
Lorsque l'on souffle dans un cor des Alpes pour la première fois, il semble impossible d'en sortir un seul son harmonieux. Mais avec un peu de pratique, on peut apprendre à produire jusqu'à vingt-deux notes, ceci sans utiliser ni valves ni boutons. La gamme de notes réalisable sur cet instrument dépend d'abord de sa géométrie, puis du talent de celui qui en joue. Les premiers cors des Alpes datent du 14^{ème} siècle, ils étaient traditionnellement utilisés par les gardiens de troupeaux pour communiquer entre eux sur des distances d'une dizaine de kilomètres. Cet instrument de la famille des cuivres est fait d'une seule pièce de bois, un tube recourbé à son extrémité et mesurant en général de deux à quatre mètres de long. Pour en jouer, le musicien souffle dans une embouchure. La note la plus grave est atteinte lorsque la longueur d'onde de la note fait deux fois la longueur du cor.



Document 3. L'intensité sonore d'une source isotrope

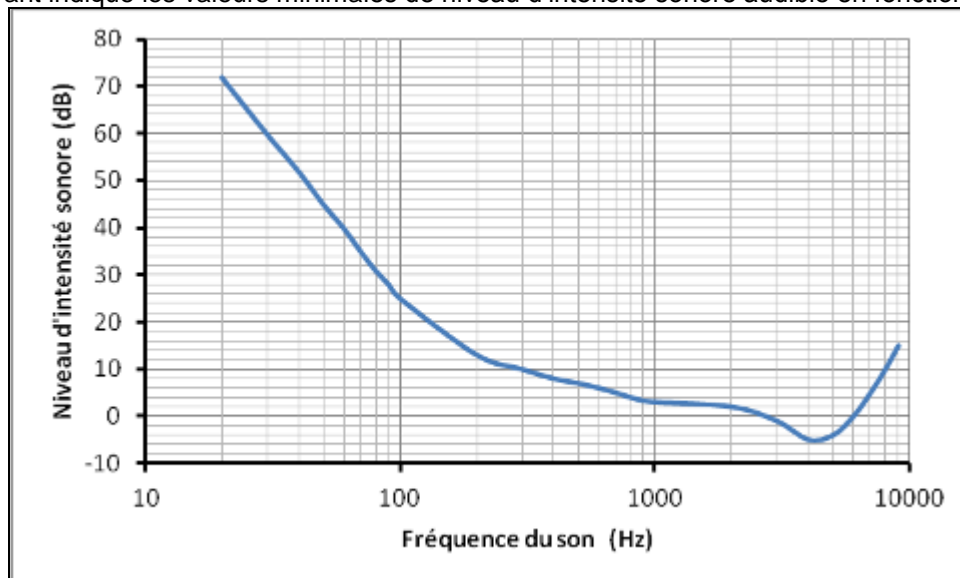
Pour une source isotrope (c'est-à-dire émettant la même énergie dans toutes les directions) de puissance P , l'intensité sonore I au point M dépend de la distance d à la source et s'exprime de la façon suivante :

$$I = \frac{P}{4\pi d^2} \quad \text{avec } I \text{ en } \text{W.m}^{-2} ; P \text{ en } \text{W} ; d \text{ en } \text{m}$$



Document 4. Seuil d'audibilité en fonction de la fréquence

Le graphique suivant indique les valeurs minimales de niveau d'intensité sonore audible en fonction de la fréquence.



COR DES ALPES - Corrigé

- La grille permet d'apprécier, selon quatre niveaux (A, B, C, D), le niveau de maîtrise des compétences mises en œuvre par le candidat pour traiter l'exercice. Pour cela, elle s'appuie sur des indicateurs de réussite adaptés à la résolution.
- Dans cet exercice la compétence « réaliser » est particulièrement sollicitée, sa contribution dans l'évaluation a un poids double par rapport aux autres ; elle dispose donc de deux lignes dans la grille de compétence.
Ainsi, lors de l'évaluation de la compétence « réaliser », le correcteur place une croix dans chacune des deux lignes correspondant à cette compétence ; ces deux croix doivent être dans la même colonne correspondant au niveau choisi (A, B, C ou D).

Niveau A	Les indicateurs de réussite apparaissent dans leur (quasi) totalité.
Niveau B	Les indicateurs de réussite apparaissent partiellement.
Niveau C	Les indicateurs de réussite apparaissent de manière insuffisante.
Niveau D	Les indicateurs de réussite ne sont pas présents.

- **L'exercice sera évalué globalement en fonction de la position des différentes croix dans la grille suivant des indications précisées ci-dessous.**

En fonction de la position des croix dans la grille de compétences, le correcteur donne une note en point entier, en portant un regard global en deux étapes sur la grille et en utilisant les indications non exhaustives suivantes :

Première étape :

- majorité de A et de B : note entre 3 et 5
- majorité de C et de D : note entre 0 et 3

Deuxième étape :

- majorité de A : note entre 4 et 5 (majorité de A et aucun C ou D : 5)
- majorité de B : note entre 2 et 4 (uniquement des B : 3)
- majorité de C : note entre 1 et 3 (uniquement des C : 2)
- majorité de D : note entre 0 et 2 (uniquement des D : 0 ; dès qu'il y a d'autres niveaux que le D : 1 ou 2)

Evaluation par compétences	Compétences évaluées	Indicateurs de réussite	A	B	C	D
	S'approprier	L'élève a identifié les grandeurs pertinentes et leur a attribué un symbole : fréquence f, longueur d'onde λ, intensité sonore I, niveau d'intensité sonore L L'élève a évalué quantitativement les grandeurs physiques non précisées : célérité du son v_{son}, distance cor-Haut Nendaz d, longueur du cor ℓ				
	Analyser	L'élève a proposé et énoncé les lois qui semblent pertinentes pour la résolution : $v = \lambda \times f \qquad L = 10 \log \frac{I}{I_0} \qquad I = \frac{P}{4\pi d^2}$ L'élève a établi les étapes de la résolution à partir des lois identifiées : les différents éléments de la démarche sont proposés et sont aboutis				
	Réaliser	L'élève mène la démarche afin de répondre explicitement à la problématique posée : les éléments de la démarche apparaissent dans un ordre cohérent pour répondre au problème L'élève établit les relations littérales entre les grandeurs intervenant dans le problème par exemple et selon la démarche choisie :				
		$f = v / \lambda \qquad \frac{I_A}{I_B} = \frac{d_B^2}{d_A^2} \qquad \Delta L = 10 \log \frac{I_A}{I_B}$ L'élève réalise les calculs analytiques et numériques et exprime le résultat : les calculs sont menés correctement et les résultats sont exprimés avec l'unité adaptée.				
	Valider	L'élève a répondu à la question posée : la réponse au problème est donnée par une argumentation (lecture graphique) L'élève porte un regard critique sur le résultat obtenu : un élément critique est proposé				
	Note (en point entier)	/5 points En point entier				

LE COR DES ALPES : différents éléments des démarches possibles

Calcul de f

- Connaissance : $v = \lambda \times f$
- Prise d'initiative : $v = 340 \text{ m.s}^{-1}$
- Extraction d'informations :
 $\ell = 3,4 \text{ m} ; \lambda = 2 \ell$
- Calcul : $f = 50 \text{ Hz}$

Mesure de la distance séparant le sommet de la colline (point A) de Haute Nendaz
 $d = 9 \text{ km}$

Relation entre les intensités sonores

A partir du document 3 : $\frac{I_A}{I_B} = \frac{d_B^2}{d_A^2} = (9 \times 10^3)^2$ On note $d_A = 1 \text{ m}$ et $d_B = 9 \text{ km}$ (le point B désigne Haut Nendaz)

$$L_A = 10 \log \left(\frac{I_A}{I_0} \right), I_A = 10^{-2} \text{ W.m}^{-2}.$$

On en déduit I_B : $I_B = 1,2 \cdot 10^{-10} \text{ W.m}^{-2}$

$$\text{donc } L_B = 10 \log \left(\frac{I_B}{I_0} \right) = 21 \text{ dB}$$

Variation du niveau d'intensité sonore

Connaissance : $L = 10 \log \frac{I}{I_0}$

$$\Delta L = L_A - L_B = 10 \log \frac{I_A}{I_0} - 10 \log \frac{I_B}{I_0} = 10 \log \frac{I_A}{I_B}$$

Détermination du niveau d'intensité sonore à Haute Nendaz

$\Delta L = 79 \text{ dB}$ donc $L_B = 21 \text{ dB}$

Réponse au problème

Lecture graphique (f ; L_B)
Conclusion cohérente

Regard critique

- La distance proposée dans le document 2 est surestimée
- les hypothèses de calcul sont à revoir.
- Les harmoniques peuvent être entendues.
- La puissance sonore n'est pas uniformément distribuée autour de la source sonore.
- Jouer une autre note plus aiguë
- ...

Éléments de correction

Détermination de la distance entre le berger et Haute Nendaz : **$d = 9 \text{ km}$**

Fréquence du son joué :

Document 2 : « la note la plus grave possible sur l'instrument. Pour le cor des Alpes, elle est atteinte lorsque la longueur d'onde de la note fait deux fois la longueur du cor. »

Calcul de la fréquence à l'aide des données : $v = \lambda \times f \Leftrightarrow f = \frac{v}{\lambda} \approx 50 \text{ Hz}$

On note $d_A = 1 \text{ m}$ et $d_B = 9,0 \text{ km}$. $I_A = \frac{P}{4\pi d_A^2}$ et $I_B = \frac{P}{4\pi d_B^2}$ soit $\frac{I_A}{I_B} = \frac{d_B^2}{d_A^2}$ (le point B désigne Haut Nendaz)

Méthode 1 :

Atténuation due à la distance : $\Delta L = L_A - L_B = 10 \log \frac{I_A}{I_0} - 10 \log \frac{I_B}{I_0} = 10 \log \frac{I_A}{I_B}$

donc $\Delta L = 10 \log \left(\frac{d_B^2}{d_A^2} \right) = 20 \log \left(\frac{d_B}{d_A} \right) = 20 \log(9 \times 10^3) = 79 \text{ dB}$

Ainsi $L_B = L_{\text{Nendaz}} = 100 - 79 = \mathbf{21 \text{ dB}}$

Méthode 2 :

A partir de la relation $L_A = 10 \log \left(\frac{I_A}{I_0} \right)$, on calcule I_A : $I_A = 10^{-2} \text{ W.m}^{-2}$. On en déduit I_B : $I_B = 1,2 \cdot 10^{-10} \text{ W.m}^{-2}$ et donc

$L_B = L_{\text{Nendaz}} = 10 \log \left(\frac{I_B}{I_0} \right) = 21 \text{ dB}$

Conclusion : lecture sur la courbe :

A la fréquence de 50 Hz, ce son est inaudible pour l'oreille humaine. **Le cor ne sera pas entendu.**

Esprit critique

- La distance proposée dans le document 2 est surestimée ou les hypothèses de calcul sont à revoir.
- Les harmoniques peuvent être entendues.
- Pour une source ponctuelle directive, la puissance sonore n'est pas uniformément distribuée autour de la source sonore.
- Jouer une autre note plus aiguë...