

Ressources pour la classe de première générale et technologique

Physique - Chimie

Série S

Ces documents peuvent être utilisés et modifiés librement dans le cadre des activités d'enseignement scolaire, hors exploitation commerciale.

Toute reproduction totale ou partielle à d'autres fins est soumise à une autorisation préalable du directeur général de l'Enseignement scolaire.

La violation de ces dispositions est passible des sanctions édictées à l'article L.335-2 du Code de la propriété intellectuelle.

juillet 2011

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION 2

OBSERVER : COULEURS ET IMAGES 4

✗ INTRODUCTION	4
✗ COULEUR, VISION ET IMAGE	4
La synthèse additive de A à Z	4
La synthèse soustractive de A à Z.....	12
✗ SOURCES DE LUMIERE COLOREE	20
La couleur des étoiles : la loi de Wien	20
Balance des blancs.....	25
✗ MATIERES COLOREES	30
Un entretien d'embauche autour du Dakin®	30
Absorption, absorbance et dosage	34
Carottes et vision nocturne	38

COMPRENDRE : LOIS ET MODELES 42

✗ INTRODUCTION	42
✗ COHESION ET TRANSFORMATION DE LA MATIERE	42
L'énergie nucléaire.....	42
Préparation d'une solution ionique de concentration donnée en ions.....	45
Du cidre au calvados	48
✗ CHAMPS ET FORCES	55
Approche de la notion de champ – scalaire ou vectoriel – : émergence historique, définition, exemples et représentations.....	55
La naissance de l'électromagnétisme.....	62
Les étoiles à neutrons.....	70
✗ FORMES ET PRINCIPE DE CONSERVATION DE L'ENERGIE	73
Une énigme de la radioactivité : le neutrino.....	73

AGIR : DEFIS DU VINGT-ET-UNIEME SIECLE 79

✗ INTRODUCTION	79
✗ CONVERTIR L'ENERGIE ET ECONOMISER LES RESSOURCES	79
L'énergie hydraulique a-t-elle autant d'avenir que de passé ?	79
Impact environnemental de différents modes de déplacement.....	84
Quelle est l'efficacité des lampes fluocompactes ?	86
Classe énergétique d'un véhicule.....	89
Choisir ses piles.....	92
Piles et compagnie.....	94
✗ SYNTHETISER DES MOLECULES ET FABRIQUER DE NOUVEAUX MATERIAUX	98
Les nanomatériaux carbonés	98
Un matériau pas comme les autres	104

RESSOURCES POUR FAIRE LA CLASSE – SERIE S

ENSEIGNEMENT SPECIFIQUE DE PHYSIQUE-CHIMIE

INTRODUCTION

L'objectif de ce document est de préciser les finalités et les orientations du programme de l'enseignement spécifique de physique-chimie de la série S. Il doit aider les enseignants à percevoir et à appréhender la rupture, donc les évolutions fondamentales, du nouveau programme publié au BO spécial N°9 du 30 septembre 2010 par rapport à celui publié au BO hors série N°7 du 31 août 2000.

Après cette introduction, des préconisations et des suggestions sont proposées, mais il ne s'agit en aucun cas de prescriptions qui entravent la liberté pédagogique de l'enseignant dans le cadre général du programme.

La rénovation de ce programme s'inscrit dans le cadre de la réforme du lycée, et en particulier de la série S. De trop nombreux bacheliers ne poursuivent pas d'études supérieures scientifiques et technologiques longues, il importe donc de recentrer cette série sur ses objectifs.

Le baccalauréat S affirme sa vocation scientifique et conceptuelle. Le programme de physique-chimie a été élaboré dans ce sens, il est clairement ancré dans la série S. Tout doit concourir à donner aux élèves de la série S le goût pour la poursuite d'études supérieures scientifiques longues.

La physique-chimie est un enseignement spécifique du baccalauréat scientifique. Comme les autres disciplines expérimentales de ce baccalauréat, la pédagogie mise en œuvre valorise une démarche scientifique.

Les programmes de première et de terminale de la série scientifique s'articulent autour des grandes phases de la démarche scientifique : observer, comprendre, agir, et s'appuient sur des entrées porteuses et modernes.

Observer : l'Homme reçoit du monde matériel un ensemble d'informations sous forme d'énergie transportée par des ondes et des particules. La lumière en constitue la forme la plus immédiate et répandue, l'œil le premier instrument, la vision la première sensation, avec les images et leurs couleurs. Ce premier abord de la réalité montre déjà qu'il n'existe pas d'observation a priori, sans un cadre conceptuel qui lui donne sens, ni un instrument de réception et d'analyse. Dans cette partie du programme centrée sur le recueil des informations, la démarche scientifique montre déjà sa globalité et sa subtilité.

Comprendre : en s'appuyant sur le langage des mathématiques qui donne accès au formel et au quantitatif, la science expérimentale peut accéder à l'universel et au réinvestissement à partir de phénomènes particuliers. Cette partie du programme, centrée sur l'interprétation et la modélisation, montre que l'universalité peut s'expliquer en l'état actuel des connaissances par l'existence d'interactions fondamentales, responsables de la cohésion, des transformations et des mouvements, à toutes échelles, de la matière connue. À chacune de ces interactions est associée une forme d'énergie. L'application du principe de la conservation de l'énergie montre une des facettes de la démarche scientifique, tenue de partir de postulats fondateurs, dont la validité doit être légitimée par le retour au réel.

Agir : les moyens théoriques et technologiques que l'Homme se donne, outre qu'ils permettent de tester la fiabilité des modèles scientifiques et d'agrandir sans cesse le champ d'investigation du réel, lui offrent des réponses aux défis qu'il doit relever pour assurer le bien-être et le bien-vivre de tous dans le respect et la préservation de l'environnement. Cette partie du programme doit conduire le professeur à choisir des exemples d'application de la physique et de la chimie qui répondent à ces enjeux posés au devenir de l'Humanité et à la planète. Elle doit également montrer que les réponses résident dans la capacité de créer et d'innover qui est au cœur de l'activité scientifique. Elle doit donc à ce titre laisser un espace de liberté au professeur pour illustrer cette capacité avec ses élèves.

Cette liberté pédagogique permet par ailleurs au professeur de choisir ses progressions, ses niveaux d'entrée et ses exemples pour présenter les différents contenus et notions du programme.

OBSERVER : COULEURS ET IMAGES

✘ INTRODUCTION

La partie « observation » est réservée à la partie visible du spectre électromagnétique, qui constitue la source des phénomènes physiques les plus immédiatement perceptibles.

La couleur est en premier lieu pour l'Homme un phénomène d'origine physiologique lié à l'oeil, ce qui justifie l'abord du thème : « couleur, vision, image ».

L'étude des sources de lumière permet une explication physique de la couleur. C'est le thème « sources de lumière colorée ».

Empiriquement d'abord, plus rationnellement ensuite, l'Homme a appris à isoler puis à créer des « matières colorées », troisième thème de cette partie.

Le professeur traite les trois thèmes dans l'ordre de son choix, attendu que la démarche scientifique est à l'œuvre entre les trois ou au sein de chacun d'eux. Le professeur peut aussi choisir de faire un « détour » par les autres parties « Comprendre » et « Agir », par exemple dans une succession : matières colorées - transformations de la matière (réactions chimiques) - synthèse de molécules, fabrication de nouveaux matériaux.

✘ COULEUR, VISION ET IMAGE

La synthèse additive de A à Z

Fiche professeur

- Type d'activité : expérimentale
- Conseil de mise en œuvre :
 - L'objectif des trois activités proposées est de comprendre progressivement comment, à partir de trois lumières colorées, on peut obtenir de la lumière blanche et toutes les autres lumières colorées.
 - Au fil des activités sont introduits les différents paramètres qui permettent une compréhension globale du phénomène : le choix de la longueur d'onde, l'intensité lumineuse et la sensibilité de l'œil, et enfin le pouvoir de résolution de l'œil.
- Pré-requis :
 - Savoir que la longueur d'onde caractérise une radiation monochromatique.
- Objectifs et compétences sollicités :

OBJECTIFS	Objectifs spécifiques	<ul style="list-style-type: none">• Obtenir de la lumière blanche• Obtenir toutes les lumières colorées
	Objectifs transversaux	<ul style="list-style-type: none">• Utiliser les logiciels à disposition
COMPETENCES ATTENDUES	Capacités disciplinaires	<ul style="list-style-type: none">• Utiliser les notions de couleur blanche et de couleurs complémentaires• Prévoir le résultat de la superposition de lumières colorées
	Capacités expérimentales	<ul style="list-style-type: none">• Mettre en œuvre un protocole
	Capacités transversales	<ul style="list-style-type: none">• Mobiliser ses connaissances• Formuler des hypothèses• Raisonner, argumenter, démontrer• Travailler en équipe• Faire preuve d'esprit critique

- Provenance : académie d'Amiens
- Adresse du site académique : <http://pedagogie.ac-amiens.fr/spc/>

Fiche élève de l'activité 1 : lumière blanche et lumières complémentaires

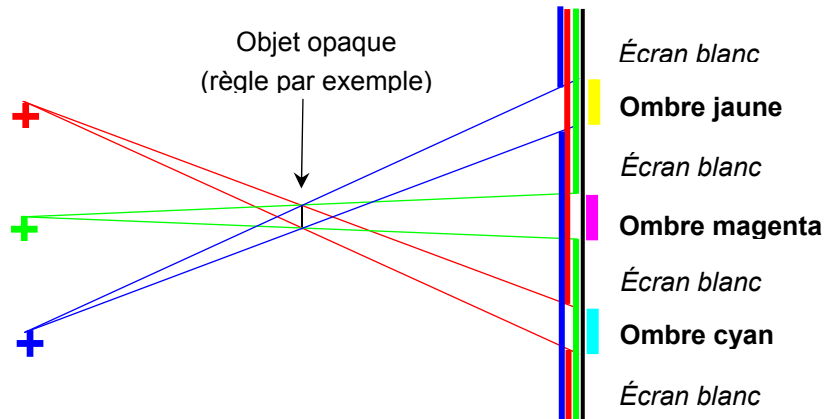
Phase de découverte

- Conditions matérielles :
 - sources de lumière : le professeur pourra utiliser au choix :
 - 3 spots de couleurs rouge, verte et bleue, associés à 3 interrupteurs.
 - 3 DEL haute luminosité : chaque DEL est montée en série avec un interrupteur et une résistance de protection (470Ω pour une tension d'alimentation de 12 V).
 - une source de lumière équipée de miroirs latéraux avec 3 filtres rouge, vert et bleu.
 - un écran blanc.
 - un objet opaque (bâton de colle par exemple).
- Mise en œuvre :
 - Bien faire remarquer aux élèves que ce ne sont pas les sources que l'on observe, mais l'écran.
 - Allumer séparément chaque spot et orienter le faisceau lumineux pour éclairer le centre de l'écran.
 - Allumer simultanément les 3 spots et observer que la lumière diffusée par l'écran paraît blanche.
 - Éteindre 1 spot et décrire la lumière observée.
Procéder de la même façon avec les autres spots.
- Interprétation :
 - Trois lumières colorées, choisies convenablement et appelées lumières primaires, suffisent pour obtenir de la lumière blanche : c'est la trichromie.
 - Chaque point de l'écran diffusant les trois lumières, celles-ci s'additionnent : il est important de comprendre ici que c'est le cerveau qui réalise cette "addition", appelée synthèse additive.
 - La synthèse additive de deux lumières seulement, donne une nouvelle lumière colorée appelée lumière complémentaire de la lumière manquante : les lumières complémentaires sont ici définies comme les lumières obtenues lorsqu'on enlève une lumière primaire à la lumière blanche :
 - *Lumière blanche – Lumière bleue = Lumière jaune*
 - *Lumière blanche – Lumière verte = Lumière magenta*
 - *Lumière blanche – Lumière rouge = Lumière cyan*
- Remarques pour l'enseignant :
 - À propos de l'expression « 3 lumières choisies convenablement » : le choix des trois lumières primaires résulte des sensibilités des trois types de pigments présents sur les cônes de la rétine.
 - Les élèves peuvent proposer de choisir 3 autres lumières colorées : on montrera alors que le choix des trois lumières complémentaires (jaune, cyan, magenta) permet effectivement d'obtenir aussi de la lumière blanche (équivalent à 2 rouge + 2 vert + 2 bleu) mais que toute autre combinaison donne une lumière colorée, et non de la lumière blanche.

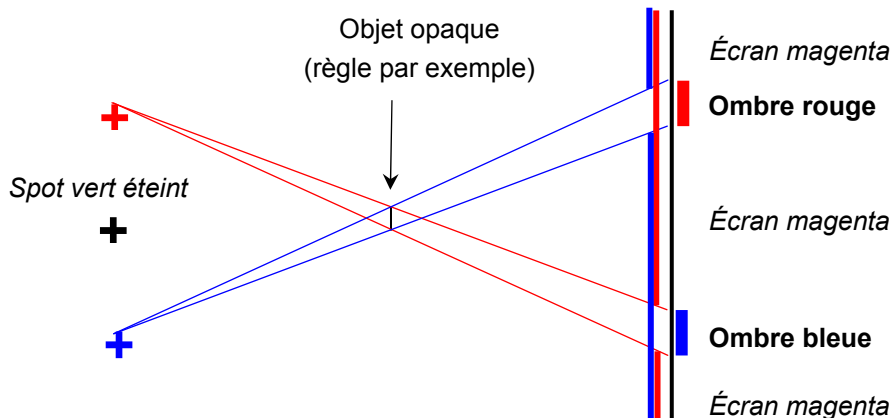
Phase de réinvestissement : les ombres colorées.

- Mise en œuvre :
 - Allumer les 3 spots, puis interposer un objet opaque entre les spots et l'écran.
 - Observer la couleur des trois ombres et interpréter cette couleur.
 - Éteindre un spot, puis interpréter les nouvelles couleurs des deux ombres et de l'écran.
 - Procéder de la même façon avec les autres spots.

- Interprétation :
 - L'objet opaque empêche certaines lumières d'arriver sur l'écran : la couleur de l'ombre correspond alors à la lumière complémentaire de la lumière manquante.
 - Observation avec deux spots seulement : tout l'écran prend la couleur complémentaire correspondant au spot éteint, sauf les deux ombres qui prennent les couleurs primaires des deux spots utilisés.
- Schémas d'appui du raisonnement :
 - Trois spots allumés



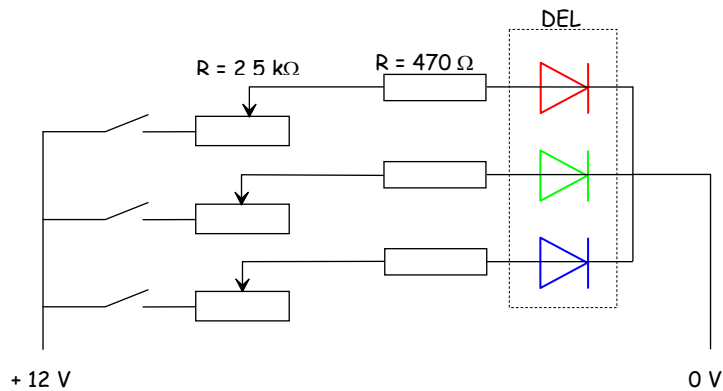
- Deux spots allumés : l'écran devient magenta couleur complémentaire du vert (spot éteint).



Fiche élève de l'activité 2 : obtention de toutes les lumières colorées – trichromie

Obtention de toutes les lumières colorées

- Conditions matérielles :
 - Une DEL 3 couleurs RVB haute luminosité (modèle transparent) : les trois composantes rouge, verte et bleue sont dans le même boîtier. Chaque composante est montée en série avec un interrupteur, une résistance de protection (470Ω pour une tension d'alimentation de 12 V) et un potentiomètre ($2,5 \text{ k}\Omega$). Schéma du dispositif :



- Cache diffuseur amovible que l'on peut placer, ou non, sur la DEL.

Le cache diffuseur qui coiffe la diode doit être amovible (utilisation de la diode sans diffuseur dans l'activité 3).



LED sans cache diffuseur



Cache diffuseur

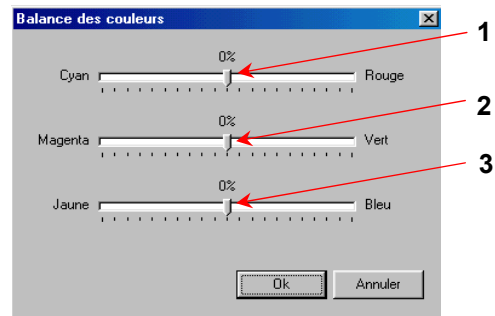
- Déroulement :
 - Placer le cache diffuseur sur la diode.
 - Allumer la composante rouge de la diode en plaçant le potentiomètre à mi-course.
 - Allumer la composante verte et régler le potentiomètre pour obtenir une lumière jaune.
 - Allumer la composante bleue et régler le potentiomètre pour obtenir une lumière blanche.
 - En jouant avec les interrupteurs, retrouver les lumières colorées complémentaires de la première activité.
 - Modifier ensuite les potentiomètres pour obtenir toutes les lumières colorées.
- Interprétation :
 - Trois lumières colorées de longueurs d'onde convenablement choisies suffisent pour obtenir, non seulement de la lumière blanche et les lumières colorées complémentaires, mais aussi toutes les lumières colorées : c'est la trichromie.
 - Les différentes lumières colorées sont obtenues en modifiant l'intensité lumineuse de chacune des trois lumières colorées primaires.

Reproduire une photo en "vraies couleurs" à partir des composantes rouge, verte et bleue.

- Objectif :
 - Il s'agit ici d'une application de l'étape précédente (pas de nouvelles notions).
 - Au lieu de travailler sur la couleur d'un seul point, représenté par la diode, on travaille sur l'ensemble des points d'une photo couleur.
- Conditions matérielles :
 - Appareil photo numérique
 - Ordinateur muni d'un logiciel de traitement d'images (Photofiltre® par exemple)
 - Imprimante couleur (laser ou jet d'encre) et transparents adaptés.

- Utilisation du logiciel Photofiltre® :

- Ce logiciel peut être utilisé pour extraire les composantes rouge, verte et bleue d'une photo pour faire de la synthèse additive.
- Une fois le logiciel ouvert importer la photo en cliquant sur "Fichier" puis "Ouvrir".
- Cliquer ensuite sur "Réglage" puis "Balance des couleurs"
- L'écran suivant s'affiche :



- Synthèse additive :

- Pour extraire la composante rouge, déplacer les curseurs 2 et 3 complètement à gauche (magenta -100 % et Jaune -100 %)
- "Enregistrer sous" puis remettre les curseurs à zéro pour extraire les deux autres composantes.
- Pour extraire la composante bleue, il faut déplacer les curseurs 1 et 2 complètement à gauche.
- Pour extraire la composante verte, faire la même chose avec les curseurs 1 et 3.

- Dispositif de projection des trois photos :

- Les trois composantes de la photo, imprimées sur transparent sont découpées puis scotchées sur du plastique dépoli pour donner de la rigidité et faire en sorte qu'elles soient planes.
- Le boîtier est réalisé en carton peint en noir pour éviter les réflexions parasites. La source de lumière blanche est un tube fluorescent pour éviter que la chaleur dégagée par une lampe à incandescence déforme les photos.
- Les dimensions de l'ensemble dépendent des lentilles utilisées. Le schéma optique est donné ci-dessous. Les lentilles utilisées sont des lentilles pour banc optique de 4 cm de diamètre et 10 cm de distance focale.

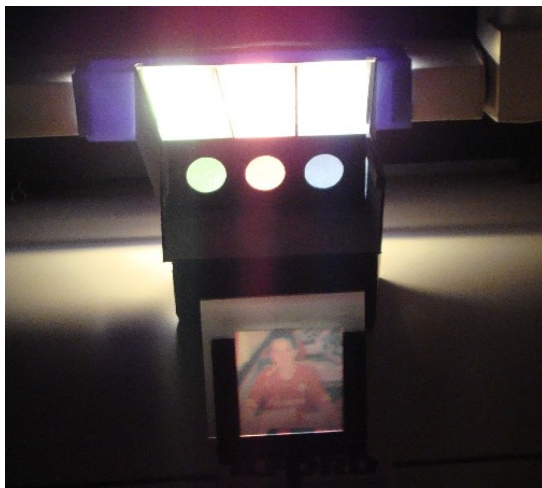
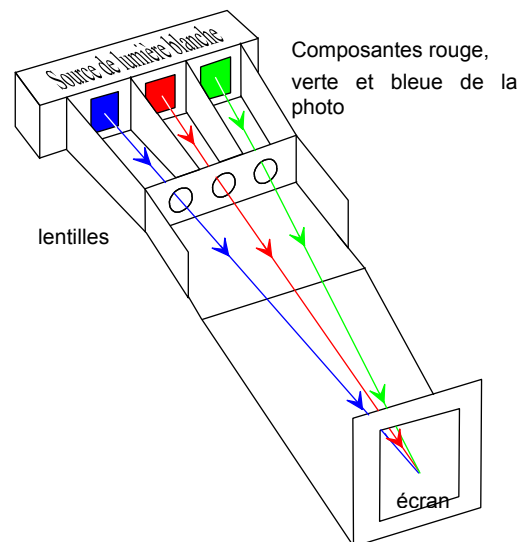
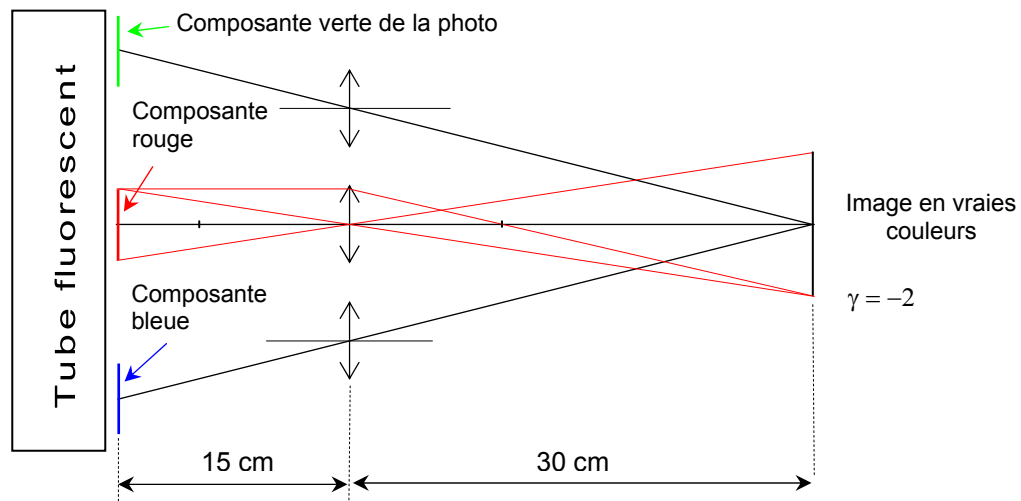


Image volontairement floue pour respecter l'anonymat de l'élève



- Schéma optique du montage

- La distance qui sépare le plan des photos du plan des lentilles est de 15 cm ce qui donne 30 cm pour la distance entre les lentilles et l'écran et une image deux fois plus grande que la photo initiale.
- Les composantes verte et bleue sont placées de telle façon que les axes secondaires des deux lentilles extérieures coupent l'axe principal de la lentille centrale à 30 cm du plan des lentilles c'est-à-dire dans le plan de l'image.



- Déroulement :
 - Prendre une photo en choisissant un sujet très coloré (élève ayant des vêtements de couleurs vives par exemple).
 - Extraire les trois composantes rouge, verte et bleue de la photo en utilisant le logiciel de traitement d'images.
 - Imprimer ces trois photos monochromes sur transparent, les découper et les placer dans le dispositif approprié (voir fiche annexe).
 - Observer et décrire l'image obtenue.

- Interprétation :
 - Chaque point de l'écran translucide se comporte comme le cache diffuseur de la diode de la première étape.
 - Les intensités lumineuses des sources de lumières rouge, verte et bleue qui éclairent l'écran diffèrent d'un point à l'autre : c'est ainsi que l'on obtient, par synthèse additive, toutes les lumières colorées qui composent l'image observée sur l'écran.

- Remarque :
 - Il ne s'agit pas ici de la restitution d'une image en couleur par un écran plat car le paramètre "limite de résolution de l'œil" n'intervient pas. Ce dernier paramètre sera abordé dans l'activité 3.

Fiche élève de l'activité 3 : principe de la restitution des couleurs par un écran plat

Les limites de notre œil

- Conditions matérielles :
 - Une DEL 3 couleurs RVB haute luminosité (modèle transparent) : les trois composantes rouge, verte et bleue sont dans le même boîtier.
Chaque composante est montée en série avec un interrupteur, une résistance de protection (470Ω pour une tension d'alimentation de 12 V) et un potentiomètre ($2,5 \text{ k}\Omega$). Le schéma du dispositif est fourni en annexe de l'activité n°2.
 - Cache diffuseur amovible que l'on peut placer, ou non, sur la DEL.

- Déroulement :
 - Bien faire remarquer aux élèves que l'on observe ici les sources de lumière, et non un écran qui diffuse les lumières qu'il reçoit (situation étudiée dans l'activité n°1).
 - Le cache diffuseur, utilisé dans l'activité n°2, est retiré.
 - Fermer les trois interrupteurs et agir sur les potentiomètres afin que les trois composantes de la DEL soient allumées.
 - Observer de près et constater que l'œil distingue les trois sources de lumière.
 - S'éloigner progressivement des sources et décrire l'évolution de la lumière observée.
La nécessité de prendre en compte la courbe de sensibilité de l'œil amènera le professeur à repérer les réglages des potentiomètres qui rendent l'expérience la plus démonstrative possible.
 - Ouvrir un interrupteur et procéder de la même façon avec les deux composantes de la DEL qui restent allumées.
Procéder de la même façon avec les autres interrupteurs.
Là encore, le professeur sera amené à repérer les réglages des potentiomètres qui, dans chaque cas, rendent les expériences les plus démonstratives possibles.

- Interprétation :
 - En deçà d'une certaine distance d'observation, l'œil est capable de voir séparément des sources de lumières colorées distinctes.
 - Au-delà de cette distance d'observation, l'œil n'est plus capable de voir séparément ces sources de lumière distinctes : il perçoit alors "l'addition" des lumières émises – lumière blanche dans le cas des 3 interrupteurs fermés, lumière complémentaire de la lumière manquante dans le cas où un des interrupteurs est ouvert.

- Remarque pour le professeur :
 - L'existence d'une distance d'observation limite est liée à une limite de résolution angulaire de l'œil. La valeur de cette distance d'observation limite dépend donc de l'écart entre les sources de lumière. Il n'est pas utile de chercher à définir précisément le pouvoir de résolution, notion qui n'est pas explicitement au programme et qui dépend de la luminosité et de la longueur d'onde.

Observer l'écran d'un téléphone portable au microscope

- Objectifs :
 - Montrer que les différents paramètres étudiés dans les activités n°1, n°2 et n°3 :
 - addition des lumières émises par trois sources de lumières colorées rouge, verte et bleue,
 - intensités lumineuses différentes pour les trois sources de lumières colorées,
 - limite de résolution de l'œil,
 permettent de comprendre le principe de la restitution des couleurs par un écran plat.

- Conditions matérielles :
 - Téléphone portable des élèves.
 - Microscope : grossissement +10 ou +15, grandissement +4.

- Déroulement :
 - Exceptionnellement, les élèves sont autorisés à allumer leur téléphone portable en cours !
 - Placer le téléphone portable sur la platine du microscope.
 - Effectuer les réglages nécessaires pour obtenir l'image de l'écran.
Observer et décrire l'image obtenue.
 - Observer au microscope des zones de l'écran qui sont de couleurs différentes.
Décrire les observations.

- Interprétation :
 - On observe la présence, sur l'écran, d'un très grand nombre sources de lumières rouge, verte et bleue : ces sources sont appelées luminophores.
 - L'écart entre les sources de lumière est si faible qu'à la distance d'observation de l'écran, l'observateur est au-delà de la distance limite de vision séparée des sources : l'œil est alors incapable de distinguer les différentes sources de lumière, il ne perçoit que "l'addition" des lumières.
 - Les intensités lumineuses des sources de lumières rouge, verte et bleue diffèrent suivant la zone observée : c'est ainsi que l'on obtient, par synthèse additive, toutes les lumières colorées qui composent l'image observée sur l'écran.

- Bilan :
 - Trois sources de lumières colorées rouge, verte et bleue suffisent : trichromie.
 - Au delà d'une distance limite, l'œil ne perçoit que "l'addition" de ces lumières.
 - En ajustant les intensités lumineuses différentes de chaque source, on peut générer toutes les lumières colorées : synthèse additive.

La synthèse soustractive de A à Z

Fiche professeur

- Type d'activité : expérimentale
- Conseil de mise en œuvre :
 - Ce document propose trois activités.
 - L'objectif de ces trois activités est de réinvestir la notion d'absorption afin d'approfondir la compréhension de la notion de « couleur des objets ».
 - Une application à la vision d'images en relief est proposée dans la troisième activité.
 - Les activités proposées, de difficulté croissante, visent à permettre une compréhension progressive :
 - *Influence de la lumière incidente sur la couleur observée de l'objet.*
 - *Objet éclairé en lumière blanche : restitution de toutes les couleurs.*
 - *Utilisation de lumières complémentaires pour la vision d'images en relief.*
- Pré-requis :
 - Le professeur a déjà introduit le phénomène d'absorption, en montrant expérimentalement qu'un objet coloré absorbe une partie du spectre visible et qu'en conséquence, il ne transmet et/ou diffuse que la partie du spectre qu'il n'a pas absorbée.
- Objectifs et compétences sollicités :

OBJECTIFS	Objectifs spécifiques	<ul style="list-style-type: none">• Étudier l'Influence de la lumière incidente sur la couleur observée de l'objet• Restituer de toutes les couleurs• Utiliser des lumières complémentaires pour la vision d'images en relief
	Objectifs transversaux	<ul style="list-style-type: none">• Utiliser les logiciels à disposition
COMPETENCES ATTENDUES	Capacités disciplinaires	<ul style="list-style-type: none">• Interpréter la couleur observée d'un objet éclairé à partir de celle de la lumière incidente ainsi que des phénomènes d'absorption, de diffusion et de transmission.• Prévoir l'effet d'un ou plusieurs filtres colorés sur une lumière incidente.
	Capacités expérimentales	<ul style="list-style-type: none">• Illustrer et comprendre la notion de lumière colorée.• Mettre en œuvre un protocole
	Capacités transversales	<ul style="list-style-type: none">• Mobiliser ses connaissances• Formuler des hypothèses• Reasonner, argumenter, démontrer• Travailler en équipe• Faire preuve d'esprit critique

- Provenance : académie d'Amiens
- Adresse du site académique : <http://pedagogie.ac-amiens.fr/spc/>

Fiche élève de l'activité 1 : influence de la lumière incidente sur la couleur observée d'un objet

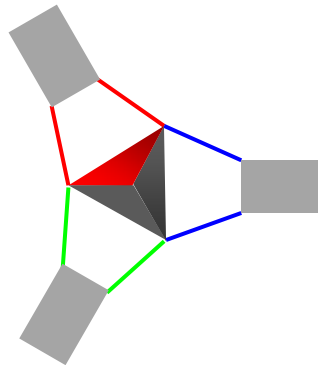
Objet monochrome éclairé par les lumières colorées primaires

Cette première étape est largement inspirée d'un article de M. JOUANISSON paru dans le BUP n°676 (juillet-août-septembre 1985) et intitulé « Une expérience pluridisciplinaire : Polyèdres et synthèse additive des couleurs ».

La manipulation proposée est la version « synthèse soustractive » de cet article.

- Objectifs :
 - S'approprier les notions d'absorption et de diffusion.
 - Approfondir la notion de lumières complémentaires.
- Conditions matérielles :
 - Sources de lumière : Le professeur pourra utiliser au choix :
 - 3 DEL haute luminosité : chaque DEL est montée en série avec un interrupteur et une résistance de protection (470Ω pour une tension d'alimentation de 12 V).
 - une source de lumière équipée de miroirs latéraux avec 3 filtres rouge, vert et bleu.
 - 3 lampes de poche couvertes de papier "vitrail" de couleurs rouge, verte et bleue.
 - L'objet coloré est un tétraèdre fabriqué avec du papier dessin de couleur rouge (à l'aide d'un patron, cet objet peut facilement être confectionné par les élèves eux-mêmes).
- Déroulement :
 - Éclairer chaque face du tétraèdre avec une lumière primaire.
 - Observer et décrire la couleur de chaque face.
 - On pourra procéder de la même façon avec un tétraèdre de couleur verte et un tétraèdre de couleur bleue.

- Dispositif expérimental :



- Interprétation :
 - Éclairé en lumière blanche, un objet coloré absorbe une partie du spectre visible et diffuse la partie qu'il n'absorbe pas : la couleur de l'objet correspond à la couleur complémentaire de la lumière absorbée.
 - Le tétraèdre, éclairé en lumière blanche, absorbe la lumière cyan et diffuse la lumière rouge : il nous apparaît ainsi de couleur rouge.
 - Conséquence :
 - Éclairé en lumière rouge, l'objet diffuse la lumière rouge et apparaît de couleur rouge.
 - Éclairé en lumière verte ou bleue, l'objet absorbe la lumière verte ou la lumière bleue et ne diffuse aucune lumière, il nous apparaît noir.

Éventail de couleurs

- Objectifs :

Cette expérience est bien connue d'un grand nombre de professeurs ; elle est rappelée ici, en complément de la première étape, afin d'ouvrir sur les deux possibilités suivantes :

- Réinvestissement : approfondir la compréhension de la première étape et s'entraîner au raisonnement associé.
- Évaluation formative : vérifier que les élèves ont correctement assimilé le raisonnement associé à la première étape.

- Conditions matérielles :

- 3 spots de couleurs rouge, verte et bleue, associés à 3 interrupteurs.
- Plusieurs feuilles de papier dessin "couleurs vives" de couleurs variées.

- Déroulement :

- Disposer les feuilles de couleurs différentes en éventail.
- Allumer un spot et éclairer l'éventail de feuilles.
- Observer les couleurs des différentes feuilles et interpréter ces couleurs.
- Éteindre le premier spot et allumer un second spot.
- Observer les nouvelles couleurs des différentes feuilles et interpréter ces couleurs.
- Procéder de la même façon avec le troisième spot.

- Interprétation :

- Éclairée en lumière blanche, chaque feuille absorbe une partie différente du spectre visible et diffuse le reste : la couleur de chaque feuille correspond à la couleur complémentaire de la lumière absorbée.
- Éclairée en lumière rouge, verte ou bleue, chaque feuille peut :
 - soit diffuser la lumière qu'elle reçoit : elle paraît alors de cette couleur,
 - soit absorber la lumière qu'elle reçoit : elle paraît alors noire.
- Quand on modifie l'éclairage, la couleur de la feuille change donc en fonction de ce qu'elle reçoit et de ce qu'elle absorbe.
- Exemple : une feuille qui paraît jaune lorsqu'elle est éclairée en lumière blanche paraît :
 - rouge quand elle est éclairée en lumière rouge ;
 - verte quand elle est éclairée en lumière verte ;
 - noire quand elle est éclairée en lumière bleue.

Association de tubes colorés

- Objectifs :

- S'approprier les notions d'absorption, de transmission et de diffusion.
- Réaliser des conditions d'absorptions successives.

- Conditions matérielles :

- 4 tubes à essai.
- Une solution aqueuse de chromate de potassium (tube n°1).
- Une solution aqueuse de sulfate de cuivre (II) (tube n°2).
- Deux solutions aqueuses de permanganate de potassium de concentrations différentes (tubes n°3 – solution plus concentrée ; tube n°4 – solution très diluée).

- Remarque pour le professeur :

- Les concentrations des différentes solutions colorées sont à ajuster visuellement pour obtenir les effets les plus démonstratifs possibles.

• Déroulement :

- Verser un peu de chaque solution colorée dans un tube à essai.
- Observer les couleurs de chaque solution à la lumière du jour et interpréter ces couleurs.
- Placer les tubes n°1 et n°2 l'un devant l'autre, de manière à ce que les solutions se chevauchent partiellement.
- Observer la couleur de la partie commune aux deux solutions colorées à la lumière du jour et interpréter cette couleur.
- Procéder de la même façon avec les tubes n°1 et n°3.
- Procéder de la même façon avec les tubes n°2 et n°4.

• Observations :



• Interprétation :

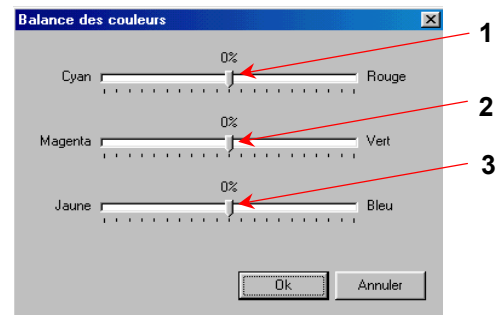
- Éclairées en lumière blanche :
 - la solution de chromate de potassium absorbe la lumière bleue, transmet et diffuse la partie du spectre visible qu'elle n'absorbe pas (rouge et verte) : la couleur de la solution correspond à la couleur complémentaire de la lumière absorbée : JAUNE.
 - la solution de sulfate de cuivre (II) absorbe la lumière rouge, transmet et diffuse la partie du spectre visible qu'elle n'absorbe pas (bleue et verte) : la couleur de la solution correspond à la couleur complémentaire de la lumière absorbée : CYAN.
 - la solution de permanganate de potassium absorbe la lumière verte, transmet et diffuse la partie du spectre visible qu'elle n'absorbe pas (rouge et bleue) : la couleur de la solution correspond à la couleur complémentaire de la lumière absorbée : MAGENTA.
- Superposition des tubes deux à deux :
 - le tube n°1 absorbe la lumière bleue (transmet et diffuse les lumières rouge et verte) puis le tube n°2 absorbe la lumière rouge (transmet et diffuse la lumière verte) : la couleur de la superposition des solutions correspond à la couleur complémentaire des composantes absorbées : VERTE.
 - le tube n°1 absorbe la lumière bleue (transmet et diffuse les lumières rouge et verte) puis le tube n°3 absorbe la lumière verte (transmet et diffuse la lumière rouge) : la couleur de la superposition des solutions correspond à la couleur complémentaire des composantes absorbées : ROUGE.
 - le tube n°2 absorbe la lumière rouge (transmet et diffuse les lumières bleue et verte) puis le tube n°3 absorbe la lumière verte (transmet et diffuse la lumière bleue) : la couleur de la superposition des solutions correspond à la couleur complémentaire des composantes absorbées : BLEUE.
- Conclusion : Trois filtres secondaires cyan, magenta et jaune permettent d'obtenir les couleurs primaires rouge, verte et bleue.

Fiche élève de l'activité 2 : restitution de toutes les couleurs par synthèse soustractive ; trichromie

- Conditions matérielles :
 - Un appareil photo numérique
 - Un ordinateur muni du logiciel gratuit Photofiltre (voir lien sur la fiche annexe).
 - Une imprimante couleur (laser ou jet d'encre) et des transparents appropriés.
- Le logiciel Photofiltre :
 - Téléchargement du logiciel Photofiltre
 - On peut télécharger la version gratuite de Photofiltre sur le site de sciences physiques de l'Académie d'Amiens : <http://pedagogie.ac-amiens.fr/spc/>
 - Cliquer sur le pendule puis dans le menu de gauche, choisir TICE puis Les logiciels "gratuits" et/ou "libres"
 - Cliquer sur "Accès à la page des ressources sur le site"
 - Photofiltre se trouve dans la rubrique Multimédia
 - Lien : Les logiciels "gratuits" et / ou "libres"

- Utilisation du logiciel Photofiltre

- Ce logiciel peut être utilisé pour extraire les composantes cyan, magenta et jaune d'une photo pour faire de la synthèse soustractive.
- Une fois le logiciel ouvert importer la photo en cliquant sur "Fichier" puis "Ouvrir".
- Cliquer ensuite sur "Réglage" puis "Balance des couleurs"
- L'écran ci-contre s'affiche :



- Synthèse soustractive :

- Pour extraire la composante cyan, déplacer les curseurs 2 et 3 complètement à droite (vert +100 % et bleu +100 %)
- "Enregistrer sous" puis remettre les curseurs à zéro pour extraire les deux autres composantes.
- Pour extraire la composante magenta, il faut déplacer les curseurs 1 et 3 complètement à droite.
- Pour extraire la composante jaune, faire la même chose avec les curseurs 1 et 2.

- Un exemple :



• Déroulement :

- Prendre une photo en choisissant un sujet très coloré (élève ayant des vêtements de couleurs vives par exemple).
- Extraire les trois composantes cyan, magenta et jaune de la photo en utilisant le logiciel de traitement d'images.
- Imprimer ces trois photos monochromes sur transparent, les découper et les superposer.
- Observer la photo en tenant les trois transparents superposés devant un écran blanc.

- Interprétation :
 - Trois filtres secondaires cyan, magenta et jaune permettent d'obtenir, non seulement le noir et les couleurs primaires rouge, verte et bleue mais aussi toutes les couleurs si les filtres ont des pouvoirs absorbants différents : c'est la trichromie.
 - Les lumières colorées primaires qui sont transmises par les filtres ont des intensités lumineuses différentes ce qui permet d'obtenir ainsi toutes les lumières colorées.
- Remarques pour le professeur :
 - On peut faire remarquer aux élèves que c'est la synthèse soustractive qui est utilisée pour reproduire des documents en couleur à l'aide d'une imprimante ou par photographie.
 - En plus des trois cartouches d'encre de couleurs secondaires cyan, magenta et jaune, les imprimantes possèdent une cartouche d'encre noire. Cela permet de diminuer le coût de revient de l'impression en noir et améliore le contraste des photos ; c'est la quadrichromie.

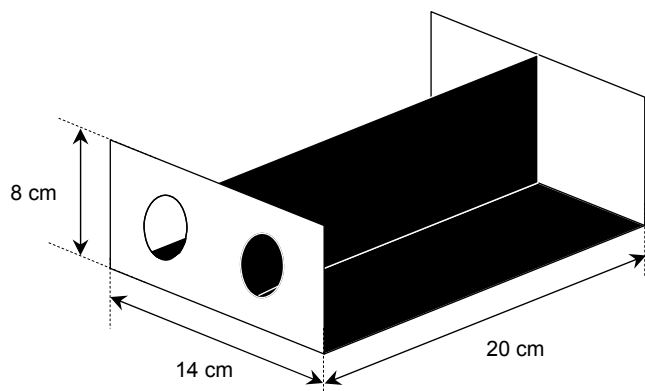
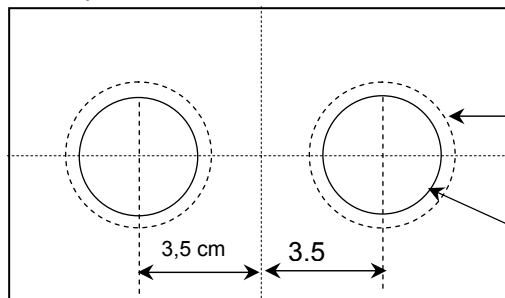
Fiche élève de l'activité 3 : la vision des images en relief

La vision en relief

- Le mécanisme de la vision en relief n'est pas une compétence attendue du programme de Première S mais peut-on parler de vision sans l'évoquer à une époque où le cinéma, la télévision et les jeux vidéos se lancent dans la 3D ?
- Une fois la première étape faite en classe, les professeurs qui le souhaitent pourront proposer la deuxième étape de cette activité en application à faire à la maison.

• Conditions matérielles :

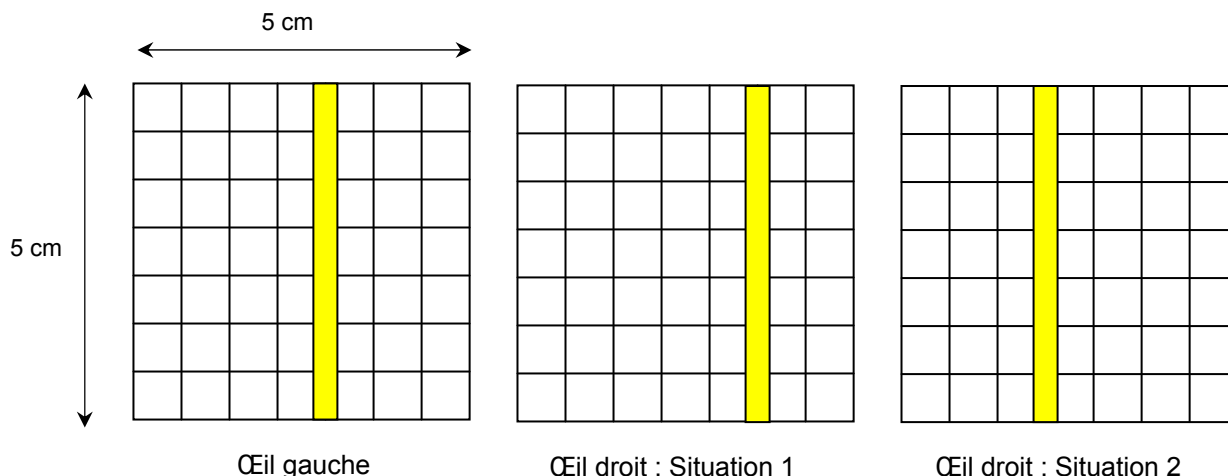
- Un quadrillage projeté sur un écran blanc.
- Une règle de bureau placée verticalement devant la grille (à un mètre environ). Faire en sorte que l'ombre de la règle ne soit pas sur la grille).
- Un stéréoscope :
 - Il permet à chaque œil d'observer l'image qui lui est destinée sans accommoder donc sans fatigue.
 - Ce modèle utilise deux lentilles convergentes de 20 cm de distance focale et de 4 cm de diamètre.
 - Il est fait en carton de 3 mm d'épaisseur collé.
 - En réalité, on utilise du carton de 1,5 mm car il est plus facile à découper ; tous les morceaux sont découpés en 2 exemplaires puis collés l'un sur l'autre pour donner de la rigidité.
 - La face avant possède, elle, 3 épaisseurs :



Le carton intermédiaire est percé de deux trous de 4 cm de diamètre (diamètre des lentilles). Les lentilles se logent dedans et sont maintenues par les cartons extérieurs.

Les cartons avant et arrière sont percés de deux trous de 3 cm de diamètre.

- Un jeu de quadrillages, reproduits sur papier, avec des positions différentes de la règle.



- Déroulement :
 - Faire observer l'ensemble quadrillage-règle avec l'œil gauche puis avec l'œil droit. Noter les différences.
 - Le quadrillage observé par l'œil gauche étant donné, faire choisir aux élèves, entre les situations 1 ou 2, celle qui convient pour la vision de l'œil droit.
 - Placer le quadrillage observé par l'œil gauche et celui choisi pour l'œil droit à leur place dans le stéréoscope puis observer.
- Interprétation :
 - Les deux yeux n'étant pas au même endroit, les objets en relief donnent sur les rétines des images légèrement différentes.
 - Le cerveau utilise ces différences pour interpréter le relief de l'objet.
 - On peut reproduire la sensation visuelle du relief en observant deux figures planes différentes à condition que chaque œil ne voie que la figure qui lui est destinée.

Réaliser une photo en 3D

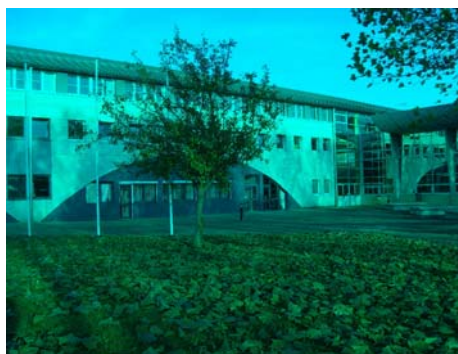
- Objectif :
 - Réinvestir les notions de synthèses additive et soustractive vues dans les activités précédentes pour comprendre comment on peut créer l'illusion du relief sur une image plane.
- Conditions matérielles :
 - Appareil photo numérique sur pied
 - Lunettes 3D avec filtres rouge et cyan
 - Ordinateur avec logiciel gratuit Z'Glyph
 - Ouvrir le logiciel Z'Glyph.
 - Charger l'image rouge pour l'œil gauche en cliquant sur l'icône 1.
 - Charger l'image Bleu-vert pour l'œil droit en cliquant sur l'icône 2.
 - Cliquer sur les lunettes pour voir à l'écran l'image définitive. Cette image peut être enregistrée et imprimée.
 - Mettre les lunettes pour observer le relief.



- Exemple d'image 3D



Œil gauche



Œil droit



- Déroulement :
 - Choisir un sujet possédant un bon relief (paysage avec premier plan par exemple).
 - Prendre une première photo en repérant un détail au centre de l'écran.
 - Décaler l'appareil photo de 7 cm (distance moyenne entre les deux yeux) vers la droite puis prendre une deuxième photo en recentrant le même détail.
 - Transférer les photos sur l'ordinateur.
 - Utiliser le logiciel Photofiltre (voir lien sur la fiche annexe) pour extraire la composante rouge de la première photo (celle vue par l'œil gauche) puis les composantes bleue et verte de la deuxième photo (celle vue par l'œil droit).
 - Utiliser le logiciel Z'Glyph pour obtenir la photo en relief.
 - Mettre les lunettes 3D (filtre rouge à gauche et filtre cyan à droite) et observer le relief.
- Interprétation :
 - Chacune des photos prises correspond à ce que voit un œil.
 - Les filtres rouge et cyan des lunettes 3D permettent à chaque œil de ne voir que la photo qui lui est destinée.
 - Le cerveau fait la synthèse des images formées sur les rétines pour en donner une vision en relief.
- Remarques pour le professeur :
 - *Il n'est pas utile en pratique d'extraire la composante rouge d'une photo et les composantes bleue et verte de l'autre car le logiciel Z'Glyph le fait automatiquement sans que cela se voie. Ce travail « supplémentaire » est purement pédagogique.*
 - *On peut faire remarquer aux élèves que l'image en 3D est vue en couleur alors qu'il manque les composantes verte et bleue de la photo de gauche et la composante rouge de la photo de droite. Le cerveau fait la synthèse additive des lumières reçues par les deux yeux au lieu de faire cette synthèse au niveau de chaque œil.*

✘ SOURCES DE LUMIERE COLOREE

La couleur des étoiles : la loi de Wien

Fiche professeur

- Type d'activité : documentaire et utilisation de TIC
- Conseil de mise en œuvre :
 - Cette activité expérimentale constitue un prolongement du thème L'Univers abordé en classe de 2nde.
 - L'activité peut s'étaler sur plusieurs séances. Les différents documents (1, 2 et 3) sont donnés au fur et à mesure de la progression des élèves qui travaillent en petits groupes. Le travail sur tableur n'intervient que dans le document 3 mais on peut aussi donner l'ensemble des documents dans un dossier informatique comportant les photographies et les spectres.
 - Un accès à Internet est nécessaire pour la dernière partie.
- Objectifs et compétences sollicitées :

COMPETENCES ATTENDUES	Connaissances	<ul style="list-style-type: none">• Connaître les limites en longueur d'onde dans le vide du domaine visible et situer les rayonnements infrarouges et ultraviolets
	Capacités disciplinaires	<ul style="list-style-type: none">• Distinguer une source polychromatique d'une source monochromatique caractérisée par une longueur d'onde dans le vide• Exploiter la loi de Wien, son expression étant donnée
	Capacités expérimentales	<ul style="list-style-type: none">• Illustrer et comprendre la notion de lumière colorée
	Capacités transversales	<ul style="list-style-type: none">• Extraire des informations pertinentes d'un document.• Appliquer une consigne• Présenter la démarche suivie, les résultats obtenus, communiquer à l'aide d'un langage adapté• Décrire le comportement d'une grandeur• Exploiter une relation ou une loi• Présenter et expliquer l'enchaînement des idées.• Faire preuve d'autonomie, de curiosité, d'implication

- Provenance :
- Adresse du site académique :

Fiche élève

Activité 1

Les connaissances en sciences se construisent petit à petit. C'est souvent l'observation qui permet d'affiner, de préciser une théorie.

Donnée :

La température d'un corps peut s'exprimer en Kelvin (K). Elle est reliée à la température θ en degré Celsius ($^{\circ}\text{C}$) par la relation : $T = \theta + 273,15$.

- Cocher la ou les bonnes réponses.

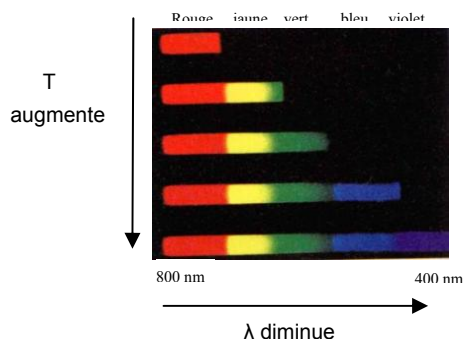
Quel dispositif peut-on utiliser afin d'obtenir un spectre?

Un réseau	<input type="checkbox"/>	Un prisme	<input type="checkbox"/>
Un CD	<input type="checkbox"/>	Un télescope	<input type="checkbox"/>
Un laser	<input type="checkbox"/>	Des gouttes d'eau	<input type="checkbox"/>
Un drap	<input type="checkbox"/>	De la fumée	<input type="checkbox"/>

Le spectre de la lumière blanche...

- ... est continu et s'étale du rouge au violet
- ... contient des raies noires sur un fond coloré
- ... contient des raies colorées sur un fond noir
- ... contient toutes les couleurs de l'arc-en-ciel
- ... est celui d'une source polychromatique
- ... est celui d'une source monochromatique

Plus la température de la source lumineuse est grande, plus le spectre s'enrichit ...



- ... vers les radiations de petites longueurs d'onde
- ... vers les radiations de grandes longueurs d'onde

- Interpréter cette situation :

Une lampe de poche munie d'une pile neuve émet une lumière blanche et intense (le filament au tungstène de l'ampoule est chauffé à 2700 K).

Si la pile est usée (le filament n'est chauffé qu'à 1500 K), la lumière émise est peu intense, elle devient orangée puis rouge.

Activité 2

Bételgeuse et Bellatrix sont deux étoiles appartenant à la constellation d'Orion qui est très facilement visible dans le ciel des nuits d'hiver (voir projection).



La température de surface de Bételgeuse

est de 3500 K.

La température de surface de Bellatrix est

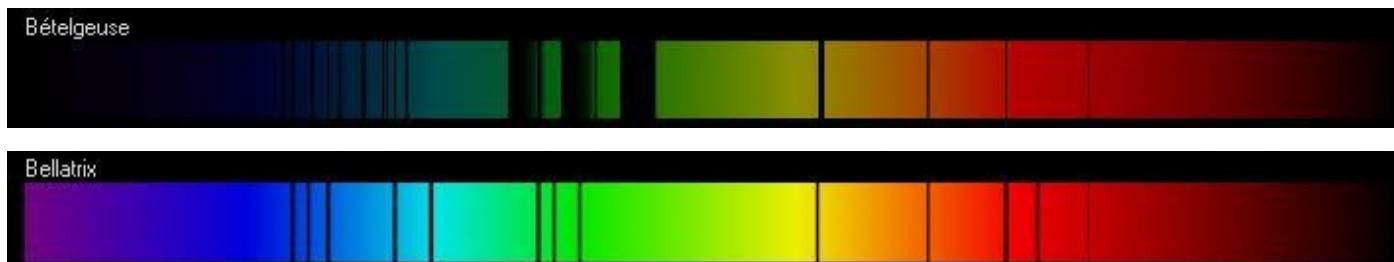
de 28000 K.

- D'après ces données et ce qui a été revu dans l'activité1, ces deux étoiles devraient apparaître blanches. Ceci n'est pas cohérent avec l'observation puisque Bételgeuse est une étoile rouge et Bellatrix une étoile bleue.
- Par petits groupes de recherche, vous devez émettre des hypothèses permettant d'expliquer ces couleurs qui semblent en contradiction avec vos connaissances.

Hypothèses	Conséquences sur la couleur de l'étoile

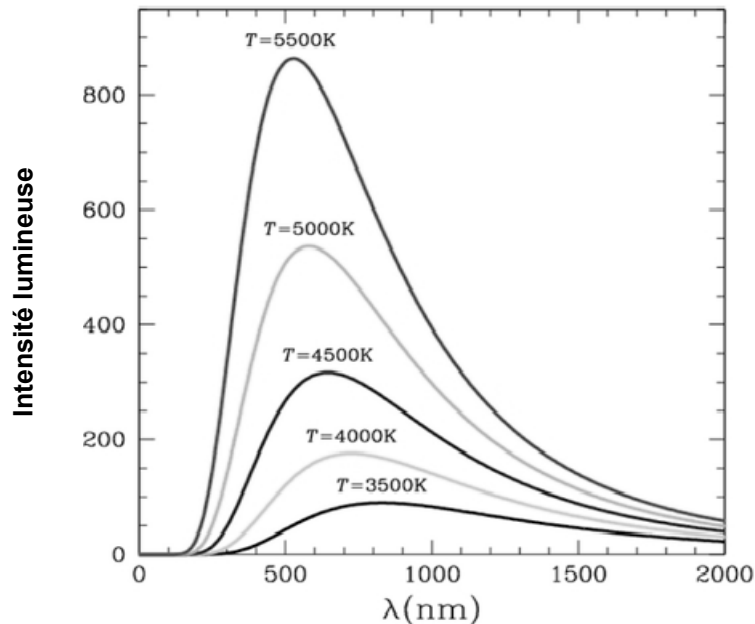
Activité 3

Pour valider l'une des hypothèses du document précédent, les spectres de la lumière émise par ces étoiles ont été faits.



- Que peut-on remarquer sur ces spectres ?

Enfin, nouvelle donnée importante, voici le graphe représentant l'intensité lumineuse (en unité arbitraire) émise en fonction de la longueur d'onde pour des corps de températures différentes.



- Quelle est la longueur d'onde correspondant au maximum d'intensité lumineuse à 3500K ?
- Même question pour un corps chauffé à 5000 K.
- De manière générale, que peut-on dire de la longueur d'onde correspondant au maximum d'intensité lumineuse lorsque la température augmente ?
- Un corps chaud émet-il toutes les radiations avec la même intensité ?
- Tracer sur le graphe le domaine correspondant aux radiations visibles.
- Ces nouvelles données doivent vous permettre de trouver une explication pour la couleur des étoiles.

Dans le tableau ci-dessous, il est donné, pour plusieurs températures en Kelvin, la valeur de la longueur d'onde correspondant au maximum d'émission lumineuse du corps chauffé.

Le modèle :

T (K)	2000	2500	3500	4500	5500	6500	7500	8500	9500	10500
λ_{\max} (nm)	1450	1156	826	642	526	445	385	345	305	275

T (K)	11500	12500	13500	14500	15500	16500	17500	18500	19500
λ_{\max} (nm)	251	231	214	200	186	175	165	156	148

On cherche une relation entre la température et la longueur d'onde de la radiation la plus intense :

A l'aide d'un tableur, recopier ces données et tracer la courbe $\lambda_{\max} = f\left(\frac{1}{T}\right)$ en respectant le système international (SI) pour les unités.

- Que remarquez-vous?
- Après avoir modélisé la courbe, en déduire une relation entre la longueur d'onde λ_{\max} et l'inverse de la température.
- La loi de Wien donne $\lambda_{\max} \times T = \text{constante}$ avec λ_{\max} en mètre et T en Kelvin. Donner la valeur de la constante.

Conclusion

La température de surface du Soleil est de 5500 K environ. A l'aide des autres températures données dans l'activité 2, calculer la longueur d'onde du maximum d'intensité lumineuse pour Bételgeuse, Bellatrix et pour le Soleil. Conclure sur la couleur de ces étoiles. Est-ce conforme aux observations ?

Données :

Couleur	rouge	orangé	jaune	vert	bleu	indigo	Violet
λ_{\max} (nm)	800 à 650	650 à 590	590 à 550	550 à 490	490 à 465	465 à 440	440 à 400

La couleur prise par une étoile ne correspond pas tout à fait à celle de la radiation émise avec le plus d'intensité. Les autres radiations sont aussi présentes même si elles sont moins intenses. La couleur réelle de l'étoile dépend de tous ces paramètres. De plus notre œil n'a pas la même sensibilité pour les radiations lumineuses.

Vérifier vos résultats, à l'aide de l'animation sur le site de l'observatoire de Paris:

<http://media4.obspm.fr/public/FSU/temperature/rayonnement/corps-noir/spectre-corps-noir/SIMULER.html>

Balance des blancs

Fiche professeur

- Type d'activité : étude documentaire
- Conseil de mise en œuvre :
 - Cette activité intervient après avoir étudié la loi de déplacement de Wien. Les élèves peuvent utiliser un appareil photo numérique (ou un téléphone portable), ou étudier les photos de l'annexe projetées en classe.
- Pré-requis :
 - Savoir qu'un corps chaud émet un rayonnement continu, dont les propriétés dépendent de la température.
- Objectifs et compétences sollicités :

OBJECTIFS	Objectifs spécifiques	• Exploiter la loi de Wien, son expression étant donnée.
	Objectifs transversaux	• Utiliser les logiciels à disposition.
COMPETENCES ATTENDUES	Capacités disciplinaires	• Utiliser les notions de couleur blanche et de couleurs complémentaires.

- Provenance :
- Adresse du site académique :

Fiche élève

Un élève utilise son téléphone portable pour prendre la photo ci-dessous. Cette photo est prise à l'intérieur d'une épicerie sous un éclairage à incandescence (lampe à filament classique). On peut remarquer que cette image possède une dominante rouge qui ne satisfait pas du tout son auteur.



En effet, beaucoup d'utilisateurs d'appareils photo numériques se plaignent d'une déviance vers le rouge des photos prises à l'intérieur, alors que les photos prises à l'extérieur, au soleil, sont de bonne qualité.

Un des camarades de cet élève, qui s'y connaît en photographie, prend la même photographie, avec le même appareil, mais il règle un paramètre qui s'appelle la balance des blancs. Il obtient alors l'image suivante qui ne possède plus de dominante rouge et qui, du coup, est plus fidèle à la réalité qu'ils observent.



Le but de cette activité est de comprendre la fonction « balance des blancs » (white balance : WB) présente au menu d'un appareil photo numérique.

Sur votre téléphone portable ou sur votre appareil photo numérique, trouver dans le menu la fonction « balance des blancs ou WB ».

Ministère de l'éducation nationale, de la jeunesse et de la vie associative (DGESCO)

Première S – Physique-Chimie

www.eduscol.education.fr/

Page 25 sur 106

- Quels sont les différents choix possibles pour ce réglage ?
- Formuler des hypothèses sur ce à quoi peuvent correspondre les différents pictogrammes du menu « balance des blancs » :



Exemples de menu d'appareils photo numériques

Réaliser plusieurs fois la photographie d'un même objet en ne changeant que le réglage de la balance des blancs. En particulier photographier un objet à l'intérieur de la salle de classe avec le mode « plein soleil », « fluorescent » et « lampe ».

Exemples de photographies d'objets prises dans une salle de classe sous un éclairage fluorescent :



Photo 1

Photo 2

Photo 3

La photo 1 est prise avec un réglage de la balance des blancs effectué pour un éclairage fluorescent.

La photo 2 est prise avec un réglage de la balance des blancs effectué pour un éclairage en lumière du jour.

La photo 3 est prise avec un réglage de la balance des blancs effectué pour un éclairage incandescent.

- Quelles différences peut-on remarquer sur ces photographies ?

Remarque pour l'enseignant : Si les élèves ne possèdent pas d'appareils photo numériques, on peut leur projeter les photos de la question 2.

La lumière fournie par la flamme d'une bougie ne possède pas les mêmes proportions de rouge, de vert et de bleu que celles d'une lampe halogène ou d'un ciel dégagé. Les variations de la composition de la lumière émise par les différentes sources incandescentes, naturelles ou artificielles, se traduisent par une variation de leur couleur. Pour définir avec précision la composition spectrale d'une lumière, on fait appel à une grandeur appelée température de couleur.

Il est facile de constater qu'un corps porté à incandescence prend une couleur qui dépend de sa température. Par exemple un morceau de fer chauffé à 800 °C devient rouge, à 1000 °C il devient jaune. Après de nombreuses études, les physiciens ont créé un modèle : le corps noir. Il s'agit d'un corps dont le spectre lumineux ne dépend que de sa température. Une échelle de valeurs de température de couleur a alors été établie.

On appelle température de couleur d'une source lumineuse, la température à laquelle il faudrait porter le corps noir pour que la lumière dégagée par celui soit similaire à celle émise par la source. La température de couleur s'exprime en Kelvin (K). Elle est reliée à la température en degré Celsius par la formule suivante : $T(K) = T(^{\circ}C) + 273,15$.

La couleur d'une source lumineuse est donc comparée à celle d'un corps noir théorique chauffé entre 2 000 et 10 000 K, qui aurait dans le domaine de la lumière visible un spectre d'émission similaire à la couleur considérée. La couleur apparente d'une source lumineuse varie ainsi du rouge orangé de la flamme d'une bougie (1 850 K) au blanc bleuté dans le cas d'un flash électronique (autour de 6 500 K selon les fabricants) ou encore dans le cas d'une lumière issue d'un ciel nuageux (8000 K).

Source : « Les secrets de la vidéo numérique », Philippe Bellaïche.

Document 1 : la température des couleurs

Sources lumineuses	Température de couleur
Lampe à incandescence	2 500 K
Lampe halogène	3 200 K
Tube fluorescent blanc neutre	4 000 K
Lumière du jour (ciel dégagé)	5 600 K
Lumière du jour (ciel couvert)	8 000K

Document 2 : température de couleur de plusieurs sources lumineuses

La lumière blanche est en fait composée de toutes les couleurs. Un éclairage blanc, naturel ou artificiel, peut varier en pureté. Nous avons tous observé que l'éclairage solaire est beaucoup plus rouge lorsque le soleil se couche qu'à midi. Il est aussi visible à l'œil nu qu'un éclairage fluorescent est un peu plus vert qu'un éclairage produit par une ampoule incandescente. La balance des blancs permet, sur un appareil photographique numérique ou un caméscope, d'étalonner le capteur et de corriger la dominante de couleur en fonction de l'éclairage ambiant. On réalise ce réglage en présentant devant l'appareil une surface étalon reconnue comme blanche, normée ou déterminée comme telle par l'œil humain. L'électronique modifie alors les réglages internes de l'appareil, en jouant sur les gains des signaux RVB du capteur, pour que cette surface apparaisse blanche lors de l'enregistrement. Cette opération est à refaire chaque fois que l'on change de conditions d'éclairage. La plus part des appareils photo numériques possèdent une présélection des principales sources d'éclairage (incandescence, naturelle, fluorescente...) dans le menu de la balance des blancs. Par défaut, le réglage de la balance des blancs est automatique.

Source : site Wikipédia

Document 3 : la balance des blancs

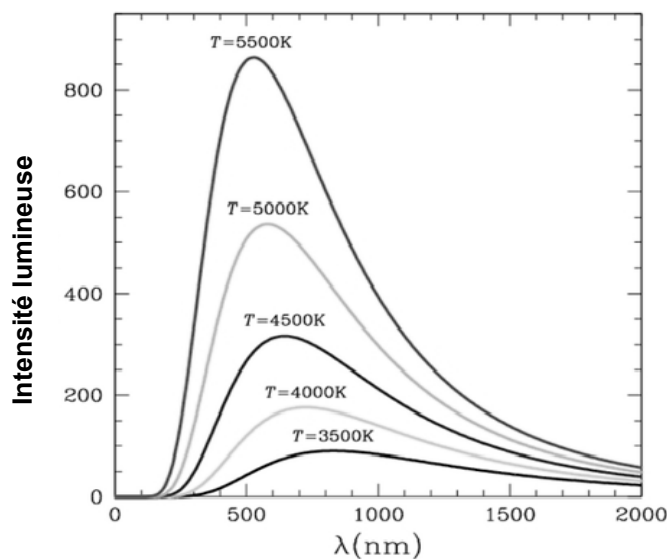
- Effectuer une recherche internet pour trouver la signification des termes suivants :
 - Température de couleur
 - Balance des blancs

Remarque pour l'enseignant : On peut proposer à ce stade plusieurs documents aux élèves pour leur venir en aide. Voir les documents en annexe de la question 3.

- À l'aide de la loi de Wien, relier la température de couleur d'une source lumineuse à sa dominante colorée.

Remarque pour l'enseignant : A ce stade on attend de l'élève qu'il puisse conclure sur le fait que plus la température de couleur d'une source lumineuse est basse, plus la lumière blanche émise apparaît rouge orangée, et plus elle est élevée plus la lumière apparaît bleutée.

On pourra guider les élèves de la façon suivante : rappel de la loi de Wien ; exploitation du document ci-dessous :



- Sur quel paramètre du capteur de l'appareil photo numérique agit le réglage de la « balance des blancs » ?

Remarque pour l'enseignant : On pourra proposer plusieurs choix et en débattre en classe :

- Proposition 1 : gain des capteurs RVB de l'appareil photo.
- Proposition 2 : mise au point de l'appareil photo.
- Proposition 3 : diaphragme de l'appareil photo.

- Que signifie le terme « balance » dans l'expression « balance des blancs » ?

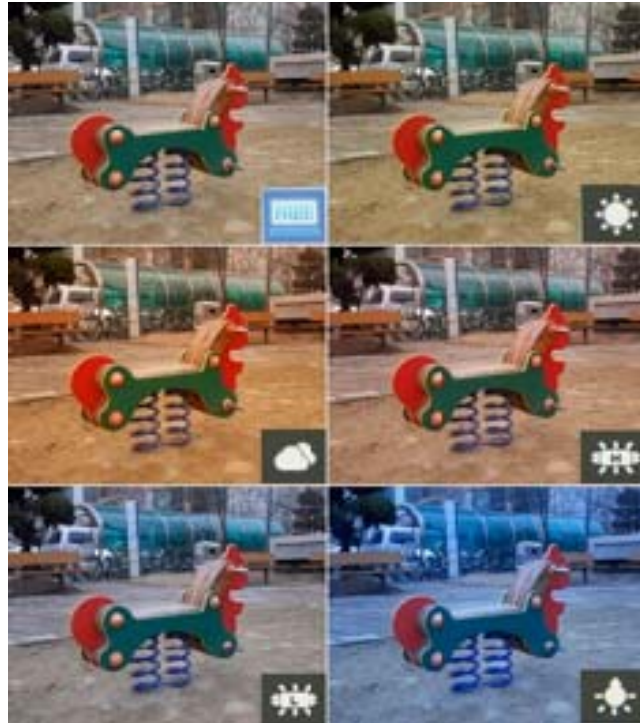
- Pourquoi l'œil humain n'est-il pas sensible à ce problème, lié à la température de couleur d'une source lumineuse ?

Remarque pour l'enseignant : On pourra proposer plusieurs choix et en débattre en classe :

- Proposition 1 : L'œil humain n'est pas sensible à ce problème car comme une pellicule photo, ce n'est pas un détecteur numérique.
- Proposition 2 : L'œil humain n'est pas sensible à ce problème car le cerveau réinterprète correctement les signaux électriques issus de la rétine et s'adapte naturellement (adaptation chromatique).
- Proposition 3 : L'œil humain n'est pas sensible à ce problème car un peu comme le diamètre de la pupille s'adapte à la luminosité ambiante, les trois types de cônes de la rétine qui sont sensibles respectivement au bleu, au rouge et au vert, s'adaptent automatiquement et restituent toujours un blanc de référence.

- La fonction « balance des blancs » existe en mode automatique. Quel réglage est alors automatiquement réalisé ?
- Proposer une explication au problème présenté en début de l'activité.

Voici six photographies du même objet pris en extérieur. Le photographe n'a changé que le réglage de la balance des blancs.



- Pourquoi la photographie prise avec le mode « lampe à incandescence » est-elle bleutée ?
- Pourquoi la photographie prise avec le mode « nuageux » est-elle orangée ?
- Voici 3 photographies du Lac Grey à Torres del paine au Chili. La première a été effectuée avec un bon réglage de la balance des blancs. Retrouver les réglages pour les photos 2 et 3.



Photo 1

Photo 2

Photo 3

✘ MATIERES COLOREES

Un entretien d'embauche autour du Dakin®

Fiche professeur

- Type d'activité : activité documentaire et expérimentale
- Conseil de mise en œuvre :
 - Cette activité expérimentale nécessite une réflexion préalable de la part de l'élève. Il est conseillé de distribuer les documents à l'avance.
- Pré-requis :
 - Connaître le spectre de la lumière blanche et le phénomène de dispersion de la lumière par un prisme.
 - Connaître le phénomène d'absorption d'une onde monochromatique.
 - Connaître les couleurs complémentaires.
 - Savoir réaliser des solutions diluées.
 - Savoir exprimer la concentration massique d'une espèce dissoute en solution en fonction de la concentration molaire et de la masse molaire.
- Objectifs et compétences sollicités :

OBJECTIFS	Objectifs spécifiques	<ul style="list-style-type: none">• Travailler une démarche d'investigation scientifique.• Rédiger un protocole expérimental et le réaliser.• Réaliser un dosage par étalonnage.• Utilisation de la loi de Beer-Lambert.• Interpréter la couleur observée d'un objet éclairé.• Interpréter les phénomènes d'absorption, de diffusion et de transmission.
	Objectifs transversaux	<ul style="list-style-type: none">• Se servir d'outils mathématiques.
COMPETENCES ATTENDUES	Connaissances	<ul style="list-style-type: none">• Matériel de base nécessaire à la préparation d'une solution donnée.
	Capacités disciplinaires	<ul style="list-style-type: none">• Élaborer et mettre en œuvre un protocole de préparation d'une solution de concentration donnée par dilution.• Confronter un modèle à des résultats expérimentaux : vérifier la cohérence des résultats obtenus avec ceux attendus.• Observer et décrire les phénomènes.
	Capacités expérimentales	<ul style="list-style-type: none">• Savoir utiliser la verrerie de base pour préparer une solution de concentration donnée.• Extraire et exploiter des informations des données expérimentales.• Définir les conditions d'utilisation des instruments de mesure, réaliser et régler les dispositifs expérimentaux dans les conditions de précision correspondant au protocole.• Estimer l'incertitude d'une mesure.

	Capacités transversales	<ul style="list-style-type: none"> • Rédiger un protocole en utilisant un vocabulaire scientifique. • Identifier des paramètres pertinents, mettre des données en relation. • Exercer son esprit critique. • Rendre compte de façon écrite. • Modéliser une droite moyenne par une régression linéaire. • Travailler en autonomie.
--	-------------------------	--

- Remarques :
 - Il convient d'acheter en pharmacie l'eau de Dakin® pour la montrer aux élèves.
 - L'eau de Dakin® et les solutions de permanganate de potassium doivent être fraîches. Il faut préparer deux solutions de permanganate de potassium l'une à une concentration de 120 mg.L^{-1} et l'autre à une concentration de 20 mg.L^{-1} . Pour cette deuxième solution qui doit être préparée avec précision, il convient de préparer un litre de solution à $1,00 \text{ g.L}^{-1}$ et de la diluer 50 fois.
 - Cette activité expérimentale constitue un prolongement du thème « Santé » abordé en classe de Seconde.
- Provenance : académie de Créteil
- Adresse du site académique : <http://spcfa.ac-creteil.fr/>

Fiche élève

Ayant fait des études de chimie, vous souhaitez travailler comme technicien dans une grande entreprise pharmaceutique française. Votre curriculum vitae (CV) intéresse le directeur des ressources humaines (DRH) de cette société qui vous convoque pour un entretien qui aura lieu avec un technicien expérimenté de la société. Il vous précise que cet entretien a pour but de vérifier vos compétences scientifiques.

Document 1 – Problématique

- **Le technicien vous déclare :**

« L'eau de Dakin est une solution antiseptique utilisée pour le lavage des plaies et des muqueuses. Il s'agit d'une solution d'hypochlorite de sodium dans laquelle on a dissous du permanganate de potassium de manière à obtenir une concentration massique C_m en permanganate de potassium de C_m égale à 10 mg.L^{-1} .
- **On trouve aussi dans l'eau de Dakin du dihydrogénophosphate de sodium dissous. Parmi toutes ces espèces chimiques, seuls les ions permanganate MnO_4^- (aq) sont colorés et donnent à la solution cette teinte violette, assimilable au magenta.**
- **Dans un premier temps, montrez-moi qu'une solution de permanganate de potassium, de couleur violette, assimilable au magenta, absorbe dans le vert ! ».**
- **Le technicien vous donne alors :**
 - un prisme en verre ou un réseau ;
 - une lampe multi fentes où ne subsiste que la fente centrale ainsi que son générateur ;
 - une cuve de spectrophotomètre ;
 - une solution de permanganate de potassium de concentration en soluté apporté $C_0 = 7,59 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$;
 - une feuille de papier servant d'écran.

Document 2 – Première phase

- Expliquer, à l'aide de schéma(s), l'expérience à effectuer pour montrer que la solution de permanganate de potassium absorbe dans le vert. Réaliser cette expérience en notant les résultats obtenus.

- La solution de permanganate de potassium paraît d'une couleur violette, assimilable au magenta. A l'aide de l'expérience réalisée, proposer une explication de ce fait observé.
- Le magenta et le vert sont deux couleurs complémentaires.
L'expérience réalisée permet-elle de confirmer cette information ? Justifier la réponse.

• Le technicien vous déclare ensuite :

« Vous devez effectuer un contrôle de qualité pour vérifier la concentration massique en permanganate de potassium dissous.

On indique que la masse molaire du permanganate de potassium est $M = 158,0 \text{ g.mol}^{-1}$.

Pour effectuer l'étude de cette solution nous mettons à votre disposition un spectrophotomètre réglé à une longueur d'onde dans le vide $\lambda = 520 \text{ nm}$, ce qui correspond à une onde lumineuse monochromatique verte. Nous vous demandons d'étudier avec notre spectrophotomètre la loi de Beer-Lambert qui relie l'absorbance à la concentration massique de l'espèce colorée ».

• Vous vous souvenez alors de ce que vous avez étudié en cours de sciences physiques : l'absorbance A d'une solution est une grandeur sans unité qui permet de mesurer l'absorption d'une onde lumineuse monochromatique par cette solution. Elle est obtenue avec un spectrophotomètre dont on doit régler le zéro avec le solvant à chaque fois que l'on change de longueur d'onde.

• Le technicien met à votre disposition :

- une solution de permanganate de potassium dont la concentration en soluté apporté est $C_0 = 1,27 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$;
- trois béchers de 100 mL ;
- un pipeteur ;
- une pissette d'eau distillée ;
- une fiole jaugée de 50,0 mL ;
- une pipette jaugée de 20,0 mL ;
- un spectrophotomètre, réglé pour l'étude de l'absorption d'une onde lumineuse monochromatique de longueur d'onde 520 nm et 4 cuves ;
- un ordinateur avec un tableur grapheur.

une feuille de papier servant d'écran.

• Le technicien vous dit alors :

« Effectuez quatre mesures qui vous permettront de tracer l'absorbance A en fonction de la concentration molaire, C , en soluté apporté d'une solution de permanganate de potassium. Puis montrez que les résultats obtenus sont bien en accord avec la loi de Beer-Lambert, c'est-à-dire que l'absorbance, A , d'une solution de permanganate de potassium est proportionnelle à la concentration molaire de la solution, c'est-à-dire proportionnelle à la concentration molaire en ions permanganate ».

Document 3 – Deuxième phase

- Parmi les quatre mesures que vous allez réaliser, l'une va être réalisée avec de l'eau distillée, l'autre avec la solution de permanganate de potassium de concentration en soluté apporté $C_0 = 1,27 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$. Proposer un protocole qui permette d'acquies les deux autres mesures.

Faire vérifier ce protocole puis le mettre en œuvre pour obtenir les deux solutions manquantes.

- En utilisant le tableur grapheur disponible, effectuer les opérations nécessaires pour afficher le graphe de l'absorbance A en fonction de la concentration molaire C en soluté apporté de la solution de permanganate de potassium.

Noter les mesures expérimentales obtenues :

- Commenter la courbe obtenue avec le tableur grapheur puis effectuer sa modélisation à l'aide du logiciel. En déduire une expression littérale mathématique liant l'absorbance A et la concentration C .

- Les résultats obtenus sont-ils en accord avec la loi de Beer-Lambert ? Justifier la réponse.

Ministère de l'éducation nationale, de la jeunesse et de la vie associative (DGESCO)

Première S – Physique-Chimie

www.eduscol.education.fr/

Page 32 sur 106

- Ayant écouté vos explications, le technicien reprend :
« J'ai ici une bouteille d'eau de Dakin issue d'une de nos chaînes de production. En utilisant votre graphe, dites-moi si la concentration en ion permanganate est correcte ? Je tolère une erreur relative e de 5,0 % »
- Il vous tend alors la bouteille ainsi qu'une nouvelle cuve.

Document 4 – Troisième phase

- Expliquer comment procéder. Quelle sera la conclusion sachant que l'erreur relative est

donnée par la relation : $e = \frac{|C_{\text{exp}} - C_{\text{th}}|}{C_{\text{th}}}$?

Absorption, absorbance et dosage

Fiche professeur

- Type d'activité : expérimentale
- Conseils de mise en œuvre :
 - Une solution pharmaceutique de Lugol® sert de fil rouge pour cette activité.
 - L'introduction prend appui sur la couleur du Lugol® : le spectre de la solution est réalisé et comparé avec celui de la lumière blanche (rappel de seconde). La synthèse soustractive ayant été étudiée au préalable, le lien est fait entre la couleur absorbée (le bleu) et la couleur de la solution (jaune orangée). Suite à ces observations, on demande aux élèves ce qui, selon eux, pourrait permettre que la solution absorbe moins de bleu. Cette réflexion est menée avec le groupe, et les hypothèses sont testées au fur et à mesure qu'elles sont énoncées. Enfin, les élèves dégagent les paramètres jouant un rôle sur l'absorption : l'épaisseur de solution traversée par la lumière, la concentration de la solution, l'espèce chimique contenue dans la solution. A ce stade, on introduit l'absorbance comme étant une grandeur permettant de quantifier l'absorption, et on présente rapidement le spectrophotomètre.
 - Dans la partie suivante, les élèves doivent étudier plus précisément le rôle des différents paramètres : concentration, largeur de la cuve (si le matériel le permet), longueur d'onde, et espèce chimique. Il est alors possible de répartir les tâches entre différents groupes : chaque groupe proposant et réalisant le protocole. A l'issue de ce travail, on obtient le spectre d'absorption du diiode, des mesures montrant la proportionnalité entre largeur de la cuve et absorbance (si le lycée possède des cuves de largeurs différentes, ou s'il est possible d'en intercaler plusieurs sur le trajet du faisceau), et la courbe de l'absorbance en fonction de la concentration (modélisable par une droite uniquement pour les faibles concentrations).
 - La loi de Beer Lambert est alors établie, et le domaine de validité mis en évidence. Dans la dernière partie, elle est utilisée pour déterminer la concentration en diiode du Lugol® : celle-ci étant en dehors du domaine de validité de la loi, les élèves doivent alors penser à la diluer pour pouvoir utiliser la droite d'étalonnage.
- Pré-requis :
 - Dispersion de la lumière blanche
 - Spectres d'absorption
 - Synthèse soustractive

- Objectifs et compétences sollicités :

OBJECTIFS	Objectifs spécifiques	<ul style="list-style-type: none">• Identifier des paramètres d'influence.• Établir la loi de Beer-Lambert.• Rédiger un protocole expérimental et le réaliser.
	Objectifs transversaux	<ul style="list-style-type: none">• Se servir d'outils mathématiques.
COMPETENCES ATTENDUES	Connaissances	<ul style="list-style-type: none">• Loi de Beer-Lambert.
	Capacités expérimentales	<ul style="list-style-type: none">• Déterminer la concentration d'une espèce colorée à partir d'une courbe d'étalonnage en utilisant la loi de Beer-Lambert.
	Capacités transversales	<ul style="list-style-type: none">• Formuler des hypothèses.• Proposer une expérience.• Confronter les résultats d'une expérience aux hypothèses.• Exercer son esprit critique.

• Remarques :

- Le Lugol® est une solution composée de diiode (I_2) et d'iodure de potassium (KI) dissous dans de l'eau. Elle doit son nom au médecin français J.G.A. Lugol®.
- Elle est utilisée entre autres comme traitement iodé interne (vasodilatateur) et comme antiseptique.
Elle est composée d'iodure de potassium (17 g/L), et de diiode I_2 (5 g/L) dans de l'eau. Le diiode étant peu soluble dans l'eau, l'iodure de potassium sert à le solubiliser.
On parle de solution de Lugol® « à 5 % ».

• Provenance : académie d'Orléans-Tours

• Adresse du site académique : <http://physique.ac-orleans-tours.fr/php5/site/>

Fiche élève

La couleur du Lugol®

• Spectre d'absorption du diiode

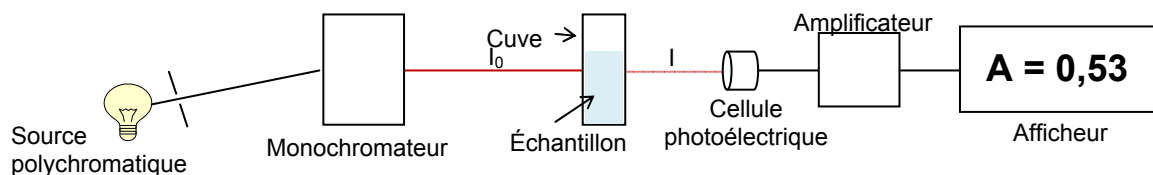
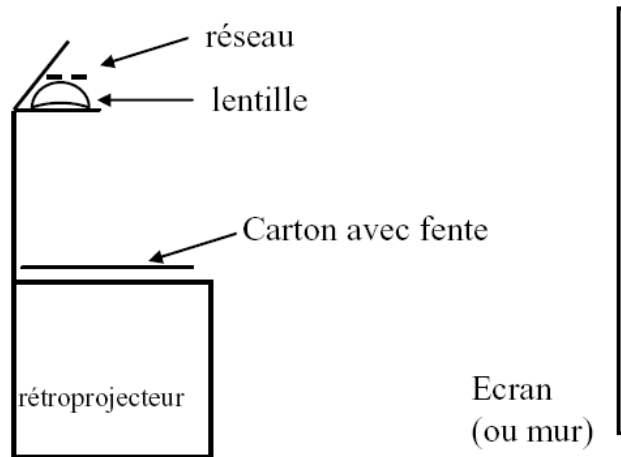
- Réalisons le spectre d'absorption d'une solution de diiode :
- la lampe du rétroprojecteur éclaire la solution. La lumière ressortant de la cuve est décomposée par le réseau, et projetée sur l'écran grâce au miroir.
- Comparer l'aspect du spectre obtenu à celui de la lumière blanche.
- En utilisant le principe de la synthèse soustractive, expliquer comment le spectre obtenu traduit la couleur perçue de la solution.

• Paramètres influençant l'absorption

- D'après vous, comment faire en sorte que la solution absorbe moins de bleu ?
- Après avoir testé l'influence de ces différents paramètres, conclure : de quoi dépend l'absorption d'une couleur par une solution ?

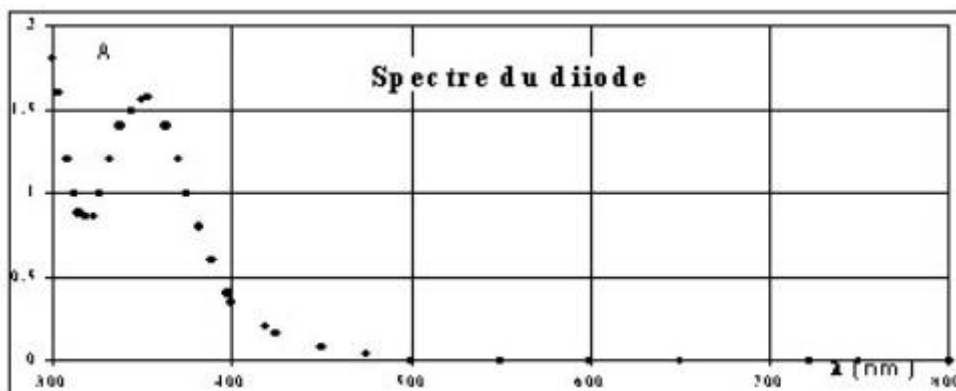
• Quantification de l'absorption

- Nous voyons sur le spectre obtenu précédemment que le diiode absorbe plus ou moins certaines couleurs. Cette observation reste qualitative. Afin de pouvoir quantifier cette absorption, on utilise une grandeur appelée « absorbance », notée A, qui est sans dimension.
- L'absorbance est mesurée par un instrument appelé « spectrophotomètre » : celui-ci envoie une radiation monochromatique d'intensité I_0 sur une cuve contenant la solution, et mesure l'intensité I du faisceau qui en ressort. La comparaison de I avec I_0 permet de déterminer l'absorbance A de la solution pour la longueur d'onde envoyée sur la cuve. (schéma ci-après)



Remarque pour l'enseignant :

- Le diode absorbe dans les longueurs d'onde correspondant à la couleur bleue :
- Le choix est fait de laisser les élèves proposer d'eux-mêmes les différents paramètres auxquels ils pensent.
- Bien entendu, certaines réponses peuvent faire varier plusieurs paramètres à la fois : par exemple, rajouter de l'eau pour diluer, ou changer de solution sans se soucier de la concentration, ou changer de concentration sans se soucier de l'épaisseur de liquide traversée...
- Ces réponses sont bien entendues « souhaitables », dans la mesure où ce sera l'occasion de faire s'interroger les élèves sur le fait que plusieurs paramètres varient, et on pourra les amener, à l'oral, à conclure qu'il est nécessaire de ne faire varier qu'un seul paramètre à la fois...



L'absorbance

L'absorbance d'une solution dépend donc des différents paramètres mis en évidence.

L'objectif est de voir s'il est possible d'établir une loi reliant l'absorbance A et ces paramètres.

Pour chacune de ces grandeurs, proposer une expérience permettant de quantifier grâce au spectrophotomètre son influence sur l'absorbance. Présenter les résultats sous forme de tableau. Lorsque cela est possible ou nécessaire, un tableur permet de tracer une courbe et de la modéliser (cf. mode d'emploi).

- Conditions matérielles :
 - Spectrophotomètre
 - Cuves (il est possible d'accoler deux cuves sur le trajet du faisceau du spectrophotomètre)
 - Solutions aqueuses de diode (en présence d'ions iodure) de différentes concentrations C :

Solution n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9
C (mmol.L ⁻¹)	10	5,0	3,0	2,0	1,0	0,50	0,20	0,10	0,050

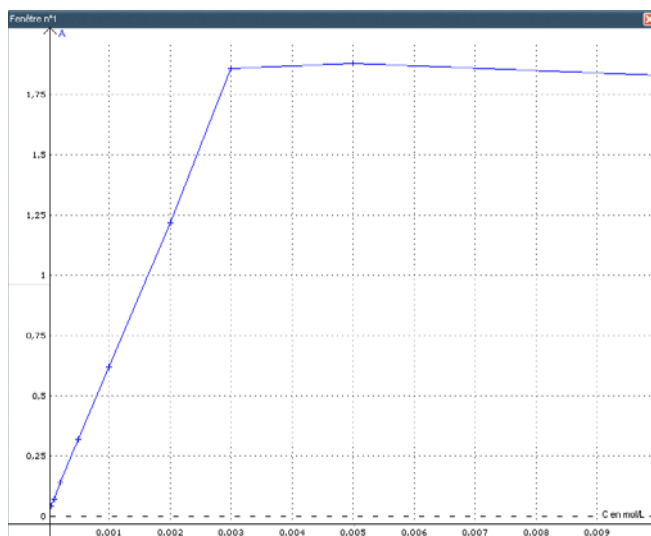
- Le spectrophotomètre sature lorsque l'absorbance est trop élevée : on pourra mesurer l'absorbance des concentrations en diode élevées uniquement pour des longueurs d'onde supérieures à 460 nm.
- Ordinateurs avec tableur (logiciel permettant de modéliser des courbes)
- Conclusion :
 - Indiquer quels sont les deux paramètres auxquels l'absorbance A est proportionnelle.

La loi reliant l'absorbance aux deux précédents paramètres est appelée « loi de Beer-Lambert ». On note ϵ , appelé « coefficient d'absorption molaire », le coefficient de proportionnalité :
 $A = \epsilon \times \dots \times \dots$

- Donner les unités des deux paramètres, et en déduire l'unité de ϵ .
- De quoi dépend ϵ ?
- La loi est-elle valable quelles que soient les conditions ?

Remarque pour l'enseignant :

- Pour pouvoir utiliser le spectrophotomètre avec des concentrations élevées (pour montrer les limites de la loi), on ne peut pas se placer au maximum d'absorption. Les mesures suivantes ont été obtenues pour $\lambda = 460 \text{ nm}$.
- Remarque : cette courbe montre les limites du modèle (et sûrement aussi les limites de détection du spectrophotomètre et cela peut aussi être l'objet de discussion avec les élèves).
- Prolongement possible : Etude de textes historiques de quatre scientifiques dont les modèles se sont affrontés, et montrant ainsi comment s'est construite cette loi. Source : BUP n°894, mai 2007.



Application au dosage de la solution de Lugol®

À partir des travaux précédents, proposer une méthode pour vérifier la concentration de la solution de Lugol® posée sur le bureau.

Carottes et vision nocturne

Fiche professeur

- Type d'activité : documentaire
- Objectifs et compétences sollicitées :

COMPETENCES ATTENDUES	Connaissances	<ul style="list-style-type: none">• Savoir que les molécules de la chimie organique sont principalement constituées des éléments C et H.• Savoir que l'isomérisation photochimique d'une double liaison est à l'origine du processus de la vision.
	Capacités disciplinaires	<ul style="list-style-type: none">• Reconnaître si deux doubles liaisons sont en position conjuguée dans une chaîne carbonée.• Établir un lien entre la structure moléculaire et le caractère coloré ou non coloré d'une molécule.• Prévoir si une molécule présente une isomérie <i>Z/E</i>.
	Capacités transversales	<ul style="list-style-type: none">•

- Provenance : académie de Reims
- Adresse du site académique : <http://www.ac-reims.fr/>

Fiche élève

- Situation déclenchante :

Virginie, amie de Paul, a constaté que, depuis un certain temps, il éprouvait des difficultés à distinguer les formes des objets sous faible éclairage.

Elle lui fait la remarque suivante : « Tu dois avoir des problèmes de vision nocturne. Tu devrais consulter un ophtalmologiste. En attendant ton rendez-vous, je te conseille de manger des carottes ! »

Comment peut-on expliquer le mécanisme de la vision nocturne ? En quoi une alimentation à base de carottes peut-elle l'améliorer ?

- En utilisant les documents proposés, repérer la transformation intervenant lors de l'étape 1 du mécanisme de la vision nocturne et l'expliquer au niveau de la structure des molécules.
- Indiquer en quoi certains aliments comme les carottes sont importants pour la vision nocturne.

- Supports de travail :

Les rétines des vertébrés contiennent deux sortes de cellules photoréceptrices : les bâtonnets, qui permettent de distinguer les formes et les cônes, qui permettent de distinguer les couleurs.

Avant de les atteindre, la lumière doit traverser l'optique oculaire, puis l'épaisseur de la rétine.

La vision nocturne est assurée grâce à un pigment contenu dans les bâtonnets de la rétine.

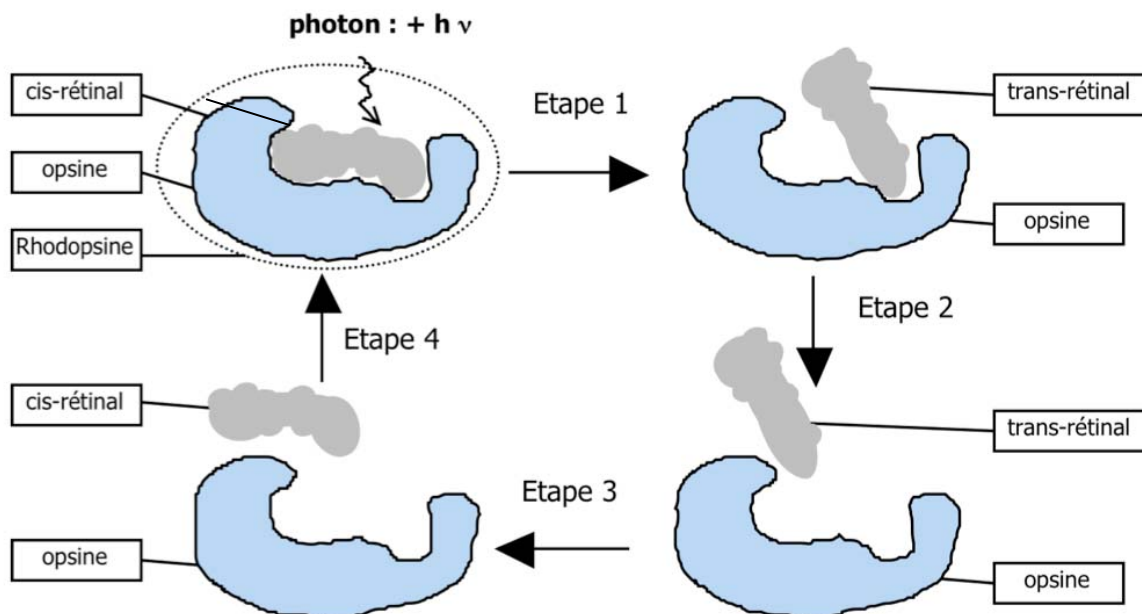
Celui-ci, appelé rhodopsine, est formé par l'association d'une protéine, l'opsine, et d'une molécule plus petite, le cis-rétinal.

Lorsque la rhodopsine absorbe un photon, le cis-rétinal s'isomérisé en trans-rétinal (étape 1), provoquant la coupure de la liaison entre le trans-rétinal et l'opsine (étape 2) : c'est ce processus qui déclenche le signal nerveux vers le cerveau.

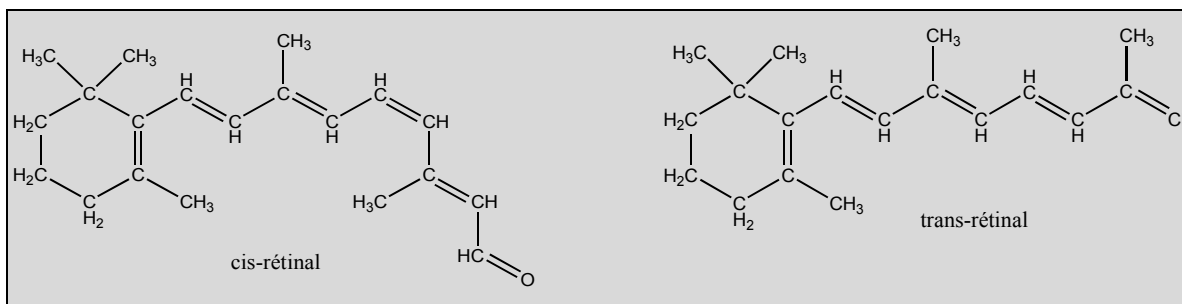
Dans l'obscurité, le trans-rétinal se transforme, par une réaction enzymatique, en cis-rétinal (étape 3), qui peut alors s'associer à l'opsine pour redonner la rhodopsine (étape 4) : la rhodopsine est alors prête à fonctionner de nouveau.

Certaines substances, comme les myrtilles, les carottes ..., sont connues pour améliorer la vision nocturne car elles contiennent du rétinol ou ses précurseurs.

Document 1 – Processus de la vision nocturne



Document 2 – Schématisation du processus de la vision nocturne



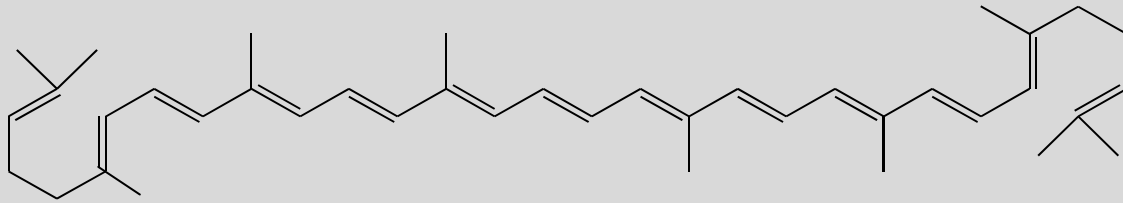
Document 3 – Formules semi-développées des molécules de cis-rétinal et de trans-rétinal

Les caroténoïdes sont des précurseurs de la vitamine A.

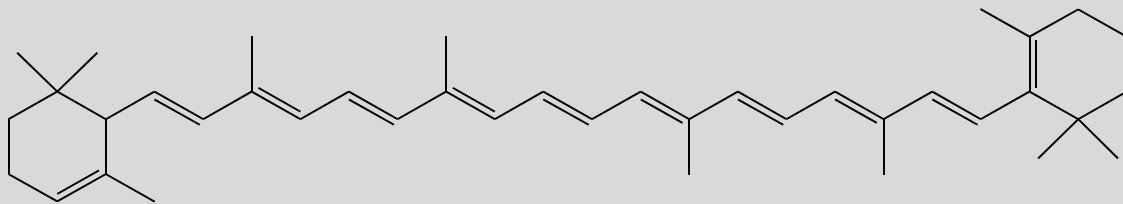
Ils ne sont pas synthétisés par notre organisme mais apportés par notre alimentation (carottes, myrtilles, beurre, épinards, abricots ...)

Les caroténoïdes regroupent deux familles : les carotènes et les xanthophilles.

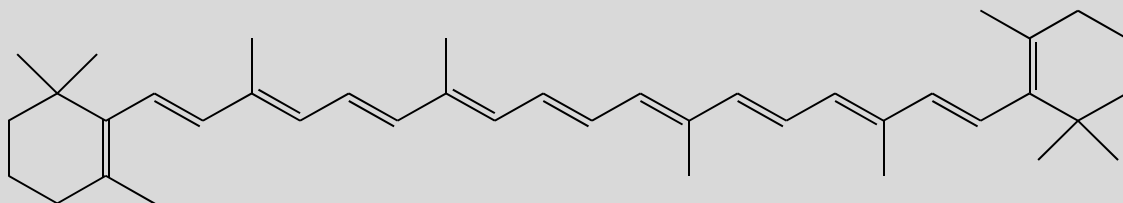
Parmi les carotènes, on peut citer le β -carotène, présent dans les carottes, les oeufs et les oranges, ainsi que le lycopène, présent dans les tomates.



Le lycopène

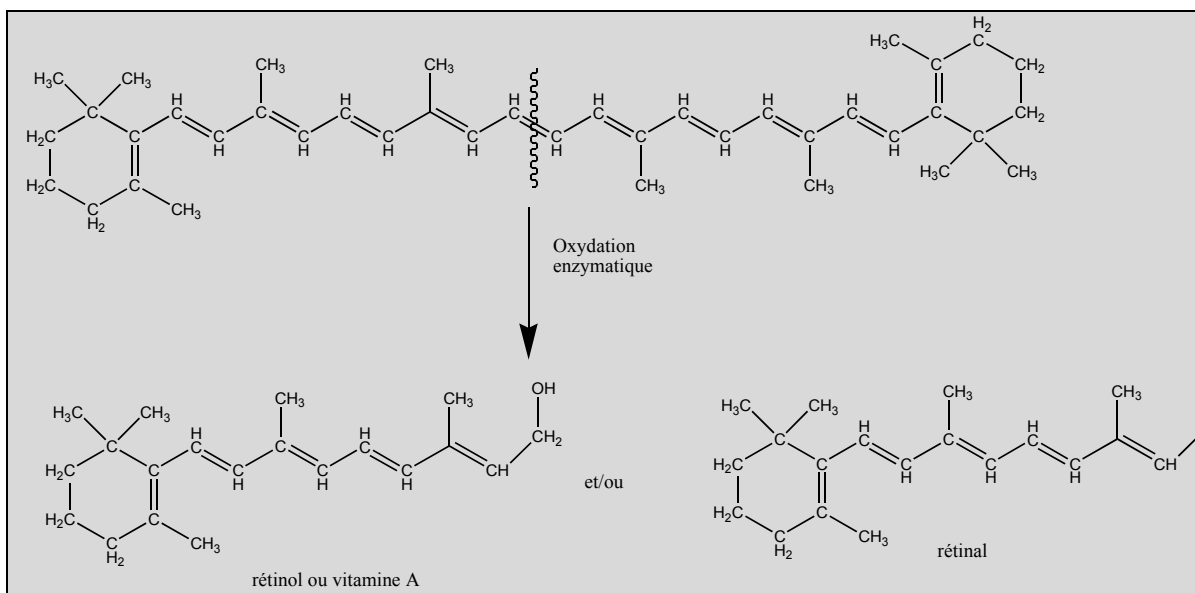


L' α -carotène



Le β -carotène

Document 4 – Les caroténoïdes



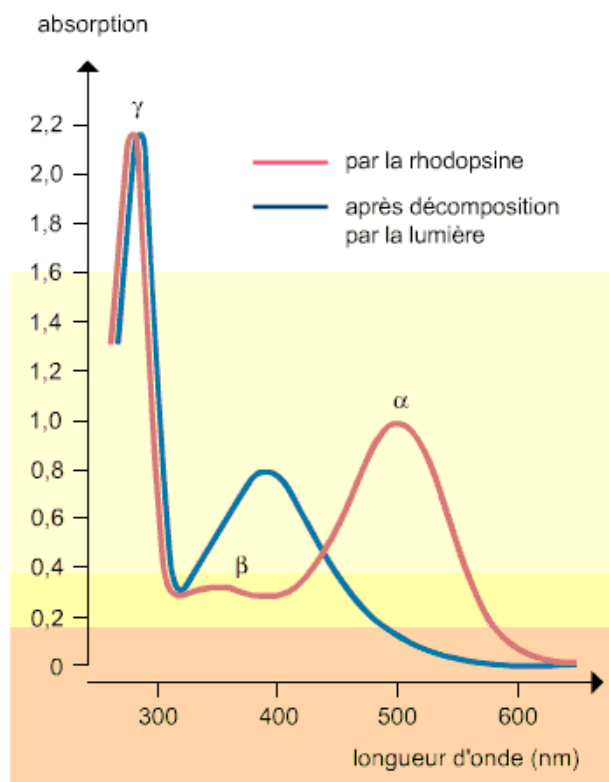
Document 5 – Oxydation du β -carotène

Remarque pour l'enseignant :

- Réaliser les modèles moléculaires du *cis* et *trans*-rétinal en simplifiant la molécule de façon à se concentrer sur la double liaison concernant l'isomérisation Z/E (montrer que la rotation n'est pas possible contrairement aux liaisons entre carbones tétraédriques).
- Bien que les formules topologiques, ne soient pas au programme de première (compétence non exigible), elles donnent une représentation plus simple des molécules.

• Prolongements :

- À partir du spectre d'absorption de la rhodopsine pour prévoir la couleur de celle-ci et justifier son autre nom : le pourpre de la vision (document 6).
- Entourer et nommer les groupes caractéristiques présents dans le *cis*-rétinal et le rétinol (document 7).
- Déterminer la formule brute du *cis*-rétinal.



Document 6 – Courbe d'absorption de la rhodopsine (source: Encyclopaedia Universalis)

Nom	<i>hydroxyle</i>	<i>carbonyle</i>	<i>carboxyle</i>	<i>amine</i>	<i>ester</i>	<i>amide</i>
Groupe caractéristique	—OH	$\begin{array}{c} \text{—C—} \\ \\ \text{O} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{—C—OH} \\ \\ \text{O} \end{array}$	—NH_2	$\begin{array}{c} \text{—C—O—C—} \\ \quad \\ \text{O} \quad \quad \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{—C—N—} \\ \\ \text{O} \quad \end{array}$

Document 7 – Quelques groupes caractéristiques

COMPRENDRE : LOIS ET MODELES

✘ INTRODUCTION

À tous ses niveaux d'organisation, la matière manifeste une cohésion fondée sur l'existence d'interactions fondamentales dont les propriétés expliquent cette stabilité des structures, des états physiques et des édifices chimiques à différentes échelles d'organisation de la matière, des particules subatomiques aux amas de galaxies. Cette stabilité cesse en raison des échanges et des transformations d'énergie responsables des changements d'état, des réactions nucléaires et des réactions chimiques.

À ces interactions peuvent être associés des champs et des forces.

Au sein de tous ces phénomènes est présente cette grandeur essentielle des sciences physiques et chimiques et seulement perceptible par ses effets, l'énergie. Dans le cadre de l'étude d'un réel en perpétuelle évolution, l'affirmation du principe de conservation de l'énergie s'avère un outil puissant et universel d'explication des phénomènes, d'anticipation et de découvertes.

Le professeur exerce sa liberté pédagogique en traitant cette partie du programme, dédiée à la modélisation conceptuelle, dans l'ordre des thèmes de son choix : à partir du principe de conservation de l'énergie ou pour y aboutir ; à partir des observations pour en déduire l'existence des interactions, ou l'inverse, etc.

✘ COHESION ET TRANSFORMATION DE LA MATIERE

L'énergie nucléaire

Fiche professeur

- Type d'activité : documentaire
- Pré-requis :
 - Équation d'une réaction nucléaire.
 - Relation : $E_{\text{libérée}} = |\Delta m| c^2$
- Objectifs et compétences sollicités :

OBJECTIFS	Objectifs spécifiques	• Lois de conservation dans les réactions nucléaires.
	Objectifs transversaux	• Se servir d'outils mathématiques.
COMPETENCES ATTENDUES	Capacités disciplinaires	• Recueillir et exploiter des informations sur les réactions nucléaires (domaine médical, domaine énergétique, domaine astronomique, etc.).
	Capacités transversales	• Faire preuve d'esprit critique. • Rendre compte de façon écrite • Travailler en autonomie.

- Provenance :
- Adresse du site académique :

Fiche élève

- Question :

À partir des documents ci-dessous, comparer l'énergie libérée par la fission d'un noyau d'Uranium 235 en Strontium et Xénon à celle libérée par la fusion d'un noyau de deutérium avec un noyau de tritium.

Commenter.

- Supports de travail :

“La célèbre formule d'Einstein, $E = mc^2$, exprime l'équivalence entre la masse et l'énergie.”
 Par des techniques très précises, il est possible de mesurer la masse d'un noyau, celle d'un proton isolé ou d'un neutron isolé. La masse du noyau est inférieure à la somme des masses de chacun de ses nucléons. **Qu'est devenue la masse manquante ? En fait, cette masse ne disparaît pas mais se transforme en énergie.** La célèbre formule d'Einstein, $E = mc^2$, nous permet de calculer celle-ci. En effet, cette formule associée à un corps de masse m , une énergie E qui est égale à sa masse multipliée par une constante c^2 . Cette dernière est le carré de la vitesse c de la lumière dans le vide égale à $3,00 \times 10^8$ m/s.

D'après le site du CEA

Document 1 – L'équivalence entre l'énergie et la masse

Les réactions nucléaires libératrices d'énergie sont de deux types :

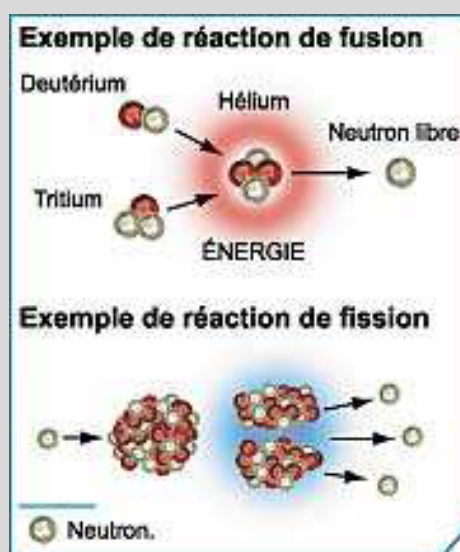
- **La fusion de noyaux très légers en un noyau de taille moyenne.**

Depuis une trentaine d'années, de nombreux laboratoires étudient la fusion de deux noyaux légers comme ceux du deutérium et du tritium qui sont deux isotopes lourds de l'hydrogène. Ce domaine est encore au stade de la recherche et il n'existe pas encore d'applications industrielles de la fusion pour la production d'électricité.

- **La fission ou cassure d'un noyau très lourd en deux noyaux de taille moyenne.**

La réaction de fission est plus simple à réaliser sur Terre que celle de fusion. Elle consiste à casser des noyaux lourds, comme ceux de l'uranium 235 ou du plutonium 239, sous l'effet de l'impact d'un neutron.

L'énergie de fission libérée est utilisée dans les réacteurs nucléaires. Ceux-ci produisent actuellement le sixième de l'électricité consommée dans le monde, le tiers en Europe et les trois quarts en France.



D'après le site du CEA

Document 2 – Les réactions nucléaires libératrices d'énergie

Noyau ou particule	Neutron	Deutérium	Tritium	Hélium	Uranium	Strontium	Xénon
Symbole	${}_0^1\text{n}$	${}_1^2\text{H}$	${}_1^3\text{H}$	${}_2^4\text{He}$	${}_{92}^{235}\text{U}$	${}_{38}^{94}\text{Sr}$	${}_{54}^{140}\text{Xe}$
Masse en u	1,00866	2,01355	3,01550	4,00150	234,9942	138,8892	93,8945

L'unité de masse atomique (symbole u) est une unité de mesure standard, utilisée pour mesurer la masse des atomes et des molécules. $1u = 1,66054 \times 10^{-27}$ kg

Document 3 – Quelques masses atomiques (en unité de masse atomique)

- Pistes d'investigation :
 - Pour chaque réaction :
 - Écrire l'équation de la réaction nucléaire, vérifier la conservation de la charge et du nombre de masse.
 - Déterminer la perte de masse au cours de cette réaction.

- En utilisant la relation d'Einstein, déterminer l'énergie nucléaire libérée par la réaction.
- Comparer les deux valeurs obtenues et commenter.

Préparation d'une solution ionique de concentration donnée en ions

Fiche professeur

- Type d'activité : activité documentaire et expérimentale
- Pré-requis :
 - Solutions : solvant, soluté, dissolution d'une espèce ionique.
 - Concentrations massique et molaire d'une solution.
 - Préparation de solutions par dissolution et dilution.
- Objectifs et compétences sollicités :

OBJECTIFS	Objectifs spécifiques	<ul style="list-style-type: none">• Travailler une démarche d'investigation scientifique.• Rédiger un protocole expérimental et le réaliser.• Utiliser la conservation de la matière lors d'une dissolution.
	Objectifs transversaux	<ul style="list-style-type: none">• Se servir d'outils mathématiques.
COMPETENCES ATTENDUES	Connaissances	<ul style="list-style-type: none">• Matériel de base nécessaire à la préparation d'une solution donnée.• Conservation de la matière lors d'une dissolution.
	Capacités disciplinaires	<ul style="list-style-type: none">• Élaborer et mettre en œuvre un protocole de préparation d'une solution ionique de concentration donnée en ions par dissolution et par dilution.
	Capacités expérimentales	<ul style="list-style-type: none">• Savoir utiliser la verrerie de base pour préparer une solution de concentration donnée.• Rechercher la méthode offrant la plus grande précision.
	Capacités transversales	<ul style="list-style-type: none">• Rédiger un protocole en utilisant un vocabulaire scientifique.• Identifier des paramètres pertinents, mettre des données en relation.• Exercer son esprit critique.

- Provenance : académie de Rouen
- Adresse du site académique : <http://spcfa.spip.ac-rouen.fr/>

Fiche élève

- Première étape : lire les informations suivantes

Une mère de famille vient de s'apercevoir qu'elle n'a plus de comprimés de fluorure de sodium à donner à son jeune enfant âgé d'un an. Elle ne dispose plus que de comprimés de Zymafluor®, qu'elle donne d'habitude à son aîné âgé de cinq ans. Elle souhaite tout de même lui donner sa dose journalière de fluor sous forme d'une solution aqueuse de 50 mL.

Zymafluor®

Comprimés à 0,75 mg

Fluorure de sodium

Composition

Substance active : fluorure de sodium (1,658 mg soit 0,75 mg de fluor)

Autres composants : sorbitol, silice colloïdale anhydre, stéarate de magnésium, huile essentielle

de menthe poivrée, mélange colorant (oxydes de fer, dioxyde de titane).

Posologie

- La dose recommandée est de 0,05 mg de fluor/kg/jour tous apports fluorés confondus, sans dépasser 1 mg/jour.
- En l'absence d'autres sources d'apport en fluor (eaux de boisson, sel fluoré, dentifrices fluorés), la dose quotidienne de fluor recommandée est à titre indicatif :
- De 3 à 9 kg (environ jusqu'à 18 mois) : 0,25 mg/j (1 comprimé à 0,25 mg par jour)
- De 10 à 15 kg (environ de 18 mois à 4 ans) : 0,50 mg/j (1 comprimé à 0,50 mg par jour)
- De 16 à 20 kg (environ de 4 à 6 ans) : 0,75 mg/j (1 comprimé à 0,75 mg par jour)
- 20 kg et plus : 1 mg/j (1 comprimé à 1 mg par jour)



Mode et voie d'administration

- Voie orale
- Les comprimés peuvent être avalés, croqués, ou pris dissous dans un peu d'eau (éviter le lait car l'apport concomitant de calcium pourrait diminuer l'absorption des fluorures), en une seule prise quotidienne. Avant l'âge de 2 ans, les comprimés doivent être dissous dans un peu d'eau.

Document 1 – Notice d'utilisation du Zymafluor®

- Deuxième étape : élaborer le protocole
 - Recueillir et exploiter des informations sur le médicament Zymafluor®.

Compétences travaillées :

S'informer	✓/✗
Rechercher des informations	
Extraire d'un document les informations utiles	
Exploiter des informations	

- Élaborer un protocole à partir du matériel et des produits mis à disposition :
 - Comprimés de fluorure de sodium à 0,75 mg en ion fluorure ;
 - béchers ;
 - fioles jaugées de 50,0 mL et 100,0 mL ;
 - éprouvettes graduées de 10 mL, 50 mL et 100 mL ;
 - burette graduée de 25 mL ;
 - pipettes jaugées de 5,0 mL et 10,0 mL
 - pipette graduée de 10,0 mL ;
 - capsule de pesée ;
 - spatule ;
 - entonnoir ;
 - mortier et pilon.

Compétences travaillées :

Raisonner	✓/✗
Concevoir un protocole	
Mener à bien des calculs	
Connaître la verrerie	
Expliquer les choix de la verrerie	

- Troisième étape : réaliser la solution ionique

Compétences travaillées :

Réaliser	✓/✗

Mettre en œuvre un protocole	
Utiliser de la verrerie	

Du cidre au calvados

Fiche professeur

- Type d'activité : documentaire et expérimentale
- Conseil de mise en œuvre :
 - visualisation d'un diaporama relatant les évolutions de la distillation à travers les siècles ;
 - distribution de l'activité 1 ;
 - distribution de l'activité 2 après validation du montage ;
 - explication orale du fonctionnement de la colonne de Vigreux et éventuellement (selon le temps et le niveau de la classe) application au fonctionnement d'une raffinerie.
- Pré-requis :
 - la formule de la masse volumique ;
 - la technique de l'hydrodistillation ;
 - les changements d'état.
- Objectifs et compétences sollicités :

OBJECTIFS	Objectifs spécifiques	<ul style="list-style-type: none">• Réalisation d'une distillation.• Comprendre l'intérêt d'une colonne de Vigreux.
	Objectifs transversaux	<ul style="list-style-type: none">• Extraire et exploiter les informations pertinentes de documents.
COMPETENCES ATTENDUES	Connaissances	<ul style="list-style-type: none">• Matériel de base nécessaire à une distillation fractionnée.
	Capacités disciplinaires	<ul style="list-style-type: none">• Élaborer et mettre en œuvre un protocole de distillation.
	Capacités expérimentales	<ul style="list-style-type: none">• Extraire et exploiter des informations des données expérimentales.
	Capacités transversales	<ul style="list-style-type: none">• Exercer son esprit critique.• Rendre compte de façon écrite.• Travailler en autonomie.

- Provenance : académie de Rouen
- Adresse du site académique : <http://spcfa.spip.ac-rouen.fr/>

Fiche élève

Présentation de la distillation à travers les siècles

Les informations suivantes peuvent servir à la réalisation d'un diaporama.

- Introduction
 - La distillation est un procédé de séparation de mélanges liquides miscibles qui utilise leur différence de température d'ébullition.
 - Cette technique est utilisée depuis plusieurs siècles.
- Le moyen âge : du IV^e au XV^e siècle
 - C'est durant cette période qu'apparaît le mot « alambic » provenant de l'arabe « al ambic » signifiant « vase à distiller ».
 - L'alambic sert alors essentiellement pour la médecine et l'alchimie. On y fabrique des élixirs de longues vie (ou eau de vie).



Document 1 – Dessin d'un alambic provenant d'un manuscrit datant du moyen âge

- À partir du XVe siècle
 - À partir de cette époque, les alambics servent essentiellement à fabriquer des alcools de consommation.



Document 2 – Dessin d'un alambic datant du XVIIe siècle



Document 3 – Dessin d'un alambic datant du XIXe siècle



Document 4 – Dessin d'un alambic datant du XXe siècle

- Montage actuel
 - Aujourd'hui, quel montage utilise-t-on au laboratoire pour réaliser une distillation ?
 - Pour répondre à cette question, essayons de comprendre le fonctionnement d'un alambic en trouvant les points communs à tous ceux décrits précédemment :
- Mise en évidence des éléments communs
 - Ces montages ont en communs quatre éléments :

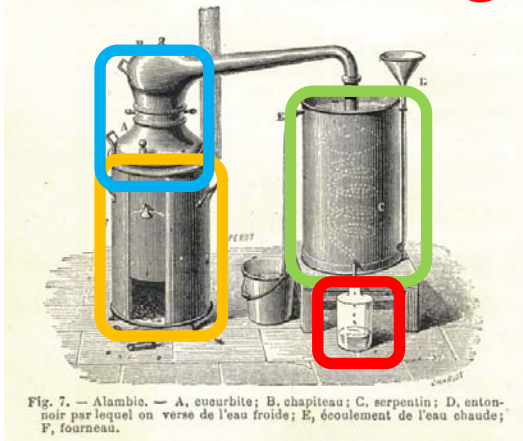
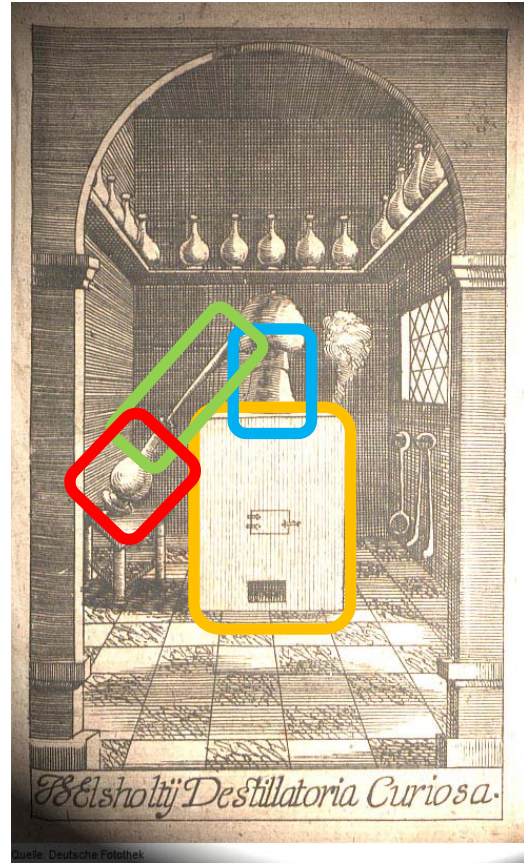
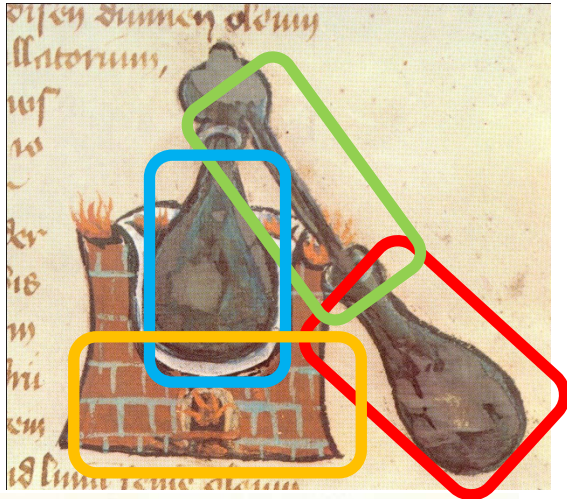
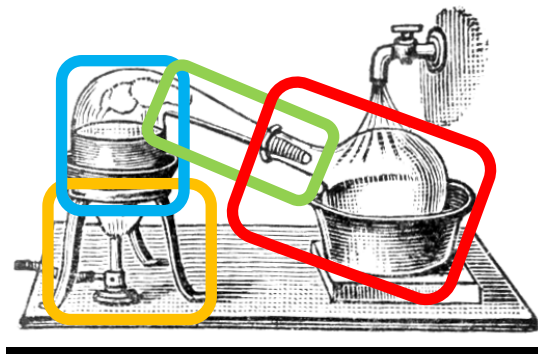


Fig. 7. — Alambic. — A, cucurbit; B, chapiteau; C, serpent; D, entonnoir par lequel on verse de l'eau froide; E, écoulement de l'eau chaude; F, fourneau.



Activité 1

Le calvados est une eau-de-vie obtenue par distillation du cidre, lui-même obtenu à partir de la fermentation du jus de pomme.

Composition d'un cidre brut : Eau, éthanol à 5% vol, moût de pommes, dioxyde de carbone, glucides, antioxygène et colorants.



Le calvados est un alcool fort contenant essentiellement de l'eau et de l'éthanol. Le pourcentage d'alcool dans un calvados du commerce est compris entre 40 et 42 %.

Le calvados traditionnel fabriqué par des bouilleurs de cru contient un pourcentage d'alcool plus élevé et ne peut, de ce fait, être commercialisé.



Document 5 – Charriot de bouilleur ambulancier

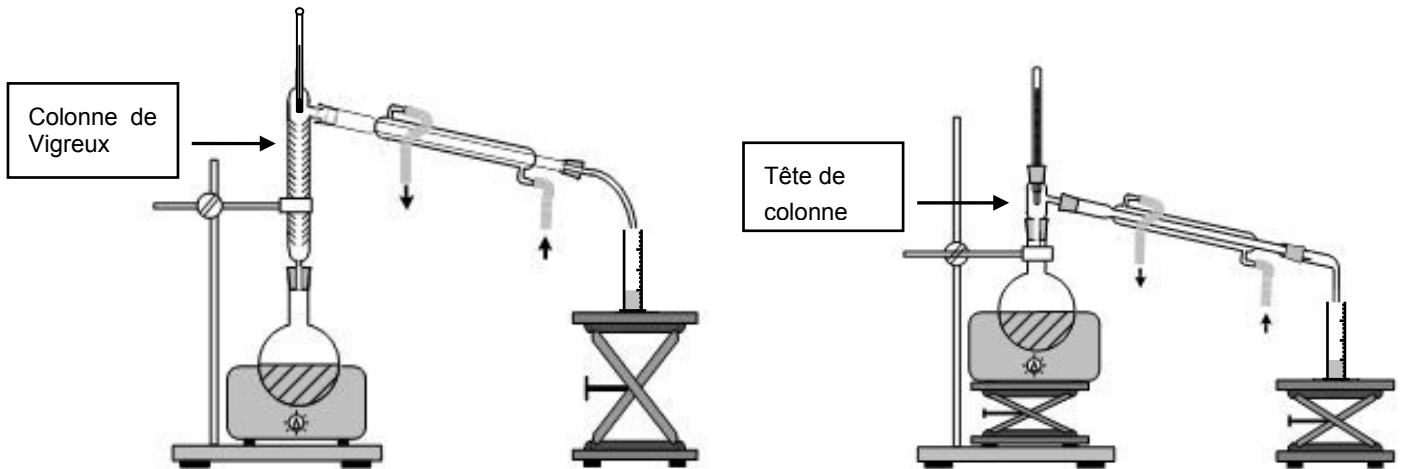
Rendement : 18 kg de pommes à cidre donnent environ 13 L de cidre à environ 5 % soit à peu près 1 L de calvados à 70 %. Le calvados doit alors vieillir au moins 2 ans avant que le pourcentage en alcool ne descende à 40 %.

	Masse volumique en $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$	Température d'ébullition en $^{\circ}\text{C}$	Sécurité
Eau	1,000	100	/
Éthanol	0,789	79	 

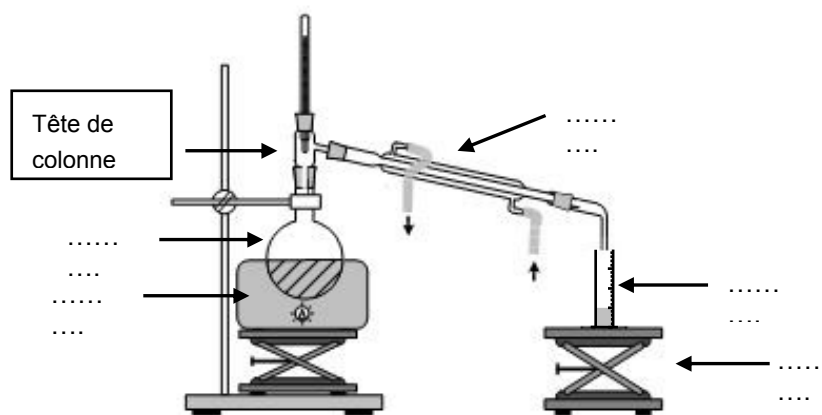
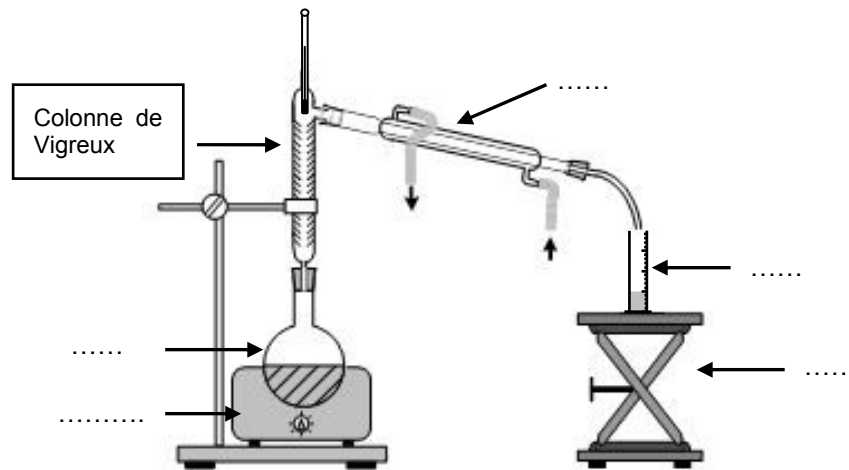
- À partir de l'analyse du fonctionnement des alambics, proposer un montage afin de réaliser la distillation du cidre. Du matériel est mis à disposition des élèves.

Activité 2

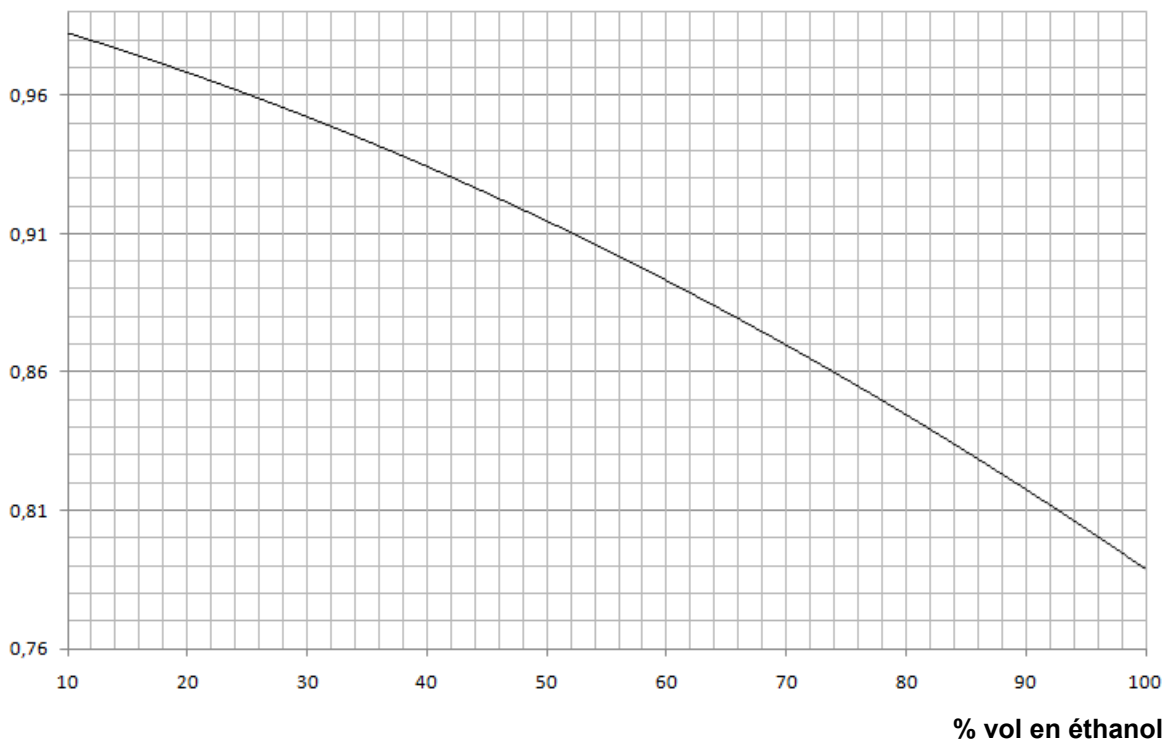
- Le montage a été validé et correspond à l'un des deux montages suivants :



- Ces deux montages diffèrent uniquement par le type de colonne à distiller.
 - Leur comparaison va permettre de déterminer lequel est le plus efficace pour obtenir du calvados.
- Réalisation de la distillation :
 - Introduire 70 mL de cidre et quelques grains de pierre ponce dans le ballon.
 - Démarrer la distillation tout en veillant à :
 - repérer la température des vapeurs qui montent dans la colonne. Elle va augmenter rapidement puis atteindre une température constante θ_{palier} qui devra être notée ;
 - remplacer l'éprouvette graduée par un bécet et arrêter la distillation, dès que la température des vapeurs dépasse $\theta_{\text{palier}} + 1 \text{ }^\circ\text{C}$.
 - A partir de la distillation effectuée :
 - Compléter les légendes du schéma du montage donné en annexe.
 - Expliquer étape par étape ce qui se passe au démarrage du chauffage.
 - Décrire le rôle de la pierre ponce.
 - À partir des températures d'ébullition de l'eau et de l'éthanol, que s'attend-on à recueillir dans l'éprouvette ?
 - Pourquoi remplace-t-on l'éprouvette lorsque la température des vapeurs augmente à nouveau ?
 - Sachant que le cidre utilisé contient 5 % en volume d'éthanol, calculer le volume d'éthanol présent initialement dans le ballon.
 - On souhaite évaluer, grâce au graphique donné en annexe, le pourcentage en alcool du distillat. La masse de l'éprouvette vide étant connue, comment procéder ?
 - Réaliser la mesure du pourcentage en alcool du distillat. Retrouve-t-on ce qui était attendu à la question 4) ?
 - En comparant le résultat avec celui des autres groupes d'élèves, déterminer le montage le plus efficace pour obtenir du calvados.



Masse volumique
(g.mL⁻¹)



Document 5 – Représentation graphique de la masse volumique d'un mélange eau-éthanol en fonction de son pourcentage en éthanol.

✘ CHAMPS ET FORCES

Approche de la notion de champ – scalaire ou vectoriel – : émergence historique, définition, exemples et représentations

Fiche professeur

- Type d'activité : documentaire
- Conseil de mise en œuvre :
 - Une préparation de ces trois activités par les élèves eux-mêmes est préconisée en amont de la séance, ce qui doit permettre de traiter leur intégralité en une durée raisonnable.
 - Ces activités documentaires peuvent constituer l'introduction du sous-thème Champs et forces du thème Comprendre du programme de Physique-Chimie de première S.
 - Dans l'activité Approche historique de la notion de champ, les élèves découvrent à l'aide du scalaire "pression" comment a pu émerger historiquement la notion de champ de pression. Les travaux d'Evangelista Torricelli et la description de James Maxwell du champ sont également proposés. Plus largement, cette partie aborde un rôle possible, ici explicatif, du modèle en sciences.
 - Dans l'activité Cartes météo et champs, les élèves découvrent la différence entre champ scalaire et champ vectoriel. Les cartes utilisées sont empruntées à la météorologie : le scalaire "température de l'air" et le vecteur "vitesse instantanée du vent" ont été choisis. Enfin, les élèves doivent réfléchir à l'écriture d'une définition possible du champ, définition après laquelle de nombreux exemples de champs - scalaires ou vectoriels - sont proposés.
 - Dans l'activité Représentations des champs scalaire et vectoriel, des représentations possibles des deux types de champs sont abordées : isocontours et isosurfaces - avec leurs propriétés - pour le champ scalaire, lignes de champ - avec leurs propriétés- pour le champ vectoriel. Là encore, les exemples utilisés sont variés : pression atmosphérique, pluviosité, vitesse instantanée d'une particule dans un fluide, champ magnétique.
- Pré-requis :
 - Caractéristiques d'un vecteur ;
 - Tracé d'un vecteur.
- Objectifs et compétences sollicités :

COMPETENCES ATTENDUES	Capacités disciplinaires	<ul style="list-style-type: none">• Recueillir et exploiter des informations (météorologie, téléphone portable, etc.) sur un phénomène pour avoir un première approche de la notion de champ.• Décrire le champ associé par des propriétés physiques qui se manifestent en un point de l'espace.• Comprendre comment la notion de champ a émergé historiquement d'observations expérimentales.
	Capacités transversales	<ul style="list-style-type: none">• Extraire et organiser de manière autonome des informations utiles à partir d'un texte ou d'un schéma.• Utiliser des TICE.• Rendre compte à l'écrit.

- Provenance : académie d'Orléans-Tours
- Adresse du site académique : <http://physique.ac-orleans-tours.fr/php5/site/>

Fiche élève

Activité 1 : approche historique de la notion de champ

Pour exploiter et extraire des informations des deux documents ci-après, on peut demander dans un premier temps de repérer le mot champ dans les deux documents puis de répondre aux interrogations suivantes :

- Comment historiquement la notion de champ émerge-t-elle (à l'aide du document 1) ?
- A l'aide du document 2, quelles précisions apporte Maxwell sur la notion de champ ?

Ce texte est la transcription d'un extrait de la conférence "La richesse du vide" de Jean Zinn-Justin, physicien théoricien, Directeur de recherche du Cea.

« ... Nous avons tous une notion intuitive du vide au sens d'absence d'objets matériels visibles : une pièce est vide. Mais depuis des temps sans doute très lointains, il a été remarqué que tout espace vide est encore rempli d'air, un des quatre éléments avec la terre, le feu et l'eau de différentes civilisations dont la civilisation grecque. En fait, la notion de vide dépend de nos connaissances : le vide est l'absence de ce que nous savons pouvoir exister. Aux quatre éléments classiques, Aristote (- 384 ; - 322) a d'ailleurs proposé d'en rajouter un cinquième, l'éther, la substance des choses immuables comme le ciel et les astres, et affirmé l'impossibilité du vide car la nature a horreur du vide. Ce qu'Aristote a ainsi énoncé a été ensuite considéré comme une vérité absolue jusqu'à la Renaissance et même plus tard. Ainsi une forme d'éther servait à expliquer pourquoi l'eau monte dans un puits quand on pompe [...] En voulant construire une fontaine de 12 m de haut à Florence, on découvrit que l'eau ne pouvait pas monter plus haut que 10 m 30. Torricelli, en 1643 reproduisit l'expérience avec du mercure dans un tube de 1 m, trouva une hauteur de 76 cm et conclut à l'existence d'un vide dans la partie supérieure. Il exprime l'idée que nous vivons au fond d'un océan d'air. Ainsi vers cette époque la notion de champ de pression émerge ... ».

Document 1 – Émergence historique de la notion de champ de pression
(<http://universe2009.obspm.fr/fichiers/Grand-Public/lundi-6/Zinn-Justin.pdf>)

Ce texte est extrait du livre "Un siècle de Physique" de Thierry Lombry, journaliste scientifique.

« ... En 1861, Maxwell créa le concept fondamental du "champ". Par champ, il désignait une perturbation de l'espace qui, en chaque point, est un potentiel de force indépendant des corps qui pouvaient s'y trouver. "Le champ disait-il crée une toile à travers tout le ciel". Son effet peut être gravitationnel lorsque cette force est liée à la Terre, électrique autour d'une charge ou magnétique autour d'un courant électrique. Ces champs évoluent dans le temps et sont à l'origine de l'existence des ondes. En dehors des champs, il n'y a pas de force. C'est la raison pour laquelle en dehors du champ électromagnétique d'une station de radiodiffusion, on ne capte plus du tout ses émissions ... ».

Document 2 – Maxwell et la notion de champ
(<http://www.astrosurf.com/luxorion/quantique-champ.htm>)

- Pour aller plus loin, ces deux documents font apparaître des concepts, tels que *éther*, *élément*, qui pourront donner lieu à un questionnement et une recherche sur Internet ou au Centre de Documentation et d'Information :
 - Qu'appelait-on il y a très longtemps les quatre éléments ?
 - Qu'appelle-t-on aujourd'hui élément ?
 - Pour quelle raison principale la notion d'élément a-t-elle évolué avec le temps ?
 - Pourquoi le cinquième élément appelé éther a-t-il été rajouté ?
 - A l'aide de recherches personnelles, schématiser l'expérience de Torricelli. Quelles sont les deux notions physiques que l'expérience de Torricelli a permis de mettre en évidence ?

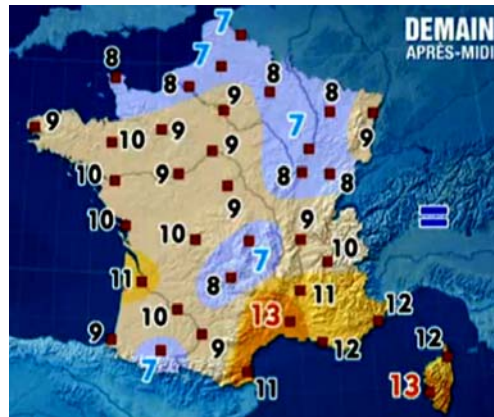
Activité 2 : cartes météo et champs

Il s'agit d'exploiter des cartes météo pour faire émerger les notions de champs scalaire et vectoriel à l'aide des cartes ci-après.

- Que représentent les cartes 1a, 1b et 2 ?



Carte 1a



Carte 1b

Document 3 – Approche graphique de la notion de champ scalaire (cartes 1a et 1b)

(<http://meteo.tf1.fr/meteo-france>)



Document 4 – Approche graphique de la notion de champ vectoriel (carte 2)
(http://www.meteonet.org/html/le_vent.html)

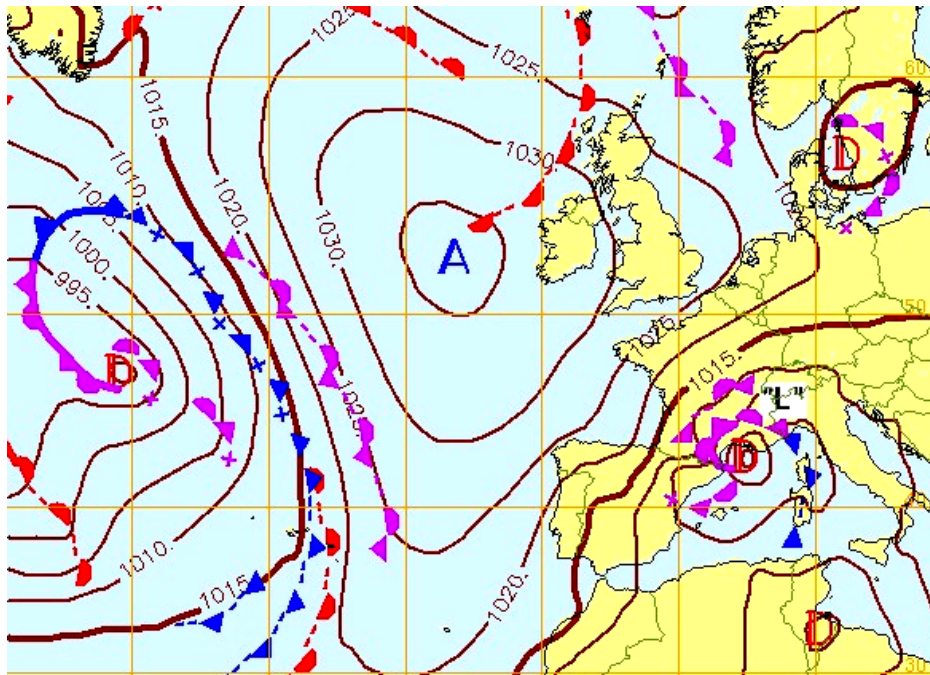
- A propos des cartes 1a et 1b :
 - On peut dire qu'à chaque point de l'espace, on associe un scalaire. Expliquer en définissant entre autre le mot scalaire.
 - Pour un point donné de l'espace, de quoi peut dépendre ici ce scalaire ?
- A propos de la carte 2 :
 - On peut dire qu'à chaque point de l'espace, on associe un vecteur. Quels sont les renseignements fournis par la lecture de cette carte ?
 - Pour un point donné de l'espace, de quoi pourrait dépendre ici ce vecteur ?
- Éléments de conclusion :
 - A ce stade de l'activité, proposer une définition possible de la notion de champ en physique.
 - Un champ, scalaire ou vectoriel, peut être uniforme sur toute une région de l'espace. Rechercher la signification du mot uniforme.
 - Un champ, scalaire ou vectoriel, peut être permanent en un point de l'espace. Rechercher la signification du mot permanent.
- Compléter le tableau ci-dessous dans lequel sont répertoriés quelques exemples de champs.

Nom du champ	Nature du champ : scalaire ou vectoriel
Température	
Vitesse	
Pression	
Pluviosité ou précipitation	
Pesanteur	
Concentration molaire d'un polluant donné dans l'atmosphère	
Électrique	
Altitude	
Magnétique	
Masse volumique	
Potentiel électrique	

Activité 3 : représentations des champs scalaire et vectoriel

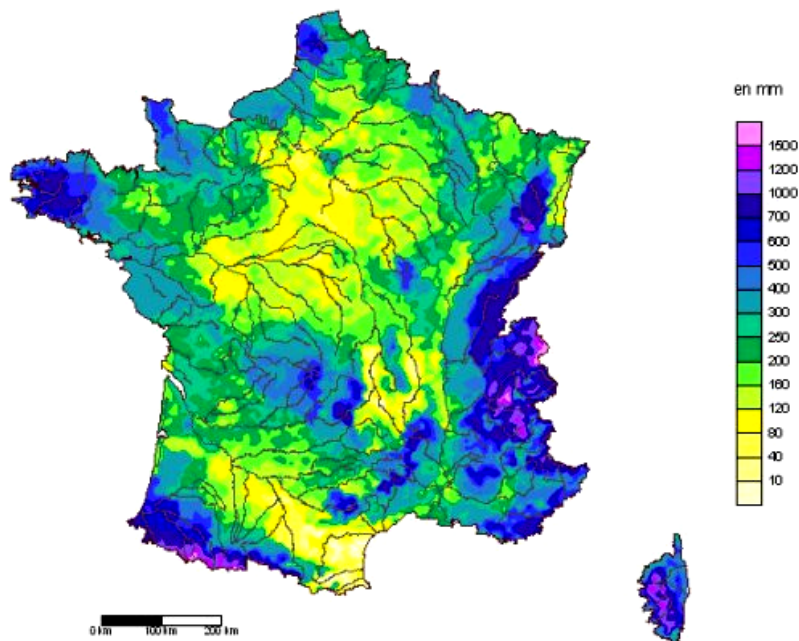
Il s'agit d'exploiter des cartes météo pour comprendre différentes représentations possibles de champs.

- Représentation d'un champ scalaire.
 - Pour représenter un champ scalaire, on peut utiliser des courbes appelées isocontours. Définir le mot isocontour.
 - Nommer les isocontours du document 1. Quelle est l'unité de ces isocontours ?
 - Comment se nomment les isocontours liés à un champ d'altitude ? Liés à un champ de potentiel électrique ? Liés à un champ de température ?
 - Pour représenter un champ scalaire, on peut utiliser des surfaces appelées isosurfaces (voir l'exemple du document 6). Définir le mot isosurface.



Document 5 – Représentation d'un champ scalaire, exemple du scalaire « pression »
<http://www.meteo-centre.fr/image-isobare.php>

PRECIPITATIONS EFFICACES AU 01/09/2010
 Cumul depuis le 01/09 précédent

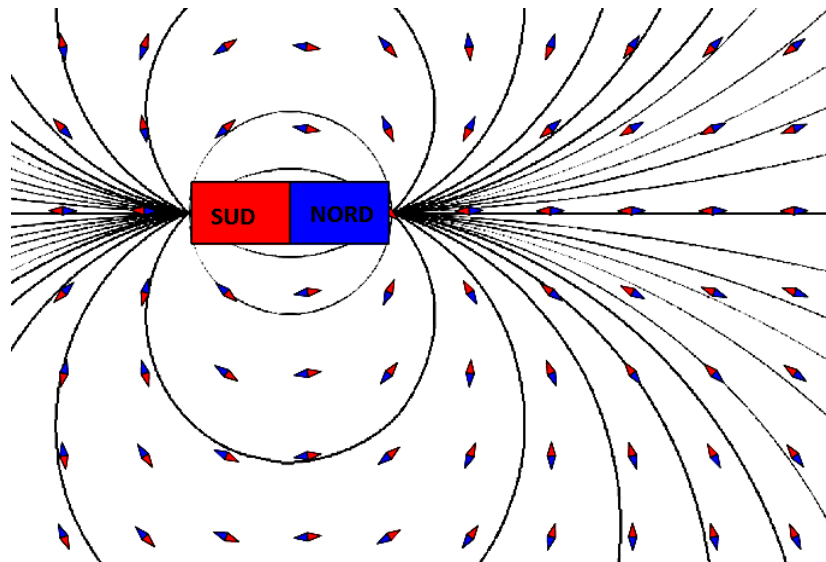


Document 6 – Représentation d'un champ scalaire, exemple du scalaire « précipitation »
<http://www.eaufrance.fr>

- Représentation d'un champ vectoriel.

Pour représenter un champ vectoriel, on peut utiliser des courbes appelées lignes de champ : voir les documents 7 et 8 respectivement sur un champ magnétique et un champ de vitesse.

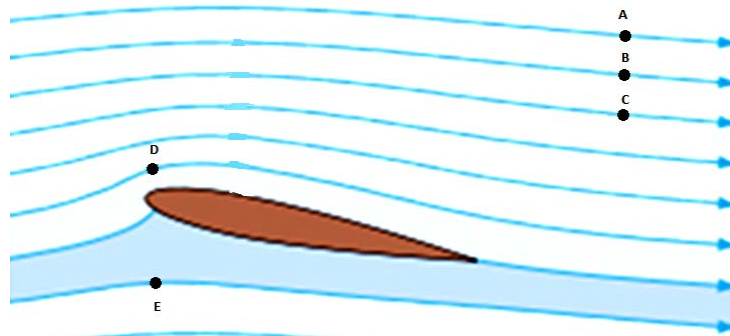
Les deux liens suivants, [exemple1](#) et [exemple2](#), fournissent des animations.



Document 7 – Représentation d'un champ vectoriel, exemple du vecteur « champ magnétique »
[\(http://www.mathsciences.ac-versailles.fr/\)](http://www.mathsciences.ac-versailles.fr/)

• Exploitation du document 7 :

- Sur ce document des lignes de champ magnétique sont représentées. Les aiguilles aimantées donnent la direction (axe de l'aiguille) et le sens (du sud vers le nord) du vecteur champ magnétique.
- Comment définir alors une ligne de champ par rapport au vecteur associé à ce champ ?
- On note \vec{B}_M le vecteur champ magnétique en un point M situé à proximité de l'aimant. La valeur du champ magnétique décroît avec la distance entre l'aimant et le point M.
- Représenter le vecteur champ magnétique en plusieurs points choisis arbitrairement autour de l'aimant droit.
- Décrire le spectre des lignes de champ



Document 8 – Coupe d'une aile d'avion dans un écoulement d'air.
 Représentation d'un champ vectoriel, exemple du vecteur « vitesse instantanée »
<http://www.jesuiscultive.com/spip.php?article443>

• Exploitation du document 8 :

- Le document 8 représente les lignes de champ associées au champ vectoriel vitesse instantanée pour des particules en mouvement dans un fluide autour d'un obstacle.
 Représenter aux points A, B et C les vecteurs vitesse instantanée \vec{v}_A , \vec{v}_B et \vec{v}_C en faisant valoir le fait que $v_A = v_B = v_C$.
- Représenter également sur ce document, aux points D et E, les vecteurs vitesse instantanée \vec{v}_D et \vec{v}_E en faisant valoir le fait que $v_D > v_E$.
- Décrire le spectre des lignes de champ.

La naissance de l'électromagnétisme

Fiche professeur

- Type d'activité : documentaire et expérimentale
- Conseil de mise en œuvre :
 - 1 batterie (improprement appelée « pile rechargeable ») avec son coupleur et douilles ou 2 pinces crocodiles
 - 1 fil électrique long
 - 1 ou plusieurs aiguille(s) aimantée(s) sur support(s)
 - 1 interrupteur.
- Objectifs et compétences sollicités :

OBJECTIFS	Objectifs spécifiques	• Introduction à l'électromagnétisme.
COMPETENCES ATTENDUES	Connaissances	• Savoir réaliser un circuit électrique simple.
	Capacités disciplinaires	• Recueillir et exploiter des informations sur un phénomène pour avoir une première approche de la notion de champ. • Décrire le champ associé à des propriétés physiques qui se manifestent en un point de l'espace. • Comprendre comment la notion de champ a émergé historiquement d'observations expérimentales. • Connaître les caractéristiques des lignes de champ vectoriel.
	Capacités expérimentales	• Élaborer et mettre en œuvre un protocole.
	Capacités transversales	• Mobiliser ses connaissances. • Rechercher, extraire, organiser des informations utiles. • Formuler des hypothèses. • Reasonner, argumenter, démontrer. • Travailler en équipe.

- Remarques :
 - Cette étude peut être l'objet d'un travail interdisciplinaire avec l'histoire-géographie et l'anglais.
- Provenance : académie de Montpellier
- Adresse du site académique : <http://sciences-physiques.ac-montpellier.fr/>

Fiche élève

Activité 1

- Situation – problème :

Les idées en électricité avant 1820...

En France, au début du XIXe siècle, les scientifiques semblent réduire tous les phénomènes physiques à des interactions instantanées et à distance entre corpuscules ou entre fluides. Mais si les lois d'interaction entre masses, entre charges électriques et entre pôles d'aimants, ont des similitudes, les phénomènes, eux, sont radicalement distincts. Il n'y a d'interaction qu'entre entités de même nature. L'idée d'une interaction entre électricité et magnétisme paraît alors absurde ...

- Qu'en pensez-vous ?

- Les consignes données à l'élève :
 - En vous aidant des 6 documents et du matériel, décrire et réaliser l'expérience proposée.
 - Expliquer l'importance de cette découverte dans la compréhension du magnétisme.
 - Dans votre cahier de laboratoire, vous proposerez un protocole expérimental et rédigerez vos observations sur l'expérience et sur la compréhension du magnétisme.
 - Dans votre conclusion, citer 3 sources de champ magnétique et préciser « l'outil mathématique » qui vous semble le plus satisfaisant pour décrire le champ magnétique ?
- Aides à la démarche :
 - Définir un coordonnateur (rapporteur) dans votre groupe.
 - Repérer chronologiquement les 6 documents et le matériel sur la paillasse.
 - Répartir le travail : la lecture et l'analyse des documents, l'expérience à réaliser.
 - Prévoir un temps pour la synthèse.

Le 21 juillet 1820 Oersted publie en latin les résultats de son expérience...

Expériences sur l'effet du conflit électrique sur l'aiguille aimantée.

Par M. J. CHR. OERSTED, 1820

Professeur de physique à l'Université de Copenhague.

« On met en communication les pôles opposés de l'appareil voltaïque, par un fil de métal que nous appellerons, pour abréger, le fil conducteur ou conjonctif ; et nous désignerons l'effet qui se manifeste dans ce conducteur et autour de lui pendant l'action voltaïque, par l'épithète de conflit électrique.

Qu'on suppose maintenant que la partie rectiligne de ce fil soit horizontale, et placée au-dessus et parallèlement à une aiguille de boussole librement suspendue... l'aiguille aimantée se mouvra...

Si le fil conjonctif est disposé horizontalement sous l'aiguille, les effets sont de même nature que ceux qui ont lieu quand il est au-dessus d'elle ; mais ils s'opèrent dans une direction inverse...

Si l'on dispose le fil conjonctif, soit au-dessus, soit au-dessous de l'aiguille, dans un plan perpendiculaire au méridien magnétique, elle demeure en repos ...

Considérons pendant quelques instants l'ensemble de ces phénomènes...

Il paraît, d'après les faits exposés, que le conflit électrique n'est pas renfermé dans le fil conducteur, mais qu'il a autour de lui une sphère d'activité assez étendue. On peut aussi conclure des observations, que ce conflit agit en tournoyant ... »

Vocabulaire :

- Appareil voltaïque = pile
- Fil conjonctif = fil électrique parcouru par un courant
- Conflit électrique = phénomène magnétique engendré par le courant électrique.

Sources : [@.Ampère et l'histoire de l'électricité](#), www.bibnum.education.fr/.../

Document 1 – Traduction des résultats d'Oersted

- Pistes d'investigation :
 - -Quel matériel conçu par Volta quelques années auparavant a permis la réalisation de cette expérience ?
 - -Décrire en utilisant (votre vocabulaire) l'expérience proposée par Oersted.
 - -Faire la liste du matériel nécessaire à l'expérience.
 - -Faire un schéma.

- -Réaliser le montage. (Attention la pile est en court-circuit donc elle va se décharger rapidement, ne pas laisser le circuit fermé en permanence).
- -Reproduire cette expérience en utilisant le matériel placé devant vous.
- -Qu'observez- vous ?
 - Quand le circuit est ouvert:
 - Quand le circuit est fermé et que:
 - le fil est au dessus de l'aiguille parallèle à l'aiguille.
 - le fil est au dessus de l'aiguille et perpendiculaire à l'aiguille.
 - le fil est en dessous de l'aiguille parallèle à l'aiguille.
 - le fil est en dessous de l'aiguille perpendiculaire à l'aiguille.
 - le fil est à côté de l'aiguille parallèle à elle.
 - Changer le sens du courant dans le fil, que se passe-t-il ?
- -Etes-vous en accord avec les écrits d'Oersted ?
- -Pouvez-vous interpréter le phénomène et donner une explication ?
- -Pourquoi cette expérience apporte des idées nouvelles sur les phénomènes magnétiques.

Le 25 septembre 1820

Poste restante à Genève (Suisse), Confédération helvétique

« Paris, 25 septembre 1820... J'ai eu bien tort et je me repens beaucoup de n'avoir pas fait partir cette lettre il y a trois jours... mais tous mes moments ont été pris par une circonstance importante de ma vie. Depuis que j'ai entendu parler pour la première fois de la belle découverte de M. Oersted, professeur à Copenhague, sur l'action des courants galvaniques sur l'aiguille aimantée, j'y ai pensé continuellement, je n'ai fait qu'écrire une grande théorie sur ces phénomènes et tous ceux déjà connus de l'aimant, et tenter des expériences indiquées par cette théorie, qui toutes ont réussi et m'ont fait connaître autant de faits nouveaux... On ne m'a plus fait d'objection et voilà une nouvelle théorie de l'aimant, qui en ramène, par le fait, tous les phénomènes à ceux du galvanisme... »

Source : [@.Ampère et l'histoire de l'électricité](#)

Document 2 – Lettre d'André-Marie Ampère, à son fils Jean-Jacques Ampère

De M. Ampère sur les lectures qu'il a faites à l'Académie des Sciences.

Séance du 18 septembre 1820

« Je décris les expériences par lesquelles j'avois constaté l'attraction ou la répulsion de la totalité d'une aiguille aimantée par le fil conjonctif...J'entrai ensuite dans quelques détails sur la manière dont je conçois les aimans, comme devant uniquement leurs propriétés à des courans semblables que j'admets dans le globe terrestre; en sorte que je réduisis tous les phénomènes magnétiques à des effets purement électriques. »

Source : [@.Ampère et l'histoire de l'électricité](#)

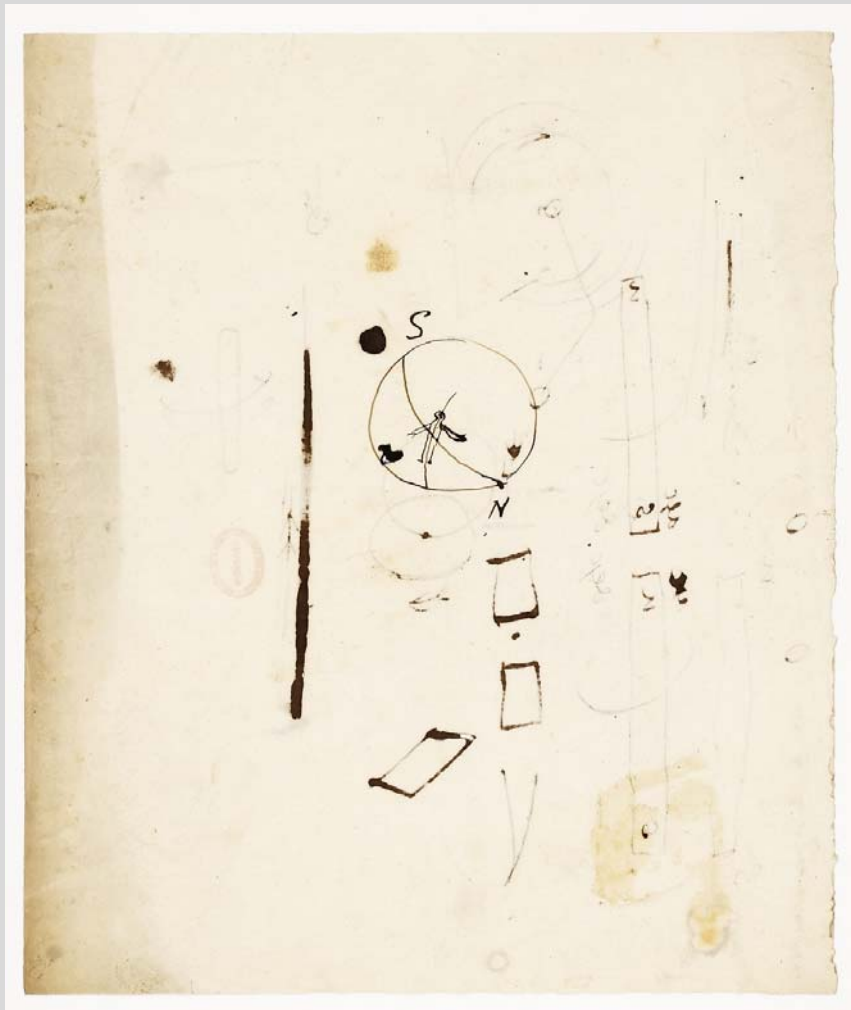
Document 3 – Extrait de la publication des résultats d'André-Marie Ampère dans le journal de physique chimie, d'histoire naturelle et des arts par M.H-M. DUCROTAY de BLAINVILLE

- Pistes d'investigation (documents 2 et 3) :
 - Après la découverte d'Oersted, quelles sont les 3 sources de champ magnétique connues ?
 - Pour Ampère à quoi est dû le magnétisme ?

Oersted ayant montré qu'un courant électrique déviait une aiguille aimantée, Ampère énonce la règle qui définit le sens de déviation de l'aiguille

"Si l'on se place par la pensée dans la direction du courant, de manière qu'il soit dirigé des pieds à la tête de l'observateur, et que celui-ci ait la face tournée vers l'aiguille, c'est constamment à sa gauche que l'action du courant écartera de sa position ordinaire [le pôle nord de l'aiguille]".

C'est cette règle qu'illustre ce schéma, où il applique la règle générale au cas particulier du magnétisme terrestre, qu'il explique également par des courants électriques à l'intérieur de la Terre. « Un homme couché sur le dos est traversé par un courant terrestre des pieds à la tête. Il regarde une boussole placée au-dessus de lui. D'après la règle de l'observateur, l'aiguille prend la direction indiquée par son bras gauche. Les courants imaginés par Ampère à l'intérieur du globe terrestre circulent donc d'Est en Ouest».



Source : [@.Ampère et l'histoire de l'électricité](#)

Document 4 – Le « bonhomme d'Ampère »

- Pistes d'investigation :
 - Quelle règle Ampère a-t-il mise au point ?
 - Que permet-elle de déterminer ?
 - Pouvez-vous l'appliquer à l'expérience d'Oersted et prévoir le sens de déplacement de l'aiguille ? (Faire un schéma)

« 3071. A line of magnetic force may be defined as that line which is described by a very small magnetic needle[...] the needle is constantly a tangent to the line of motion[...] The direction of these lines about and amongst magnets and electric currents, is easily represented and understood, in a general manner, by the ordinary use of iron filings. ».

« The term line of magnetic force is intended to express simply the direction of the force in any given place, and not any physical idea or notion of the manner in which the force may be there exerted... ».

Source : "experimental researches in electricity : series 19-29" by Michael Faraday

Document 5 – Extraits du volume III experimental researches in electricity
(rédigé par M. Faraday) 1855

• Pistes d'investigation :

- « Une ligne de force magnétique peut être définie comme la ligne qui est indiquée par une très petite aiguille magnétique [...] l'aiguille est constamment tangente à la ligne du mouvement [...] La direction de ces lignes autour des aimants et des courants électriques, est facilement représentée et comprise, par l'usage de la limaille de fer. »
« Le terme ligne de la force magnétique est destinée à exprimer simplement la direction de la force dans un endroit donné et non pas une notion ou idée physique expliquant la manière dont la force peut être exercée à cet endroit... »
- De quelle manière Faraday donne-t-il une description des phénomènes magnétiques autour d'un aimant ou d'un fil parcouru par un courant ?

Quatrième partie, Electromagnétisme,

Chapitre I Force électromagnétique

« 475... On avait essayé sans succès des expériences sur les relations de l'aimant et des corps chargés d'électricité : c'est alors qu'Oersted entreprit de déterminer l'effet d'un fil échauffé par un courant électrique. Mais il découvrit que le courant lui-même, et non la chaleur du fil, était la cause d'action, et que « le courant électrique agit de manière à faire tourner », c'est à dire qu'un aimant placé dans le voisinage d'un fil traversé par un courant, tend à se placer perpendiculairement au fil, et, si l'on déplace l'aimant autour du fil, c'est la même extrémité qui reste tournée en avant.

476. On voit donc que, dans l'espace qui environne un fil traversé par un courant électrique, un aimant est soumis à des forces qui dépendent de la position du fil et de l'intensité du courant. L'espace dans lequel ces forces agissent peut donc être considéré comme un champ magnétique, et nous pouvons l'étudier de la même manière que nous avons déjà étudié le champ dans le voisinage des aimants ordinaires, en examinant la forme des lignes de forces magnétiques et en mesurant l'intensité de la force en chaque point. »

Source : BNF GALLICA p.148 vue 153/657 du traité d'électricité et de magnétisme
TOME 2 par J. CLERK MAWWELL

Document 6 – Traduction des Extraits du traité d'électricité et de magnétisme TOME 2
par J. CLERK MAWWELL 1885

• Pistes d'investigation :

- Quelle expérience est décrite par Maxwell dans cet article ?
- Que voulait vérifier Oersted quand il fit son expérience ?
- Quel est le résultat de cette expérience ?
- Que peut-on conclure sur le comportement d'un fil parcouru par un courant ?
- Comment Maxwell décrit-il le phénomène autour d'un fil parcouru par un courant ?
- Quel est le nom donné à ce phénomène autour du fil et comment peut-on décrire ses caractéristiques ?

- Quel outil mathématique peut-on utiliser pour représenter le champ magnétique dans l'espace environnant la source magnétique ?

- Proposition de bilan :
 - Avant l'expérience d'Oersted (1820), on connaissait 2 sources de champ magnétique, la Terre et les aimants. Cette expérience montre qu'un fil électrique parcouru par un courant peut être une source de champ magnétique (cause du champ). La présence d'une source magnétique dans un espace crée un champ magnétique. Ce champ existe dans tout l'espace autour de sa source (pas seulement dans un plan).
 - Pour observer l'existence de ce champ magnétique, on décrit ses effets (les forces exercées) sur une aiguille aimantée ou sur de la limaille de fer.
 - Ce champ magnétique peut être caractérisé par ses lignes de champ orientées, son intensité à un endroit donné. Le vecteur semble être l'outil mathématique le plus approprié pour représenter les caractéristiques de ce champ magnétique.

Les étoiles à neutrons

Fiche professeur

- Type d'activité : documentaire
- Conseil de mise en œuvre :
 - Il s'agit d'une introduction à la notion de champ magnétique à partir d'un article scientifique sur les étoiles à neutrons
- Pré-requis :
 - Connaître le spectre électromagnétique.
 - Connaître la relation entre l'énergie du photon et sa fréquence.
 - Savoir que le noyau des atomes est composé de protons et de neutrons.
- Objectifs et compétences sollicitées :

OBJECTIFS	Objectifs spécifiques	<ul style="list-style-type: none">• Comprendre comment la notion de champ a émergé historiquement d'observations expérimentales.
COMPETENCES ATTENDUES	Connaissances	<ul style="list-style-type: none">• Connaître diverses formes d'énergie.
	Capacités transversales	<ul style="list-style-type: none">• Rechercher, extraire, organiser des informations utiles.• Raisonner, argumenter, démontrer. Estimer les ordres de grandeur.• Présenter la démarche suivie, les résultats obtenus, communiquer à l'aide d'un langage adapté.• Histoire des Sciences.

- Provenance : académie de Strasbourg
- Adresse du site académique : <http://www.ac-strasbourg.fr/disciplines/physchim>

Fiche élève

<h3>Les étoiles à neutrons</h3> <p><i>S'il y a des objets où le magnétisme se manifeste de manière exacerbée, ce sont bien les étoiles à neutrons. Elles constituent le stade ultime des étoiles massives après leur explosion en supernovae. L'étoile à neutrons est une version exagérée de la naine blanche. Plus massive que le Soleil, c'est une sphère d'à peine vingt kilomètres de diamètre dont la densité dépasse l'entendement : une cuillère à café de sa matière aurait une masse de plusieurs milliards de tonnes ! La gravité y est si intense qu'elle pousse les électrons dans les noyaux avec pour bilan une création de neutrons. Le champ magnétique de ces astres est immense et équivaut au minimum à des dizaines de milliards de fois le champ terrestre. De plus, ils tournent très vite. Les plus rapides effectuent jusqu'à plusieurs centaines de tours sur eux-mêmes en une seconde. À la surface d'une étoile à neutrons, le champ électrique est très grand et il peut en extraire des électrons qu'il accélère fortement près des pôles magnétiques. Ces électrons, se déplaçant rapidement le long des lignes de champ magnétique en s'enroulant autour d'elles, émettent un rayonnement radio dit synchrotron. Le faisceau du rayonnement synchrotron est très étroit et suit l'axe des pôles magnétiques. Or, celui-ci n'est pas confondu avec l'axe de rotation de l'étoile à neutrons. Ainsi, lors de la rotation de l'étoile, le faisceau balaye l'espace et décrit un cône. Si par chance la Terre se trouve dans la zone balayée, elle reçoit très régulièrement une brève impulsion radio. On donne alors le nom de pulsar à cet astre (fig. 1). Le premier objet de ce type fut découvert en 1967 par Bell (1943-) et Hewish (1924-). La régularité de la source d'émission était si stable qu'elle leur a paru suspecte et peut-être artificielle. Malheureusement pour les amateurs d'extraterrestres, d'autres sources radio périodiques furent découvertes et leur origine</i></p>
--

rapidement attribuée au phénomène naturel décrit précédemment.

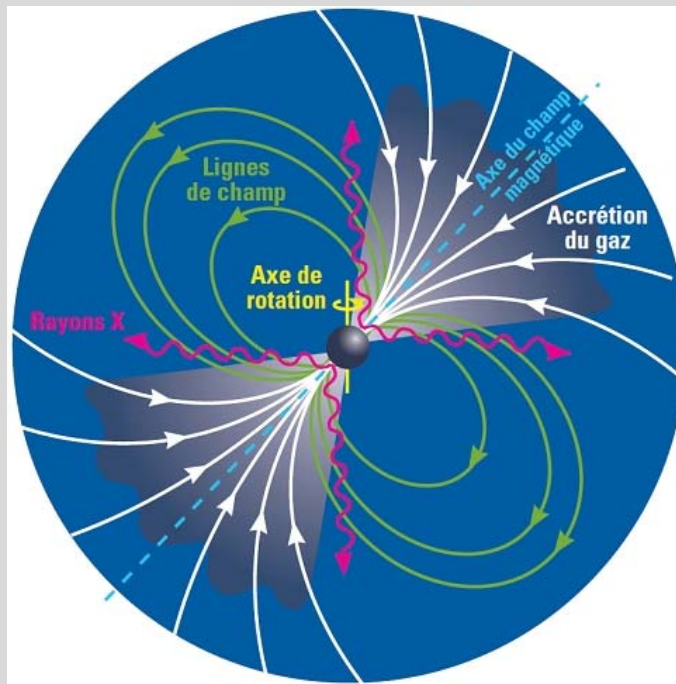


Fig. 1 : Pulsar

Les magnétoiles

Le 5 mars 1979, des satellites équipés de détecteurs de rayons gamma – les photons les plus énergétiques du spectre électromagnétique – captèrent et enregistrèrent dans le ciel une colossale émission gamma dont le pic, décroissant rapidement en intensité, présentait des sursauts toutes les cinq secondes. À ce jour, les astronomes ont recensé quatre événements différents de ce type. Ils purent aussi montrer qu'à l'émission de rayons gamma s'ajoutait un flux de rayons X moins énergétiques et que leur étaient associés des vestiges de supernovae. Pendant plus de dix ans, les théoriciens ne surent expliquer ces phénomènes mystérieux mais ils soupçonnaient l'implication des étoiles à neutrons. Leur interprétation fut apportée par Robert Duncan et Christopher Thompson en 1992. Ils découvrirent que dans certaines conditions, l'effet dynamo à l'œuvre dans de très jeunes étoiles à neutrons pouvait engendrer des champs magnétiques extrêmes, de l'ordre de 10^{11} teslas. Ces champs exercent des contraintes énormes sur la croûte solide de ces astres, qui réajustent leur structure localement ou globalement par le biais de gigantesques « tremblements d'étoiles ». Les zones magnétiques se déplacent en suivant la croûte et lorsque deux zones de polarités opposées se rencontrent, elles voient leurs lignes de champs s'annihiler et libérer l'énergie qu'elles contiennent. Cet afflux d'énergie accélère considérablement des électrons qui sont alors la source d'un rayonnement synchrotron gamma. Dans le même temps, des morceaux de la surface sont vivement chauffés et se refroidissent en émettant des rayons gamma. Comme l'étoile tourne, les points chauds apparaissent et disparaissent successivement aux yeux des détecteurs et ils sont détectés sous la forme d'une émission périodique. Ce modèle théorique a pour avantage d'expliquer de nombreuses caractéristiques des magnétoiles : par exemple la forme du sursaut gamma ou la faible vitesse de rotation de ces étoiles à neutrons particulières, ralenties efficacement par l'énorme champ magnétique qu'elles génèrent

Johan Kieken, Revue du Palais de la Découverte n°346, mars 2007

Document 1 – Les étoiles à neutrons

- Comparer la masse volumique de la Terre avec celle d'une étoile à neutron.

Données :

Masse de la Terre : $M_T = 5,97 \times 10^{24}$ kg

Rayon de la Terre : $R_T = 6\,370$ km

Volume d'une cuillère à café : $V_c = 1$ cm³

- Que deviennent les protons dans une telle étoile ?
- Quel est le rayonnement émis par les électrons entraînés par le champ électromagnétique des étoiles à neutron ?
- Connaissez-vous un phénomène sur Terre où le champ magnétique terrestre entraîne les électrons émis par le Soleil ?
- Pourquoi les scientifiques ont-ils pensé à l'existence d'extra-terrestres lorsqu'ils ont découvert les premiers rayonnements des pulsars ?
- Quelles sont les sources les plus intenses de rayons γ et X dans l'Univers ?

Champ magnétique	Ordre de grandeur
Champ intergalactique	0,05 nanotesla ($5 \cdot 10^{-11}$ T)
Champ intergalactique au niveau de l'orbite de Neptune	0,5 nanotesla ($5 \cdot 10^{-10}$ T)
Champ intergalactique au niveau de l'orbite terrestre	5 nanoteslas ($5 \cdot 10^{-9}$ T)
Champ terrestre au niveau du sol	50 microteslas ($5 \cdot 10^{-5}$ T)
Champ mesuré à 2cm d'un fil infini parcouru par un courant de 10 A	0,1 millitesla (10^{-4} T)
Gros aimant en fer à cheval	1 millitesla ($5 \cdot 10^{-3}$ T)
Tache stellaire	quelques teslas
Champ artificiel statique record	50 teslas
Champ artificiel pulsé avec destruction de la source	2000 teslas
Étoiles à neutrons	1 à 100 mégateslas (10^6 T à 10^8 T)
Magnétoïle	0,1 à 100 gigateslas (10^8 T à 10^{11} T)

Document 2 – Exemples de sources de champ magnétique et ordre de grandeur du champ engendré

- Donner un ordre de grandeur du rapport entre le champ magnétique terrestre et celui d'une magnétoïle.
- Comment se manifeste l'énergie engendrée par le champ magnétique dans les magnétoïles ?
- Que se passerait-il si la Terre se trouvait à proximité d'une magnétoïle ?
- Dans le tableau il est mentionné qu'un fil électrique parcouru par un courant électrique peut créer un champ magnétique. Connaissez-vous une application de la vie courante qui utilise ce principe ?

Source : <http://www.palais-decouverte.fr/>

✘ FORMES ET PRINCIPE DE CONSERVATION DE L'ENERGIE

Une énigme de la radioactivité : le neutrino

Fiche professeur

- Type d'activité : documentaire
- Conseil de mise en œuvre :

Faire travailler les élèves par groupe. Tous les groupes doivent répondre aux trois questions (voir missions) étape par étape, la restitution de chaque étape est organisée pour chaque groupe :

- Dans un premier temps on fait le point sur les connaissances dont on dispose au départ sur la désintégration. Les autres documents sont distribués après. (Un groupe communiquera les hypothèses de bases à l'ensemble de la classe en s'aidant du cours et du premier document.)
 - Dans un deuxième temps, on identifie la problématique en s'aidant d'un exemple et d'un calcul à partir des éléments expérimentaux avec les supports de travail partie A du document élève. (Un autre groupe peut être chargé de la communication.)
 - Dans un troisième temps on cherche à expliquer la solution retenue par les scientifiques avec les derniers documents proposés partie B. (Un autre groupe communique ses conclusions.)
 - Un groupe plus avancé peut rechercher, à la fin, les éléments plus actuels sur les neutrinos avec internet pour en faire part à la classe (partie C).
- Pré-requis :
 - Connaître l'ordre de grandeur des valeurs des masses d'un nucléon et de l'électron.
 - Utiliser les lois de conservation pour écrire l'équation d'une réaction nucléaire.
 - Utiliser la relation $E_{\text{libérée}} = \Delta mc^2$.
 - Recueillir et exploiter des informations sur les réactions nucléaires.
 - Objectifs et compétences sollicitées :

COMPETENCES ATTENDUES	Connaissances	<ul style="list-style-type: none">• Connaître diverses formes d'énergie
	Capacités disciplinaires	<ul style="list-style-type: none">• Exploiter le principe de conservation de l'énergie dans des situations mettant en jeu différentes formes d'énergie.
	Capacités transversales	<ul style="list-style-type: none">• mobiliser ses connaissances.• rechercher, extraire, organiser des informations utiles.• formuler des hypothèses.• raisonner, argumenter, démontrer.• travailler en équipe.

- Provenance : académie de Reims
- Adresse du site académique : <http://www.ac-reims.fr/>

Fiche élève

- Situation déclenchante :

Dans son livre « Il était sept fois la révolution, Albert Einstein et les autres » : Etienne KLEIN, Physicien au Commissariat à l'Energie Atomique (CEA), professeur à l'école centrale et docteur en philosophie des sciences, consacre le cinquième chapitre à Wolfgang Pauli :

« **Wolfgang Pauli aimait les sucreries et les pâtisseries.**

Notoirement, à la folie même.[...]

Amoureux des situations compliquées, friands d'énigmes tenaces qui désespèrent ses collègues, il en vient à se passionner pour l'épineux problème que constitue l'un des trois types de radioactivité, celle dite « bêta » : lorsqu'un noyau contient trop de neutrons pour être stable, il se transforme en un autre noyau en émettant un électron. Au cours de l'année 1930, cette transformation nucléaire semble encore très mystérieuse : les mesures indiquent que l'énergie de l'électron n'est pas chaque fois la même ; elle peut prendre une valeur quelconque, tantôt grande, tantôt petite, alors qu'on s'attendait à une valeur précise, toujours la même, qui correspond justement à la différence d'énergie entre le noyau initial et le noyau final. Ces résultats semblent donc violer la loi de conservation de l'énergie, qui dans une telle situation, indique que l'énergie de l'électron doit être parfaitement déterminée. »



Wolfgang Pauli (1900-1958), prix Nobel de physique 1945. © AIP Emilio Segre Visual Archive

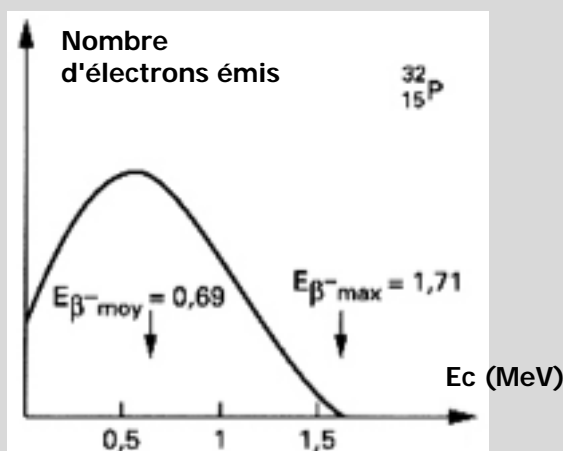
- Questions

- Quelles hypothèses initiales peut-on poser relativement au phénomène de la désintégration « bêta » ?
- Quel est ce « problème épineux » ?
- Quelle est la solution élaborée par la communauté scientifique ?

- Supports de travail

En 1914, James Chadwick, suite à l'analyse d'un très grand nombre de désintégrations bêta moins, parvient à tracer la courbe du nombre de particules émises en fonction de l'énergie cinétique de ces particules. Cette courbe est un spectre d'émission.

Les connaissances de l'époque sur la structure de la matière sont que l'atome est constitué de protons et d'électrons.



James Chadwick (1891-1974), prix Nobel de physique 1935.
© AIP Emilio Segre Visual Archives

Source : <http://biuintra.univ-bpclermont.fr/spipPortail2/IMG/pdf/Rosnet.pdf>

- Pistes d'investigation :

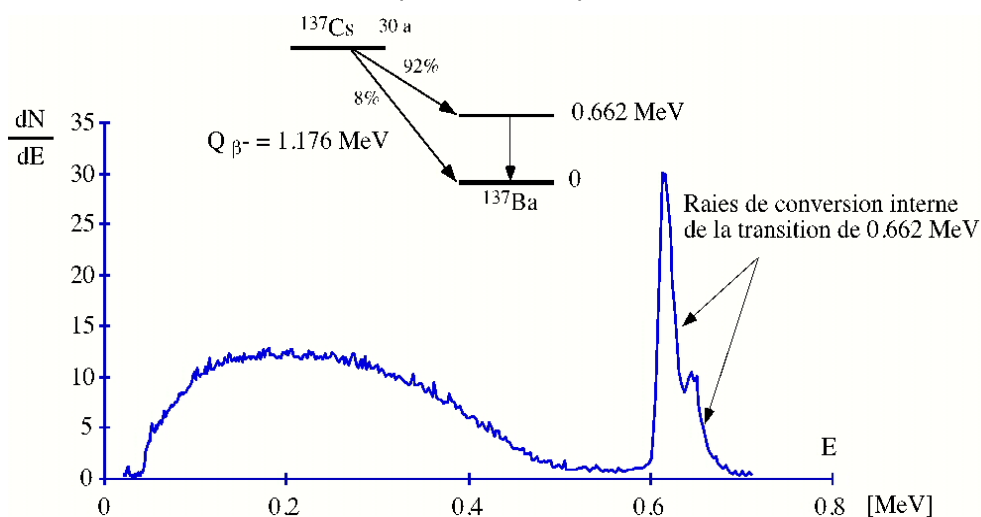
- Le noyau de phosphore $^{32}_{15}\text{P}$ est un émetteur bêta moins.
Déterminer, à partir des données qui suivent, l'énergie libérée lors de la désintégration bêta d'un noyau de phosphore 32 au repos en supposant que le noyau fils formé est au repos. Sous quelle forme cette énergie est-elle libérée ?
- L'énergie cinétique E_c des électrons émis au cours de l'ensemble des désintégrations du phosphore 32 a été mesurée. Les résultats donnés dans le diagramme ci-dessous sont-ils compatibles avec le résultat obtenu ? Quelles hypothèses peut-on formuler ?

Données :

- masses de quelques noyaux et particules : $m(^{32}_{15}\text{P}) = 5,30803 \cdot 10^{-26}$ kg ;
 $m(^{32}_{16}\text{S}) = 5,30763 \cdot 10^{-26}$ kg ;
 $m(^{32}_{14}\text{Si}) = 4,66370 \cdot 10^{-26}$ kg ;
 $m(e^-) = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg ;
- célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \cdot 10^8$ m.s⁻¹ ;
- électronvolt : 1 eV = 1,60 · 10⁻¹⁹ J.

Remarque pour l'enseignant :

- Parmi les hypothèses que peuvent émettre les élèves :
 - les chocs des électrons : ils ne peuvent pas expliquer la continuité du diagramme car les collisions entre électrons sont hautement improbables.
- Lorsque l'on mesure l'énergie des électrons émis par certaines sources radioactives, on observe souvent un spectre continu avec un spectre de raies. Le spectre de raies n'a rien à voir avec l'émission bêta, il provient d'un processus, appelé conversion interne, lié à la désexcitation d'un état excité du noyau fils. C'est donc uniquement au spectre continu qu'il faut associer l'émission bêta. L'exemple ci-dessous présente le cas du césium.



Spectre d'énergie des bêta mesuré à l'IPHE

(Source : http://lphe.epfl.ch/mtran/spectre_beta.JPG)

La contradiction entre la loi de conservation de l'énergie et le spectre continu de la désintégration bêta resta incomprise et mystérieuse pendant plus de 20 ans.

Étienne Klein poursuit ainsi dans son livre :

« Pour sauver cette loi essentielle de la physique (que Niels Bohr était prêt à réduire à une loi valable seulement de façon statistique dans le monde microscopique, c'est à dire non vraie pour chaque événement particulier mais seulement en moyenne), Wolfgang Pauli, taraudé par ce nombre 3, fait une hypothèse audacieuse : contrairement aux apparences, le noyau ne se désintègre pas en deux corps mais en trois. Une troisième particule, pense-t-il, est émise simultanément, qui emporte l'énergie manquante.

Pauli fait connaître son idée d'une façon assez originale. Il sait qu'un colloque va réunir les physiciens allemands à Tübingen, le 6 décembre 1930, en présence de Lise Meitner, une spécialiste de la radioactivité bêta mais il hésite à s'y rendre car, son divorce vient tout juste d'être prononcé et pour l'heure, il éprouve le besoin de noyer son mal-être, s'étourdir, fréquenter les fêtes et les bals. Il choisit d'envoyer l'un de ses amis à la conférence avec pour mission d'y lire une communication, dont un extrait est donné ci-après.

Le ton désinvolte de la lettre (écrite en état d'ébriété?), ajouté à la description plutôt confuse de cette nouvelle particule neutre, explique peut-être pourquoi la thèse de Pauli n'est guère prise au sérieux par les participants.

[...]Une fois son épaule remise Pauli peut se rendre à Rome où se tient en octobre 1932 un colloque sur la physique nucléaire organisé par Enrico Fermi, Sur place une réception officielle le contraint à serrer la main à Mussolini. Il en conçoit une honte tenace. Mais il a le loisir d'exposer longuement son idée à Fermi, en privé, lequel saisit aussitôt toute la portée de l'hypothèse. »

Voici un extrait de la lettre de Pauli :



Scanned at the American Institute of Physics

Wolfgang Pauli (1900-1958), prix Nobel de physique 1945. © AIP Emilio Segre Visual Archive



Scanned at the American Institute of Physics

Enrico Fermi (1901-1954) prix Nobel de physique 1938, © AIP Emilio Segre Visual Archive

Zürich, 4 December 1930

Dear Radioactive Ladies and Gentlemen,

As the bearer of these lines, to whom I graciously ask you to listen, will explain to you in more detail, how because of [...] the continuous bêta-spectrum, I have hit upon a desperate remedy to save [...] the law of conservation of energy. Namely, the possibility that there could exist in the nuclei electrically neutral particles, that I wish to call neutrons[...] The mass of the neutrons should be of the same order of magnitude as the electron mass and in any event not larger than 0.01 proton masses. The continuous bêta-spectrum would then become understandable by the assumption that in bêta-decay, a neutron is emitted in addition to the electron such that the sum of the energies of the neutron and electron is constant. [...]

Unfortunately I cannot appear in Tübingen personally, since I am indispensable here in Zürich because of a ball on the night of 6-7 December.

With my best regards to you, and also to Mr Back,
Your humble servant

W. Pauli

Document 2 – De nouvelles idées pour sauver la conservation de l'énergie

- Pistes d'investigation :
 - Que propose Pauli pour expliquer les propriétés de la désintégration bêta ?
 - Comment Pauli baptise-t-il sa nouvelle particule ?
 - En 1932, James Chadwick découvre une particule neutre dans le noyau atomique dont la masse est légèrement supérieure à celle du proton ($m(\text{neutron}) = 1,00866 \text{ u}$). Pourquoi la particule découverte par James Chadwick ne peut pas être celle que propose Pauli pour expliquer les propriétés de la désintégration bêta ?

Remarque pour l'enseignant :

- Le texte peut être travaillé avec le collègue d'anglais.
- Une version plus courte peut être proposée :
 - «Dear Radioactive Ladies and Gentlemen,
[...] I have hit upon a desperate remedy to save the law of conservation of energy [...] The mass of the neutrons should be of the same order of magnitude as the electron mass [...] The continuous beta spectrum would then become understandable by the assumption that in beta decay a neutron is emitted in addition to the electron such that the sum of the energies of the neutron and the electron is constant[...] »
- Un exemple de traduction du texte :
 - Chers Mesdames et Messieurs radioactifs,
Comme le porteur de ces lignes, que je vous prie d'écouter avec beaucoup de bienveillance, vous l'expliquera plus en détail, en raison de la [...] continuité du spectre bêta, j'ai trouvé une solution désespérée pour sauver [...] la loi de conservation de l'énergie. A savoir, la possibilité qu'il puisse exister dans le noyau des particules électriquement neutres, que je pourrais appeler neutrons [...] La masse des neutrons devrait être du même ordre de grandeur que la masse de l'électron et en tout cas pas plus grande que 0,01 masse du proton. Le spectre bêta continu serait alors compréhensible si, dans l'hypothèse de la désintégration bêta, un neutron est émis en plus de l'électron tel que la somme des énergies du neutron et l'électron est constante. [...]
Malheureusement, je ne peux pas paraître personnellement à Tübingen, puisque je suis indispensable ici, à Zürich en raison d'un bal dans la nuit de 6-7 Décembre.
Avec mes meilleures salutations à vous, et aussi à M. Back,
Votre humble serviteur

C'est E. Fermi qui attribuera le nom de « neutrino » (petit neutre, par opposition au « neutron », le gros neutre) à la particule introduite par Pauli. Une mise au point générale s'opère au congrès Solvay de Bruxelles en 1933, où l'on fait la distinction entre neutron (du noyau) et neutrino (de la désintégration bêta). Les réticences de Pauli s'effacent et il signe l'acte de naissance du neutrino dans une communication officielle à ce même congrès.

La mise en évidence expérimentale des neutrinos s'est avérée particulièrement difficile. En effet, la théorie de Fermi permet de calculer la probabilité d'interaction entre les neutrinos et la matière. Cette particule interagit si peu qu'elle peut traverser la Terre entière sans subir le moindre choc.

Jusqu'à la fin des années 40 aucune détection des neutrinos n'est possible faute de source abondante et de détecteur suffisamment sensible.

Il faudra attendre 1956 pour que Reines et Cowan mettent en évidence les (anti) neutrinos produits par le réacteur de Savannah River (USA).



Fred Reines and Clyde Cowan (1953)

Document 3 – Conclusion ? Ou l'histoire continue-t-elle ?

- Pistes d'investigation :
 - Quelle durée s'est écoulée entre la formulation de l'hypothèse des neutrinos et leur mise en évidence expérimentale ?
 - Pour quelles raisons a-t-il fallu attendre si longtemps pour mettre en évidence expérimentalement les neutrinos ?
 - Rechercher pourquoi ces neutrinos sont des particules encore mystérieuses aujourd'hui?

AGIR : DEFIS DU VINGT-ET-UNIEME SIECLE

✘ INTRODUCTION

L'histoire des sociétés montre que la science a acquis « droit de cité » lorsqu'elle a donné aux faits techniques établis de façon empirique une base conceptuelle universelle permettant de comprendre ces faits, d'en formaliser la théorie pour la réinvestir de façon efficiente.

L'activité scientifique et ses applications technologiques s'avèrent être des réponses appropriées à des défis posés à l'Homme comme transformer l'énergie et économiser les ressources, synthétiser des molécules et fabriquer de nouveaux matériaux, thèmes retenus pour la 1ère S.

Le thème « Créer et innover » est un espace de liberté pour le professeur, qui peut choisir un ou deux sujets d'étude en raison de l'intérêt que ses élèves et lui-même y trouvent, des ressources locales, de l'actualité scientifique, de l'opportunité de découvrir certains métiers de la recherche, ou de la possibilité de participer à des actions de promotion de la culture scientifique et technique. À ce titre, le professeur peut trouver des exemples d'actions spécifiques en ce domaine dans celles du dispositif ministériel « Sciences à l'École ».

Ainsi, la partie : « Agir - Défis du XXIème siècle » conduit l'élève à percevoir les tendances actuelles de la recherche et du progrès scientifique.

✘ CONVERTIR L'ENERGIE ET ECONOMISER LES RESSOURCES

L'énergie hydraulique a-t-elle autant d'avenir que de passé ?

Fiche professeur

- Type d'activité : documentaire
- Conseil de mise en œuvre :
 - Cette activité sert d'introduction à la partie « Convertir l'énergie et économiser les ressources ». Elle peut être menée en classe entière ou donnée à faire à la maison.
 - La fiche élève ci-jointe comporte 3 documents suivis de quelques questions amenant à réfléchir aux défis énergétiques du XXIe siècle.
 - Le professeur pourra compléter les notions abordées et préciser les durées caractéristiques des énergies non renouvelables.
- Pré-requis :
 - Principe de fonctionnement d'un alternateur (classe de troisième)
 - Sources d'énergie renouvelables ou non (classe de troisième)
 - Puissance électrique (classe de troisième)
 - Connaître et utiliser l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur au voisinage de la Terre (classe de première)
- Objectifs et compétences sollicités :

OBJECTIFS	Objectifs spécifiques	<ul style="list-style-type: none">• Recueillir et exploiter des informations pour identifier des problématiques :<ul style="list-style-type: none">- d'utilisation des ressources énergétiques- du stockage et du transport de l'énergie
	Connaissances	<ul style="list-style-type: none">• Connaître la relation liant puissance et énergie

COMPETENCES ATTENDUES	Capacités disciplinaires	<ul style="list-style-type: none"> • Argumenter en utilisant le vocabulaire scientifique adéquat • Distinguer énergie et puissance • Utiliser la relation liant puissance et énergie • Schématiser une chaîne énergétique pour interpréter les conversions d'énergie en termes de conservation, de dégradation
	Capacités transversales	<ul style="list-style-type: none"> • Mobiliser ses connaissances. • Extraire des informations utiles. • Argumenter et répondre par des phrases complètes. • Rechercher les mots clés et comprendre l'énoncé et les documents. • Rédiger.

- Provenance : académie de Versailles
- Adresse du site académique : <http://www.phychim.ac-versailles.fr/>

Fiche élève

- Supports de travail

Monsieur Pierre-Louis Viollet, président du Comité scientifique de la Société hydrotechnique de France, qui travaille à la Direction Recherche et Développement à EDF répond à quelques questions :

- Quels sont les différents types d'aménagement hydroélectrique ?

Il existe différents types d'aménagements : les barrages au fil de l'eau, les barrages avec réservoirs et les stations de transfert d'énergie par pompage (STEP) :

- *Les barrages au fil de l'eau fournissent une énergie électrique assez constante et prévisible.*
- *Les barrages avec réservoirs permettent d'adapter la production d'électricité à la demande.*
- *Les STEP comportent des pompes qui permettent de remonter l'eau d'un bassin inférieur vers un bassin supérieur. Lors des « creux » de consommation, l'électricité en excès alimente des pompes qui remontent l'eau ; lorsqu'on a besoin d'électricité, on fait redescendre l'eau à travers les turbines*

- Pourriez-vous décrire quelques installations emblématiques ?

L'installation de la grande Dixence, en Suisse, a une puissance de 2000 MW. Quatre STEP y sont associées à différentes altitudes intermédiaires. Sur le plan de la puissance, le record est détenu par le barrage des Trois-Gorges en Chine dont la puissance est de 18200 MW (18,2 GW) soit plus de 15 fois celle d'un réacteur nucléaire.

- Quels sont les défauts et les atouts de l'énergie hydraulique ?

L'énergie hydraulique est aujourd'hui la première source d'énergie électrique renouvelable. Elle est prévisible, modulable et stockable. Cette dernière caractéristique deviendra d'autant plus nécessaire que les énergies intermittentes comme celle du vent prendront de l'ampleur. On pourra ainsi stocker l'électricité fournie par les éoliennes grâce aux STEP pour la restituer en l'absence de vent.

On ne peut pas négliger les nuisances liées aux barrages. Ils sont d'abord la cause de déplacements de populations. Ils entravent la circulation des sédiments et peuvent avoir un impact sur la biodiversité.

D'après le Dossier pour la Science N°69, octobre-décembre 2010

Document 1 – Extrait d'un entretien

Grandeur	Unité	Valeur
Capacité du réservoir	Gm ³	39,3
Hauteur maximale du mur de béton	m	100
Hauteur de la chute d'eau	m	90
Puissance électrique installée	MW	18 200
Puissance électrique garantie	MW	4 990
Production annuelle	GWh	84 700

Document 2 – Quelques données sur le barrage des Trois Gorges

Il est difficile d'adapter rapidement la production énergétique des centrales électriques. Aussi a-t-on imaginé de pomper de l'eau dans un réservoir lors des périodes creuses de consommation et de réutiliser cette eau dans des turbines pendant les périodes de forte consommation.

Les stations de turbinage et de pompage (STEP), bien qu'elles ne produisent pas d'énergie, sont des moyens de stockage de l'énergie et permettent de gérer un réseau électrique devant répondre à des consommations variables. Ces installations pompent et élèvent l'eau vers des barrages-réservoirs placés sur les hauteurs pendant les périodes creuses de consommation et récupèrent l'énergie hydraulique pendant les pics de consommation d'électricité. Les turbines et les pompes hydrauliques ont un rendement de conversion de l'ordre de 90 %. On récupère ainsi 81 % de l'énergie par ce système de pompage et de chute d'eau.

D'après <http://www.leseoliennes.be>

Document 3 – À propos des stations de transfert d'énergie par pompage (STEP)

• Pistes d'investigation :

- Quelle énergie en Joule est produite en une année par le barrage des Trois Gorges ?
- En déduire la puissance moyenne en GW du barrage.
- Comparer cette valeur à la puissance électrique installée. Quelle conclusion en tirez-vous ?

La puissance du barrage peut être évaluée par l'expression $P = D_V \cdot \rho \cdot g \cdot h$; avec D_V le débit de l'eau en $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, ρ la masse volumique de l'eau en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$, g l'intensité de pesanteur en $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ et h la hauteur de la chute d'eau en m.

- Au vue de cette formule, quels sont les paramètres pertinents pour le choix de l'emplacement des barrages ? Que penser alors du développement futur de l'hydroélectricité ?
- Quel est le débit moyen du barrage des Trois Gorges ? Effectuer une recherche internet pour vérifier la cohérence de cette réponse.

Données : $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ et $\rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

- Quel est le débit minimal prévu ?
- Schématiser la chaîne énergétique mise en œuvre dans une station de transfert d'énergie par pompage.
- Pourquoi le rendement de conversion par pompage et turbinage est de 81% ?
- Sous quelle forme est stockée l'énergie dans une STEP ?

La STEP de Grand'Maison est la plus grande installation hydroélectrique de France. Le dénivelé entre le réservoir inférieur et le réservoir supérieur est de 955 m.

- Quelle quantité d'énergie est stockée lorsqu'on fait passer 1 m³ d'eau du réservoir inférieur au réservoir supérieur ?
- Quelle énergie a-t-il fallu fournir aux pompes pour réaliser cette opération ?
- Quelle énergie électrique récupère-t-on à la sortie des turbines lors de l'opération inverse ?

La STEP de Grand'Maison fournit en moyenne par an 1 420 GWh.

- Quel volume d'eau a été pompé pour produire cette énergie ?
- Pourquoi est-il nécessaire d'avoir d'importants moyens de stockage de l'énergie électrique ?
- Quels autres moyens de stockage de l'énergie connaissez-vous ?
- Dans l'état actuel, l'hydroélectricité sous toutes ses formes vous semble-t-elle une solution d'avenir ? Justifiez.

Impact environnemental de différents modes de déplacement

Fiche professeur

- Type d'activité : documentaire
- Pré-requis :
 - Radioactivité
- Objectifs et compétences sollicitées :

COMPETENCES ATTENDUES	Capacités disciplinaires	• Recueillir et exploiter des informations pour identifier des problématiques d'utilisation des ressources énergétiques.
------------------------------	--------------------------	--

- Provenance :
- Adresse du site académique :

Fiche élève

- Situation déclenchante

Cinq anciens élèves du lycée sont aujourd'hui dispersés en France pour poursuivre leurs études. A l'occasion de vacances, ils se retrouvent tous à Rennes.

Josselin arrive le dernier dans le 4x4 que lui a prêté son père.

Nolwenn lui lance : « je n'y crois pas ! Tu n'as pas honte de rouler en 4x4 ? Tu sais ce que ça rejette en CO₂ ? »

Josselin se défend : « Et toi avec ton avion pour venir de Strasbourg, tu crois que c'est mieux ? »

Nolwenn répond : « Ce n'est pas moi qui pollue, c'est la compagnie aérienne. D'ailleurs, avec ou sans moi, l'avion aurait fait le même vol. »

Barbara pour Nolwenn : « Pour venir de Paris je prends toujours le train. Tu aurais pu faire comme moi. C'est rapide et ça ne pollue pas du tout : c'est électrique ! »

Quentin pour Pauline : « Je réalise qu'en revenant de Toulouse, tu aurais pu me prendre à Nantes au passage. Je suis revenu tout seul dans ma voiture. »

Pauline lui répond : « Non, je n'avais pas de place. J'ai organisé un covoiturage dans ma voiture : on était 4, c'était sympa ! »

À partir des conversations qui précèdent et des documents qui suivent, déterminer lequel des cinq amis a eu le plus faible impact environnemental lors de son déplacement.

- Supports de travail

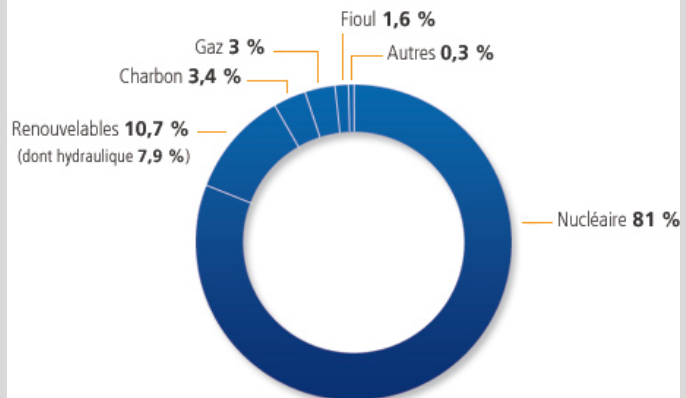
Prénom	Lieu d'étude	Distance à Rennes	Véhicule	Énergie	Consommation
Josselin	Saint-Malo	70 km	4x4	Gazole	8,2 L/100 km 217 g de CO ₂ /km
Nolwenn	Strasbourg	830 km	Avion	Kérosène	À déterminer par le site AirFrance
Barbara	Paris	350 km	Train	Électricité	0,04 kW.h/voy.km
Quentin	Nantes	110 km	Voiture	Essence	5,7 L/100 km 133 g de CO ₂ /km
Pauline	Toulouse	700 km	Voiture	Gazole	5,1 L/100 km 135 g de CO ₂ /km

Document 1 – Récapitulatif des différents trajets

La fourniture d'un kWh d'électricité par EDF en 2010 a induit :

- l'émission de 57,1 g de dioxyde de carbone (CO₂)
- Des déchets radioactifs :
 - vie courte : 10,3 mg/kWh
 - vie longue : 0,9 mg/kWh

source : <http://fr.edf.com>



Document 2 – Répartition entre les différentes sources d'énergie utilisées pour fournir l'électricité

- Ressources internet :
 - [Rapport ADEME](#) : efficacité énergétique transport
 - [IRSN](#)
 - [EDF](#)
 - [Calculateur CO2 Air France](#)

Quelle est l'efficacité des lampes fluocompactes ?

Fiche professeur

- Type d'activité : documentaire
- Objectifs et compétences sollicitées :

COMPETENCES ATTENDUES	Capacités disciplinaires	• Recueillir et exploiter des informations portant sur un système électrique à basse consommation.
	Capacités transversales	• Sélectionner, trier et exploiter des informations à partir de documents fournis.

- Provenance :
- Adresse du site académique :

Fiche élève

- Situation déclenchante

Raymond est un retraité moderne. Il a une pension de retraite modeste, il se soucie donc de ménager son budget. C'est pourquoi il se demande s'il ne devrait pas remplacer les vieilles lampes à incandescence qui fonctionnent encore chez lui par de nouvelles lampes fluocompactes.

Raymond fait part de son projet à Ginette, sa voisine. Celle-ci est plutôt sceptique : « Mais mon pauvre Raymond c'est de l'attrape-nigaud tout ça, c'est pour qu'on consomme et puis c'est tout ! »

Comment Raymond peut-il prouver à sa voisine l'efficacité des lampes fluocompactes ?

En vous aidant des documents fournis, répondre aux questions suivantes :

- Les lampes à incandescence
 - Schématiser le bilan énergétique d'une lampe à incandescence.
 - Préciser sur le schéma précédent les proportions des énergies transformées exprimées en pourcentage.
- Les lampes fluocompactes
 - Calculer le rendement d'une lampe fluocompacte.
 - Schématiser le bilan énergétique d'une lampe fluocompacte (on considérera que les pertes énergétiques sont uniquement de type thermique).
 - Préciser sur le schéma précédent les proportions des énergies transformées exprimées en pourcentage.
- Synthèse
 - Dégager des arguments qui permettent à Raymond de prouver à sa voisine l'efficacité des lampes fluocompactes.

- Supports de travail

En France, l'éclairage représente 9 % de la facture d'électricité des ménages. Selon l'Agence pour le développement et la maîtrise de l'énergie (Ademe), chaque ménage français possède en moyenne 22 lampes, en achète trois par an et consomme environ 350 kWh pour s'éclairer.

- *Les lampes à incandescence (à filament) très énergivores sont encore utilisées par 8 Européens sur 10. En effet ces ampoules ont un coût à l'achat relativement faible à l'inverse des ampoules basse consommation mais consomment énormément d'énergie :*

- *95% de l'énergie utilisée par une ampoule à incandescence disparaît en chaleur, 5% seulement étant transformé en lumière.*
- *Leur efficacité est ainsi de seulement 14 à 25 lumens par watt.*
- *Leur durée de vie moyenne est de seulement 1000 heures. Celle-ci est donc de un an pour un éclairage de 4 heures par jour.*



- *Une lampe basse consommation fluocompacte est un tube fluorescent émettant de la lumière, dont le tube est miniaturisé, plié en deux, trois ou quatre, ou encore enroulé, doté d'un culot contenant un ballast électronique.*

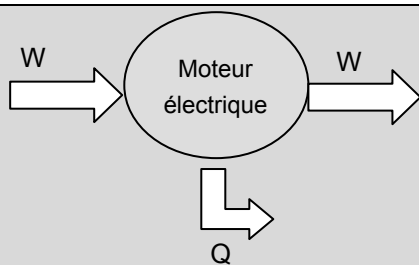


Ces ampoules à économie d'énergie sont destinées à remplacer nos ampoules classiques en raison de leurs nombreux avantages aux niveaux énergétique et écologique :

- *elles consomment environ 75% moins d'énergie de moins que les ampoules à incandescence ordinaires. Les ampoules basse conso ont une efficacité de l'ordre de 60 à 70 lumens par watt : ainsi une lampe fluocompacte de 11 W produira le même éclairage qu'une lampe à incandescence de 40 à 60 W. En conséquence, les ampoules fluocompactes de 9W, 11W et 20 W peuvent remplacer approximativement les ampoules conventionnelles de 45 W, 60 W et 100 W.*
- *La durée de vie moyenne de ces ampoules écolo est de 8000 à 10 000 heures environ, soit une durée de vie de 6 ans pour un éclairage de 4 heures par jour.*
- *Les fluocompactes assurent une meilleure sécurité car dégagent très peu de chaleur.*
- *Elles sont à 93 % recyclables... à condition d'être collectées dans les bacs disponibles chez les revendeurs. Une taxe de recyclage de 0,25 € est d'ailleurs incluse dans le prix.*

Source : <http://www.consoglobe.com/>

Document 1 – Comparaison de deux types de lampes



Par convention, dans un bilan énergétique (voir exemple ci-contre) :

- W_e désigne l'énergie électrique
- W désigne l'énergie mécanique
- Q désigne le transfert thermique
- W_r désigne l'énergie de rayonnement

Un moteur électrique est un convertisseur d'énergie : il est conçu pour transformer de l'énergie électrique en énergie mécanique (cinétique).

Malheureusement le moteur chauffe. Il convertit donc une partie de l'énergie électrique absorbée en énergie thermique.

Ce phénomène est appelé « effet Joule », et veut que tout passage d'un courant électrique dans un conducteur électrique s'accompagne d'une élévation de température.

Le moteur « perd » donc une partie de l'énergie électrique qu'il absorbe.

Le rendement d'un convertisseur d'énergie (moteur, lampe, résistor etc) est défini par le rapport entre la puissance électrique absorbée et la puissance électrique utile.

Par convention on note :

- ρ (« rô ») le rendement
- P_a la puissance électrique absorbée
- P_u la puissance électrique utile

On remarquera que le rendement est maximal ($\rho = 1$) quand il n'y a aucune « perte », soit quand $P_u = P_a$.

Document 2 – Bilan énergétique d'un moteur électrique

Classe énergétique d'un véhicule

Fiche professeur

- Type d'activité : documentaire
- Objectifs et compétences sollicités :

COMPETENCES ATTENDUES	Capacités disciplinaires	<ul style="list-style-type: none">• Écrire une équation de combustion.• Argumenter sur l'impact environnemental des transformations mises en jeu.• Déterminer l'ordre de grandeur de la masse de CO₂ produit lors du déplacement d'un véhicule.
	Capacités transversales	<ul style="list-style-type: none">• Manifester sa compréhension de textes documentaires.• Extraire d'un document les informations utiles.• Calculer, utiliser une formule.• Sélectionner, analyser l'information utile.

- Provenance :
- Adresse du site académique :

Fiche élève

- Situation déclenchante

Alexandre souhaite s'acheter sa première voiture. Il regarde des annonces, tombe sur une étiquette énergétique (document 2), et en discute avec ses amis Aurélie et Maxime.

Alexandre : « Cette voiture me plaît bien, mais je ne comprends pas toutes ces indications. »

Aurélie : « Il est de classe B, ça veut dire qu'il est plus écologique qu'un véhicule de classe D. »(Affirmation 1)

Maxime : « N'importe quoi! Les valeurs limites des émissions de CO₂ d'une classe d'énergie varient en fonction de la marque du véhicule. Il faut juste que tu regardes sa consommation mixte. » (Affirmation 2)

Aurélie : « Je ne crois pas ... Les émissions de CO₂ sont indépendantes de la consommation de carburant ! »(Affirmation 3)

Alexandre : « Je suis encore plus perdu maintenant, c'est malin ! Et dans ce cas, pourquoi est-ce qu'ils afficheraient la consommation mixte ? »

- Supports de travail

« 30 milliards de tonnes de dioxyde de carbone sont rejetées chaque année dans l'atmosphère. Chaque personne contribue quotidiennement aux émissions de CO₂ : un ménage français en rejette en moyenne 16 tonnes par an. Environ 25% viennent des transports des personnes, 17% des transports des marchandises.

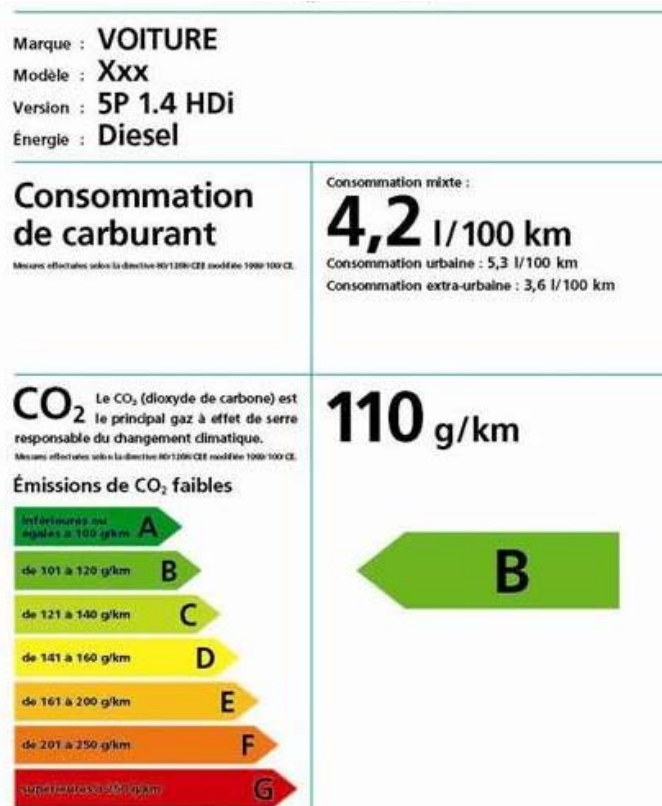
Afin de sensibiliser les consommateurs et d'inciter les constructeurs à produire des véhicules plus « propres », les pouvoirs publics, au niveau européen, ont rendu obligatoire en mai 2006 l'affichage des consommations de carburant et des émissions de dioxyde de carbone des véhicules neufs. L'« étiquette énergie » est l'application française de ce principe européen. Elle est affichée sur les voitures neuves dans tous les lieux de vente en France. Le consommateur peut ainsi comparer les voitures qui l'intéressent et acheter en connaissance de cause.

L'étiquette comporte sept classes de couleurs différentes (comme pour les appareils ménagers). Elle permet à tout acheteur potentiel d'automobile d'être renseigné de manière lisible et comparative sur les émissions de CO₂ du véhicule, gaz à effet de serre responsable du changement climatique. Figurent également sur l'étiquette les consommations de carburant. Opter pour une voiture qui consomme peu et émet peu de gaz à effet de serre permet d'y gagner à l'achat (obtention d'un bonus) et à l'usage (économies de carburant pour de nombreuses années). En plus, c'est un bon point pour l'environnement ! Tout le monde y gagne...

Les constructeurs se livrent maintenant une véritable guerre afin d'attirer vers eux les consommateurs en proposant des véhicules consommant le moins possible. La championne du monde des véhicules « écologiques » est sortie en 2010 : avec une consommation moyenne de 3,3 L pour 100km, elle libère seulement 86 g de CO₂ par km. »

D'après le site www.ademe.fr

Document 1 – Pourquoi une étiquette énergétique ?



Document 2 – Exemple d'étiquette énergétique

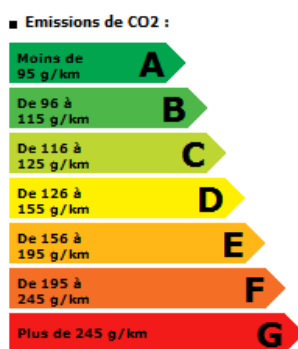
Type de véhicule	Calcul de la masse en kg de CO ₂ produit aux 100 km
Essence	[Consommation (en litre) aux 100 km] x 2,37
Diesel	[Consommation (en litre) aux 100 km] x 2,65
GPL	[Consommation (en litre) aux 100 km] x 1,60

Document 3

« L'essence est un mélange complexe d'hydrocarbures. On peut considérer qu'il est équivalent à de l'isooctane pur de formule brute C₈H₁₈. La masse volumique de l'essence est de 0,740 kg.L⁻¹. Dans un moteur, la combustion de l'essence avec le dioxygène de l'air produit essentiellement de la vapeur d'eau et du dioxyde de carbone ».

Données : masses molaires atomiques $M(C)=12,0 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(H)=1,0 \text{ g.mol}^{-1}$

Document 4 – Combustion de l'essence



Document 5 – Classes énergétiques pour les véhicules

• Pistes d'investigation

- Indiquer à l'aide des documents 1 et 2 ce que vous pensez de chaque affirmation d'Aurélié et Maxime : est-elle juste ou fausse, et pourquoi ?
- Proposer une réponse à la dernière question d'Alexandre.
- Finalement, Alexandre renonce pour le moment à son achat et décide d'utiliser la voiture à essence de ses parents, consommant en moyenne 5,90 L d'essence pour 100 km. Il souhaite évaluer son impact écologique en calculant ses émissions de CO₂. En cherchant sur internet, il découvre qu'on peut obtenir une estimation approximative des émissions de son véhicule selon sa « carburation ».
- Déterminer la masse de CO₂ rejeté par la voiture des parents d'Alexandre pour 100 km parcourus.

Alexandre n'aimant pas les formules toutes faites, il cherche à retrouver ce résultat en utilisant ses connaissances en chimie acquises en classe de première S. Il trouve sur internet de nouvelles informations (document 4).

- Écrire alors comme Alexandre l'équation de la réaction de combustion de l'isooctane dans le moteur.
- Déterminer la quantité de matière d'isooctane consommé pour un parcours de 100 km.
- En déduire la quantité de matière de dioxyde de carbone formé pour un parcours de 100 km.
- Comparer le résultat obtenu avec celui calculé par Alexandre à la question 3. Conclure.
- Quelle est la classe énergétique de la voiture qu'utilise Alexandre ? Justifier la réponse.

Choisir ses piles

Fiche professeur

- Type d'activité : activité documentaire
- Conseils de mise en œuvre :
 - Possibilité de mener l'activité en classe entière.
 - La présentation d'un document permet d'amener l'élève à une réflexion et à mobiliser ses connaissances.
 - Activité de recherche personnel hors de la classe afin d'extraire et d'organiser l'information utile, et de poser des hypothèses pertinentes.
 - Le professeur complète les notions abordées et précise l'importance et l'impact écologique de l'utilisation des piles lors de la correction.
- Pré-requis :
 - La pile est un réservoir d'énergie chimique.
 - Lorsqu'une pile fonctionne, une partie de son énergie est transférées sous d'autres formes.
 - L'énergie mise en jeu dans une pile provient d'une réaction chimique : la consommation des réactifs entraîne l'usure de la pile.
 - Sources d'énergies renouvelables et non renouvelables.
- Objectifs et compétences sollicitées :

OBJECTIFS	Objectifs spécifiques	<ul style="list-style-type: none">• Recueillir et exploiter des informations sur les piles ou les accumulateurs dans la perspective du défi énergétique.
	Objectifs transversaux	<ul style="list-style-type: none">• Rechercher les mots clefs et comprendre l'énoncé et les documents.
COMPETENCES ATTENDUES	Capacités disciplinaires	<ul style="list-style-type: none">• Argumenter à l'oral et à l'écrit en utilisant un vocabulaire scientifique
	Capacités transversales	<ul style="list-style-type: none">• Exercer son esprit critique.• Rendre compte de façon écrite.• Travailler en autonomie.

- Remarques :
 - Cette activité sert d'introduction pour la partie « piles salines, piles alcalines ... ».
 - Le professeur trouvera des informations complémentaire sur le site de l'ADEME (agence de l'environnement et la maîtrise de l'énergie) :
<http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=14813> et
<http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?sort=-1&cid=96&m=3&id=65050&ref=12441&nocache=yes&p1=111>
- Provenance : académie de Versailles
- Adresse du site académique : <http://www.phychim.ac-versailles.fr/>

Fiche élève

- Jouets, baladeurs, appareils photographiques, réveils, etc. : les piles sont devenues la source d'énergie de beaucoup de nos appareils. Et aujourd'hui nous avons le choix entre des piles non rechargeables, et des piles rechargeables. Si leur aspect extérieur est le même, leurs impacts sur notre portefeuille et sur l'environnement s'avèrent fort différents...
- En effectuant des recherches, compléter le tableau suivant :

	Pile non rechargeable		Pile rechargeable
	Pile saline	Pile alcaline	Accumulateur
Avantages			
Inconvénients			
Impact sur l'environnement			
Prix d'achat moyen			

Piles et compagnie

Fiche professeur

- Type d'activité : documentaire et expérimentale
- Pré-requis :
 - Savoir réaliser un montage électrique simple.
 - Savoir utiliser un voltmètre.
- Objectifs et compétences sollicités :

OBJECTIFS	Objectifs spécifiques	<ul style="list-style-type: none">• Réaliser une pile électrochimique grâce à une démarche scientifique.• Modéliser le fonctionnement d'une pile à partir d'une expérimentation et de l'exploitation d'informations.
	Objectifs transversaux	<ul style="list-style-type: none">• Travailler le recueil d'informations contenues dans un texte.
COMPETENCES ATTENDUES	Connaissances	<ul style="list-style-type: none">• Principe de fonctionnement d'une pile.• Modèle par transfert d'électrons.
	Capacités disciplinaires	<ul style="list-style-type: none">• Concevoir un protocole.• Modéliser expérimentalement une situation.• Proposer une démarche scientifique.
	Capacités expérimentales	<ul style="list-style-type: none">• Construire une pile et mesurer la tension à ses bornes.• Mettre en œuvre un protocole.• Pratiquer une démarche expérimentale.
	Capacités transversales	<ul style="list-style-type: none">• Extraire des informations utiles.• Confronter l'information extraite à ses connaissances.• Rendre compte de la démarche suivie.

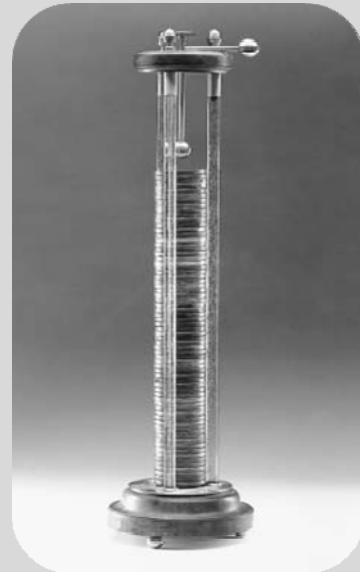
- Provenance : académie de Rouen
- Adresse du site académique : <http://spcfa.spip.ac-rouen.fr/>

Fiche élève

- Supports de travail

In a letter from Mr. Alexander Volta, Professor of Natural Philosophy in the University of Pavia, to Sir Joseph Banks President of the Royal Society London (June 26, 1800) :

"Oui, l'appareil dont je vous parle, et qui vous étonnera sans doute, n'est que l'assemblage d'un nombre de bons conducteurs de différentes espèces, arrangés d'une certaine manière, 30, 40, 60 pièces ou davantage, de cuivre, ou mieux d'argent, appliquées chacune à une pièce d'étain, ou, ce qui est beaucoup mieux, de zinc, et un nombre égal de couches d'eau, ou de quelque humeur qui soit meilleure conductrice que l'eau simple, comme l'eau salée, la lessive, etc. ou des morceaux de carton, de peau, etc. bien imbibés de ces humeurs ; de telles couches interposées à chaque couple ou combinaison de deux métaux différents, une telle suite alternative, et toujours dans le même ordre, de ces trois espèces de conducteurs, voilà tout ce qui constitue mon nouvel instrument... »



En novembre 1801, Alessandro Volta présente sa pile devant l'Institut de France. Il y énonce la loi des tensions ainsi que la valeur des tensions de contact selon les différents couples de métaux.

Extrait de l'éloge historique d'Alessandro Volta par M. Arago lu en séance publique du 26 Juillet 1831 :

Eh bien ! Je n'hésite pas à le dire, cette masse en apparence inerte, cet assemblage bizarre, cette pile de tant de couples de métaux dissemblables séparés par un peu de liquide, est, quant à la singularité des effets, le plus merveilleux instrument que les hommes aient jamais inventé, sans en excepter le télescope et la machine à vapeur.



Einstein en 1933 évoque les travaux d'Alessandro Volta : « The battery is the fundamental base of all inventions »

Document 1 – La première pile

<p>Contenu de la boîte :</p> <p><i>Une pince à dénuder</i></p> <p><i>Une pince plate</i></p> <p><i>Deux fils de connexion</i></p> <p><i>Deux connecteurs métalliques</i></p> <p><i>Une lame de zinc</i></p> <p><i>Une lame de cuivre</i></p> <p><i>Un réveil digital à quartz</i></p> <p><i>Un support en plastique</i></p> <p><i>Une lime en carton souple</i></p> <p><i>Il vous faudra un fruit tel un citron.</i></p>	<p>Mode d'emploi :</p> <p><i>Prendre un citron (une pomme de terre ou une orange). Le couper en deux après l'avoir malaxé pour le rendre plus souple. Poser un des deux demi-citrons sur le support en plastique (un seul demi-citron suffit).</i></p> <p><i>Passer légèrement les deux plaques ou lames métalliques à la lime.</i></p> <p><i>Dénuder les deux extrémités de chaque fil sur environ cinq centimètres.</i></p> <p><i>Pour le fil bleu :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>l'attacher à la lame de zinc en passant tout d'abord la partie dénudée dans le trou de la lame et l'entortiller pour le faire tenir.</i> - <i>fixer un connecteur métallique à l'autre extrémité dénudée du fil.</i> <p><i>Pour le fil rouge :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>fixer la lame de zinc comme pour le fil bleu.</i> - <i>fixer le deuxième connecteur métallique à l'autre extrémité du fil.</i> <p><i>Planter les deux lames dans le demi-citron posé sur le support à une distance suffisante entre elles (minimum deux centimètres).</i></p> <p><i>Alimenter le réveil en respectant la polarité : le fil bleu se met sur la borne « moins » située à l'arrière du réveil. Le fil rouge sera mis sur la borne rouge.</i></p>
<p>N.B. : <i>une utilisation à long terme altère la lame de zinc qui devient friable.</i></p> <p><i>Pour toute réclamation : Service consommateur : « Le petit découvreur » 13, rue des savants, 75022 Paris</i></p>	

Document 2 – Extrait de la notice d'un jeu permettant de fabriquer une pile écologique pour alimenter un réveil digital à quartz.

- Réalisation expérimentale
 - Recueillir et exploiter des informations portant sur la pile de Volta.
 - Recueillir et exploiter des informations à partir du mode d'emploi proposé dans le coffret « Le petit découvreur ».

S'informer	✓/✗
Rechercher des informations	
Extraire d'un document les informations utiles	
Organiser l'information	
Exploiter des informations	
Confronter l'information à ses connaissances	

- Établir une démarche expérimentale pour fabriquer une pile

Raisonner	✓/✗
Modéliser une situation	
Concevoir un protocole	
Établir les liens entre les diverses informations	
Schématiser, légender	

- Réaliser cette pile en prenant soin de déterminer sa polarité.
- Faire débiter la pile à travers un conducteur ohmique de résistance dix ohms maximum pendant une vingtaine de minutes.

Réaliser	✓/✗
Mettre en œuvre un protocole	
Utiliser de la verrerie	
Utiliser des appareils de mesure	
Avoir un esprit critique	

- Quel phénomène observé et à quelle électrode ?
- À partir des constats expérimentaux, tenter une interprétation du fonctionnement de la pile en reliant sa polarité aux réactions mises en jeu aux électrodes.
- Restituer la démarche de raisonnement suivie en utilisant un langage scientifique.

Raisonner – Communiquer	✓/✗
Proposer une démarche de résolution	
Exploiter les résultats expérimentaux	
Expliquer	
Valider	
Rendre compte de la démarche	

Aide :

- *les porteurs de charge sont les électrons dans les conducteurs métalliques (et les ions dans les solutions aqueuses).*

✖ SYNTHETISER DES MOLECULES ET FABRIQUER DE NOUVEAUX MATERIAUX

Les nanomatériaux carbonés

Fiche professeur

- Type d'activité : documentaire
- Objectifs et compétences sollicités :

OBJECTIFS	Objectifs spécifiques	<ul style="list-style-type: none">• Découvrir la nanochimie.• Aborder les ordres de grandeur des objets de la nanochimie.
	Objectifs transversaux	<ul style="list-style-type: none">• Travailler l'analyse et la synthèse d'informations contenues dans un texte.• Utiliser un outil mathématique (puissance de 10).• Ouvrir sur le nanomonde.
COMPETENCES ATTENDUES	Capacités transversales	<ul style="list-style-type: none">• Recueillir des informations.• Organiser l'information recueillie.• Exploiter des informations.

- Provenance : académie de Rouen
- Adresse du site académique : <http://spcfa.spip.ac-rouen.fr/>

Fiche élève

Activité 1

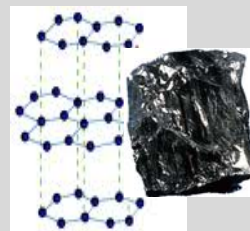
- Supports de travail

D'où vient le carbone ?

Le carbone s'est formé au cœur d'étoiles analogues à notre Soleil ou plus grosses, par fusion d'éléments légers. Toutes les étoiles engendrent de l'hélium par la fusion de noyaux d'hydrogène, mais seules les étoiles suffisamment massives peuvent former des éléments plus lourds : 100 millions de degrés sont ainsi nécessaires pour engendrer le noyau de carbone-12, composé de six protons et de six neutrons. C'est un processus à étapes : deux noyaux d'hélium-4, contenant chacun deux protons et deux neutrons, fusionnent pour former un noyau de béryllium-8. Si celui-ci heurte un autre noyau d'hélium, un noyau de carbone se forme. Mais le béryllium-8 est extrêmement instable, et seule la conjonction de plusieurs facteurs explique la formation du carbone.

À quoi ressemble le carbone quand il est pur ?

Sa forme pure la plus courante est le graphite, que l'on trouve dans le charbon. Son nom vient d'ailleurs du grec carbonis et du latin carbon, signifiant charbon. Le graphite est composé de feuillets très solides mais faiblement liés entre eux et dans lesquels les atomes de carbone sont disposés en hexagone. Chaque feuillet a une structure de type nid d'abeilles.



Plus rare, mais plus prisé, le diamant est aussi composé exclusivement de carbone. Sa structure tétraédrique est telle que chaque atome forme des liaisons avec quatre autres atomes et que toutes ces liaisons sont aussi fortes dans les trois dimensions de l'espace.



Le prix Nobel 1996 pour les nanosphères



En 1985 le Britannique Harold W. Kroto et les Américains Robert F. Curl, et Richard E. Smalley ont synthétisé une nouvelle forme de carbone qui leur a valu le prix Nobel de chimie 1996.

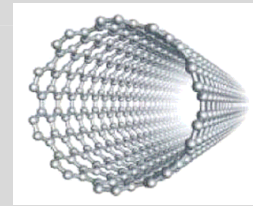
Leur molécule est formée uniquement d'atomes de carbone, placés aux sommets d'hexagones et de pentagones engendrant une sphère, comme on construit un ballon de football.

Baptisée « buckminsterfullerène », en hommage à l'architecte Buckminster Fuller qui avait conçu des dômes de géométrie analogue, cette molécule et celles de la même famille sont plus connues sous le nom abrégé de fullerènes. La plus connue contient 60 atomes de carbone, son diamètre est d'environ un nanomètre mais d'autres, plus petites ou plus grosses, existent.

Depuis, des fullerènes ont été détectés dans l'espace, notamment dans les météorites ainsi que dans l'atmosphère de certaines étoiles.

Les nanotubes

En 1991, le Japonais Sumio Iijima (laboratoires NEC) synthétise une nouvelle molécule : il applique une tension très élevée entre deux électrodes de graphite plongées dans de l'argon. L'arc électrique qui se forme chauffe et vaporise le carbone. En se refroidissant ensuite au-dessous de 400°C, le gaz se dépose en petits grains, contenant des fullerènes.



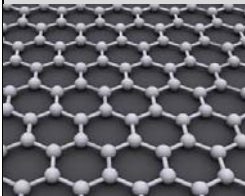
Le physicien est alors intrigué par la formation sur l'une des électrodes d'un dépôt assez dur et fibreux.

À l'aide de son microscope électronique il observe de petits tubes creux enchevêtrés les uns dans les autres : les nanotubes de carbone.



Cette structure artificielle est constituée d'un (ou plusieurs) feuillet de graphite enroulé sur lui-même comme un cigare et terminé à chacune de ses deux extrémités d'une demi-molécule de fullerène. Le diamètre d'un nanotube est de l'ordre du nanomètre et sa longueur peut atteindre plusieurs micromètres.

Le prix Nobel 2010 pour les nanofeuilles



« Le prix Nobel de physique a récompensé mardi 5 octobre Andre Geim et Konstantin Novoselov pour leurs travaux sur le graphène, un matériau constitué d'une seule couche d'atomes de carbone. Les deux scientifiques se sont servis d'un crayon à papier et d'un bout de scotch... »

Ces deux nobélisés ont été les premiers à isoler, en 2004, un nouveau matériau bidimensionnel : le graphène. Il était sous leurs yeux et attendait d'être découvert ! Empilé, il constitue le graphite, une forme bien connue du carbone que l'on retrouve dans la mine des crayons. Tout le travail, pour l'isoler, a consisté à « effeuiller » littéralement ce graphite à l'aide de ruban adhésif afin d'obtenir une couche de carbone la plus fine possible.

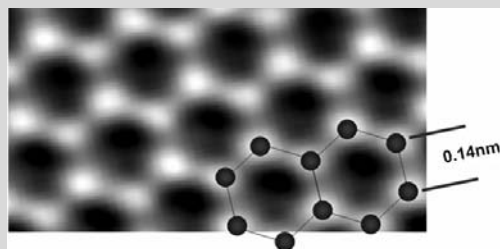
D'après des articles de Céline Michaut et de Fabien Goube « La Recherche » - 2006 et 2010

Document 1 – De la mine de crayon au nanotube

De meilleurs conducteurs

La mobilité des électrons libres qui composent le graphène (nanofeuille) est considérable : dix fois plus grande que celle mesurée pour le silicium.

Les nanotubes de carbone supportent une densité de courant deux fois plus grande que celle du cuivre avec une conductivité neuf fois supérieure.



Graphène et nanotubes sont ainsi pressentis comme matériaux de remplacement du cuivre actuellement utilisé dans les fils électriques.

Une autre application industrielle des nanotubes devrait être le remplacement du « noir de carbone » utilisé dans les écrans antistatiques, pour rendre légèrement conducteurs d'électricité les matières plastique et éviter ainsi l'accumulation de poussières.

Des matériaux de base pour l'électronique

Selon la géométrie exacte de son enroulement et le nombre de feuilles, les propriétés électriques sont totalement différentes. Certains nanotubes sont isolants, d'autres semi-conducteurs, d'autres encore conducteurs métalliques.

Les nanotubes semi-conducteurs sont comparables au silicium, le matériau de base de l'électronique. Il est donc tentant d'utiliser les nanotubes semi-conducteurs comme composants logiques de circuits électroniques.



IBM a ainsi construit en 2001 une porte logique en nanotubes. Mais le défi reste la fabrication en série de tels composants. Étant donné que l'on ne sait pas contrôler les propriétés électriques des nanotubes lors de la synthèse, et encore moins leur assemblage, les applications dans ce domaine sont encore très lointaines.

Des propriétés mécaniques surprenantes

Graphène et nanotubes possèdent les meilleures limites élastiques à la traction, ce qui les rend utilisables dans la confection d'écrans souples et élastiques.

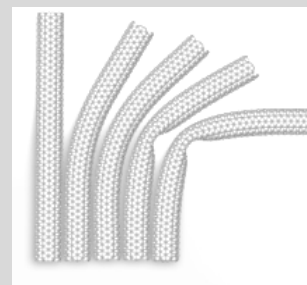
Ils sont dix fois plus rigides que l'acier et six fois moins denses, ce qui fait d'eux des matériaux de choix dans la fabrication de cadres de vélo.



Une biocompatibilité parfaite : un atout pour la médecine

Les nanotubes en carbone pourraient être la solution idéale pour réparer des connexions cérébrales défectueuses. Une avancée intéressante dans le traitement de certaines maladies telle la maladie de Parkinson ...

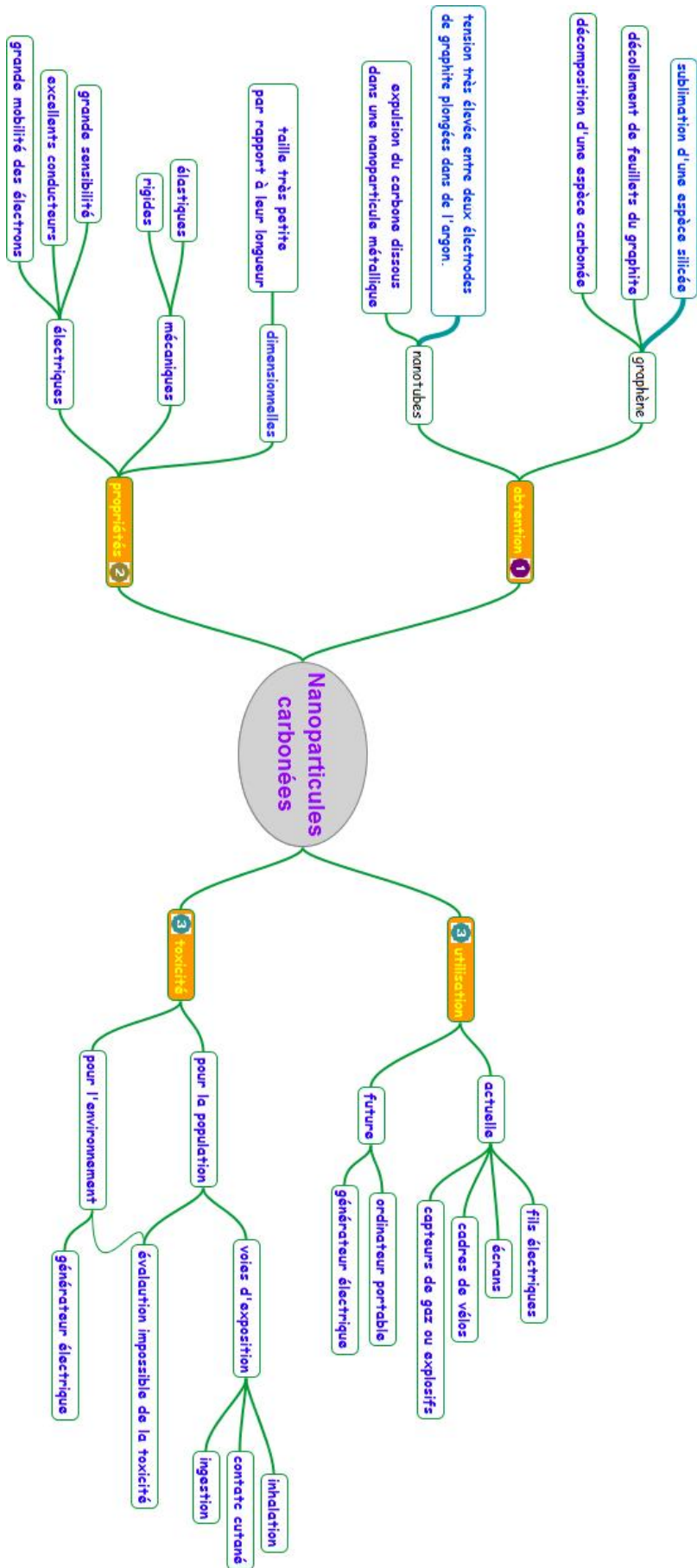
Les prothèses actuelles de hanche et de genou sont en métal et en polyéthylène et ont une durée moyenne de vie de 10 ans. Le remplacement du métal par de la céramique renforcée par des nanoparticules pourra augmenter cette durée à 30 ans.



Document 2 – Nanotubes et nanofeuilles : les matériaux de demain

- Pistes d'investigation

- Quelles sont les variétés de carbone dont il est question dans ce document ?
- Proposer une explication qui justifie le caractère « cassant » de la mine de crayon.
- Représenter un des motifs tétraédriques constituant le cristal de diamant et un des motifs hexagonaux composant les nanotubes et fullerènes. Sachant que la distance carbone-carbone dans une molécule de benzène (C₆H₆) est de 140 pm, comparer les nanotubes de carbone et les molécules de benzène. Un nanotube de carbone a un diamètre de 1 nm et une longueur de 5 micromètres. Donner un ordre de grandeur du nombre d'hexagones accolés pour atteindre un diamètre de 1 nm, ainsi que du nombre d'hexagones accolés pour atteindre une longueur de 5 micromètres.
- Pourquoi dit-on que le fullerène est une molécule cage et que le graphène a une structure sous forme de nid d'abeilles ?
- Consulter le magazine en ligne « les défis du CEA » n°142 et expliciter succinctement la technique privilégiée actuellement pour la formation et la croissance des nanotubes de carbone.
- Recenser les champs d'application de ces nouveaux matériaux et dresser un tableau regroupant champs et exemples.



Document 3– Carte heuristique : les nanomatériaux carbonés

Un matériau pas comme les autres

Fiche professeur

- Type d'activité : documentaire
- Pré-requis :
 - Synthèse chimique
 - Liaison hydrogène
 - Liaison covalente
- Objectifs et compétences sollicitées :

COMPETENCES ATTENDUES	Capacités disciplinaires	<ul style="list-style-type: none">• Recueillir et exploiter des informations pour relier les propriétés physiques d'un matériau à sa structure microscopique.
	Capacités transversales	<ul style="list-style-type: none">• mobiliser ses connaissances• rechercher, extraire, organiser des informations utiles• formuler des hypothèses• raisonner, argumenter, démontrer

- Provenance : académie de Lille
- Adresse du site académique : <http://physique.discipline.ac-lille.fr/>

Fiche élève

- Situation déclenchante

David vient de casser le bracelet en caoutchouc de sa montre.

Domage qu'il ne soit pas constitué de ce nouveau matériau réparable par simple pression dont il vient d'entendre parler !

Il décide alors d'entreprendre des recherches sur le sujet. Un article de journal attire son attention...

- Supports de travail

Une nouvelle matière élastique qui se répare d'elle-même sans être collante et ouvre la voie à la fabrication de produits autocicatrisants a été mise au point par des chercheurs français, qui publient leurs résultats dans la revue Nature.

C'est une invention qui pourrait changer la vie de tous les jours : des chercheurs français ont mis au point une nouvelle matière élastique qui se répare d'elle-même sans être collante. Les applications sont infinies : réparation de vêtements, de semelles de chaussures, de jouets d'enfants et même, pourquoi pas, de pièces de moteurs qui s'autoréparent sans avoir à passer chez le garagiste.

Solution très écologique, puisqu'elle est synthétisée à partir d'acides gras d'origine végétale, cette matière est composée de petites molécules qui s'assemblent en réseaux supramoléculaires. Si ces réseaux sont rompus, ils se réassemblent d'eux-mêmes pour retrouver, comme par magie, leur forme et leur élasticité initiales. "Le processus de rupture et de réparation peut être répété de nombreuses fois", expliquent dans la revue Nature Ludwik Leibler et ses collègues du laboratoire Matière molle et chimie, une unité du CNRS.

Le groupe chimique Arkema (ex-pôle chimie de Total), qui mène avec le laboratoire des recherches conjointes dans le domaine de la chimie des matériaux supramoléculaires, envisage la fabrication et la commercialisation, "d'ici un à deux ans", de "toutes sortes d'articles qui après

s'être cassés ou fissurés, pourraient être réutilisés grâce à l'autocicatrisation".

France Info - 21 février 2008 <http://www.france-info.com/sciences>

Document 1 – Une nouvelle matière élastique

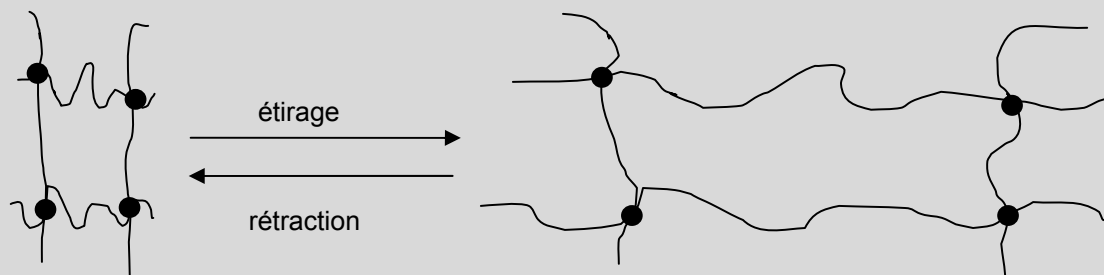
Le caoutchouc naturel provient du latex issu de différentes plantes notamment de l'hévéa. Il est constitué de longues chaînes de polymères¹ que l'on peut obtenir également à partir de l'isoprène.

Il est élastique, mais résiste mal aux écarts de température.

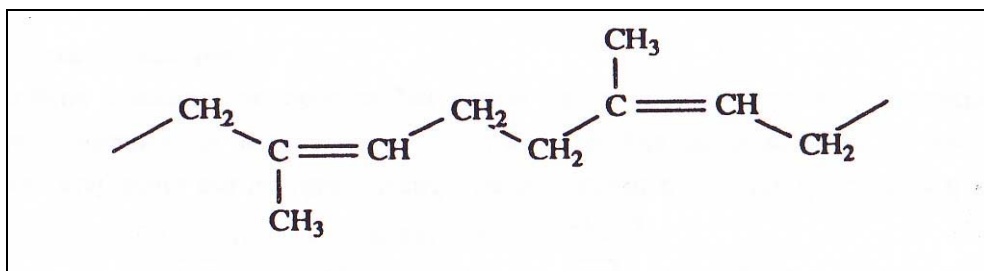
En 1839, Goodyear introduit une petite quantité de soufre et chauffe le caoutchouc naturel : ses propriétés sont alors considérablement améliorées aux températures basses et élevées. L'industrie du caoutchouc est révolutionnée par cette opération : la vulcanisation.

Les atomes de soufre établissent un pont très ferme entre deux chaînes différentes de polymères : les polymères sont donc greffés les uns aux autres. Si les ponts ne sont pas trop fréquents, les chaînes peuvent se déformer. Quand on tire sur le caoutchouc, le réseau de « points d'attache » se distend dans le sens de l'étirage.

Les polymères sont des macromolécules formées à partir de l'enchaînement d'un motif simple, le monomère.



Document 2 – Le caoutchouc usuel



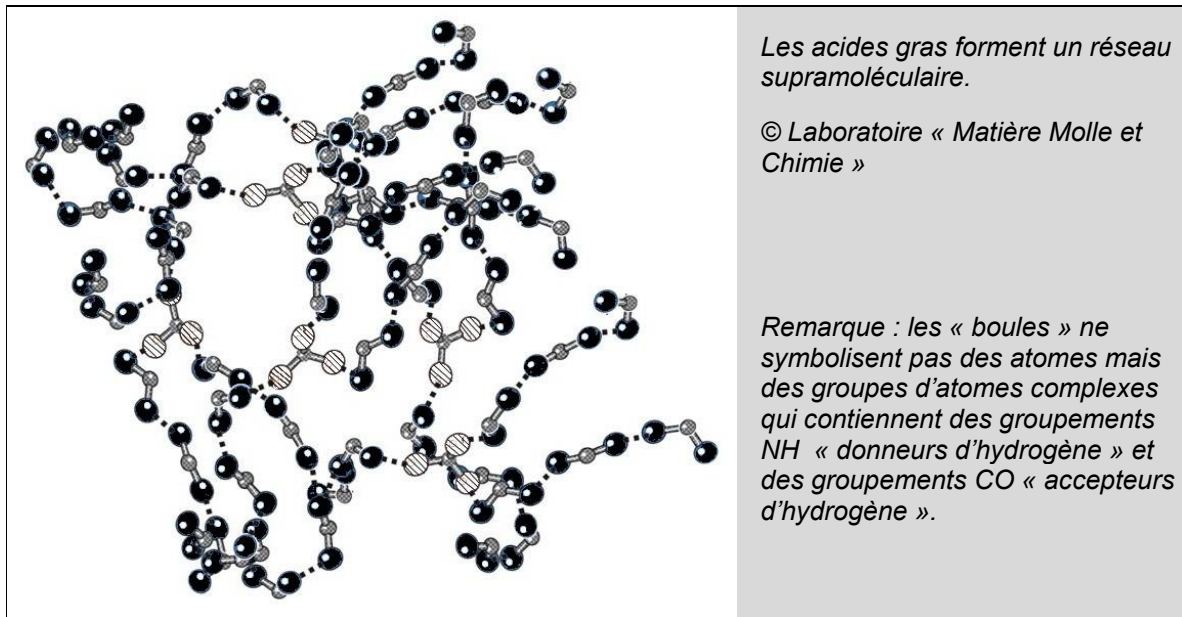
Document 3 – Formule du caoutchouc naturel

Le caoutchouc auto-cicatrisant possède toutes les vertus des élastomères standard comme le caoutchouc naturel, en particulier le même pouvoir d'élongation. Il est en effet constitué de longues molécules qui lui confèrent son élasticité.

Mais il a un avantage considérable : la faculté d'autoréparation. Dans un caoutchouc auto-cicatrisant, les briques de base du matériau (longues molécules) ne sont pas soudées entre elles, mais jointes par des liaisons hydrogènes parfaitement réversibles qui permettent l'auto-cicatrisation. Le principe est tout droit issu de la chimie supramoléculaire, qui a valu au chimiste Jean-Marie Lehn le prix Nobel de chimie en 1987 et qui vise à construire des édifices moléculaires en reliant des molécules par des liaisons faibles.

D'après CNRS Le Journal <http://www2.cnrs.fr/presse/communiqu/1287.htm>

Document 4 – Le caoutchouc « magique »



Document 5 – Structure du caoutchouc « magique »

Les ingrédients de cet élastique « magique » sont des plus simples. Le caoutchouc de synthèse est obtenu notamment à partir d'acides gras tels que ceux que l'on trouve dans les huiles végétales (pin, tournesol, maïs, colza), des réactifs non toxiques et renouvelables, à raison d'au moins 70 %.

Document 6 – Un caoutchouc « vert »

• Pistes d'investigation

- Quelle propriété révolutionnaire possède le caoutchouc « magique » ?
- Relier les propriétés physiques du caoutchouc naturel et du caoutchouc « magique » à leurs propriétés structurales, en analysant notamment le type de liaison responsable de la cohésion de chacun des deux matériaux.
- Comment s'explique le phénomène d'autoréparation ?
- Quels avantages (hormis l'autoréparation) présente ce matériau de synthèse ?
- Trouver une application de ce caoutchouc « magique », autre que celles citées dans les textes.
- Le caoutchouc « magique » est-il encore un caoutchouc ?

• Références :

- <http://www.arkema.com/>
- Nature, vol. 451, n° 7181, 21 février 2008, p. 977
- <http://www2.cnrs.fr/presse/communiqu/1287.htm>
- <http://www.arkema.com/>
- <http://www.cite-sciences.fr/>