

Annexe

Programme d'enseignement scientifique de première générale

PRÉAMBULE

L'ensemble des disciplines scientifiques concourt à la compréhension du monde, de son organisation, de son fonctionnement et des lois qui le régissent. Elles permettent aussi de maîtriser les outils et technologies proprement humains. L'histoire des sciences raconte une aventure de l'esprit humain, lancé dans une exploration du monde (la science pour savoir) et dans une action sur le monde (la science pour faire).

Le développement des sciences et des technologies a profondément modifié les conditions de vie des êtres humains et les sociétés dans lesquelles ils vivent. Cela s'est traduit par d'importants progrès, dans les domaines de l'alimentation, de la santé, de la communication, des transports, etc. Grâce à ses inventions, l'être humain a désormais les moyens d'agir sur son environnement immédiat. ~~Par son impact, l'espèce humaine modifie également les équilibres à l'échelle globale de la planète. La présence humaine modifie le climat ; ses déchets s'accumulent et son utilisation des ressources naturelles est massive.~~ Si l'espèce humaine n'est pas la première forme de vie à transformer la planète, c'est sans aucun doute la première qui s'en préoccupe. **Les activités humaines utilisent massivement des ressources naturelles et produisent des déchets. Elles peuvent modifier les équilibres à l'échelle de la planète (biodiversité, climat, etc.).**

~~Grâce,~~ **Par**, notamment, à l'approche scientifique, l'être humain dispose des outils intellectuels nécessaires pour devenir un acteur conscient et responsable de la relation au monde et de la transformation des sociétés. L'approche scientifique nourrit le jugement critique et rencontre des préoccupations d'ordre éthique. Ainsi, c'est de façon rationnellement éclairée que chacun doit être en mesure de participer à la prise de décisions, individuelles et collectives, locales ou globales.

La science construit peu à peu un corpus de connaissances grâce à des méthodes spécifiques. ~~Elle~~ **Elle** élabore un ensemble de théories, établit des lois, invente des concepts, découvre des mécanismes, **effectue des mesures, analyse et traite des données, explique des processus, etc.** ; cet ensemble se perfectionne par la confrontation à des faits nouvellement connus, souvent en lien avec l'évolution des techniques. Le savoir scientifique est une construction collective qui a une histoire. Il est fondé sur le raisonnement rationnel et la recherche de causes matérielles ; il se développe parfois en réfutation des intuitions premières au-delà desquelles ~~le scientifique~~ **la recherche** doit s'aventurer.

La compréhension de l'histoire des savoirs scientifiques et de leur mode de construction, la pratique véritable d'une démarche scientifique (y compris dans sa dimension concrète) ~~développent~~ **cultivent** des qualités de l'esprit utiles à tous. Ainsi, en fréquentant la science, chacun développe-t-il son intelligence, sa curiosité, sa raison, **son habileté manuelle**, son humilité devant les faits et les idées pour enrichir son savoir.

Le but essentiel de l'enseignement scientifique ~~est de dispenser~~ **est de dispenser dans le tronc commun de la filière générale du lycée est de donner** une formation scientifique générale pour tous les élèves, tout en offrant un ~~point d'appui pour~~ **un solide ancrage à** ceux qui poursuivent ~~et veulent~~

poursuivre des études scientifiques. Il ne vise pas à construire un savoir encyclopédique mais cherche plutôt à atteindre trois buts intimement liés :

- contribuer à faire de chaque élève une personne lucide, consciente de ce qu'elle est, de ce qu'est le monde et de ce qu'est sa relation au monde ;
- contribuer à faire de chaque élève un des citoyens ou une citoyenne responsables, qui connaissent les conséquences de ses leurs actions sur le monde et disposent des outils nécessaires pour les contrôler analyser et les anticiper ;
- contribuer au développement en chaque élève d'un esprit rationnel, autonome et éclairé, capable d'exercer une analyse critique face aux fausses informations et aux rumeurs.

PROGRAMME

Pour atteindre les objectifs trois enjeux définis en préambule, ce programme précise d'une part des objectifs généraux de formation et présente d'autre part un ensemble d'objectifs thématiques dont les contenus sont largement interdisciplinaires.

Les premiers objectifs généraux ont pour but d'aider les élèves à cerner ce que la spécificité de la connaissance scientifique a de spécifique, dans ses pratiques, dans ses méthodes d'élaboration et dans ses enjeux de société. Les objectifs thématiques visent à consolider et à accroître la culture scientifique des élèves tout en leur fournissant les éléments d'une pratique autonome du raisonnement scientifique dans des contextes variés.

Ces deux aspects sont complémentaires. Les professeurs décident comment satisfaire aux objectifs de formation générale en traitant les contenus de chaque thème d'au moins trois thèmes. Ils doivent veiller à respecter un juste équilibre entre ces deux composantes de l'enseignement.

Les objectifs généraux de formation et les suggestions pédagogiques qui suivent concernent les deux années du cycle terminal dont les programmes constituent un ensemble cohérent. Certaines thématiques aux enjeux particulièrement importants (climat, énergie, biodiversité) sont abordées dans les programmes des deux années du cycle terminal.

I — Objectifs généraux de formation

L'enseignement scientifique cherche à développer des compétences générales par la pratique de la réflexion scientifique. **Les objectifs ci-dessous énoncés constituent une dimension essentielle de l'enseignement scientifique et ne doivent pas être négligés au profit du seul descriptif thématique.** Ils sont regroupés autour de trois idées, d'ailleurs liées entre elles.

A — Comprendre la nature du savoir scientifique et ses méthodes d'élaboration

Le savoir scientifique résulte d'une construction rationnelle. Il se distingue d'une croyance ou d'une opinion. Il s'appuie sur l'analyse de faits extraits de la réalité complexe ou produits au cours d'expériences. Il cherche à expliquer la réalité par des causes matérielles.

Le savoir scientifique résulte d'une longue construction collective jalonnée d'échanges d'arguments, de controverses parfois vives. ~~C'est lentement~~ qu'une certitude raisonnable s'installe et se précise progressivement, au gré de la prise en compte de faits nouveaux, souvent en lien avec les progrès techniques. Ce long travail intellectuel met en jeu l'énoncé d'hypothèses dont on tire des conséquences selon un processus logique. Ces modalités sont d'ailleurs en partie variables selon les disciplines concernées.

Dans le cadre de l'enseignement scientifique, il s'agit donc, en permanence, d'associer l'acquisition de quelques savoirs et savoir-faire exigibles à la compréhension de leur nature et de leur construction.

B — Identifier et mettre en œuvre des pratiques scientifiques

Au cours de son activité de production du savoir, les scientifiques mettent en œuvre un certain nombre de pratiques qui, si elles ne sont pas spécifiques de son travail, en sont néanmoins des aspects incontournables.

Quelques mots-clés permettent de les présenter : observer, décrire, mesurer, quantifier, calculer, analyser, imaginer, proposer, tester, modéliser, simuler, raisonner, expliquer, créer des scénarios pour envisager prévoir le des futurs possibles ou remonter dans le passé.

Cet enseignement contribue au développement des compétences langagières orales à travers notamment la pratique de l'argumentation. Celle-ci conduit à préciser sa pensée et à expliciter son raisonnement de manière à convaincre.

Dans le cadre de l'enseignement scientifique, il s'agit, chaque fois que l'on met en œuvre une authentique pratique scientifique, de l'expliquer et de prendre conscience de sa nature.

C — Identifier et comprendre les effets de la science sur les sociétés et sur l'environnement

Les sociétés modernes sont profondément transformées par la science et ses applications technologiques dont les leurs effets touchent l'alimentation (agriculture et agroalimentaire), la santé (médecine), les communications (transports, échange d'information), l'apprentissage et la réflexion (intelligence artificielle), la maîtrise des risques naturels et technologiques, la protection de l'environnement, etc.

La compréhension de ces transformations est indispensable à la prise de décision ; elle distingue l'approche purement scientifique d'autres approches (économiques, éthiques, etc.).

De même, les activités humaines exercent sur l'environnement des effets que la science permet de comprendre et de contrôler. Les conséquences de l'activité humaine sur l'environnement et leur contrôle seront particulièrement développées dans le programme de terminale.

Dans le cadre de l'enseignement scientifique, il s'agit de faire comprendre à chacun en quoi la culture scientifique est aujourd'hui indispensable pour saisir l'évolution des sociétés comme celle de l'environnement et de contrôler cette évolution.

Cet enseignement peut être également mis en relation avec le programme d'enseignement moral et civique de la classe de première qui propose des objets d'étude sur la bioéthique et sur la responsabilité environnementale.

II - Suggestions pédagogiques

Si les objectifs généraux ou thématiques sont clairement identifiés dans le programme, la manière de les atteindre relève de la liberté pédagogique du professeur ou de l'équipe de professeurs. Ce paragraphe ne limite nullement cette liberté pédagogique ni n'en canalise l'expression. Cependant, quelques principes pédagogiques généraux méritent d'être pris en compte pour atteindre les objectifs fixés.

A — Un enseignement en prise avec le réel complexe

Le scientifique rend intelligible le monde en déchiffrant la réalité complexe, dont il extrait des éléments qu'il analyse et dont il élucide les interactions. Il est néanmoins opportun de saisir

une ou des occasion(s) de montrer la complexité du réel lui-même. Une manière privilégiée de le faire consiste à travailler hors des murs de la classe ou de l'établissement (terrain naturel, laboratoire, entreprise, musée, etc.).

La prise en compte de la complexité impose aussi le croisement des approches de plusieurs disciplines ce qui se traduit par le caractère interdisciplinaire de cet enseignement (y compris en dehors du champ scientifique). ~~La rubrique Histoire, enjeux, débats offre des occasions de collaborations variées.~~

B — Une place particulière pour les mathématiques

Selon Galilée, le grand livre de la Nature est écrit en langage mathématique. **En effet, les modèles mathématiques aident à comprendre le monde.** C'est dans cet esprit que les mathématiques trouvent leur place dans ce programme d'enseignement scientifique. De surcroît, l'omniprésence (quoique souvent invisible) des mathématiques dans la vie quotidienne (**professionnelle et sociale**) impose aujourd'hui à tout individu de disposer de savoirs et de savoir-faire mathématiques ~~pour réussir pleinement sa vie personnelle, professionnelle et sociale.~~ Le traitement des thèmes figurant au programme permet de présenter des méthodes, modèles et outils mathématiques utilisés pour décrire et expliquer la réalité complexe du monde, mais aussi pour prédire ses évolutions. Parallèlement, le programme offre de nombreuses occasions de confronter les élèves à une pratique effective des mathématiques dans des contextes issus d'autres disciplines. Cette pratique leur permet à la fois de consolider, dans des contextes nouveaux, des compétences de calcul, de raisonnement logique et de représentation et d'exercer leur esprit critique en interrogeant les résultats d'un modèle mathématique.

C — Une place réservée à l'observation et l'expérience en laboratoire

Si des études documentaires, **des expériences de pensée** ou la résolution d'exercices permettent la mise en œuvre d'une démarche scientifique, la pratique expérimentale des élèves est essentielle. En particulier, il est bienvenu, chaque fois que possible, de créer les conditions permettant un travail de laboratoire fondé sur diverses formes de manipulations et d'observations. Ainsi, **l'élève en se livreant** lui-même à la confrontation entre faits et idées, ~~et~~ l'élève comprend, en la pratiquant, la construction du savoir scientifique.

D — Une place importante pour l'histoire raisonnée des sciences

L'une des manières de comprendre comment se construit le savoir scientifique est de retracer le cheminement effectif de sa construction au cours de l'histoire des sciences. Il ne s'agit pas de donner à l'élève l'illusion qu'il trouve en quelques minutes ce qui a demandé le travail de nombreuses générations de chercheurs, mais plutôt, en se focalisant sur un petit nombre d'étapes bien choisies de l'histoire des sciences, de faire comprendre le rôle clé joué par certaines découvertes **et de replacer celles-ci dans le contexte sociétal de l'époque.** Le rôle prépondérant joué ~~parfois par tel ou tel chercheur~~ **de grandes figures de la science, dans l'histoire et dans le monde contemporain,** sera souligné. Ce sera aussi l'occasion de montrer que l'histoire du savoir scientifique est une aventure humaine. **Cela permettra de poser la question de la dimension sociale et culturelle de la construction du savoir scientifique, en particulier celle de la place des femmes dans l'histoire des sciences.** Des controverses, ~~parfois dramatiques,~~ agitent la communauté scientifique. **et conduisent à de nouvelles investigations** ~~et~~ Ainsi, peu à peu, le savoir progresse et se précise.

E — Un usage explicite des outils numériques

Des outils numériques variés trouvent des applications dans le cadre de l'enseignement scientifique : logiciels de calcul ou de simulation, environnements de programmation, logiciels

tableurs, etc. Il convient d'associer leur utilisation par les élèves à la compréhension au moins élémentaire de leur nature et de leur fonctionnement.

III – Objectifs thématiques

La suite du programme se présente comme une succession de thèmes. Ces thèmes sont au service des trois grands objectifs de formation (comprendre la nature du savoir scientifique et ses modes d'élaboration, identifier et mettre en œuvre des pratiques scientifiques, identifier et comprendre les effets de la science sur les sociétés et l'environnement). Sa structure est explicitée ci-dessous.

~~La rubrique *Histoire, enjeux, débats* établit d'une part quelques éléments historiques en rapport avec la thématique et identifie d'autre part des liens entre le thème et quelques questions socialement vives (économiques, éthiques, etc.). Il est demandé que dans chaque thème, la manière d'aborder les attendus fasse une place à au moins l'un des items de cette liste. Par exemple, on peut choisir de traiter un point selon une démarche historique, mettre l'accent sur ses implications éthiques, etc.~~

Après une courte introduction, la rubrique Objectifs explicite, au-delà des savoirs et des savoir-faire, les lignes de force visées pour chaque thème étudié.

Une disposition en colonnes indique des savoirs et savoir-faire exigibles. Ce sont des objectifs précisément identifiés (notamment en vue de l'évaluation). Ils laissent au professeur ou à l'équipe de professeurs toute latitude pour construire la démarche. Cette double colonne indique les attendus spécifiques des thèmes. L'objectif de l'enseignement est à la fois de construire ces attendus, de former l'esprit et d'atteindre les objectifs généraux listés plus haut.

Des liens avec les mathématiques sont indiqués par une flèche double dans la colonne des savoir-faire. La double-flèche permet de mettre en avant les allers-retours entre situation contextualisée et formalisme mathématique. Il appartient au professeur de souligner ces aspects.

~~La rubrique *Prérequis et limites* montre comment sont mobilisés des acquis des classes antérieures et explicite des limites pour préciser les exigences du programme.~~

Pour atteindre les deux objectifs (Comprendre la nature du savoir scientifique et ses méthodes d'élaboration, et Identifier et comprendre les effets de la science sur les sociétés et sur l'environnement), la rubrique Pistes de mise en œuvre du programme propose des thématiques aptes à inspirer et aider le professeur. Elle ne contient aucun savoir ou savoir-faire exigible. Le professeur peut, dans le cadre de sa liberté pédagogique, choisir d'autres exemples pour travailler les deux objectifs précités. Cette rubrique est aussi l'occasion de suggérer des sujets de projets expérimentaux ; là encore, ce ne sont que des propositions qui visent à montrer que le projet expérimental et numérique peut, sans pour autant s'y restreindre, s'appuyer sur des thèmes du programme.

1 - Une longue histoire de la matière

Introduction et enjeux.

L'immense diversité de la matière dans l'Univers se décrit à partir d'un petit nombre de particules élémentaires qui se sont organisées de façon hiérarchisée, en unités de plus en plus complexes, dont l'organisation conduit à la formation d'unités de plus en plus complexes, depuis le *Big Bang* jusqu'au développement de la vie.

Histoire, enjeux et débats

De Fraunhofer à Bethe : les éléments dans les étoiles.

Hooke, Schleiden et Schwann : de la découverte de la cellule à la théorie cellulaire.

Becquerel, Marie Curie : la découverte de la radioactivité, du radium.

Industrie des métaux et du verre.

Objectifs. La connaissance de l'Univers oblige à observer et décrire à toutes les échelles de taille, d'espace et de temps.

La compréhension de l'Univers convoque des disciplines complémentaires et des approches multiples. Celle-ci est évolutive ; des théories sont proposées dans un contexte historique et scientifique précis ; elles peuvent être discutées, amendées et même réfutées dans le cadre d'une démarche scientifique.

Dans la complexification croissante de la matière, l'apparition de la vie est un évènement marquant. La singularité du vivant et donc la distinction entre le vivant et le non-vivant est d'importance fondamentale.

1.1 - Un niveau d'organisation : les éléments chimiques

Comment, à partir du seul élément hydrogène, la diversité des éléments chimiques est-elle apparue ? Aborder cette question nécessite de s'intéresser aux noyaux atomiques et à leurs transformations. Cela fournit l'occasion d'introduire un modèle mathématique d'évolution discrète.

Savoirs	Savoir-faire
Les noyaux des atomes de la centaine d'éléments chimiques stables résultent de réactions nucléaires qui se produisent au sein des étoiles à partir de l'hydrogène initial. La matière connue de l'Univers est formée principalement d'hydrogène et d'hélium alors que la Terre est surtout constituée d'oxygène, d'hydrogène, de fer, de silicium, de magnésium et les êtres vivants de carbone, hydrogène, oxygène et azote.	Produire et analyser différentes représentations graphiques de l'abondance des éléments chimiques (proportions) dans l'Univers, la Terre, les êtres vivants. L'équation d'une réaction nucléaire stellaire étant fournie, reconnaître si celle-ci relève d'une fusion ou d'une fission. ↔ Tableaux croisés, représentations de données. ↔ Calcul algébrique.
Certains noyaux sont instables et se désintègrent (radioactivité). L'instant de désintégration d'un noyau radioactif individuel est aléatoire. La demi-vie d'un noyau radioactif est la durée nécessaire pour que la moitié des noyaux initialement présents dans un échantillon macroscopique se soit désintégrée. Cette demi-vie est caractéristique du noyau radioactif.	Calculer le nombre de noyaux restants au bout de n demi-vies Estimer la durée nécessaire pour obtenir une certaine proportion de noyaux restants. Utiliser une représentation graphique pour déterminer une demi-vie. Expliquer l'utilisation de noyaux radioactifs dans un contexte médical. Utiliser une décroissance radioactive pour une datation (exemple du carbone 14). Citer quelques précautions inhérentes à l'utilisation de substances radioactives. ↔ Phénomènes aléatoires. ↔ Lectures graphiques (résolution d'équations et d'inéquations, recherche d'images et d'antécédents). ↔ Suites géométriques à termes strictement positifs, décroissance exponentielle.

Prérequis et limites

Les notions, déjà connues, de noyaux, d'atome, d'élément chimique et de réaction nucléaire sont remobilisées. Aucune connaissance n'est exigible sur les différents types de radioactivité. L'évolution du nombre moyen de noyaux restants au cours d'une désintégration radioactive se limite au cas de durées discrètes, multiples entiers de la demi-vie. Aucun formalisme sur la notion de suite n'est exigible.

Les fonctions exponentielle et logarithme ne font pas partie des connaissances attendues.

Pistes de mise en œuvre du programme

Nature du savoir scientifique et méthodes d'élaboration

Histoire des sciences : Henri Becquerel, Marie Curie, la découverte de la radioactivité, du radium.

Histoire des sciences : de Fraunhofer à Bethe, les éléments dans les étoiles.

La science face à une question : la masse manquante de l'Univers.

Sciences, société et environnement

Les enjeux de l'exploitation et de l'utilisation des terres rares.

Le projet ITER : un projet ambitieux dans le domaine de la recherche sur la fusion.

Les usages de la radioactivité et leurs liens avec la santé.

Exemples pour le projet expérimental

Exploiter des données permettant la datation d'un échantillon.

Simuler l'évolution d'une population de noyaux radioactifs.

1.2 - Des édifices ordonnés : les cristaux

L'organisation moléculaire étant déjà connue, ce thème aborde une autre forme d'organisation de la matière : l'état cristallin (qui revêt une importance majeure, tant pour la connaissance de la nature - minéraux et roches, squelettes, etc. - que pour ses applications techniques). La compréhension de cette organisation au travers des exemples choisis mobilise des connaissances sur la géométrie du cube. Elle fournit l'occasion de développer des compétences de représentation dans l'espace et de calculs de volumes.

Savoirs	Savoir-faire
<p>Le chlorure de sodium solide (présent dans les roches, ou issu de l'évaporation de l'eau de mer) est constitué d'un empilement régulier d'ions : c'est l'état cristallin.</p> <p>Plus généralement, la structure microscopique d'un cristal conditionne certaines de ses propriétés macroscopiques, notamment la masse volumique.</p>	<p>Utiliser une représentation en trois dimensions (3D) informatisée du cristal de chlorure de sodium.</p> <p>Relier l'organisation de la maille au niveau microscopique à la structure du cristal au niveau macroscopique.</p> <p>↔ Représentation dans l'espace. Perspective cavalière.</p> <p>↔ Grandeurs et mesures.</p>

<p>Plus généralement, une structure cristalline est définie par une maille élémentaire répétée périodiquement. Un type cristallin est défini par la forme géométrique de la maille, la nature et la position dans cette maille des entités qui le constituent.</p> <p>Les cristaux les plus simples peuvent être décrits par une maille cubique que la géométrie du cube permet de caractériser. La position des entités dans cette maille distingue les réseaux cubique simple et cubique à faces centrées.</p> <p>La structure microscopique du cristal conditionne certaines de ses propriétés macroscopiques, dont sa masse volumique.</p>	<p>Pour chacun des deux réseaux (cubique simple et cubique à faces centrées) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - représenter la maille en perspective cavalière ; - calculer la compacité dans le cas d'entités chimiques sphériques tangentes ; - dénombrer les atomes par maille et calculer la masse volumique du cristal.
<p>Un composé de formule chimique donnée peut cristalliser sous différents types de structures qui ont des propriétés macroscopiques différentes.</p> <p>Ainsi les minéraux se caractérisent par leur composition chimique et leur organisation cristalline. Une roche est formée de l'association de cristaux d'un même minéral ou de plusieurs minéraux.</p> <p>Des structures cristallines existent aussi dans les organismes biologiques (coquille, squelette, calcul rénal, etc.).</p>	<p>Distinguer, en termes d'échelle et d'organisation spatiale, maille, cristal, minéral, roche.</p> <p>Les identifier- Identifier des structures cristallines sur un échantillon ou une image.</p> <p>Identifier des structures cristallines chez les êtres vivants.</p> <p>↔ Grands nombres, petits nombres, puissances de 10.</p>
<p>Dans le cas des solides amorphes, l'empilement d'entités se fait sans ordre géométrique. C'est le cas du verre. Certaines roches volcaniques contiennent du verre, issu de la solidification très rapide d'une lave.</p>	<p>Mettre en relation la structure amorphe ou cristalline d'une roche et les conditions de son refroidissement.</p>
<p>Prérequis et limites</p> <p>Les notions, déjà connues, d'entité chimique, de roche et de minéral sont remobilisées. L'objectif est de présenter l'organisation de la matière propre à l'état cristallin à partir d'exemples. La diversité des systèmes cristallins et des minéraux est seulement évoquée. La description de l'état cristallin est l'occasion d'utiliser les mathématiques (géométrie du cube et de la sphère, calculs de volumes, proportions) pour décrire la nature et quantifier ses propriétés.</p> <p>Pistes de mise en œuvre du programme</p> <p>Nature du savoir scientifique et méthodes d'élaboration</p> <p>Histoire des sciences : du cristal de chlorure de sodium aux ultrastructures cellulaires, le développement de la cristallographie.</p> <p>Sciences, société et environnement</p> <p>Les pseudosciences et les croyances en lien avec les cristaux.</p> <p>Les risques sanitaires liés aux minéraux : le cas de l'amiante.</p> <p>De la recherche des cristaux rares à leur exploitation irraisonnée.</p> <p>L'utilisation des nanoparticules d'or pour traiter des cancers.</p> <p>Les cristaux dans le domaine médical (les calculs) : composition, modalités de formation ; techniques de détection et d'élimination.</p> <p>Exemple pour le projet expérimental</p> <p>Identifier les paramètres qui influencent la croissance d'un cristal.</p> <p>Utiliser les sons pour rompre les cristaux.</p>	

1.3 - Une structure complexe : la cellule vivante

Dans le monde, la matière s'organise en structure d'ordre supérieur à l'échelle moléculaire. Cette partie du programme se fixe comme objectif de montrer les caractéristiques essentielles de la vie par rapport au non-vivant.

Un exemple est ici proposé : ~~la structure cellulaire.~~ la cellule, unité fondamentale de la vie.

Savoirs	Savoir-faire
<p>La découverte de l'unité cellulaire est liée à l'invention du microscope.</p> <p>L'observation de structures semblables dans de très nombreux organismes a conduit à énoncer le concept général de cellule et à construire la théorie cellulaire.</p> <p>Plus récemment, l'invention du microscope électronique a permis l'exploration de l'intérieur de la cellule et la compréhension du lien entre échelle moléculaire et cellulaire.</p>	<p>Analyser et interpréter des documents historiques relatifs à la théorie cellulaire.</p> <p>Situer les ordres de grandeur : atome, molécule, organite, cellule, organisme.</p> <p>Relier l'échelle de la cellule, de ses organites et des molécules qui la constituent.</p> <p>↔ Échelle, proportionnalité.</p>
<p>La cellule, unité fondamentale du vivant, est un espace milieu réactionnel aqueux séparé de l'extérieur par une membrane plasmique. Cette membrane est constituée d'une bicouche lipidique et de protéines. La structure membranaire est stabilisée par le caractère hydrophile ou lipophile de certaines parties des molécules constitutives.</p> <p>Le fonctionnement cellulaire nécessite un apport en énergie, la cellule est donc en interaction permanente avec son environnement avec lequel elle réalise de nombreux échanges.</p>	<p>Relier l'échelle de la cellule et celle de la molécule (exemple de la membrane plasmique).</p> <p>Schématiser la membrane plasmique à partir de molécules dont les parties hydrophile/lipophile sont identifiées.</p> <p>Mettre en évidence des échanges au travers de la membrane plasmique.</p> <p>Discuter du statut des virus : vivants ou non vivants.</p> <p>Relier la présence de molécules exogènes avec le bon fonctionnement cellulaire, mais également avec des dysfonctionnements.</p>
<p>Pistes de mise en œuvre du programme</p> <p>Nature du savoir scientifique et méthodes d'élaboration</p> <p>Histoire des sciences : la construction de la notion de membrane plasmique.</p> <p>Histoire des sciences : la naissance de la biologie moléculaire, une synergie entre disciplines.</p> <p>Histoire des sciences : la découverte des virus.</p> <p>Sciences, société et environnement</p> <p>Des toxiques cellulaires présents dans l'environnement (protoxyde d'azote, alcool, solvants, métaux lourds, composés chimiques libérés par les cigarettes, etc.).</p> <p>Des êtres vivants pour dépolluer (bactéries, plantes, etc.).</p> <p>Reproduire ou modifier des fonctionnements cellulaires : la biologie de synthèse.</p> <p>Des questions de bioéthique : cellules souches, thérapie cellulaire, etc.</p> <p>Exemples pour le projet expérimental</p> <p>Clonage de cellules végétales.</p> <p>Plasmolyse et turgescence.</p>	

2 - Le Soleil, notre source d'énergie

Introduction et enjeux.

La Terre reçoit l'essentiel de son énergie du Soleil. Cette énergie **Les variations géographiques et calendaires de la quantité d'énergie reçue** conditionnent la température de surface de la Terre et détermine climats et saisons. Elle permet la photosynthèse des végétaux et se transmet par la nutrition à d'autres êtres vivants. **L'énergie transférée par le Soleil est indispensable au monde vivant. En effet, elle est à l'origine de plusieurs fonctions biologiques et de nombreuses sources d'énergie utilisables par l'être humain.**

Histoire, enjeux, débats

~~Repères historiques sur l'étude du rayonnement thermique (Stefan, Boltzmann, Planck, Einstein).~~

~~Le discours sur l'énergie dans la société : analyse critique du vocabulaire d'usage courant (énergie fossile, énergie renouvelable, etc.).~~

~~L'albédo terrestre : un paramètre climatique majeur.~~

~~Distinction météorologie/climatologie.~~

Objectifs. Cette partie permet de comprendre que la quantité d'énergie solaire qui est finalement reçue et absorbée à la surface du globe terrestre dépend de nombreux paramètres. La transformation de l'énergie lumineuse en énergie chimique par la photosynthèse est à l'origine des échanges d'énergie qui existent entre de nombreux êtres vivants, dont l'être humain, et leur environnement. La photosynthèse des temps passés est à l'origine des combustibles fossiles utilisés dans le temps présent. Leur usage massif depuis la révolution industrielle, et donc sur une période très courte au regard de la durée des périodes géologiques qui ont été nécessaires pour constituer ces énergies fossiles, constitue une part importante du déséquilibre contemporain qui existe entre la fixation du dioxyde de carbone atmosphérique et son rejet. L'un des enjeux des sources d'énergie renouvelables est d'utiliser de l'énergie solaire actuelle et non pas des sources d'énergie fossiles. Les sources d'énergie renouvelables liées à l'énergie solaire sont diversifiées et ne contribuent pas au réchauffement climatique.

2.1 - Le rayonnement solaire

Le soleil transmet à la Terre de l'énergie par rayonnement ~~électromagnétique~~.

Savoirs

Savoir-faire

<p>L'énergie dégagée par les réactions de fusion de l'hydrogène qui se produisent dans les étoiles les maintient à une température très élevée.</p> <p>Du fait de l'équivalence masse-énergie (relation d'Einstein), ces réactions s'accompagnent d'une diminution de la masse solaire au cours du temps.</p> <p>Comme tous les corps matériels, les étoiles et le Soleil émettent des ondes électromagnétiques et donc perdent de l'énergie par rayonnement.</p> <p>Le spectre du rayonnement émis par la surface (modélisé par un spectre de <i>corps noir</i>) dépend seulement de la température de surface de l'étoile.</p> <p>La longueur d'onde d'émission maximale est inversement proportionnelle à la température absolue de la surface de l'étoile (loi de Wien).</p> <p>Le spectre d'un corps noir est caractérisé par les propriétés suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La longueur d'onde d'émission maximale est inversement proportionnelle à la température (loi de Wien). - La puissance émise par unité de surface est proportionnelle à la puissance quatrième de la température (loi de Stefan). 	<p>À partir d'une représentation graphique du spectre d'émission du corps noir à une température donnée, déterminer la longueur d'onde d'émission maximale.</p> <p>Déterminer la masse solaire transformée chaque seconde en énergie à partir de la donnée de la puissance rayonnée par le Soleil.</p> <p>Appliquer la loi de Wien pour déterminer la température de surface d'une étoile à partir de la longueur d'onde d'émission maximale.</p> <p>↔ Grandeurs quotients, grandeurs et mesures, calcul algébrique, résolution d'équations.</p> <p>↔ Représentation graphique.</p> <p>↔ Proportionnalité.</p> <p>↔ Calcul algébrique sur les puissances.</p>
<p>La puissance radiative reçue du Soleil par une surface plane est proportionnelle à l'aire de la surface et dépend de l'angle entre la normale à la surface et la direction du Soleil.</p> <p>De ce fait, la puissance solaire reçue par unité de surface terrestre dépend :</p> <ul style="list-style-type: none"> - de l'heure (variation diurne) ; - du moment de l'année (variation saisonnière) ; - de la latitude (zonation climatique). 	<p>Sur un schéma, identifier les configurations pour lesquelles la puissance reçue par une surface est maximale ou minimale.</p> <p>Analyser, interpréter et représenter graphiquement des données de températures. Calculer des moyennes temporelles de températures. Comparer des distributions temporelles de températures</p> <p>Étudier des effets liés à l'exposition des êtres humains au rayonnement solaire.</p> <p>↔ Représentation graphique.</p> <p>↔ Grandeurs quotients, grandeurs et mesures, nombres relatifs.</p> <p>↔ Calcul de moyennes.</p> <p>↔ Géométrie.</p>
<p>Prérequis et limites</p> <p>Les notions de base concernant l'énergie et la puissance, déjà connues, sont remobilisées. La loi de Planck n'est pas explicitée : toutes les analyses spectrales sont réalisées à partir de représentations graphiques.</p> <p>La relation entre la température absolue, exprimée en kelvin, et la température en degrés Celsius est fournie, ainsi que la loi de Wien.</p> <p>Pistes de mise en œuvre du programme</p>	

Nature du savoir scientifique et méthodes d'élaboration

Histoire des sciences : repères historiques sur l'étude du rayonnement thermique (Stefan, Boltzmann, Planck, Einstein).

Le devenir du Soleil : modèle d'évolution.

Sciences, société et environnement

Les conséquences de la captation directe de l'énergie solaire par les êtres humains et leurs effets sur la santé humaine.

L'analyse et l'exploitation des campagnes de santé publique de sensibilisation sur les dangers du Soleil et les mesures de protection possibles.

Exemples pour le projet expérimental

La caméra thermique : un outil d'investigation précieux pour visualiser des champs de température surfaciques.

Étude du rayonnement solaire.

2.2 - Le bilan radiatif terrestre

La Terre reçoit le rayonnement solaire et émet elle-même un rayonnement. Le bilan radiatif conditionne le milieu de vie. La compréhension de cet équilibre en classe de première permettra d'aborder sa perturbation par l'humanité en classe terminale.

Savoirs	Savoir-faire
<p>La proportion de la puissance totale, émise par le Soleil et atteignant la Terre, est déterminée par son rayon et sa distance au Soleil.</p> <p>Une fraction de cette puissance, quantifiée par l'albédo terrestre moyen, est diffusée par la Terre vers l'espace, le reste est absorbé par l'atmosphère, les continents et les océans.</p>	<p>En s'appuyant sur un schéma, calculer la proportion de la puissance émise par le Soleil qui atteint la Terre.</p> <p>L'albédo terrestre étant donné, déterminer la puissance totale reçue par le sol de la part du Soleil.</p> <p>↔ Géométrie : calculs d'aires.</p> <p>↔ Proportionnalité.</p>
<p>Le sol La surface terrestre émet un rayonnement électromagnétique dans le domaine infra-rouge (longueur d'onde voisine de 10 μm) dont la puissance par unité de surface augmente avec la température.</p> <p>Une partie de cette puissance est absorbée par l'atmosphère, qui elle-même émet un rayonnement infrarouge vers le sol et vers l'espace vers l'espace et vers la surface terrestre (effet de serre).</p> <p>La puissance reçue par le sol la surface terrestre en un lieu donné est égale à la somme de la puissance reçue du Soleil et de celle reçue de l'atmosphère. Ces deux dernières sont du même ordre de grandeur.</p> <p>Un équilibre, qualifié de <i>dynamique</i>, est atteint lorsque le sol la surface terrestre reçoit au total une puissance moyenne égale à celle qu'il émet.</p> <p>La température moyenne du sol la surface terrestre est alors constante.</p>	<p>Commenter la courbe d'absorption de l'atmosphère terrestre en fonction de la longueur d'onde</p> <p>Représenter sur un schéma les différents rayonnements reçus et émis par le sol.</p> <p>Expliquer qualitativement l'influence des différents facteurs (albedo, effet de serre) sur la température terrestre moyenne.</p> <p>↔ Lectures graphiques.</p> <p>↔ Grandeurs et mesures.</p>

<p>Prérequis et limites</p> <p>Les notions de longueur d'onde du rayonnement et de spectre visible, déjà connues, sont remobilisées.</p> <p>L'objectif de ce paragraphe est de comprendre qualitativement comment le bilan énergétique de la Terre conditionne sa température.</p> <p>La théorie de l'effet de serre et la connaissance de la loi de Stefan-Boltzmann ne sont pas exigibles.</p> <p>Le réchauffement climatique global associé au renforcement de l'effet de serre sera étudié en détail en terminale, mais il peut être utilement mentionné.</p> <p>Pistes de mise en œuvre du programme</p> <p>Nature du savoir scientifique et méthodes d'élaboration</p> <p>Histoire récente des sciences : vers l'objectivation du constat d'une cause anthropique au réchauffement climatique.</p> <p>Sciences, société et environnement</p> <p>L'importance de la reconstitution de la couche d'ozone.</p> <p>Exemples pour le projet expérimental</p> <p>Approche expérimentale de l'effet de serre : étude critique et notion de modèle.</p> <p>Impact de la fonte des glaces sur l'albédo terrestre : mesures quantitatives avec radiomètre.</p>	
<p>2.3 - Une conversion biologique de l'énergie solaire : la photosynthèse</p> <p>L'utilisation par la photosynthèse d'une infime partie de l'énergie solaire reçue par la planète fournit l'énergie nécessaire à l'ensemble des êtres vivants (à l'exception de certains milieux très spécifiques non évoqués dans ce programme).</p>	
Savoirs	Savoir-faire
<p>Une partie du rayonnement solaire absorbé par les organismes chlorophylliens permet la synthèse de matière organique à partir d'eau, de sels minéraux et de dioxyde de carbone (photosynthèse). À l'échelle de la planète, les organismes chlorophylliens utilisent pour la photosynthèse environ 0,1% de la puissance solaire totale disponible. À l'échelle de la feuille (pour les plantes), la photosynthèse utilise une très faible fraction de la puissance radiative reçue, le reste est soit diffusé, soit transmis, soit absorbé (échauffement et évapotranspiration).</p> <p>L'utilisation par les organismes chlorophylliens d'une infime partie de l'énergie solaire reçue par la Terre, fournit l'énergie nécessaire à la synthèse de matière organique à partir de matière minérale (eau, ions, dioxyde de carbone) : c'est la photosynthèse.</p> <p>La photosynthèse permet l'entrée dans la biosphère de matière minérale stockant de l'énergie sous forme chimique. la nutrition de presque toutes les formes de vie de la planète Terre.</p> <p>Ces molécules Les molécules organiques peuvent être transformées par respiration ou fermentation pour libérer l'énergie nécessaire au fonctionnement des êtres vivants.</p>	<p>Recenser, extraire et organiser des informations pour prendre conscience de l'importance planétaire de la photosynthèse.</p> <p>Comparer les spectres d'absorption et d'action photosynthétique d'un végétal. Représenter sur un schéma les différents échanges d'énergie au niveau d'une feuille.</p> <p>Utiliser des données quantitatives sur l'apport énergétique d'aliments dans un bilan d'énergie correspondant à des activités variées.</p> <p>Mettre en évidence des aspects qualitatifs de l'équilibre alimentaire. Relier des déséquilibres alimentaires à la prévalence mondiale de la dénutrition, des maladies</p>

<p>L'alimentation apporte ces molécules organiques. L'équilibre alimentaire est un élément essentiel à une bonne santé.</p>	<p>cardiovasculaires, des diabètes, ou de l'obésité. ↔ Proportions, pourcentages. ↔ Grandeurs et mesures.</p>
<p>À l'échelle des temps géologiques, une partie de la matière organique s'accumule dans les sédiments puis se transforme en donnant des combustibles fossiles : gaz, charbon, pétrole.</p>	<p>À partir de l'étude d'un combustible fossile ou d'une roche de son environnement, discuter son origine biologique.</p>
<p>Prérequis et limites Les notions de biologie et géologie utiles à ce paragraphe, déjà connues, sont remobilisées (photosynthèse, respiration, fermentation, sédimentation, combustible fossile). Sans les approfondir, il s'agit de montrer comment elles sont utiles pour comprendre les flux d'énergie à différentes échelles. Aucun développement sur les mécanismes cellulaires et moléculaires n'est exigible.</p> <p>Pistes de mise en œuvre du programme Nature du savoir scientifique et méthodes d'élaboration Histoire des sciences : repères historiques sur l'étude des pigments photosynthétiques permettant de capter l'énergie solaire (Pelletier, Caventou, Engelmann). Histoire des sciences : les méthodes calorimétriques. Les bases scientifiques des principes diététiques.</p> <p>Sciences, société et environnement Discuter de l'incidence du déclin d'organismes chlorophylliens comme ceux constituant le phytoplancton. Discuter de différents comportements alimentaires et de leurs effets pour soi et pour la planète.</p> <p>Exemple pour le projet expérimental La place de l'activité physique dans le bilan énergétique humain. Thermorégulation chez les mammifères.</p>	
<p>2.4 – Le bilan thermique du corps humain La température du corps est stable. Cette stabilité résulte d'un ensemble de flux présentés ici.</p> <p>2.4 - Une diversité de sources d'énergie utilisables par l'Humanité Une partie des sources d'énergie disponibles sur Terre ont pour origine le rayonnement solaire ; elles sont disponibles sous la forme de stocks et de flux, peuvent être, comme les combustibles fossiles, non renouvelables à l'échelle des temps de l'humanité ou, comme la biomasse, renouvelables.</p>	
<p>Savoirs La température du corps reste stable parce que l'énergie qu'il libère est compensée par l'énergie dégagée par la respiration cellulaire ou les fermentations. Globalement, la puissance thermique libérée par un corps humain dans les conditions de vie courante, au repos, est de l'ordre de 100 W. De nombreuses sources ou flux d'énergie sont directement ou indirectement issus de l'énergie radiative transférée par le Soleil. La comparaison entre la durée de formation d'une source d'énergie et</p>	<p>Savoir-faire Représenter sur un schéma qualitatif les différents échanges d'énergie entre l'organisme et le milieu extérieur. Utiliser des données quantitatives sur l'apport énergétique d'aliments dans un bilan d'énergie correspondant à des activités variées. Citer quelques sources d'énergie renouvelables et non renouvelables.</p>

<p>la durée prévisible d'épuisement de celle-ci en raison de son exploitation permet de distinguer une source d'énergie renouvelable d'une source d'énergie non renouvelable.</p> <p>Les combustibles fossiles se sont formés à partir de la matière organique produite par photosynthèse, il y a plusieurs dizaines à plusieurs centaines de millions d'années.</p> <p>La biomasse est constituée de matière organique utilisable comme source d'énergie. L'énergie résultant de l'utilisation de la biomasse est principalement obtenue par combustion ou par fermentation.</p>	<p>Étudier des atouts et des limites liées à l'utilisation de sources d'énergie renouvelables et non renouvelables.</p> <p>À partir de l'étude d'un combustible fossile ou d'une roche, débattre de l'origine (biologique ou non) des matériaux analysés.</p> <p>Comparer différents pouvoirs calorifiques par unité de masse suivant la nature de la biomasse.</p> <p>↔ Grandeurs et mesures. Grandeurs quotients.</p> <p>↔ Puissances de 10.</p> <p>↔ Pourcentages.</p>
<p>Prérequis et limites</p> <p>Les notions de conservation et de conversion d'énergie, déjà connues, sont remobilisées. La respiration et le rôle énergétique des aliments, déjà connus, sont remobilisés.</p> <p>Aucun développement n'est attendu concernant les mécanismes cellulaires et moléculaires.</p> <p>Pistes de mise en œuvre du programme</p> <p>Nature du savoir scientifique et méthodes d'élaboration</p> <p>Histoire des sciences et techniques : évolution de l'utilisation des sources d'énergie renouvelables et non renouvelables au cours du temps.</p> <p>Les réserves de combustibles fossiles : enjeux et incertitudes.</p> <p>Sciences, société et environnement</p> <p>Les enjeux liés au déclin du phytoplancton.</p> <p>Analyse de discours sur l'énergie dans la société et analyse critique du vocabulaire d'usage courant : énergie « propre », énergie fossile, énergie renouvelable, source d'énergie, ressource énergétique, etc.</p> <p>Exemples pour le projet expérimental</p> <p>Évaluer le pouvoir calorifique d'une substance.</p> <p>Optimiser le rendement d'une éolienne.</p>	

3 - La Terre, un astre singulier

Introduction et enjeux.

La Terre, singulière parmi un nombre gigantesque de planètes, est un objet d'étude ancien. Les évidences apparentes et les récits non scientifiques ont d'abord conduit à de premières représentations **sur son origine et sa place dans l'Univers**. La compréhension scientifique de sa forme, son âge et son mouvement résulte d'un long cheminement, ~~émaillé de controverses.~~ **de la pensée scientifique.**

Histoire, enjeux et débats

L'histoire de la mesure du méridien terrestre par Ératosthène (et les hypothèses d'Anaxagore). L'histoire de la mesure du méridien terrestre par Delambre et Méchain (détermination de la longueur du méridien reliant Dunkerque à Barcelone). Histoire de la définition du mètre.

Quelques grandes étapes de l'étude de l'âge de la Terre : Buffon, Darwin, Kelvin, Rutherford. Modalités de la construction d'une approche scientifique d'une question controversée pour aboutir à un résultat stabilisé.

Grandes étapes de la controverse sur l'organisation du système solaire : Ptolémée, Copernic, Galilée, Kepler, Tycho Brahe, Newton.

Objectifs. La connaissance des caractéristiques de la Terre (rayon terrestre, forme et âge) s'est construite sur un temps très long, donnant lieu à plusieurs controverses. L'évolution des observations, des outils mathématiques et techniques a permis d'aboutir à un résultat stabilisé. Cette partie du programme donne l'occasion de distinguer un savoir scientifique d'une croyance.

3.1 - La forme de la Terre

L'environnement « plat » à notre échelle de perception cache la forme réelle de la Terre, dont la compréhension résulte d'une longue réflexion d'un long processus. Au-delà de la dimension historique et culturelle, la mise en œuvre de différentes méthodes de calcul de longueurs à la surface de la Terre permet de développer des compétences mathématiques de calcul et de représentation et invite à exercer un esprit critique sur les différents résultats obtenus, les approximations réalisées et les limites d'un modèle.

Savoirs	Savoir-faire
<p>Dès l'Antiquité, des observations de différentes natures ont permis de conclure que la Terre était sphérique, alors même que, localement, elle apparaît plane dans la plupart des expériences quotidiennes.</p> <p>Historiquement, des méthodes géométriques ont permis de calculer la longueur d'un méridien (environ 40 000 km) à partir de mesures d'angles ou de longueurs : méthodes d'Ératosthène et de triangulation plane de Delambre et Méchain.</p>	<p>Donner des preuves de la rotondité de la Terre de l'Antiquité à nos jours.</p> <p>Calculer la longueur du méridien terrestre par la méthode d'Ératosthène.</p> <p>Expliquer la méthode de triangulation utilisée par Delambre et Méchain.</p> <p>Calculer une longueur par la méthode de triangulation utilisée par Delambre et Méchain.</p> <p>Calculer le rayon de la Terre à partir de la longueur du méridien.</p> <p>Calculer la distance à l'horizon à partir du rayon de la Terre.</p> <p>↔ Calcul algébrique.</p> <p>↔ Géométrie du cercle, du triangle et de la sphère.</p> <p>↔ Théorème de Pythagore.</p> <p>↔ Grandeurs quotients.</p>
<p>On repère un point à la surface de la Terre par deux coordonnées angulaires, sa latitude et sa longitude, et par son altitude par rapport à un niveau de référence.</p> <p>Le plus court chemin entre deux points à la surface de la Terre, assimilée à une sphère parfaite, est l'arc du grand cercle qui les relie.</p>	<p>Calculer la longueur d'un arc de méridien et d'un arc de parallèle.</p> <p>Comparer, à l'aide d' Utiliser un système d'information géographique, pour comparer les longueurs de différents chemins reliant deux points à la surface de la Terre.</p> <p>↔ Géométrie de la sphère.</p>

Prérequis et limites

~~La connaissance de la loi des sinus ($\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C}$) n'est pas exigible. Elle est fournie~~

~~pour mettre en œuvre le principe de triangulation plane (calcul d'une longueur à partir de la mesure d'une autre longueur et de deux angles).~~

~~On admet que la longueur d'un arc de cercle est proportionnelle à l'angle qui l'intercepte. Le repérage sur une sphère, déjà connu des élèves, est remobilisé.~~

~~Le calcul de la longueur entre deux points le long d'un grand cercle n'est pas exigible.~~

Pistes de mise en œuvre du programme

Nature du savoir scientifique et méthodes d'élaboration

Histoire des sciences : mesure du méridien terrestre par Ératosthène et les hypothèses d'Anaxagore.

Histoire des sciences : mesure du méridien terrestre par Delambre et Méchain.

Histoire des sciences : définition du mètre.

Sciences, société et environnement

Le repérage de la hauteur des océans en lien avec le réchauffement climatique.

Systèmes de localisation par satellite : usages et limites.

Exemples pour le projet expérimental

Sciences participatives : mesure de l'accélération de la pesanteur suivant la latitude.

Mesure d'une distance par triangulation.

3.2 - L'histoire de l'âge de la Terre

L'âge de la Terre est d'un ordre de grandeur sans rapport avec la vie humaine. Sa compréhension progressive met en œuvre des arguments variés.

Savoirs	Savoir-faire
<p>Au cours de l'histoire des sciences, plusieurs arguments ont été utilisés pour aboutir à la connaissance actuelle de l'âge de la Terre : temps de refroidissement, empilements sédimentaires, évolution biologique, radioactivité.</p> <p>Grâce à l'existence de certains noyaux radioactifs contenus dans les minéraux des roches, L'âge de la Terre aujourd'hui précisément déterminé est de $4,57 \cdot 10^9$ ans.</p>	<p>Interpréter des documents présentant des arguments historiques utilisés pour comprendre l'âge de la Terre.</p> <p>Identifier diverses théories impliquées dans la controverse scientifique de l'âge de la Terre.</p> <p>↔ Ordres de grandeur.</p>

Prérequis et limites

~~L'objectif n'est pas de connaître dans le détail les arguments utilisés au cours de l'histoire des sciences, mais de savoir interpréter des données relatives à ces arguments. Il s'agit de prendre appui sur cet exemple pour montrer comment la science construit et perfectionne peu à peu sa compréhension de la nature, en exploitant des faits nouveaux apparus successivement. Il s'agit aussi de montrer qu'une question scientifique complexe est résolue grâce à la participation de plusieurs domaines de spécialité.~~

Pistes de mise en œuvre du programme

Nature du savoir scientifique et méthodes d'élaboration

Histoire des sciences : quelques étapes de l'étude de l'âge de la Terre, Buffon, Darwin, Kelvin, Rutherford. Pluralité des démarches scientifiques.

La datation des météorites pour préciser l'âge de la Terre.

Sciences, société et environnement

<p>Faits et croyances actuelles autour de l'origine et de l'âge de la Terre. Exemple pour le projet expérimental Refroidissement d'un corps.</p>	
<p>3.3 - La Terre dans l'Univers</p> <p>Le mouvement de la Terre dans l'Univers a été l'objet de célèbres et violentes controverses. L'étude de quelques aspects de ces débats permet de comprendre la difficulté de la construction du savoir scientifique.</p>	
Savoirs	Savoir-faire
<p>Observée dans un référentiel fixe par rapport aux étoiles, la Terre parcourt une trajectoire quasi circulaire autour du Soleil. Le passage d'une conception géocentrique à une conception héliocentrique constitue l'une des controverses majeures de l'histoire des sciences.</p>	<p>Interpréter des documents présentant des arguments historiques pour discuter la théorie héliocentrique.</p> <p>↔ Rotation.</p>
<p>Observée dans un référentiel géocentrique, la Lune tourne autour de la Terre sur une trajectoire quasi-circulaire. Elle présente un aspect qui varie au cours de cette rotation (phases). La Lune tourne également sur elle-même et présente toujours la même face à la Terre.</p>	<p>Interpréter l'aspect de la Lune dans le ciel en fonction de sa position par rapport à la Terre et au Soleil.</p> <p>↔ Géométrie : cercle, sphère et disque ; rotations.</p>
<p>La puissance lumineuse émise par le Soleil et la distance au Soleil associée à la gravité de la Terre permettent à la Terre de conserver de l'eau liquide à sa surface. L'eau sur Terre est inégalement répartie dans l'espace, mais aussi dans le temps. Seule une faible partie des réserves hydriques est directement potable. La gestion des ressources hydriques et leur protection sont un enjeu pour l'humanité.</p>	<p>Étudier des données actuelles sur les exoplanètes en lien avec la zone d'habitabilité. Décrire la répartition de l'eau douce dans le monde. Estimer le volume d'une réserve d'eau douce à partir de données fournies.</p> <p>↔ Proportionnalité. ↔ Grandeurs et mesures, puissances de 10, ordres de grandeur.</p>
<p>Prérequis et limites L'organisation du système solaire est déjà connue. L'accent est mis ici sur la compréhension de cette organisation au cours de l'histoire des sciences et sur l'importance des controverses scientifiques concernées.</p> <p>Pistes de mise en œuvre du programme Nature du savoir scientifique et méthodes d'élaboration Histoire des sciences : les grandes étapes de la controverse sur l'organisation du système solaire : Ptolémée, Copernic, Galilée, Kepler, Tycho Brahe, Newton. Histoire des sciences : la controverse sur l'origine de la Lune. Sciences, société et environnement Programme scientifique d'implantation sur la Lune. Utilisation des ressources potentielles de la Lune. Distinguer arguments scientifiques et croyances sur l'influence de la Lune. Identifier les causes et les incidences du stress hydrique sur l'environnement et la santé humaine ainsi que les possibilités de l'atténuer. La protection des ressources hydriques.</p>	

Exemples pour le projet expérimental

Exploiter et/ou réaliser des observations astronomiques.

Rechercher des données relatives à un lien supposé entre l'influence de la Lune et un fait biologique.

Mesurer et suivre des ressources d'eau douce.

4 - Son et musique, porteurs d'information et audition

Introduction et enjeux.

L'être humain perçoit le monde à l'aide de signaux, porteurs d'information, dont certains sont de nature sonore. De l'Antiquité jusqu'à nos jours, il a combiné les sons de manière harmonieuse pour en faire un art, la musique, qui entretient des liens privilégiés avec les mathématiques. L'informatique permet aujourd'hui de numériser les sons et la musique.

Enfin La compréhension des mécanismes auditifs s'inscrit dans une perspective d'éducation à la santé.

Histoire, enjeux, débats

L'histoire de l'analyse temps-fréquence depuis Fourier.

La controverse entre d'Alembert, Euler et Daniel Bernoulli sur le problème des cordes vibrantes.

L'histoire des gammes, de Pythagore à Bach.

Des algorithmes au cœur de la composition musicale : de l'Offrande musicale de Bach à la musique contemporaine.

Les enjeux culturels et économiques de la numérisation et de la compression des sons. La santé auditive.

Objectifs. Cette partie est l'occasion de mettre l'accent sur certaines spécificités du son et de l'audition humaine : la régularité lorsqu'il devient musique, la non-linéarité de la sensation par rapport à la stimulation, la complexité au moment de sa numérisation et de son stockage. L'étude du système auditif humain permet d'éclairer l'élève sur le fonctionnement de l'oreille et les risques inhérents à une exposition excessive au bruit. Cette partie peut ouvrir sur le son en tant qu'outil d'investigation de la matière et de l'environnement ainsi que comme moyen de communication entre les êtres vivants.

4.1 - Le son, phénomène vibratoire Son et musique

La banalité du son dans l'environnement cache une réalité physique précise.

Savoirs	Savoir-faire
<p>Un son pur est associé à un signal dépendant du temps de façon sinusoïdale.</p> <p>Un signal périodique de fréquence f se décompose en une somme de signaux sinusoïdaux de fréquences multiples de f. Le son associé à ce signal est un son composé. f est appelée fréquence fondamentale, les autres fréquences sont appelées harmoniques.</p> <p>La puissance par unité de surface transportée par une onde sonore est quantifiée par son intensité.</p> <p>Son niveau d'intensité sonore est exprimé en décibels selon une échelle logarithmique.</p>	<p>Utiliser un logiciel permettant de visualiser le spectre d'un son. Utiliser un logiciel pour produire des sons purs et composés.</p> <p>Utiliser l'échelle logarithmique de niveau d'intensité sonore pour relier l'intensité sonore au niveau d'intensité sonore.</p> <p>Relier puissance sonore par unité de surface et niveau d'intensité sonore exprimé en décibels.</p> <p>↔ Représentations graphiques.</p> <p>↔ Grandeurs quotients.</p>

	<p>↔ Calcul algébrique. ↔ Fonctions trigonométriques.</p>
<p>Une La corde tendue d'un instrument à cordes émet en vibrant un son composé dont la fréquence fondamentale ne dépend que de ses caractéristiques (longueur, tension, masse linéique par unité de longueur). Dans les instruments à vent, un phénomène analogue se produit par vibration de l'air dans un tuyau.</p>	<p>Relier qualitativement la fréquence fondamentale du signal émis et la longueur d'une corde vibrante.</p>
<p>Prérequis et limites Les notions de son et de fréquence, déjà connues des élèves, sont remobilisées. La sinusoïde est définie à partir de sa représentation graphique. Aucune construction mathématique de la fonction n'est attendue. La formule donnant la fréquence fondamentale d'une corde vibrante en fonction de ses caractéristiques n'est pas exigible.</p>	
<p>4.2 – La musique ou l'art de faire entendre les nombres Comment l'analyse mathématique du phénomène vibratoire du son aboutit-elle à une production artistique ? La musique et les mathématiques sont deux langages universels. Les Grecs anciens les ont dotés d'une origine commune puisque la théorie pythagoricienne des proportions avait pour but de percer les secrets de l'harmonie musicale. Depuis, les évolutions de la musique et des mathématiques se sont enrichies mutuellement.</p>	
Savoirs	Savoir-faire
<p>Partie intégrée dans 4.1 En musique, un intervalle entre deux sons est défini par le rapport (et non la différence) de leurs fréquences fondamentales. Deux sons dont les fréquences sont dans le rapport 2/1 correspondent à une même note, à deux hauteurs différentes. L'intervalle qui les sépare s'appelle une octave.</p>	<p>Relier qualitativement la fréquence fondamentale du signal émis aux caractéristiques d'une corde vibrante. Identifier deux notes à l'octave à l'aide de leur spectre. ↔ Grandeurs quotients. ↔ Puissances de 2.</p>

<p>Une gamme est une suite finie de notes réparties sur une octave. Dans l'Antiquité, la construction des gammes était basée sur des fractions simples, ($2/1$, $3/2$, $4/3$, etc.). En effet, des sons dont les fréquences sont dans ces rapports simples étaient alors considérés comme les seuls à être consonants. Une quinte est un intervalle entre deux fréquences de rapport $3/2$. Les gammes dites de Pythagore sont basées sur le cycle des quintes. Pour des raisons mathématiques, ce cycle des quintes ne « reboucle » jamais sur la note de départ. Cependant, les cycles de 5, 7 ou 12 quintes « rebouclent » presque. Pour les gammes associées, l'identification de la dernière note avec la première impose que l'une des quintes du cycle ne corresponde pas exactement à la fréquence $3/2$.</p>	<p>Calculer des puissances et des quotients en lien avec le cycle des quintes.</p> <p>Mettre en place un raisonnement mathématique pour prouver que le cycle des quintes est infini.</p>
<p>Les intervalles entre deux notes consécutives des gammes dites de Pythagore ne sont pas égaux, ce qui entrave la transposition. La connaissance des nombres irrationnels a permis, au XVII^e siècle, de construire des gammes à intervalles égaux.</p>	<p>Utiliser la racine douzième de 2 pour partager l'octave en douze intervalles égaux.</p>
<p>Prérequis et limites</p> <p>La construction des gammes dites de Pythagore s'appuie sur des connaissances mathématiques acquises au collège sur les fractions et les puissances et permet de les mobiliser dans un contexte artistique. L'introduction des gammes « au tempérament égal » permet de comprendre en quoi la découverte des nombres irrationnels a des applications en dehors du champ mathématique. La racine douzième de 2 est introduite par analogie avec la racine carrée, en lien avec l'utilisation de la calculatrice.</p> <p>Pistes de mise en œuvre du programme</p> <p>Nature du savoir scientifique et méthodes d'élaboration</p> <p>Une controverse scientifique : le problème des cordes vibrantes entre d'Alembert, Euler et Daniel Bernoulli. Histoire des sciences : analyse temps-fréquence depuis Fourier. Histoire des sciences : les gammes de Pythagore à Bach.</p> <p>Sciences, société et environnement</p> <p>Les instruments et les musiques du monde. Les principes de l'éco-acoustique pour étudier la biodiversité. La production des sons chez les animaux.</p> <p>Exemples pour le projet expérimental</p> <p>La voie humaine : production et analyse. Comparer les sons émis par différents instruments. Enregistrer des ultrasons de la nature. Identifier des espèces et des individus en analysant des spectres sonores.</p>	

4.3 4.2 – Le son, une information à coder	
<p>Le son, vibration de l'air, peut être enregistré sur un support informatique. Les techniques numériques ont mis en évidence un nouveau type de relations entre les sciences et les sons, le processus de numérisation dérivant lui-même de théories mathématiques et informatiques.</p>	
Savoirs	Savoir-faire
<p>Pour numériser un son, on procède à la discrétisation du signal analogique sonore (échantillonnage et quantification). Plus la fréquence d'échantillonnage est élevée et la quantification est fine, plus la numérisation est fidèle, mais plus la taille du fichier audio est grande. La reproduction fidèle du signal analogique nécessite une fréquence d'échantillonnage au moins double de celle du son.</p>	<p>Justifier le choix des paramètres de numérisation d'un son. Estimer la taille d'un fichier audio. ↔ Grandeurs et mesures, puissances de 2.</p>
<p>La compression consiste à diminuer la taille d'un fichier afin de faciliter son stockage et sa transmission. Les techniques de compression spécifiques au son, dites « avec perte d'information », éliminent les informations sonores auxquelles l'oreille est peu sensible. Une quantité énorme d'informations audio (et vidéo) est échangée, ce qui entraîne un développement important des capacités de stockage.</p>	<p>Calculer un taux de compression. Comparer des caractéristiques et des qualités de fichiers audio compressés. Discuter de la problématique des échanges de fichiers numériques audio, mais aussi vidéo d'un point de vue énergétique. ↔ Grandeurs et mesures. ↔ Proportions, pourcentages.</p>
<p>Prérequis et limites L'étude de la numérisation du son s'appuie sur les connaissances acquises dans l'enseignement « Sciences numériques et technologie » de seconde en matière de numérisation d'images.</p> <p>Pistes de mise en œuvre du programme Nature du savoir scientifique et méthodes d'élaboration Histoire des sciences : de l'analogique au numérique. Sciences, société et environnement L'obsolescence des supports de stockage de l'information. Les enjeux écologiques de l'économie du numérique. Exemple pour le projet expérimental Numérisation d'un signal audio.</p>	
<p>4.4 4.3 - Entendre la musique et protéger son audition L'air qui vibre n'est musique que parce que notre oreille l'entend et que notre cerveau la perçoit comme telle. Mais l'excès de sons, même s'il est musical, est une forme de perturbation de l'environnement. peut être à l'origine d'une altération de la fonction auditive. Protéger son audition est un enjeu majeur pour la santé.</p>	
Savoirs	Savoir-faire

<p>L'être humain ne perçoit qu'une partie des sons supérieurs à une intensité seuil et dans une gamme de fréquences entre 20 et 20 000 Hz. Cette perception varie selon l'âge et l'état auditif.</p> <p>L'oreille externe canalise les sons du milieu extérieur vers le tympan. Cette membrane vibrante transmet ces vibrations jusqu'à l'oreille interne par l'intermédiaire de l'oreille moyenne.</p> <p>Dans l'oreille interne, des cellules ciliées traduisent les vibrations reçues en un message nerveux qui se propage vers des aires cérébrales spécialisées.</p> <p>Certaines permettent, après apprentissage, l'interprétation de l'univers sonore (parole, voix, musique, etc.).</p>	<p>Relier l'organisation de l'oreille externe et de l'oreille moyenne à la réception et la transmission de la vibration sonore.</p> <p>Analyser des anomalies et pathologies auditives.</p> <p>Interpréter des données de microscopie pour comprendre le fonctionnement des cellules ciliées et la fragilité du système auditif.</p> <p>Interpréter des données d'imagerie cérébrale relatives au traitement de l'information sonore.</p>
<p>L'être humain peut percevoir des sons de niveaux d'intensité approximativement compris entre 0 et 120 dB.</p> <p>Au-delà de 80 dB, un son peut devenir nocif selon son intensité et sa durée d'écoute. Il en résulte des effets sur la santé.</p> <p>Les sons audibles par les humains ont des fréquences comprises entre 20 et 20 000 Hz. Dans l'oreille interne, des structures cellulaires (cils vibratiles) entrent en résonance avec les vibrations reçues et les traduisent en un message nerveux qui se dirige vers le cerveau.</p> <p>Les cils vibratiles cellules ciliées, en quantité limitée, sont fragiles et facilement endommagés par des sons trop intenses. Les dégâts sont alors irréversibles et peuvent causer des problèmes auditifs, voire une surdité.</p> <p>Des mesures d'atténuation du bruit ainsi que des dispositifs individuels de protection existent.</p> <p>Grâce aux innovations technologiques, les appareils auditifs et les dispositifs de protection individuelle ne cessent d'évoluer.</p>	<p>Relier la structure des cellules ciliées à la perception du son et à la fragilité du système auditif.</p> <p>Relier l'intensité du son et la durée d'écoute au risque encouru par l'oreille interne.</p> <p>Mesurer le niveau d'intensité sonore perçu en fonction de la distance à la source avec ou sans dispositif de protection.</p> <p>Exploiter des données épidémiologiques sur la santé auditive.</p> <p>↔ Lectures graphiques.</p> <p>↔ Organisation et exploitation de données.</p>
<p>Des aires cérébrales spécialisées reçoivent les messages nerveux auditifs. Certaines permettent, après apprentissage, l'interprétation de l'univers sonore (parole, voix, musique, etc.).</p>	<p>Interpréter des données d'imagerie cérébrale relatives au traitement de l'information sonore.</p>
<p>Prérequis et limites La connaissance approfondie de la physiologie de l'audition n'est pas l'objectif du programme. En particulier, les modalités de transduction de la vibration auditive en message nerveux ne sont pas exigibles. Il s'agit simplement de présenter dans ses grandes lignes le passage du phénomène physique du son à la sensibilité auditive consciente, en faisant apparaître les rôles respectifs de l'oreille et du cerveau.</p> <p>Pistes de mise en œuvre du programme</p> <p>Nature du savoir scientifique et méthodes d'élaboration</p>	

Histoire des sciences : l'évolution des appareillages auditifs et traitements, du cornet acoustique à l'implant cochléaire.

Méthodologie d'obtention des données épidémiologiques sur la santé auditive des jeunes.

Sciences, société et environnement

L'éducation à la santé et les comportements permettant de protéger son audition.

La caractérisation de la pollution sonore et les effets sur la santé et/ou sur les écosystèmes.

Les campagnes de prévention des risques liés aux bruits et textes législatifs. Les politiques publiques de limitation du bruit.

L'imagerie cérébrale fonctionnelle : apports et limites d'interprétation.

La langue des signes : histoire, sémiologie.

Exemples pour le projet expérimental

L'audiométrie.

Les casques antibruit et les appareils auditifs.

L'isolation phonique.

La comparaison de l'audition de l'être humain avec celle d'autres espèces animales.

L'utilisation des sons pour comprendre le monde : échographie médicale et industrielle.

5 - Projet expérimental et numérique

Le projet s'articule autour de la mesure et des données qu'elle produit, qui sont au cœur des sciences expérimentales. L'objectif est de confronter les élèves à la pratique d'une démarche scientifique expérimentale, de l'utilisation de matériels (capteurs et logiciels) à l'analyse critique des résultats.

Le projet expérimental et numérique comporte trois dimensions :

- utilisation d'un capteur éventuellement réalisé en classe ;
- acquisition numérique de données **ou utilisation de données expérimentales fournies par des scientifiques** ;
- traitement mathématique, représentation et interprétation de ces données.

Selon les projets, l'une ou l'autre de ces dimensions peut être plus ou moins développée ; **l'accent est mis sur la démarche de projet**. L'objet d'étude peut être choisi librement, en lien avec le programme ou non. Il s'inscrit éventuellement dans le cadre d'un projet de classe ou d'établissement **et peut relever des sciences participatives**. Ce travail se déroule sur une douzaine d'heures, contiguës ou réparties au long de l'année. Il s'organise dans des conditions matérielles qui permettent un travail pratique effectif en petits groupes d'élèves.

La dimension numérique repose sur l'utilisation de matériels (capteur éventuellement associé à un microcontrôleur) et de logiciels (tableur, environnement de programmation).

Prérequis et limites

~~Ce projet remobilise certains acquis des classes antérieures : mesure et incertitudes, manipulation de capteurs et microcontrôleurs, données structurées et leur traitement, information chiffrée et statistique descriptive, utilisation d'un tableur et d'un environnement de programmation. L'objectif n'est pas d'introduire des notions nouvelles.~~