

Annexe

Programme d'enseignement scientifique de terminale 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, ainsi qu'à la maîtrise des outils et des technologies **imaginés et mis en œuvre par les êtres 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 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. En fréquentant la science, chacun développe 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~~ **un solide ancrage** pour ~~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 des chaque élèves 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. 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 (biodiversité, énergie, climat) 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'explicitier 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.

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.

En classe terminale, l'enseignement scientifique peut être mis en relation avec le programme de philosophie concernant les questions d'épistémologie et d'éthique, éclairées de façon complémentaire par ces deux enseignements.

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 livre~~ **en se livrant** 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 trois thèmes, présentant de forts enjeux de société. 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.~~

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.

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

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.

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 à 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.

Enfin, le professeur peut avantageusement, comme en classe de première, mais sans pour autant que cela ne constitue une obligation, s'appuyer sur une démarche de projet pour aborder un ou plusieurs éléments constitutifs du programme de terminale.

Thème 1 : Science, climat et société

Introduction et enjeux.

L'atmosphère primitive de la Terre était différente de celle d'aujourd'hui. Sa transformation au cours des 4,6 milliards d'années est liée aux processus géologiques et biologiques. Depuis la révolution industrielle, l'activité humaine modifie de manière significative la composition atmosphérique. Ces modifications affectent l'équilibre dynamique des enveloppes fluides de la Terre.

Les conséquences de l'activité humaine sur la composition atmosphérique, celles qui sont déjà observées et celles qui sont prévisibles, sont multiples et importantes, tant pour l'humanité que pour les écosystèmes. Les choix raisonnés des individus et des sociétés dans ce domaine s'appuient sur les apports des sciences et des technologies.

Histoire, enjeux et débats

- Les enjeux du réchauffement climatique global.
- Les acteurs des analyses climatiques : recherche et programmes mondiaux (Organisation Météorologique Mondiale, modèles climatiques) ; coordination (Nations Unies) ; évaluation (Groupe Intergouvernemental pour l'Étude du Climat). - Un enjeu mondial : l'océan.
- Les ressources et les utilisations de l'énergie dans le monde.
- Le trou dans la couche d'ozone : de sa découverte à des prises de décisions mondiales.

Objectifs. Cette partie du programme s'applique à démontrer que la composition de l'atmosphère terrestre résulte d'interactions complexes avec les autres enveloppes superficielles.

Présente parmi les gaz de l'atmosphère primitive, l'eau s'est rapidement condensée. L'apparition de l'eau liquide est une condition indispensable à l'émergence de la vie. Le développement des organismes vivants a eu un effet majeur sur l'évolution de la teneur relative des différents gaz au cours du temps. Certains gaz atmosphériques participent de manière importante au bilan radiatif de la planète Terre.

Ce thème met en évidence que les connaissances acquises permettent aujourd'hui aux scientifiques de proposer des modèles robustes du fonctionnement des systèmes climatiques et d'envisager, malgré leur grande complexité, des scénarios des climats du futur.

1.1 L'atmosphère terrestre et la vie

Depuis l'époque de sa formation, quasi concomitante avec celle du Soleil et des autres planètes du système solaire, la Terre a connu une évolution spécifique de sa surface et de la composition de son atmosphère. Sa température **moyenne et sa pression atmosphérique** de surface permet l'existence d'eau liquide, formant l'hydrosphère. Aux facteurs physiques et géologiques (activité solaire, distance au Soleil, tectonique) s'est ajoutée l'émergence des êtres vivants et de leurs métabolismes. ~~Un fragile équilibre est atteint, qui permet la vie et la maintient.~~

Savoirs

Savoir-faire

<p>Il y a environ 4,6 milliards d'années, l'atmosphère primitive était composée de N₂, CO₂ et H₂O. Sa composition actuelle est d'environ 78 % de N₂ et 21 % de O₂, avec des traces d'autres gaz (dont H₂O, CO₂, CH₄, N₂O).</p> <p>Le refroidissement de la surface de la Terre primitive a conduit à la liquéfaction très rapide (à l'échelle des temps géologiques) de la vapeur d'eau présente dans l'atmosphère initiale. Dans L'hydrosphère s'est ainsi formée, dans laquelle s'est développée la vie.</p> <p>Les premières traces de vie bactéries photosynthétiques sont datées d'il y a au moins 3,5 milliards d'années. Par leur métabolisme photosynthétique, des cyanobactéries ces bactéries ont produit le dioxygène qui a oxydé, dans l'océan, des espèces chimiques réduites. Le dioxygène s'est accumulé à partir de contribué à l'oxygénation de l'atmosphère terrestre il y a 2,4 milliards d'années dans l'atmosphère. Sa concentration atmosphérique actuelle a été atteinte il y a 500 millions d'années environ. Les interactions entre l'atmosphère et la biosphère ont contribué à des modifications de la biodiversité.</p> <p>Les sources et puits de dioxygène atmosphérique sont aujourd'hui essentiellement liés aux êtres vivants (photosynthèse et respiration) et aux combustions.</p> <p>Sous l'effet du rayonnement ultraviolet solaire, le dioxygène stratosphérique de la stratosphère peut se dissocier, initiant engageant une transformation chimique qui aboutit à la formation d'ozone. Celui-ci constitue une couche permanente de concentration maximale située à une altitude d'environ 30 km. La couche d'ozone Cet ozone stratosphérique absorbe une partie du rayonnement ultraviolet solaire et protège les êtres vivants de ses effets mutagènes.</p> <p>Le carbone est stocké dans plusieurs réservoirs superficiels : l'atmosphère, les sols, les océans, la biosphère et les roches. Les échanges de carbone entre ces réservoirs sont quantifiés par des flux (tonne/an). Les quantités de carbone dans les différents réservoirs sont constantes lorsque les flux sont équilibrés. L'ensemble de ces échanges constitue le cycle du carbone sur Terre. Les combustibles fossiles se sont formés à partir du carbone des êtres vivants, il y a plusieurs dizaines à plusieurs centaines de millions d'années. Ils ne se renouvellent pas suffisamment vite pour que les stocks se reconstituent : ces ressources en énergie sont dites non renouvelables.</p>	<p>Analyser des données, en lien avec l'évolution de la composition de l'atmosphère au cours des temps géologiques.</p> <p>Déterminer l'état physique de l'eau pour une température et une pression donnée à partir de son diagramme d'état.</p> <p>Mettre en relation la production de O₂ dans l'atmosphère avec des indices géologiques (oxydes de fer rubanés, stromatolithes ...).</p> <p>Ajuster les équations des réactions chimiques d'oxydation du fer par le dioxygène.</p> <p>Suivre l'évolution de la teneur atmosphérique en dioxygène au cours des temps géologiques et la relier à l'évolution de la biodiversité.</p> <p>Interpréter Mettre en relation des spectres d'absorption de l'ozone et de l'ADN dans le domaine ultraviolet.</p> <p>↔ Organisation et exploitation de données.</p> <p>↔ Lectures graphiques.</p> <p>↔ Ordres de grandeur. Puissances de 10.</p> <p>↔ Pourcentages.</p> <p>Analyser un schéma représentant le cycle biogéochimique du carbone pour comparer les stocks des différents réservoirs et identifier les flux principaux de carbone d'origine anthropique ou non.</p>
--	---

Prérequis et limites L'enjeu est de comprendre les relations étroites entre l'histoire de la Terre et celle de la vie. Sans chercher à dater précisément chaque événement, il s'agit de connaître les différentes échelles de temps concernées. Aucun développement général sur les réactions d'oxydoréduction n'est attendu.

Pistes de mise en œuvre du programme

Nature du savoir scientifique et méthodes d'élaboration

La présence d'eau dans les corps célestes du système solaire.

Histoire des sciences : l'apparition de la vie sur Terre.

Esprit critique : l'expression « trou dans la couche d'ozone » est-elle scientifiquement robuste ?

Élaboration de l'unité Dobson.

Sciences, société et environnement

La diminution d'ozone stratosphérique, une origine purement anthropique ?

« Le trou dans la couche d'ozone » : de sa découverte à des prises de décisions mondiales.

La vie sans dioxygène.

1.2 La complexité du système climatique

Le système climatique et son évolution dans le temps résultent de plusieurs facteurs naturels et d'interactions entre océans, atmosphère, biosphère, lithosphère et cryosphère. Il est nécessaire de prendre en compte ces interactions à différentes échelles spatiales et temporelles (de l'année au million d'années voire davantage). Le système climatique présente une variabilité spontanée et réagit aux perturbations de son bilan d'énergie **énergétique** par des mécanismes appelés rétroactions. Les facteurs anthropiques ont des conséquences irréversibles à court terme. **Les notions d'équilibre radiatif de la Terre et d'effet de serre atmosphérique, étudiées en classe de première, sont mobilisées.**

Savoirs	Savoir-faire
<p>Un climat est défini par un ensemble de moyennes de grandeurs atmosphériques observées dans une région donnée pendant une période donnée. Ces grandeurs sont principalement la température, la pression, le degré d'hygrométrie, la pluviométrie, la nébulosité, la vitesse et la direction des vents.</p> <p>La climatologie étudie les variations du climat local ou global à moyen ou long terme (années, siècles, millénaires...).</p> <p>La météorologie étudie les phénomènes atmosphériques qu'elle prévoit à court terme (jours, semaines).</p> <p>La température moyenne de la Terre, calculée à partir de mesures <i>in situ</i> de terrain et depuis l'espace par des satellites, est l'un des indicateurs du climat global. Il en existe d'autres : volume niveau des océans, étendue des glaces polaires et des glaciers... Le climat de la Terre présente une variabilité naturelle sur différentes échelles de temps. Toutefois, depuis plusieurs centaines de milliers d'années, jamais la concentration du CO₂ atmosphérique n'a augmenté aussi rapidement qu'actuellement.</p>	<p>Distinguer sur un document des données relevant du climat d'une part, de la météorologie d'autre part.</p> <p>Identifier des tendances d'évolution de la température sur plusieurs échelles de temps à partir de graphiques.</p> <p>Identifier des traces géologiques indices de variations climatiques passées (pollens, glaciers).</p> <p>↔ Lectures graphiques.</p> <p>↔ Puissance de 10.</p> <p>↔ Organisation et exploitation de données.</p>

<p>Depuis un siècle et demi, on mesure un réchauffement climatique global (environ +1°C). Celui-ci est la réponse du système climatique à l'augmentation du forçage radiatif (différence entre l'énergie radiative reçue et l'énergie radiative émise) due aux émissions de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère : CO₂, CH₄, N₂O et vapeur d'eau principalement.</p> <p>Lorsque la concentration des GES augmente, l'atmosphère absorbe davantage le rayonnement thermique infrarouge émis par la surface de la Terre. En retour, il en résulte une augmentation de la puissance radiative reçue par le sol la surface terrestre de la part de l'atmosphère. Cette puissance additionnelle entraîne une perturbation de l'équilibre radiatif qui existait à l'ère préindustrielle.</p> <p>L'énergie supplémentaire associée est essentiellement stockée par les océans, mais également par l'air et les sols, ce qui se traduit par une augmentation de la température moyenne à la surface de la Terre et la montée du niveau des océans.</p>	<p>Déterminer la capacité d'un gaz à influencer l'effet de serre atmosphérique à partir de son spectre d'absorption des ondes électromagnétiques et de son abondance.</p> <p>Interpréter des documents donnant la variation d'un indicateur climatique en fonction du temps (date de vendanges, occurrence et intensité des événements météorologiques extrêmes, niveau de la mer des océans, extension d'un glacier, ...).</p> <p>Analyser la variation au cours du temps de certaines grandeurs telles que l'augmentation de la teneur atmosphérique en CO₂, et la variation de température moyenne, des indicateurs de l'activité économique mondiale.</p> <p>↔ Lectures graphiques.</p> <p>↔ Pourcentages.</p> <p>↔ Calculs de moyennes.</p> <p>↔ Variation absolue, variation relative.</p>
<p>L'évolution de la température terrestre moyenne résulte de plusieurs effets amplificateurs (rétroaction positive), dont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - l'augmentation de la concentration en vapeur d'eau (gaz à effet de serre) dans l'atmosphère ; - la décroissance de la surface couverte par les glaces et diminution de l'albedo terrestre ; - le dégel partiel du permafrost provoquant une libération de GES dans l'atmosphère. <p>L'océan a un rôle amortisseur en absorbant à sa surface une fraction importante de l'apport additionnel d'énergie. Cela conduit à une élévation du niveau de la mer causée par la dilatation thermique de l'eau. À celle-ci s'ajoute la fusion des glaces continentales.</p> <p>Cette accumulation d'énergie dans les océans rend le changement climatique irréversible à des échelles de temps de plusieurs siècles.</p> <p>L'océan joue un également un rôle d'amortisseur en absorbant une partie du CO₂ émis par les activités humaines.</p> <p>À court terme, un accroissement de la végétalisation les organismes chlorophylliens constituent un puits de CO₂ et ce qui a donc un effet de rétroaction négative (stabilisatrice).</p>	<p>Identifier les relations de causalité (actions et rétroactions) qui soutiennent agissent sur la dynamique d'un du système climatique.</p> <p>Réaliser et interpréter une expérience simple, mettant en évidence la différence d'impact entre la fusion des glaces continentales et des glaces de mer.</p> <p>Expliquer la différence d'incidence entre la fusion des glaces continentales et des glaces de mer.</p> <p>Estimer la variation du volume de l'océan associée à une variation de température donnée, en supposant cette variation limitée à une couche superficielle d'épaisseur donnée.</p> <p>↔ Taux de variation.</p> <p>↔ Logique.</p> <p>↔ Géométrie : calculs d'aires et de volumes.</p>

Prérequis et limites

Les notions d'équilibre radiatif de la Terre et d'effet de serre atmosphérique, étudiées en classe de première, sont mobilisées. L'étude des paramètres orbitaux de la Terre et de leur influence sur le climat n'est pas au programme.

Pistes de mise en œuvre du programme

Nature du savoir scientifique et méthodes d'élaboration

Développement des données satellitaires et combinaison avec des mesures de terrain.

Histoire des sciences : le développement des modèles climatiques des années 1970 à nos jours.

Les bases physiques de la climatologie (prix Nobel 2021 pour Hasselmann et Manabe).

Climato-scepticisme : débat scientifique ou biais de raisonnement et d'argumentation.

Sciences, société et environnement

Émergence et propagation de maladies vectorielles à la suite des changements climatiques.

Effet du réchauffement climatique sur les activités et productions agricoles.

Lien entre phénomènes météorologiques extrêmes et réchauffement climatique.

La petite ère glaciaire en Europe.

Les territoires littoraux et le réchauffement climatique (pêche, montée des eaux, etc.).

Changement climatique et incidence sur les populations : déplacement, taux de reproduction, survie, etc.

1.3 Le climat du futur

L'analyse du système climatique, réalisée à l'aide de modèles numériques, repose sur des mesures et des calculs faisant appel à des lois physiques, chimiques, biologiques connues. Assorties d'hypothèses portant sur l'évolution de la production des gaz à effet de serre, les projections issues de ces modèles dessinent des fourchettes d'évolution du système climatique au XXI^e siècle.

Savoirs	Savoir-faire
<p>Les modèles climatiques s'appuient sur :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la mise en équations des mécanismes essentiels qui agissent sur le système Terre ; - des méthodes numériques de résolution. <p>Pour évaluer les modèles, et ainsi les valider ou les faire évoluer, les résultats des modèles sont évalués par comparaison comparés aux observations <i>in-situ</i> de terrain et observations spatiales ainsi qu'à la connaissance des paléoclimats.</p> <p>Ces modèles, nombreux et indépendants, réalisent produisent des projections climatiques. Après avoir anticipé les évolutions des dernières décennies, ils estiment les variations climatiques globales et locales à venir sur des décennies ou des siècles.</p>	<p>Mettre en évidence le rôle des différents paramètres de l'évolution climatique, en exploitant un logiciel de simulation de celle-ci, ou par la lecture de graphiques.</p> <p>↔ Lectures graphiques ↔ Corrélation et causalité</p>

<p>L'analyse scientifique combinant observations, éléments théoriques et modélisations numériques permet aujourd'hui de conclure que l'augmentation de température moyenne depuis le début de l'ère industrielle est liée à l'activité humaine : le CO₂ produit par la combustion d'hydrocarbures substances carbonées fossiles, l'artificialisation des sols, la calcination des carbonates, la déforestation, la production de ciment ; le méthane produit par issu de fuites de gaz naturel ou de pétrole, ou produit par la fermentation dans les décharges et certaines activités agricoles.</p> <p>Les modèles s'accordent à prévoir, avec une forte probabilité d'occurrence, dans des fourchettes dépendant de la quantité émise de GES :</p> <ul style="list-style-type: none"> - une augmentation de 1,5 à 5°C de la température moyenne entre 2017 et la fin du XXI^e siècle ; - une élévation du niveau moyen des océans entre le début et la fin du XXI^e siècle et 2100 pouvant atteindre le mètre ; - des modifications des régimes de pluie et des événements climatiques extrêmes ; - une acidification des océans ; - un impact des incidences majeures sur les écosystèmes terrestres et marins. 	<p>Exploiter les résultats d'un modèle climatique pour expliquer des corrélations par des liens de cause à effet.</p> <p>↔ Lectures graphiques. ↔ Corrélation et causalité. ↔ Logique.</p>
--	--

<p>Prérequis et limites</p> <p>Les notions déjà connues sur la photosynthèse et les écosystèmes sont mobilisées. Les équations mathématiques utilisées dans les modèles climatiques ne sont pas évoquées.</p> <p>Pistes de mise en œuvre du programme</p> <p>Nature du savoir scientifique et méthodes d'élaboration</p> <p>La notion de modèle en sciences : les différents modèles climatiques et leurs prédictions. Pourquoi les scientifiques ne s'accordent-ils pas sur un modèle unique ?</p> <p>La notion d'incertitude en sciences.</p> <p>Sciences, société et environnement</p> <p>Les acteurs des analyses climatiques : recherche et programmes mondiaux (Organisation Météorologique Mondiale, modèles climatiques) ; coordination (Nations-Unies) ; évaluation (Groupe Intergouvernemental pour l'Étude du Climat).</p> <p>Les conséquences du réchauffement climatique et les enjeux géopolitiques (COP).</p> <p>Les pistes d'atténuation et d'adaptation au réchauffement climatique.</p> <p>Les émissions de CO₂ causées par la production du ciment.</p> <p>Les différentes sources de production du méthane liées aux activités humaines.</p>
--

<p>1.4 Énergie, choix de développement et futur climatique Partie fusionnée avec la partie 2.3 du nouveau programme</p> <p>La consommation mondiale d'énergie, en forte augmentation, fait majoritairement appel aux combustibles fossiles, dont l'utilisation est la principale cause du réchauffement climatique. Il est donc essentiel d'identifier, pour toute activité, individuelle ou collective, ou tout produit, l'impact sur la production de gaz à effet de serre. L'identification d'autres effets collatéraux, notamment sur la santé, est importante. Les activités humaines modifient de manière rapide</p>
--

<p>certains flux associés au cycle du carbone. Dans ce contexte, l'estimation d'une empreinte carbone est essentielle pour élaborer des scénarios et fixer des objectifs de réduction. Les différents scénarios de l'évolution globale du climat dépendent des stratégies que l'humanité mettra en œuvre.</p> <p>La notion de risques étudiée au collège et en classe de seconde est convoquée.</p>	
Savoirs	Savoir-faire
<p>L'énergie utilisée dans le monde provient d'une diversité de ressources parmi lesquelles les combustibles fossiles dominent.</p> <p>La consommation en est très inégalement répartie selon la richesse des pays et des individus.</p> <p>La croissance de la consommation globale (doublement dans les 40 dernières années) est directement liée au modèle industriel de production et de consommation des sociétés.</p> <p>En moyenne mondiale, cette énergie est utilisée à parts comparables par le secteur industriel, les transports, le secteur de l'habitat et dans une moindre mesure par le secteur agricole.</p> <p>Les énergies primaires sont disponibles sous forme de stocks (combustibles fossiles, uranium) et de flux (flux radiatif solaire, flux géothermique, puissance gravitationnelle à l'origine et des marées).</p>	<p>Utiliser les différentes unités d'énergie employées (Tonne Équivalent Pétrole (TEP), kWh...) et les convertir en joules — les facteurs de conversion étant fournis.</p> <p>Exploiter des données de production et d'utilisation d'énergie à différentes échelles (mondiale, nationale, individuelle...).</p> <p>Comparer quelques ordres de grandeur d'énergie et de puissance : corps humain, objets du quotidien, moteurs, centrale électrique, flux radiatif solaire...</p> <p>↔ Organisation et exploitation de données. ↔ Lectures graphiques. ↔ Puissances de 10, ordres de grandeur. ↔ Conversion d'unités, proportionnalité. ↔ Grandeurs quotients.</p>
<p>Le carbone est stocké dans plusieurs réservoirs superficiels. L'élément carbone circule entre ces différents réservoirs terrestres, constituant le cycle du carbone. Les combustibles fossiles se sont formés à partir du carbone contenu dans la matière organique des êtres vivants, résultant de la réduction du CO₂ par photosynthèse, il y a plusieurs dizaines à plusieurs centaines de millions d'années. Ils ne se renouvellent pas suffisamment vite pour que les stocks se reconstituent : ces ressources en énergie sont qualifiées de non renouvelables.</p> <p>La combustion de carburants fossiles et de biomasse libère du dioxyde de carbone et également des aérosols et d'autres substances (N₂O, O₃, suies, produits soufrés), qui affectent la qualité de l'air respiré et la santé.</p>	<p>Analyser un schéma représentant le cycle biogéochimique du carbone pour comparer les stocks des différents réservoirs et identifier les flux principaux de carbone d'origine anthropique ou non.</p> <p>Citer les ordres de grandeur des durées nécessaires aux transformations du carbone.</p> <p>Ajuster l'équation d'une réaction chimique d'oxydation par le dioxygène.</p> <p>Calculer Comparer la masse de dioxyde de carbone produite par unité d'énergie dégagée pour différents combustibles (l'équation de réaction et l'énergie massique dégagée étant fournies).</p>

	<p>Distinguer ozone stratosphérique et troposphérique.</p> <p>À partir de documents épidémiologiques, identifier et expliquer les conséquences sur la santé de certains polluants atmosphériques, telles les particules fines résultant de combustions.</p> <p>↔ Grandeurs et mesures.</p> <p>↔ Grandeurs quotients.</p>
<p>L'empreinte carbone d'une activité ou d'une personne est la masse de CO₂ produite directement ou indirectement par sa consommation d'énergie et/ou de matière première.</p>	<p>Comparer sur l'ensemble de leur cycle de vie les impacts d'objets industriels (par exemple, voiture à moteur électrique ou à essence).</p> <p>À partir de documents, analyser l'empreinte carbone de différentes activités humaines et proposer des comportements pour la minimiser ou la compenser.</p>
<p>Les scénarios de transition écologique font différentes hypothèses sur la quantité de GES émise dans le futur. Ils évaluent les changements prévisibles, affectant les écosystèmes et les conditions de vie des êtres humains, principalement les plus fragiles vulnérables. Les projections fournies par les modèles permettent de définir les aléas et peuvent orienter les prises de décision. Les mesures d'adaptation découlent d'une analyse des risques et des options pour y faire face.</p> <p>Prérequis et limites</p> <p>Les notions de formes et de transfert d'énergie, ainsi que celle de puissance, déjà connues, sont mobilisées. La notion de risques naturels étudiée au collège et en classe de seconde (SVT) est convoquée.</p>	<p>Analyser l'impact Discuter des incidences de l'augmentation du CO₂ sur le développement de la végétation.</p> <p>Analyser des extraits de documents du GIEC ou d'accords internationaux proposant différents scénarios.</p>

Thème 2 : Le futur des énergies

Introduction et enjeux.

~~Dans le secteur de l'énergie, l'électricité joue un rôle majeur dans le développement économique. La consommation d'énergie joue un rôle essentiel dans le développement des sociétés humaines. Depuis la révolution industrielle, ce dernier s'est appuyé largement sur les combustibles fossiles dont l'utilisation est la principale cause du changement climatique. Produire de l'énergie sans contribuer au changement climatique ou à la dégradation de la planète est devenu un enjeu majeur de la transition écologique., en concevoir le stockage sous d'autres formes, optimiser son transport deviennent des objectifs majeurs d'une transition climatique et environnementale.~~

~~L'histoire du développement des générateurs d'électricité fournit de féconds exemples d'échanges entre la science fondamentale, la technologie et l'industrie.~~

Histoire, enjeux, débat

- L'essor de l'électromagnétisme au XIXe siècle. → Einstein et les quanta.
- Aspects historiques de la distribution d'énergie électrique. → Les combustibles alternatifs à empreinte carbone réduite.
- Les enjeux de l'utilisation de l'énergie nucléaire : de la fission à la fusion contrôlée.
- Les accumulateurs électrochimiques dans la société.

Objectifs. Il est essentiel d'identifier les effets, sur la production de gaz à effet de serre, de la fabrication puis de l'usage de tout produit de consommation. L'identification d'autres effets collatéraux, notamment sur l'environnement et la santé, est importante.

Dans le secteur de l'énergie, l'électricité joue depuis deux siècles un rôle particulier.

Produire de l'électricité sans contribuer au réchauffement climatique, en concevoir le stockage sous d'autres formes, assurer son transport, sont des enjeux fondamentaux à prendre en compte dans un contexte de transition écologique.

2.1 Deux siècles d'énergie électrique

Depuis le XIXe siècle, les progrès de la recherche scientifique fondamentale et de l'invention technique ont conduit à développer des générateurs électriques pratiques, performants, à l'impact climatique et environnemental de moins en moins marqué.

Historiquement, le développement des techniques d'obtention d'énergie électrique s'est appuyé sur des découvertes expérimentales et des avancées théoriques qui furent souvent le résultat de recherches dont ce développement n'était pas le but premier. Il est ainsi fréquent que les résultats de la recherche fondamentale aboutissent à des innovations technologiques non anticipées.

Savoirs

Les alternateurs électriques exploitent le phénomène d'induction électromagnétique découvert par Faraday puis théorisé par Maxwell au XIXe siècle.

Ils réalisent une conversion d'énergie mécanique en énergie électrique avec un rendement potentiellement très proche de 1.

Au début du XXe siècle, la physique a connu une révolution conceptuelle à travers la vision quantique qui introduit un comportement probabiliste de la nature avec la mécanique quantique, qui traite du comportement fondamentalement probabiliste de la nature à l'échelle microscopique. Le caractère discret des spectres de raies d'émission des atomes s'explique de cette façon.

L'exploitation technologique des matériaux semi-conducteurs, en particulier du silicium, en est également une conséquence.

Ces matériaux sont utilisés en électronique et sont constitutifs des capteurs photovoltaïques. Ceux-ci absorbent l'énergie radiative et la convertissent en énergie électrique.

Savoir-faire

Reconnaître les éléments principaux d'un alternateur (source de champ magnétique et fil conducteur mobile en mouvement relatif) dans un schéma fourni. Analyser les propriétés d'un alternateur modèle étudié expérimentalement en classe. Relier la vitesse de rotation du rotor et la fréquence du courant électrique.

Définir le rendement d'un alternateur et citer un phénomène susceptible de l'influencer.

Interpréter et exploiter un spectre d'émission atomique.

Comparer le spectre d'absorption d'un matériau semi-conducteur et le spectre solaire pour décider si ce matériau est susceptible d'être utilisé pour fabriquer un capteur photovoltaïque.

Tracer la caractéristique $i(u)$ d'une cellule photovoltaïque et exploiter cette représentation pour déterminer la résistance d'utilisation maximisant la puissance électrique délivrée.

Argumenter autour de la mise en place d'une installation photovoltaïque domestique ou industrielle.

↔ Lectures graphiques.

↔ Grandeurs et mesures. Grandeurs quotients.

Prérequis et limites

Les spectres de raies d'émission atomiques ainsi que les notions de caractéristique $i(u)$ et de point de fonctionnement d'un dipôle électrique, déjà connues, sont utilisés. La loi de Faraday est hors programme.

Pistes de mise en œuvre du programme

Nature du savoir scientifique et méthodes d'élaboration

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

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

Histoire des sciences : Einstein et les quanta.

Sciences, société et environnement

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

Choix de la fréquence du courant alternatif du réseau électrique.

Enjeux économiques des usages des matériaux semi-conducteurs.

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

2.2 Les atouts de l'électricité

L'énergie électrique présente de nombreux avantages : une distribution aisée, sûre et à faible impact écologique ; l'existence de réseaux de distribution très étendus ; la disponibilité, des convertisseurs de bon rendement permettant de transformer d'autres formes d'énergie ou, symétriquement, d'obtenir l'énergie électrique.

L'existence de procédés d'obtention d'énergie électrique sans combustion justifie le rôle central que cette forme d'énergie est amenée à jouer à l'avenir son importance actuelle et future.

Savoirs

Trois méthodes permettent d'obtenir de l'énergie électrique sans nécessiter de combustion :

- la conversion d'énergie mécanique, soit directe (dynamos, éoliennes, hydroliennes, barrages hydroélectriques), soit indirecte à partir d'énergie thermique (centrales nucléaires, centrales solaires thermiques, géothermie) ;
- la conversion de l'énergie radiative reçue du Soleil (panneaux photovoltaïques) ;
- la conversion électrochimique (piles ou accumulateurs conventionnels, piles à hydrogène).

Savoir-faire

Décrire des exemples de chaînes de transformations énergétiques permettant d'obtenir de l'énergie électrique à partir de différentes ressources primaires d'énergie.

Calculer le rendement global d'un système de conversion d'énergie.

- ↔ Grandeurs et mesures.
- ↔ Grandeurs proportionnelles.
- ↔ Grandeurs quotients.

<p>Ces méthodes sans combustion ont néanmoins un impact sur l'environnement et la biodiversité ou présentent des risques spécifiques (pollution chimique, déchets radioactifs, accidents industriels...).</p> <p>Pour faire face à l'intermittence liée à certains modes de production ou à la consommation, l'énergie électrique doit être convertie sous une forme stockable :</p> <ul style="list-style-type: none"> - énergie chimique (accumulateurs) ; - énergie potentielle (barrages) ; <p>énergie électromagnétique (supercapacités).</p>	<p>Analyser des documents présentant les conséquences de l'utilisation de ressources géologiques (métaux rares, etc.) l'installation et du fonctionnement d'une centrale électrique.</p> <p>Comparer différents dispositifs de stockage d'énergie selon différents critères (masses mises en jeu par kilowattheure, capacité et durée de stockage, impact incidence écologique).</p> <p>↔ Grandeurs quotients. ↔ Calcul littéral. ↔ Grandeurs et mesures.</p>
--	---

<p>Prérequis et limites</p> <p>Les lois de l'électricité, les notions d'énergie et de puissance électriques ainsi que celles d'énergie cinétique et potentielle, déjà rencontrées, sont mobilisées. Aucune expression d'énergie stockée par un système donné n'est exigible.</p> <p>Pistes de mise en oeuvre du programme</p> <p>Nature du savoir scientifique et méthodes d'élaboration</p> <p>Le développement des combustibles alternatifs à empreinte carbone réduite. Histoire des sciences et des techniques : les piles et les accumulateurs.</p> <p>Sciences, société et environnement</p> <p>Les enjeux de l'utilisation de l'énergie nucléaire : de la fission à la fusion contrôlée. Les usages et le recyclage des accumulateurs électrochimiques. La régulation du réseau de transport d'électricité français et européen.</p>	
<p>2.3 Optimisation du transport de l'électricité Partie fusionnée avec partie 2.2</p> <p>La minimisation des pertes par effet Joule dans la distribution d'électricité le long d'un réseau entre dans le cadre général des problèmes mathématiques de transport et d'optimisation sous contraintes. Ces problèmes, très difficiles à résoudre car non linéaires, nécessitent des traitements numériques lorsqu'ils mettent en jeu un nombre important d'inconnues ou de données. Présentés ici dans le cadre du transport d'électricité, les graphes sont des modèles mathématiques utilisés pour traiter des problèmes relevant de domaines variés : transport d'information dans un réseau informatique, réseaux sociaux, transactions financières, analyses génétiques, etc.</p>	
<p>Savoirs</p>	<p>Savoir-faire</p>
<p>Au cours du transport, une partie de l'énergie électrique, dissipée dans l'environnement par effet Joule, ne parvient pas à l'utilisateur. L'utilisation de la haute tension dans les lignes électriques limite les pertes par effet Joule, à puissance transportée fixée.</p>	<p>Faire un schéma d'un circuit électrique modélisant une ligne à haute tension. Utiliser les formules littérales reliant la puissance à la résistance, l'intensité et la tension pour identifier l'influence de ces grandeurs sur l'effet Joule dans les lignes électriques.</p>

<p>Un réseau de transport électrique peut être modélisé mathématiquement par un graphe orienté dont les arcs représentent les lignes électriques et dont les sommets représentent les sources distributrices, les nœuds intermédiaires et les cibles destinatrices.</p> <p>Le réseau de transport de l'électricité est maillé au niveau européen. En cas de déséquilibre entre l'offre et la demande, il est nécessaire de mobiliser des réserves d'énergie, de diminuer la consommation ou la production ou de stocker de l'énergie.</p> <p>Dans ce modèle, l'objectif est de minimiser les pertes par effet Joule sur l'ensemble du réseau sous les contraintes suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - l'intensité totale sortant d'une source est limitée par la puissance maximale distribuée ; - l'intensité totale entrant dans chaque nœud intermédiaire est égale à l'intensité totale qui en sort ; - l'intensité totale arrivant à chaque cible est imposée par la puissance qui y est utilisée. 	<p>Modéliser un réseau de distribution électrique simple par un graphe orienté. Exprimer mathématiquement les contraintes et la fonction à minimiser.</p> <p>Sur l'exemple d'un réseau comprenant uniquement deux sources, un nœud intermédiaire et deux cibles, formuler le problème de minimisation des pertes par effet Joule et le résoudre pour différentes valeurs numériques correspondant aux productions des sources et aux besoins des cibles.</p>
<p>Prérequis et limites Les relations quantitatives associées à l'effet Joule sont connues pour le courant continu. Elles sont admises ou fournies pour le courant alternatif. La notion de facteur de puissance est hors programme.</p> <p>La notion de graphe, abordée dans l'enseignement de sciences numériques et technologie de seconde, est ici mobilisée. Il convient d'insister sur la différence entre les deux types de modèles introduits dans ce sous-thème, le modèle de circuit électrique et le modèle mathématique de graphe.</p> <p>Les connaissances sur les fonctions sont mobilisées.</p> <p>Pistes de mise en oeuvre du programme Nature du savoir scientifique et méthodes d'élaboration Le développement des combustibles alternatifs à empreinte carbone réduite. Histoire des sciences et des techniques : les piles et les accumulateurs.</p> <p>Sciences, société et environnement Les enjeux de l'utilisation de l'énergie nucléaire : de la fission à la fusion contrôlée. Les usages et le recyclage des accumulateurs électrochimiques. La régulation du réseau de transport d'électricité français et européen.</p>	
<p>2.4 2.3 Choix énergétiques et impacts sur les sociétés Énergie, choix de développement et futur climatique (avec rajout des éléments de l'ancien thème 1.4)</p> <p>Pour les sociétés, l'enjeu climatique et environnemental est celui d'une transition entre la situation actuelle et un développement fondé sur un régime durable de conversion et d'utilisation de l'énergie. La complexité de cette transition impose de connaître, comprendre et hiérarchiser les paramètres sur lesquels il est possible d'agir, individuellement et collectivement.</p> <p>La consommation mondiale d'énergie, en forte augmentation, fait majoritairement appel aux combustibles fossiles dont l'utilisation est la principale cause du changement climatique.</p>	

Les activités humaines modifient de manière rapide certains flux associés au cycle du carbone. Dans ce contexte, l'estimation d'une empreinte carbone est essentielle pour élaborer des scénarios et fixer des objectifs de réduction.
Les différents scénarios de l'évolution globale du climat dépendent des stratégies que l'humanité mettra en oeuvre. La notion de risques étudiée au collège et en classe de seconde est convoquée.

Savoirs	Savoir-faire
<p>+ Ajout de l'ancien thème 1.4</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pour que soit mise en œuvre une adaptation efficace aux changements inéluctables et qu'en soit atténué l'impact négatif, les choix énergétiques supposent une compréhension globale du système Terre. - Ces Dans le domaine énergétique, le choix des mesures d'adaptation et d'atténuation doivent tenir compte de nombreux critères et paramètres : disponibilité des ressources et adéquation aux besoins, impacts (climatique, écologique, sanitaire, agricole), vulnérabilités et gestion des risques, faisabilité, conséquences économiques et sociales. L'analyse de ces éléments de décision conduit le plus souvent à une recherche de diversification ou d'évolution des ressources (mix énergétique). - Les durées longues, liées à l'inertie de certains systèmes (infrastructures énergétiques, transports, production industrielle), sont à confronter à l'urgence de l'action. - La transition écologique des sociétés repose sur la créativité scientifique et technologique (recherche de diversification ou d'évolution des ressources, mix énergétique, etc.), comme et sur l'invention de nouveaux l'évolution des comportements individuels et collectifs (consommations, déplacements, etc. relations Nord-Sud). 	<p>Analyser d'un point de vue global les impacts de choix énergétiques majeurs : exemple du nucléaire en France.</p> <p>Dans une étude de cas, analyser des choix énergétiques locaux selon les critères et les paramètres mentionnés.</p> <p>↔ Organisation et exploitation de données. ↔ Lectures graphiques. ↔ Ordres de grandeur.</p>
<p>Prérequis et limites</p> <p>Ce sous thème est l'occasion de mettre en perspective l'ensemble des thématiques abordées dans les thèmes 1 et 2. La notion de risques naturels étudiée au collège et en classe de seconde (SVT) est mobilisée. À travers la diversité des exemples, les élèves comprennent l'unité du concept d'énergie.</p>	

Pistes pour la mise en œuvre du programme

Nature du savoir scientifique et méthodes d'élaboration

Histoire des sciences et des techniques : évolution de l'exploitation des ressources hydrauliques au cours des siècles.

Histoire des sciences : de la mesure de l'incidence du CO₂ sur le climat à la naissance du GIEC.

Histoire des sciences : évolution des scénarios de transition écologique proposés par le GIEC depuis sa création.

Histoire des sciences : de la découverte de la fission au développement des centrales nucléaires.

Estimation des réserves de combustibles fossiles.

Sciences, société et environnement

Gestion des déchets issus des centrales nucléaires.

Impact environnemental du développement de parcs éoliens et hydroliens.

Évaluation de la disponibilité d'une ressource énergétique intermittente.

Développement de la voiture électrique.

Empreinte carbone d'un établissement scolaire.

Les objectifs de développement durable de l'Organisation des Nations Unies.

Les mesures prises pour améliorer la qualité de l'air en lien avec la santé.

Utilisation de bio-indicateurs pour évaluer les pollutions atmosphériques urbaines.

Les pistes de décarbonation.

Incidence de la diminution du phytoplancton sur l'équilibre des flux de carbone.

Thème 3 : Une histoire du vivant

Introduction et enjeux.

La Terre est habitée par une grande diversité d'êtres vivants dont l'espèce humaine. Cette biodiversité est dynamique et issue d'une longue histoire dont l'espèce humaine fait partie : l'évolution des espèces. L'évolution constitue un puissant outil de compréhension du monde vivant. Les activités humaines se sont transformées développées au cours de cette histoire, certaines inventions et découvertes scientifiques ont contribué à l'essor de notre espèce et ont des effets directs et indirects sur les écosystèmes. Une approche systémique met en lumière les relations entre la santé humaine, la santé animale et les écosystèmes.

Les mathématiques permettent de modéliser la dynamique des systèmes vivants afin de décrire leur évolution proposent des modèles pour mieux appréhender la dynamique des systèmes vivants. La démarche de modélisation mathématique comporte plusieurs étapes : identification du type de modèle le mieux adapté pour traduire la réalité, détermination des paramètres du modèle, confrontation des résultats du modèle à des observations, qui peut conduire à limiter son domaine de validité ou à le modifier.

L'être humain a construit des machines pour traiter l'information et a créé des langages pour les commander. Avec les méthodes de l'intelligence artificielle, il continue d'étendre les capacités de traitement de données et les domaines d'application de l'informatique.

Les thématiques abordées sont éventuellement l'occasion pour les professeurs de remobiliser des contenus mathématiques abordés dans le cadre du programme de mathématiques intégré à l'enseignement scientifique en classe de première générale, en particulier concernant les phénomènes aléatoires et les phénomènes d'évolution.

Histoire, enjeux et débats

- Histoire de l'évolution humaine et découverte de fossiles par les paléontologues.
- La théorie de l'évolution et son application dans différents champs.
- Modèles mathématiques historiques d'accroissement des populations (Malthus, Quetelet, Verhulst) et controverses autour du malthusianisme.
- Histoire de grandes avancées médicales : aseptie (Semmelweis, Pasteur), antibiothérapie (Fleming), vaccination (Jenner, Koch, Pasteur), radiologie (Röntgen), greffe, chimiothérapie...
- Biodiversité et impacts des actions humaines.
- Histoire du traitement de l'information : de l'invention de l'écriture aux machines programmables (Jacquard, Babbage) et aux ordinateurs (Lovelace, Turing, Von Neumann...).
- Bogues (ou *bugs*) et failles de sécurité des systèmes informatiques, comme contrepartie parfois graves de leur flexibilité.

Objectifs. Une partie de la biodiversité actuelle est encore méconnue. Diverses approches cherchent à l'estimer et à en comprendre l'évolution. Ce thème est l'occasion d'approfondir les processus permettant l'apparition de nouveautés au sein de populations. Ces dernières sont soumises à des pressions de sélection qui vont modifier la fréquence de représentation de ces nouveautés et donc participer à l'évolution des espèces. L'être humain peut être à l'origine de façon directe ou indirecte de telles pressions. L'espèce humaine, comme les autres êtres vivants, est issue d'une histoire évolutive complexe que la paléoanthropologie cherche à retracer. Les archives paléontologiques sont rares, mais des techniques de biologie moléculaire les complètent.

La démarche de modélisation mathématique comporte plusieurs étapes : identification du type de modèle le mieux adapté pour traduire la réalité, détermination des paramètres du modèle, confrontation des résultats du modèle à des observations, qui peut conduire à limiter son domaine de validité ou à le modifier.

Les mathématiques et l'informatique contribuent à l'élaboration de modèles démographiques et au développement de l'intelligence artificielle dont les nombreuses potentialités et les limites, notamment éthiques, sont à discuter.

3.1 La biodiversité et son évolution

Évaluer la biodiversité à différentes échelles spatiales et temporelles représente un enjeu majeur pour comprendre sa dynamique et les conséquences des actions humaines. Les populations évoluent au cours du temps. Des modèles mathématiques probabilistes et des outils statistiques permettent d'étudier les mécanismes évolutifs impliqués.

Savoirs

Il existe sur Terre un grand nombre d'espèces dont seule une faible proportion est effectivement connue. Les scientifiques estiment cependant qu'une part importante de la biodiversité reste à découvrir. La biodiversité se mesure par des techniques d'échantillonnage (spécimens ou ADN) qui permettent d'estimer le nombre d'espèces (richesse spécifique) dans différents milieux écosystèmes. Les composantes de la biodiversité peuvent aussi être décrites par l'abondance (nombre d'individus) d'une population, d'une espèce ou d'un plus grand taxon.

Il existe plusieurs méthodes permettant d'estimer un effectif à partir d'échantillons.

Savoir-faire

Exploiter des données obtenues au cours d'une sortie de terrain ou d'explorations scientifiques (historiques et/ou actuelles) pour estimer la biodiversité (richesse spécifique et/ou abondance relative de chaque taxon).

Exploiter des résultats de métagénomique. Quantifier l'effectif d'une population ou d'un taxon plus vaste à partir de résultats d'échantillonnage.

Estimer une abondance par la méthode de capture, marquage, recapture, fondée sur le calcul d'une quatrième proportionnelle.

<p>La méthode de « capture-marquage-recapture » repose sur des calculs effectués sur un échantillon. Si on suppose que la proportion d'individus marqués est identique dans l'échantillon de recapture et dans la population totale, l'effectif de celle-ci s'obtient par le calcul d'une quatrième proportionnelle. À partir d'un seul échantillon, l'effectif d'une population peut également être estimé à l'aide d'un intervalle de confiance. Une telle estimation est toujours assortie d'un niveau de confiance strictement inférieur à 100 % en raison de la fluctuation des échantillons. Pour un niveau de confiance donné, l'estimation est d'autant plus précise que la taille de l'échantillon est grande.</p>	<p>À l'aide d'un tableur, simuler des échantillons de même effectif pour visualiser la fluctuation d'échantillonnage due à l'expérience.</p> <p>En utilisant une formule donnée pour un intervalle de confiance au niveau de confiance de 95 %, estimer un paramètre inconnu dans une population de grande taille à partir des résultats observés sur un échantillon.</p> <p>↔ Proportions. ↔ Fluctuation d'échantillonnage. ↔ Intervalle de confiance.</p>
<p>Au cours de l'évolution biologique, la composition génétique des populations d'une espèce change de génération en génération. Le modèle mathématique de Hardy-Weinberg utilise la théorie des probabilités pour décrire le phénomène aléatoire de transmission des allèles dans une population. En assimilant les probabilités à des fréquences pour des effectifs de grande taille (loi des grands nombres), le modèle prédit que la structure génétique d'une population de grand effectif est stable d'une génération à l'autre sous certaines conditions (absence de migration, de mutation et, de sélection et de dérive). Cette stabilité théorique est connue sous le nom d'équilibre de Hardy-Weinberg.</p> <p>Les limites du modèle s'expriment dans Les écarts entre les fréquences observées sur une population naturelle et les résultats du modèle s'expliquent notamment par trouvent leur explication dans les processus réels mis en jeu notamment par les effets de forces évolutives (mutation, sélection, dérive, etc.).</p>	<p>Pour la transmission de deux allèles dans le cadre du modèle de Hardy-Weinberg, établir les relations entre les probabilités des génotypes d'une génération et celles de la génération précédente.</p> <p>Produire une démonstration mathématique ou un calcul sur tableur ou un programme en Python pour prouver ou constater que les probabilités des génotypes sont constantes à partir de la seconde génération (modèle de Hardy-Weinberg).</p> <p>Utiliser des logiciels de simulation basés sur ce modèle mathématique.</p> <p>Analyser une situation d'évolution biologique expliquant un écart par rapport au modèle de Hardy-Weinberg.</p> <p>↔ Tableaux croisés. ↔ Probabilités conditionnelles. ↔ Suites et relations de récurrences.</p>
<p>Les activités humaines (pollution, destruction des écosystèmes, combustions et leurs impacts climatiques, surexploitation d'espèces...) ont des conséquences sur la biodiversité et ses composantes (dont la variation d'abondance) et conduisent à l'extinction d'espèces.</p>	<p>Étudier un exemple montrant les effets d'une modification de l'écosystème, dont ses conséquences possibles en matière de santé.</p> <p>Justifier le concept « Une seule santé » qui met en relation la santé humaine, la santé animale et l'environnement.</p>

<p>L'approche « Une seule santé » consiste à relier la santé humaine, la santé animale et la santé des écosystèmes dans lesquels elles coexistent, ces trois composantes ne pouvant plus être dissociées.</p> <p>La fragmentation d'une population en plusieurs échantillons de plus faibles effectifs entraîne par dérive génétique un appauvrissement de la diversité génétique d'une population.</p> <p>La connaissance et la gestion d'un écosystème permettent d'y préserver la biodiversité.</p>	<p>Utiliser un modèle géométrique simple (quadrillage) pour calculer l'impact d'une fragmentation sur la surface disponible pour une espèce.</p> <p>À partir d'un logiciel de simulation, montrer l'impact les effets d'un faible effectif de population sur la dérive génétique et l'évolution rapide des fréquences alléliques.</p> <p>Analyser des documents pour comprendre les mesures de protection de populations à faibles effectifs.</p> <p>Identifier des critères de gestion durable d'un écosystème. Envisager des solutions pour un environnement proche.</p>
--	--

Prérequis et limites

Les notions déjà connues de gènes et d'allèles, de diversité allélique, de sélection naturelle, de dérive génétique, de calcul de probabilités et de fluctuation d'échantillonnage sont mobilisées (classe de seconde).

Pistes de mise en œuvre du programme

Nature du savoir scientifique et méthodes d'élaboration

Histoire des sciences : de l'échantillonnage naturaliste aux données en génomique.

Élaboration des listes des espèces à protéger à l'échelle internationale.

Les représentations de l'évolution : place de l'être humain.

Sciences, société et environnement

Le concept « Une seule santé » et les pandémies.

Espèces emblématiques et campagne de sensibilisation. Le déclin des abeilles.

La biodiversité sur et dans l'être humain : le microbiote.

Stratégies pour préserver la biodiversité ou l'augmenter dans l'enceinte d'un lycée.

3.2 L'évolution comme grille de lecture du monde

Les concepts de biologie évolutive ont une large portée explicative, présentée ici à travers plusieurs exemples. Ils permettent de comprendre l'anatomie comme le résultat d'une longue histoire évolutive, faite d'adaptations, de hasard, de contingences et de compromis. Les concepts de variation et de sélection naturelle éclairent des pratiques humaines (médicales et agricoles) et certaines de leurs conséquences.

Savoirs	Savoir-faire
<p>Les structures anatomiques présentent des particularités surprenantes d'un point de vue fonctionnel, pouvant paraître sans fonction avérée ou bien d'une étonnante complexité. Elles témoignent de l'évolution des espèces, dont la nôtre. Les caractères anatomiques peuvent être le résultat de la sélection naturelle mais certains sont mieux expliqués par l'héritage de l'histoire évolutive que par leur fonction.</p> <p>L'évolution permet de comprendre des phénomènes biologiques ayant une</p>	<p>Expliquer l'origine d'une structure anatomique en mobilisant les concepts de hasard, de variation, de sélection naturelle et d'adaptation (exemple de l'œil).</p> <p>Interpréter des caractéristiques anatomiques humaines en relation avec des contraintes historiques (comme le trajet de la crosse aortique), des contraintes de construction (comme le téton masculin), des compromis sélectifs (comme les difficultés obstétriques) ou des régressions en cours (comme les dents de sagesse).</p>

<p>importance médicale. L'évolution rapide des organismes microbiens nécessite d'adapter les stratégies prophylactiques, les vaccins et les antibiotiques.</p> <p>Depuis la révolution agricole, la pratique intensive de la monoculture, la domestication et l'utilisation de produits phytosanitaires ont L'évolution des pratiques agricoles a un impact sur la biodiversité et son évolution.</p>	<p>Mobiliser des concepts évolutionnistes pour expliquer l'évolution de populations d'êtres vivants. comment des populations microbiennes pourront à longue échéance ne plus être sensibles à un vaccin (ou un antibiotique) ou comment l'utilisation de produits phytosanitaires favorise le développement de ravageurs des cultures qui y sont résistants.</p>
<p>Prérequis et limites Il n'est pas attendu de développement spécifique en matière d'embryologie ou d'agronomie.</p> <p>Pistes de mise en œuvre du programme Nature du savoir scientifique et méthodes d'élaboration Interpréter des caractéristiques anatomiques humaines en relation avec des contraintes historiques (comme le trajet de la crosse aortique), des contraintes de construction (comme le téton masculin), des compromis sélectifs (comme les difficultés obstétriques) ou des régressions en cours (comme les dents de sagesse). Les stratégies actuelles pour faire face aux antibiorésistances.</p> <p>Sciences, société et environnement La domestication animale. L'utilisation de produits phytosanitaires et le développement de ravageurs des cultures qui y sont résistants. De la recherche agronomique aux pratiques agricoles durables. Les variants viraux.</p>	
<p>3.3 L'évolution humaine La paléanthropologie construit un récit scientifique de nos origines à partir des archives fossiles. La phylogénie permet d'étudier les relations de parenté entre les espèces actuelles et fossiles d'Hominides.</p>	
<p>Savoirs</p>	<p>Savoir-faire</p>
<p>L'espèce humaine actuelle (<i>Homo sapiens</i>) fait partie du groupe des primates et est plus particulièrement apparentée aux grands singes avec lesquels elle partage des caractères morpho-anatomiques, des comportements et des similitudes génétiques. C'est avec le chimpanzé qu'elle partage le plus récent ancêtre commun.</p>	<p>Analyser des matrices de comparaison de caractères morpho-anatomiques résultant d'innovations évolutives afin d'établir des liens de parenté et de construire un arbre phylogénétique.</p> <p>Mettre en relation la ressemblance génétique entre les espèces de primates et leur degré de parenté.</p>
<p>Des arguments scientifiques issus de l'analyse comparée de fossiles permettent de reconstituer l'histoire de nos origines. L'étude de fossiles dates de 3 à 7 millions d'années montre des innovations caractéristiques de la lignée humaine (bipédie prolongée, forme de la mandibule). Cette lignée est buissonnante. Le genre <i>Homo</i> regroupe l'espèce humaine actuelle et des espèces fossiles qui se</p>	<p>Positionner quelques espèces fossiles dans un arbre phylogénétique, à partir de l'étude de caractères. Discuter la notion de lignée humaine. Analyser des arguments scientifiques qui ont permis de préciser la parenté de <i>Homo</i></p>

<p>caractérisent notamment par le développement de la capacité crânienne. Plusieurs espèces humaines ont cohabité sur Terre.</p> <p>Certains caractères sont transmis de manière non génétique : microbiote, comportements appris dont la langue, les habitudes alimentaires, l'utilisation d'outils...</p>	<p>sapiens avec les autres Homo, et notamment la parenté éventuelle avec les Néandertaliens ou les Denisoviens.</p>
---	---

<p>Prérequis et limites L'objectif n'est pas de conduire une approche exhaustive des fossiles et de leurs caractères biologiques, mais de présenter la démarche scientifique permettant de construire une histoire raisonnée de l'évolution humaine. Les notions de liens de parenté, étudiées au collège, sont mobilisées ; un accent particulier est mis sur l'importance de l'identification d'innovations évolutives communes.</p> <p>Pistes de mise en oeuvre du programme</p> <p>Nature du savoir scientifique et méthodes d'élaboration</p> <p>Des découvertes successives en paléontologie humaine à la construction permanente du récit de nos origines.</p> <p>Histoire des sciences : vie et mort d'une théorie (<i>East Side Story</i>).</p> <p>Sciences, société et environnement</p> <p>Évolution de la représentation sociétale de l'émergence du genre humain</p> <p>Sciences et croyances face à l'évolution</p> <p>Métissage des populations humaines et leurs conséquences au niveau immunitaire.</p> <p>Qu'est-ce que l'être humain ?</p>	
<p>3.4 Les modèles démographiques</p> <p>Dans le cadre de l'étude de l'évolution des populations, il est important de prédire leur effectif futur mais aussi la manière dont vont évoluer les ressources qui leur sont nécessaires.</p> <p>Prédire l'évolution de l'effectif d'une population humaine et des ressources qui lui sont nécessaires est un enjeu majeur du développement durable.</p> <p>Pour prédire ces évolutions d'un système quelconque, les scientifiques utilisent des modèles mathématiques. La présentation de l'exemple historique de Malthus permet de mettre en oeuvre cette démarche mathématique dans le cas discret (correspondant à une variation par paliers).</p>	
<p>Savoirs</p> <p>Un modèle mathématique simple est le modèle linéaire.</p> <p>Une grandeur discrète u varie de manière linéaire en fonction d'un palier entier n si sa variation absolue $u(n+1) - u(n)$ est constante. Dans ce cas, les points $(n, u(n))$ sont situés sur une droite. La suite de terme général $u(n)$ est arithmétique.</p> <p>Dans la réalité, pour l'évolution d'une population dont la variation absolue par unité de temps est presque constante d'un palier à l'autre, on peut ajuster le nuage de points qui la représente par une droite (modèle linéaire) évoquant une droite. Cette évolution peut être modélisée par une suite arithmétique (modèle dit linéaire).</p>	<p>Savoir-faire</p> <p>Exprimer $u(n)$ en fonction de $u(0)$ et n.</p> <p>Produire et interpréter des graphiques statistiques traduisant l'évolution d'effectif d'une population ou de ressources, notamment sous forme de nuages de points.</p> <p>À l'aide d'une calculatrice ou d'un tableur, ajuster un nuage de points par une droite et utiliser ce modèle linéaire pour effectuer des prévisions.</p> <p>À partir de données démographiques, calculer des variations absolues par unité de temps et des variations relatives par unité de temps d'une population afin de choisir entre un modèle linéaire et un modèle exponentiel.</p>

<p>Le modèle linéaire est inadapté pour représenter l'évolution d'une grandeur dont la variation absolue change fortement d'un palier à l'autre.</p> <p>Une grandeur discrète u varie de manière exponentielle en fonction du palier entier n si sa variation absolue $u(n+1) - u(n)$ est proportionnelle à sa valeur courante $u(n)$.</p> <p>Dans ce cas, sa variation relative (ou taux de variation) est constante et la suite de terme général $u(n)$ est géométrique.</p> <p>Dans la réalité, pour une population dont le taux de variation est presque constant d'un palier à l'autre, on peut ajuster le nuage de points par un modèle exponentiel.</p>	<p>Exprimer $u(n)$ en fonction de $u(0)$ et de n.</p> <p>À partir de données démographiques, calculer le taux de variation d'une population entre deux dates.</p> <p>Calculer l'effectif final d'une population à partir de son effectif initial, de son taux de natalité et de son taux de mortalité.</p>
<p>L'évolution d'une population dont la variation relative par unité de temps (encore appelée taux d'évolution) est presque constante est représentée par un nuage de points évoquant la courbe d'une exponentielle. Cette évolution peut être modélisée par une suite géométrique (modèle dit exponentiel).</p> <p>Le modèle démographique de Malthus est un modèle exponentiel d'évolution de l'effectif de la population. Il prévoit que l'effectif de la population décroît vers 0 si le taux de mortalité est supérieur au taux de natalité et croît vers l'infini si le taux de natalité est supérieur au taux de mortalité.</p> <p>Si les prédictions du modèle de Malthus peuvent se révéler correctes sur un temps court, elles sont irréalistes sur un temps long, notamment en raison de l'insuffisance des ressources disponibles.</p> <p>Des modèles plus élaborés prévoient que la population mondiale atteindra environ 10 milliards d'humains en 2050.</p>	<p>Selon le modèle de Malthus, prédire l'effectif d'une population au bout de n années à partir de son effectif initial, de son taux de natalité et de son taux de mortalité.</p> <p>À l'aide d'un tableur, d'une calculatrice ou d'une représentation graphique, calculer le temps de doublement d'une population sous l'hypothèse de croissance exponentielle.</p> <p>À partir de documents fournis, proposer un modèle de croissance de ressources alimentaires (par exemple la production mondiale de blé ou de riz) et la comparer à une croissance exponentielle.</p> <p>À l'aide d'une calculatrice ou d'un tableur, ajuster un nuage de points par une courbe de tendance et utiliser ce modèle pour effectuer des prévisions.</p> <p>Comparer les valeurs fournies par un modèle à des données réelles afin de tester sa validité.</p> <p>↔ Calculs usuels sur les suites arithmétiques et géométriques, représentations graphiques.</p> <p>↔ Lectures graphiques.</p> <p>↔ Résolution d'équations et d'inéquations.</p>
<p>Prérequis et limites</p> <p>Différentes notions déjà étudiées sont mobilisées : fonctions affines, représentations graphiques de droites, fonction de variable entière et notation $u(n)$. La connaissance de la fonction exponentielle n'est pas exigible.</p> <p>Pistes de mise en œuvre du programme</p> <p>Nature du savoir scientifique et méthodes d'élaboration</p> <p>Histoire des sciences : modèles démographiques (Malthus, Quetelet, Verhulst, Lotka-Volterra, Fibonacci)</p> <p>Sciences, société et environnement</p> <p>Le malthusianisme et le néomalthusianisme.</p> <p>Modèles de propagation d'une épidémie au sein d'une population.</p> <p>Évolution d'une population et automate cellulaire.</p>	

3.5 De la machine de Turing à L'intelligence artificielle

L'être humain n'a cessé d'accroître son pouvoir sa capacité d'action sur le monde, utilisant son intelligence pour construire des outils et des machines. Dans le contexte du traitement automatique de l'information (informatique), il a élaboré un mode de pensée algorithmique susceptible d'être codé dans des langages permettant de commander ces machines. Aujourd'hui, Plus largement, le terme intelligence artificielle (IA) permet l'accomplissement de tâches et la résolution de problèmes jusqu'ici réservés aux humains se définit comme un champ interdisciplinaire théorique et pratique qui a pour objet la compréhension de mécanismes de la cognition et de la réflexion, et leur imitation par un dispositif matériel et logiciel, à des fins d'assistance ou de substitution à des activités humaines : reconnaître et localiser les objets dans une image, conduire une voiture, traduire un texte, dialoguer, ... Un champ de l'intelligence artificielle ayant permis des applications spectaculaires est celui de l'apprentissage machine automatique.

Savoirs	Savoir-faire
<p>Jusqu'au début du XXe siècle, les machines traitant l'information sont étaient limitées à une ou quelques tâches prédéterminées (tisser grâce à un ruban ou des cartes perforées, trier un jeu de carte perforées, séparer des cartes selon un critère, sommer des valeurs indiquées sur ces cartes, ...). Turing a été le premier à proposer le concept de machine universelle qui a été matérialisé dix ans plus tard avec les premiers ordinateurs. Ceux-ci sont constitués <i>a minima</i> d'un processeur et d'une mémoire vive.</p> <p>Un ordinateur peut manipuler des données de natures diverses une fois qu'elles ont été numérisées : textes, images, sons. Les programmes sont également des données : ils peuvent être stockés, transportés, et traités par des ordinateurs. En particulier, un programme écrit dans un langage de programmation de haut niveau (Python, Scratch...) peut être traduit en instructions spécifiques à chaque type de processeur.</p> <p>Un programme peut comporter jusqu'à plusieurs centaines de millions de lignes de code, ce qui rend très probable la présence d'erreurs appelées bogues (ou <i>bugs</i>). Ces erreurs peuvent conduire un programme à avoir un comportement inattendu et entraîner des conséquences graves.</p>	<p>Analyser des documents historiques relatifs au traitement de l'information et à son automatisation.</p> <p>Recenser les différentes situations de des outils numériques utilisés dans la vie courante où sont utilisés les ordinateurs, identifier lesquels ceux qui sont programmables et par qui (ordinateur, thermostat d'ambiance, smartphone téléphone intelligent, box internet, ordinateur de bord d'une voiture...).</p> <p>Savoir distinguer les fichiers exécutables des autres fichiers sous un système d'exploitation donné.</p> <p>Connaître l'ordre de grandeur de la taille d'un fichier image, son, vidéo.</p> <p>Savoir calculer la taille en octets d'une page de texte (en ASCII et non compressé).</p> <p>Étant donné un programme très simple, proposer des jeux de données d'entrée permettant d'en tester toutes les lignes.</p> <p>Corriger un algorithme ou un programme bogué simple.</p> <p>↔ Ordres de grandeur. ↔ Proportionnalité. ↔ Logique.</p>

<p>Le terme « intelligence artificielle » (IA) recouvre un ensemble de théories et de techniques qui traite de problèmes dont la résolution fait appel à l'intelligence humaine. L'intelligence artificielle (IA) est née en 1956. À cette époque, elle visait à simuler sur ordinateur les facultés cognitives humaines et recouvrait des approches relevant de l'informatique, des mathématiques et des sciences cognitives. L'approche symbolique (systèmes experts) initiée à la fin des années 50 n'a pas tenu ses promesses. Aujourd'hui, on a tendance à attribuer le terme d'IA à l'un de ses sous-domaines, celui de l'apprentissage automatique (apprentissage machine). Il s'agit d'un processus par lequel un algorithme évalue et améliore ses propres performances, non pas sous l'intervention d'un humain chargé de programmer la machine, mais en répétant son exécution sur des jeux de données de nature variée (mesures de capteurs pour des prévisions, textes pour la traduction, sons pour la reconnaissance vocale, images pour la reconnaissance visuelle, etc.).</p> <p>L'apprentissage machine (ou « apprentissage automatique ») utilise des programmes capables de s'entraîner à partir de données. Il exploite des méthodes mathématiques qui, à partir du repérage de tendances (corrélations, similarités) sur de très grandes quantités de données (big data données massives), permettent de faire des prédictions ou de prendre des décisions sur d'autres données. La qualité et la représentativité des données fournies d'entraînement sont essentielles pour la qualité des résultats. Les biais dans les données peuvent se retrouver amplifiés dans les résultats. En effet, l'un des risques de l'apprentissage automatique réside dans l'amplification des biais des données. Par ailleurs, une interprétation trop rapide des données et un amalgame entre corrélation et causalité peuvent aboutir à des résultats erronés.</p>	<p>Analyser des documents relatifs à une application de l'intelligence artificielle.</p> <p>Utiliser une courbe de tendance (encore appelée courbe de régression) pour estimer une valeur inconnue à partir de données d'entraînement.</p> <p>Analyser un exemple d'utilisation de l'intelligence artificielle : identifier la source des données utilisées et les corrélations exploitées.</p> <p>Sur des exemples réels, reconnaître les possibles biais dans les données, les limites de la représentativité.</p> <p>Sur des exemples simples, montrer qu'une corrélation ne correspond pas toujours à une relation de causalité.</p> <p>Expliquer pourquoi certains usages de l'IA peuvent poser des problèmes éthiques.</p> <p>↔ Calcul algébrique. ↔ Lectures graphiques.</p>
---	--

<p>L'inférence bayésienne est une méthode de calcul de probabilités de causes à partir des probabilités de leurs effets. Elle est utilisée en apprentissage automatique pour modéliser des relations au sein de systèmes complexes, notamment en vue de prononcer un diagnostic (médical, industriel, détection de spam...). Cela permet de détecter une anomalie à partir d'un test imparfait.</p>	<p>À partir de données, par exemple issues Dans le contexte d'un diagnostic médical fondé sur un test, produire un tableau de contingence afin de calculer des fréquences de faux positifs, faux négatifs, vrais positifs, vrais négatifs et. En déduire le nombre de personnes malades suivant leur résultat au test.</p> <p>Utiliser cette démarche dans d'autres contextes de classification (reconnaissance d'images, détection de messages non sollicités envoyés en masse, etc.).</p> <p>↔ Probabilités conditionnelles. ↔ Formule de Bayes.</p>
<p>Prérequis et limites</p> <p>Les probabilités étant assimilées à des fréquences, il est possible de raisonner sur des tableaux à double entrée sans faire appel explicitement à la théorie des probabilités conditionnelles ni à la formule de Bayes.</p> <p>Pistes de mise en œuvre du programme</p> <p>Nature du savoir scientifique et méthodes d'élaboration</p> <p>Histoire des sciences : de la machine de Turing aux dialogueurs.</p> <p>Exemples d'apprentissage automatique : réseaux de neurones simples et principe de l'apprentissage par retour d'erreur, algorithme des k plus proches voisins et modification des prédictions selon les données initiales et le paramètre k.</p> <p>Sciences, société et environnement</p> <p>Apports de l'intelligence artificielle : santé (imagerie médicale, diagnostic), commerce électronique et marketing (recommandation de produits), finance (prévisions boursières), activités sociales (réseaux sociaux), traduction automatique, communications, transports (voitures intelligentes), sécurité, création de contenus par des modèles génératifs (ChatGPT), etc.</p> <p>Points de vigilance : protection des données personnelles, propriété intellectuelle, responsabilité juridique, risques liés à l'IA générative dans le cadre des interactions entre l'être humain et la machine (<i>interaction Homme-Machine</i>) etc.</p> <p>Le devenir de l'intelligence artificielle, entre les sciences et la fiction.</p>	