



COURS PI

☆ *L'école sur-mesure* ☆

de la Maternelle au Bac, Établissement d'enseignement
privé à distance, déclaré auprès du Rectorat de Paris

Première - Module 5 - Projet expérimental et numérique :
« la démarche scientifique »

Enseignement Scientifique

v.5.1



- ✓ **Guide de méthodologie**
pour appréhender notre pédagogie
- ✓ **Leçons détaillées**
pour apprendre les notions en jeu
- ✓ **Exemples et illustrations**
pour comprendre par soi-même
- ✓ **Prolongement numérique**
pour être acteur et aller + loin
- ✓ **Exercices d'application**
pour s'entraîner encore et encore
- ✓ **Corrigés des exercices**
pour vérifier ses acquis

www.cours-pi.com

Paris & Montpellier



EN ROUTE VERS LE BACCALAURÉAT

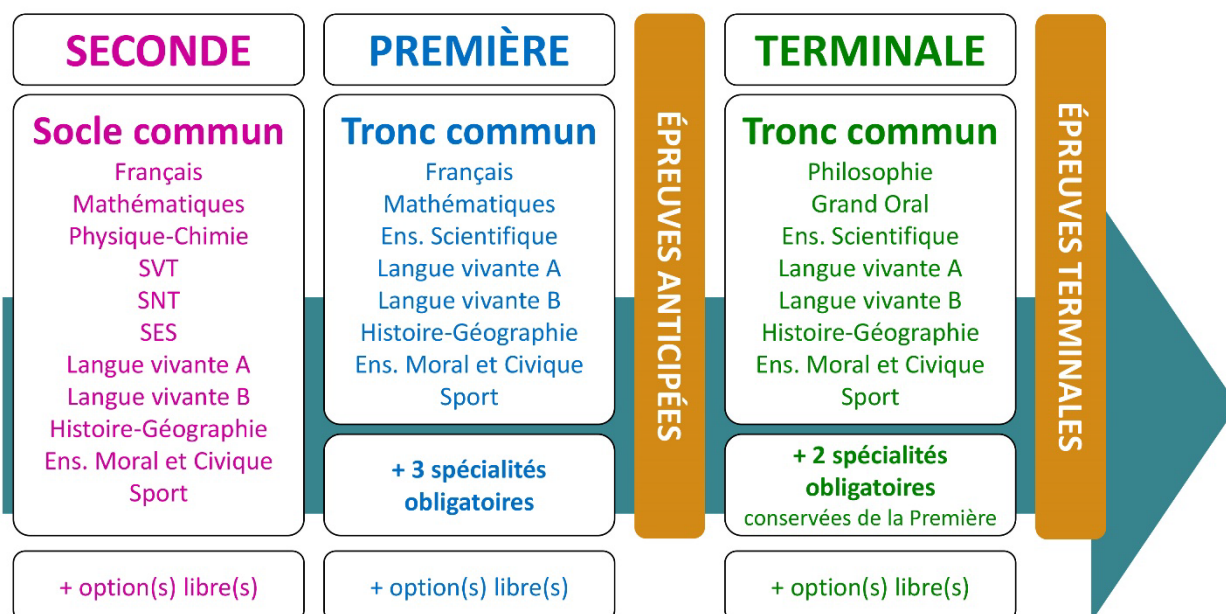
Comme vous le savez, la **réforme du Baccalauréat** est entrée en vigueur progressivement jusqu'à l'année 2021, date de délivrance des premiers diplômes de la nouvelle formule.

Dans le cadre de ce nouveau Baccalauréat, **notre Etablissement**, toujours attentif aux conséquences des réformes pour les élèves, s'est emparé de la question avec force **énergie** et **conviction** pendant plusieurs mois, animé par le souci constant de la réussite de nos lycéens dans leurs apprentissages d'une part, et par la **pérennité** de leur parcours d'autre part. Notre Etablissement a questionné la réforme, mobilisé l'ensemble de son atelier pédagogique, et déployé tout **son savoir-faire** afin de vous proposer un enseignement tourné continuellement vers l'**excellence**, ainsi qu'une scolarité tournée vers la **réussite**.

- Les **Cours Pi** s'engagent pour faire du parcours de chacun de ses élèves un **tremplin vers l'avenir**.
- Les **Cours Pi** s'engagent pour ne pas faire de ce nouveau Bac un diplôme au rabais.
- Les **Cours Pi** vous offrent **écoute** et **conseil** pour coconstruire une **scolarité sur-mesure**.

LE BAC DANS LES GRANDES LIGNES

Ce nouveau Lycée, c'est un enseignement à la carte organisé à partir d'un large tronc commun en classe de Seconde et évoluant vers un parcours des plus spécialisés année après année.



CE QUI A CHANGÉ

- Il n'y a plus de séries à proprement parler.
- Les élèves choisissent des spécialités : trois disciplines en classe de Première ; puis n'en conservent que deux en Terminale.
- Une nouvelle épreuve en fin de Terminale : le Grand Oral.
- Pour les lycéens en présentiel l'examen est un mix de contrôle continu et d'examen final laissant envisager un diplôme à plusieurs vitesses.
- Pour nos élèves, qui passeront les épreuves sur table, le Baccalauréat conserve sa valeur.

CE QUI N'A PAS CHANGÉ

- Le Bac reste un examen accessible aux candidats libres avec examen final.
- Le système actuel de mentions est maintenu.
- Les épreuves anticipées de français, écrit et oral, tout comme celle de spécialité abandonnée se dérouleront comme aujourd'hui en fin de Première.



A l'occasion de la réforme du Lycée, nos manuels ont été retravaillés dans notre atelier pédagogique pour un accompagnement optimal à la compréhension. Sur la base des programmes officiels, nous avons choisi de créer de nombreuses rubriques :

- **Suggestions de lecture** pour s'ouvrir à la découverte de livres de choix sur la matière ou le sujet
- **Réfléchissons ensemble** pour guider l'élève dans la réflexion
- **L'essentiel** et **Le temps du bilan** pour souligner les points de cours à mémoriser au cours de l'année
- **Pour aller plus loin** pour visionner des sites ou des documentaires ludiques de qualité
- Et enfin... la rubrique **Les Clés du Bac by Cours Pi** qui vise à vous donner, et ce dès la seconde, toutes les cartes pour réussir votre examen : notions essentielles, méthodologie pas à pas, exercices types et fiches étape de résolution !

ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE

Module 5 – Projet expérimental et numérique : « la démarche scientifique »

L'AUTEUR



Mathieu MEYER

« **Le discours d'un professeur doit s'adapter aux besoins des élèves** ». Enseignant expérimenté, Docteur en Chimie et Physico-chimie, il s'adapte facilement à tout public et accompagne élèves et étudiants dans leurs challenges. Doté d'un esprit positif, son approche de l'enseignement scientifique est axée sur le raisonnement, la compréhension, les applications et la manipulation. Passionné de football et supporter de Lyon depuis toujours, il est aussi un coureur de fond et de trail dont les temps laissent rêver... 36min sur 10km, 1h18 sur semi-marathon.

PRÉSENTATION

Aujourd'hui, tout scientifique est confronté à la communication. Sa recherche n'est utile pour la société que si elle est communiquée, vulgarisée et expliquée. Savoir commenter des données, argumenter un point de vue scientifique et développer un raisonnement sont des qualités indéniables d'un chercheur ou d'un ingénieur dont les fondamentaux s'apprennent depuis le plus jeune âge.

La discipline « enseignement scientifique » va non seulement permettre aux élèves de constituer leur socle de connaissances culturelles et notionnelles scientifiques, mais aussi de les préparer à analyser, commenter, communiquer et argumenter ses raisonnements, qualités utiles à tout citoyen, à une époque où les grandes questions scientifiques deviennent la responsabilité de chacun.

Ce sont ces compétences qui seront évaluées au baccalauréat et c'est à cela que va vous préparer par étapes, de façon très guidée, ce module d'enseignement scientifique.

CONSEILS A L'ÉLÈVE

Vous disposez d'un support de Cours complet : **prenez le temps** de bien le lire, de le comprendre mais surtout de l'**assimiler**. Vous disposez pour cela d'exemples donnés dans le cours et d'exercices types corrigés.

Vous pouvez rester un peu plus longtemps sur une unité mais travaillez régulièrement.

LES FOURNITURES

Vous devez posséder :

- une **calculatrice graphique pour l'enseignement scientifique au Lycée comportant un mode examen (requis pour l'épreuve du baccalauréat)**.
- un **tableur** comme Excel de Microsoft (payant) ou Calc d'Open Office (gratuit et à télécharger sur <http://fr.openoffice.org/>). En effet, certains exercices seront faits de préférence en utilisant un de ces logiciels, mais vous pourrez également utiliser la calculatrice).

LES DEVOIRS

Les devoirs constituent le moyen d'évaluer l'acquisition de **vos savoirs** (« Ai-je assimilé les notions correspondantes ? ») et de **vos savoir-faire** (« Est-ce que je sais expliquer, justifier, conclure ? »).

Placés à des endroits clés des apprentissages, ils permettent la vérification de la bonne assimilation des enseignements.

Aux *Cours Pi*, vous serez accompagnés par un **professeur selon chaque matière** tout au long de votre année d'étude. Référez-vous à votre « Carnet de Route » pour l'identifier et découvrir son parcours.

Avant de vous lancer dans un devoir, assurez-vous d'avoir **bien compris les consignes**.

Si vous repérez des difficultés lors de sa réalisation, n'hésitez pas à le mettre de côté et à revenir sur les leçons posant problème. **Le devoir n'est pas un examen**, il a pour objectif de s'assurer que, même quelques jours ou semaines après son étude, une notion est toujours comprise.

Aux Cours Pi, chaque élève travaille à son rythme, parce que chaque élève est différent et que ce mode d'enseignement permet le « sur-mesure ».

Nous vous engageons à respecter le moment indiqué pour faire les devoirs. Vous les identifierez par le bandeau suivant :



Vous pouvez maintenant
faire et envoyer le **devoir n°1**



Il est **important de tenir compte des remarques, appréciations et conseils du professeur-correcteur**. Pour cela, il est **très important d'envoyer les devoirs au fur et à mesure** et non groupés. **C'est ainsi que vous progresserez !**

Donc, dès qu'un devoir est rédigé, envoyez-le aux *Cours Pi* par le biais que vous avez choisi :

- 1) Par **soumission en ligne** via votre espace personnel sur **PoulPi**, pour un envoi **gratuit, sécurisé** et plus **rapide**.
- 2) Par **voie postale** à *Cours Pi*, 9 rue Rebuffy, 34 000 Montpellier
*Vous prendrez alors soin de joindre une **grande enveloppe libellée à vos nom et adresse**, et **affranchie au tarif en vigueur** pour qu'il vous soit retourné par votre professeur*

N.B. : quel que soit le mode d'envoi choisi, vous veillerez à **toujours joindre l'énoncé du devoir** ; plusieurs énoncés étant disponibles pour le même devoir.

N.B. : si vous avez opté pour un envoi par voie postale et que vous avez à disposition un scanner, nous vous engageons à conserver une copie numérique du devoir envoyé. Les pertes de courrier par la Poste française sont très rares, mais sont toujours source de grand mécontentement pour l'élève voulant constater les fruits de son travail.

VOTRE RESPONSABLE PÉDAGOGIQUE

Professeur des écoles, professeur de français, professeur de maths, professeur de langues : notre Direction Pédagogique est constituée de spécialistes capables de dissiper toute incompréhension.

Au-delà de cet accompagnement ponctuel, notre Etablissement a positionné ses Responsables pédagogiques comme des « super profs » capables de co-construire avec vous une scolarité sur-mesure.

En somme, le Responsable pédagogique est votre premier point de contact identifié, à même de vous guider et de répondre à vos différents questionnements.

Votre Responsable pédagogique est la personne en charge du suivi de la scolarité des élèves.

Il est tout naturellement votre premier référent : une question, un doute, une incompréhension ? Votre Responsable pédagogique est là pour vous écouter et vous orienter. Autant que nécessaire et sans aucun surcoût.

QUAND
PUIS-JE
LE
JOINDRE ?

Du **lundi** au **vendredi** : horaires disponibles sur votre carnet de route et sur PoulPi.

QUEL
EST
SON
RÔLE ?

Orienter les parents et les élèves.

Proposer la mise en place d'un accompagnement individualisé de l'élève.

Faire évoluer les outils pédagogiques.

Encadrer et **coordonner** les différents professeurs.

VOS PROFESSEURS CORRECTEURS

Notre Etablissement a choisi de s'entourer de professeurs diplômés et expérimentés, parce qu'eux seuls ont une parfaite connaissance de ce qu'est un élève et parce qu'eux seuls maîtrisent les attendus de leur discipline. En lien direct avec votre Responsable pédagogique, ils prendront en compte les spécificités de l'élève dans leur correction. Volontairement bienveillants, leur correction sera néanmoins juste, pour mieux progresser.

QUAND
PUIS-JE
LE
JOINDRE ?

Une question sur sa correction ?

- faites un mail ou téléphonez à votre correcteur et demandez-lui d'être recontacté en lui laissant **un message avec votre nom, celui de votre enfant et votre numéro**.
- autrement pour une réponse en temps réel, appelez votre Responsable pédagogique.

LE BUREAU DE LA SCOLARITÉ

Placé sous la direction d'Elena COZZANI, le Bureau de la Scolarité vous orientera et vous guidera dans vos démarches administratives. En connaissance parfaite du fonctionnement de l'Etablissement, ces référents administratifs sauront solutionner vos problématiques et, au besoin, vous rediriger vers le bon interlocuteur.

QUAND
PUIS-JE
LE
JOINDRE ?

Du **lundi** au **vendredi** : horaires disponibles sur votre carnet de route et sur PoulPi.
04.67.34.03.00
scolarite@cours-pi.com



LE SOMMAIRE

Enseignement Scientifique – Module 5 – Projet expérimental et numérique,
« la démarche scientifique »

<u>Rappels mathématiques</u>	1
<u>Rappels physiques et chimiques</u>	1
<u>Rappels biologiques</u>	2
<u>Introduction</u>	3

CHAPITRE 1. La démarche scientifique

4

Première approche : Galilei, un exemple de démarche scientifique	5
1. Théorie de la démarche scientifique	8
2. Méthodologie de la démarche scientifique	11
3. Cas d'étude	12
Le temps du bilan	24

CHAPITRE 2. Une application de la démarche scientifique

26

Première approche : Donald Trump et le réchauffement climatique	27
1. Une problématique (il existe un réchauffement climatique), de multiples données à exploiter	30
2. Méthode d'exploitation de données : le tracé d'une courbure sur un tableur	30
3. Études de données	34
Le temps du bilan	40
Devoir oral	40

CORRIGÉS des exercices

46



ESSAIS

- **Curieux ! 100 fake news face à la science**
- **Le goût du vrai** *Etienne Klein*
- **Allons-nous liquider la science ?** *Etienne Klein*
- **La formation de l'esprit scientifique** *Gaston Bachelard*
- **La Structure des révolutions scientifiques** *Thomas Samuel Kuhn*
- **Devenez sorciers, devenez savants** *Georges Charpak*
- **L'imposture scientifique en dix leçons** *Michel de Pracontal*

BANDES DESSINÉES

- **Crédulité et rumeurs** *Gérald Bronner*

PODCASTS

- **Savant sachant chercher** *Brian Greene*
- **Eurêka** *France Culture*
- **Le Pourquoi du comment : science** *France Culture*
- **La méthode scientifique** *France Culture*
- **Futura dans les étoiles** *Futura sciences*
- **Choses à savoir** *Sciences*
- **La tête au carré** *France Inter*

DOCUMENTAIRES AUDIOVISUELS

- **Cosmos : une odyssée à travers l'univers (13 épisodes)** *Neil deGrasse Tyson*
- **La fabuleuse histoire de la science (6 épisodes)**
- **La magie du cosmos (3 épisodes)** *Brian Greene*



RAPPELS MATHÉMATIQUES

Calcul de produit en croix

Un outil mathématique va être beaucoup utilisé dans ce chapitre. Il s'agit du produit en croix. Voici quelques petits rappels de son utilisation.

18	x
25	100

La détermination de x va se faire de la manière suivante :

$$x = \frac{100 \times 18}{25} = 72$$

RAPPELS PHYSIQUES ET CHIMIQUES

Atomes

L'atome est, pour les chimistes, la pièce angulaire de la matière. Le terme vient d'ailleurs d'un mot grec qui signifie « indivisible ».

Les atomes sont constitués de protons et neutrons dans leurs noyaux autour desquels gravitent des électrons. Le tableau périodique de Mendeleïev recense 118 atomes qui sont tous différents par leurs nombres de protons.

L'ordre de grandeur de l'atome est de 10^{-10} mètre.

Molécules

La molécule est la structure de base de la matière et ce quel que soit son état physique (gazeux, liquide ou solide). Les molécules sont constituées d'au moins deux atomes. Les plus connues sont l'eau H_2O , le dioxyde de carbone CO_2 et le dioxygène O_2 que nous reverrons dans ces différents chapitres.

Entités chimiques

Certains scientifiques utilisent le terme d'entités chimiques. Celui-ci est généralement mal compris des élèves. Une entité chimique est un terme générique utilisé par les scientifiques pour désigner un atome ou une molécule.

Conservation d'énergie au cours d'une réaction

Au cours d'une réaction, l'énergie se conserve. Cette conservation est souvent décrite par les professeurs de la manière suivante : « Au cours d'une réaction, rien ne se crée, rien ne se perd et tout se transforme » (principe de Lavoisier).

Cela signifie que l'énergie du système (de l'objet) étudié sera toujours la même. Elle aura peut-être simplement changé de forme ou aura été transmise à un autre système.

Écriture en puissance

Les nombres manipulés ici seront souvent très petits ou très grands. Pour gagner en lisibilité, les scientifiques ont élaboré une écriture en puissance.

$$10^\alpha$$

Deux cas de figures :

Si $\alpha > 0$, alors le nombre est positif.

Si $\alpha < 0$, alors le nombre est négatif.

Petite astuce ! α renvoie au nombre de 0 !

Exemple :

$10^2 = 1\mathbf{00}$ Soit deux zéros !	$10^6 = 1\mathbf{000\,000}$ Soit six zéros !	$10^{-2} = \mathbf{0,01}$ Soit deux zéros !	$10^{-6} = \mathbf{0,000\,001}$ Soit six zéros !
$10^4 = 1\mathbf{0\,000}$ Soit quatre zéros !	$10^{10} = 1\mathbf{0\,000\,000\,000}$ Soit dix zéros !	$10^{-4} = \mathbf{0,000\,1}$ Soit quatre zéros !	$10^{-10} = \mathbf{0,000\,000\,000\,1}$ Soit dix zéros !

Tableau de conversions

Prenons le gramme comme unité principale :

1 Gg (giga) : 1 000 000 000 grammes soit 10^9 grammes

1 Mg (méga) : 1 000 000 grammes soit 10^6 grammes

1 kg (kilo) : 1 000 grammes soit 10^3 grammes

1 mg (mili) : 0,001 gramme soit 10^{-3} gramme

1 μ g (micro) : 0,000 001 gramme soit 10^{-6} gramme

1 ng (nano) : 0,000 000 01 gramme soit 10^{-9} gramme

1 pg (pico) : 0,000 000 000 001 gramme soit 10^{-12} gramme

1 fg (fento) : 0,000 000 000 000 001 gramme soit 10^{-15} gramme

RAPPELS BIOLOGIQUES

Photosynthèse

Processus par lequel les plantes vertes synthétisent des matières organiques grâce à l'énergie lumineuse, en absorbant le dioxyde de carbone de l'air et en produisant du dioxygène.

Respiration

Processus résultant de l'oxydation complète de molécules tel le glucose en présence de dioxygène pour former de l'énergie et dioxyde de carbone.

Fermentation

Processus résultant de l'oxydation de molécules tel le glucose en absence de dioxygène pour former de l'énergie.

Sédimentation

Processus dans lequel des particules de matière cessent progressivement de se déplacer et se réunissent en couches au niveau du sol ou du fond des océans par l'effet de la gravité.

Combustible fossile

Produit d'une très lente transformation au cours des temps géologiques de débris d'organismes accumulés dans certains sédiments. Ils sont riches en carbone. On trouve le charbon, le pétrole et le gaz naturel.

Roche

Matériau de la croûte terrestre formé d'un assemblage de minéraux.

Minéral

Élément ou composé naturel inorganique, constituant de l'écorce terrestre.

INTRODUCTION

Aujourd'hui, les termes « Fake News », « études scientifiques », « rapports scientifiques » sont des mots utilisés de manière quotidienne. Des « spécialistes » sont invités dans les médias et donnent leurs avis et leurs opinions sur l'ensemble des domaines en question.



Dans notre monde où tout change, va très vite et, surtout, doit aller très vite, certaines informations ne sont pas vérifiées. Certaines démarches ne sont plus respectées et certaines informations avancées de manière trop rapide.

Pourtant, l'histoire de la Science nous montre que le savoir scientifique est lent à se dessiner, à progresser. L'Histoire nous montre que les théories physiques, chimiques ou biologiques ont dû être vérifiées maintes et maintes fois avant d'être validées.

On se doute bien que Newton n'a pas prouvé la gravité par la chute d'une seule pomme comme le dit sa légende... Que Pasteur n'a pas créé le vaccin sur un seul test... Que Galilée n'a pas démontré le monde héliocentrique sur une seule découverte... Que l'âge de la Terre n'a pas été trouvé sur un seul calcul...

Toutes les plus grandes découvertes scientifiques, même celles issues du hasard, ont été vérifiées par de nombreux essais dont les résultats allaient tous dans le même sens. Aujourd'hui encore, tout scientifique doit répéter encore et encore ses expériences afin de vérifier si toutes montrent le même résultat avant de pouvoir le publier.

On parle de démarche scientifique et c'est celle-ci qui va être étudiée au cours de ce module.



Ce module sera constitué de trois devoirs, comme habituellement.

Attention, le devoir 3 qui viendra clôturer ce cours sera une prestation orale filmée ou enregistrée. Un téléphone, une webcam ou un dictaphone sera nécessaire.

CHAPITRE 1

LA DÉMARCHE SCIENTIFIQUE



Au cours de ce chapitre, nous allons étudier ensemble la démarche scientifique, comprendre son origine et connaître ses codes.



Première approche

Galilei, un exemple de démarche scientifique



Galileo Galilei (1564-1642) est mathématicien et physicien. Précédemment, la scolastique (mouvement philosophique et théologique enseignée dans les écoles au Moyen-Âge) imposait une vision du monde qui confortait les sens : comme on le voit tous les jours, le soleil tourne autour de la terre il se couche le soir et les étoiles sont fixes dans le ciel, accrochées au dôme céleste. Galilée étudie la cycloïde et formule les lois de la chute des corps, montrant que la trajectoire d'un projectile est une parabole.

Il réalise l'un des premiers microscopes et effectue les premières observations du ciel à la lunette. Il soumet ses hypothèses au verdict de l'expérience et les choisit selon leur capacité à prédire (et non pas selon

l'évidence). Il introduit notamment la notion de pesanteur et le concept de vitesse instantanée pour expliquer la chute des corps pesants. Son originalité est de substituer aux considérations qualitatives de ses prédécesseurs des concepts clairs, univoques –position, inertie, vitesse instantanée, accélération, puis de confronter les résultats au raisonnement, explicité sous forme mathématique et à des données expérimentales bien définies, et non à des prétendues évidences logiques.

Galilée est considéré comme l'inventeur des sciences modernes. Celles-ci prennent de nouvelles caractéristiques. Elles sont en opposition avec le sens commun et proposent de nouvelles valeurs de référence : ce ne sont plus la cohérence des théories avec l'immédiateté de nos sens, ni la cohérence interne aux théories, mais une cohérence entre théories, observations, et prédictions, validée par les applications mathématiques.

On assiste à un élan caractéristique du projet sous entendant la démarche scientifique : se détacher de la subjectivité humaine pour aspirer à une objectivité, c'est-à-dire à l'énonciation de discours qui auraient une valeur indépendamment de notre condition humaine et pourraient représenter des propriétés intrinsèques aux objets – la réalité telle qu'elle est.

Une autre nouveauté instaurée par Galilée et qui signe l'avènement de la démarche expérimentale est la création d'instruments au service de la théorie, permettant de confirmer ou d'infirmer des prédictions issues de la théorie. Ainsi, ce qui apparaît central dans la démarche scientifique n'est plus la raison seule, mais la relation entre ses produits (les théories) et l'observation du monde (issue de l'expérimentation).

Notons que la précision d'une démarche scientifique s'accompagne d'un enrichissement du langage et de l'invention d'objets d'études abstraits, les concepts, que l'on peut considérer comme des outils. Ces objets ne sont pas donnés par la nature, mais inventés pour répondre à des besoins. Enfin, la naissance de cette nouvelle méthode instrumentalise les mathématiques, qui deviennent outils pour d'autres champs de la science.

Les changements consécutifs aux travaux de Galilée et intervenant au 17ème siècle sont appelés "la révolution scientifique". Cette révolution annonce une transformation des modes de travail des scientifiques (notamment concernant la divulgation des travaux). A partir de la deuxième moitié du 17ème siècle, les premières académies et sociétés scientifiques sont créées (par exemple : la Royal Society de Londres en 1660 et l'Académie des Sciences Françaises en 1666). Les scientifiques vont se spécialiser de plus en plus dans l'étude de domaines particuliers du monde en précisant leur démarche et en délimitant les objets d'étude auxquels une démarche donnée s'applique.

Extrait de « La démarche scientifique dans les différentes disciplines », Claude Caussidier. 19 Décembre 2007.

- D'après vos recherches ou vos connaissances, rappelez qui était Galilée. Quels sont ces principaux faits d'armes scientifiques ?

- D'après le texte, sur quels faits étaient basés les démarches scientifiques avant Galilée ? Donnez un exemple concret.

- Que propose comme démarche scientifique Galilée ?

- A la lecture de ce texte, quel facteur Galilée cherche-t-il à éliminer de la démarche scientifique ?

- Pourquoi, sous l'impulsion de Galilée, l'observation se développe-t-elle ?

- Selon vos connaissances, comment cette démarche et ses résultats ont-ils été perçus dans la société ?

- Le Comte De Buffon avec son expérimentation pour dater l'âge de la Terre, va-t-il dans la même direction que Galilée ?

CORRECTION

- **D'après vos recherches ou vos connaissances, rappelez qui était Galilée. Quels sont ces principaux faits d'armes scientifiques ?**

Galilée est un scientifique italien du 16-17^{ème} siècle. Il fit de nombreuses recherches et expérimentations en mathématiques, physique mais aussi astronomie. Partisan de l'expérimentation et du développement technique, Galilée perfectionna la lunette astronomique qui lui permit de faire de nombreuses découvertes. Parmi celles-ci, Galilée découvrit notamment les irrégularités de la Lune, les imperfections du Soleil, Vénus ou les satellites de Jupiter. Ces découvertes lui permirent de confirmer la théorie d'un monde héliocentrique et non plus géocentrique, croyance contemporaine.

- **D'après vos recherches ou vos connaissances, rappelez qui était Galilée. Quels sont ces principaux faits d'armes scientifiques ?**

Avant Galilée, l'ensemble des démarches scientifiques étaient confrontées à nos sens. Notre vue nous avait permis de développer la théorie géocentrique depuis Ptolémée vers 150 après Jésus-Christ. Tous les jours le Soleil apparaît à progressivement à l'Est, décroît un cercle dans le ciel et se couche à l'ouest. Cette boucle, en perpétuelle recommencement, laisse supposer que le Soleil tourne autour de la Terre. De même, toujours selon notre vue, les étoiles semblent être des points brillants immobiles dans le ciel. Nos sens semblent donc être avant Galilée la principale source de raisonnement scientifique.

- **Que propose comme démarche scientifique Galilée ?**

Galilée propose une approche scientifique tout autre. La démarche scientifique doit mettre en avant une cohérence entre des théories, des prédictions scientifiques et des observations concrètes. L'ensemble doit être validé par des applications mathématiques et non les sens développés par l'Homme. L'expérimentation tient aussi une part importante dans la démarche scientifique galiléenne.

- **A la lecture de ce texte, quel facteur Galilée cherche-t-il à éliminer de la démarche scientifique ?**

Galilée cherche avant tout à limiter l'utilisation des sens dans la démarche scientifique mais surtout à éliminer la subjectivité de l'Homme. Galilée cherche avant tout à ce que les limites des sens de l'Homme n'interfèrent pas avec le développement de théories scientifiques.

- **Pourquoi, sous l'impulsion de Galilée, l'observation se développe-t-elle ?**

Dans la démarche scientifique galiléenne, l'observation est un facteur important puisqu'elle peut corroborer (valider) des théories scientifiques. Cependant, nos sens comme notre vue sont limités. Nos yeux ne nous permettent pas d'observer des cellules ou l'Univers. Il a donc fallu développer des outils comme le microscope ou la lunette astronomique afin de pouvoir dépasser cette limite.

- **Selon vos connaissances, comment cette démarche et ses résultats ont-ils été perçus dans la société ?**

Les affirmations de Galilée furent mal perçues par la société contemporaine et en particulier par l'Eglise. Celle-ci, très dominante à l'époque, fit un procès à Galilée pour sa remise en cause du dogme de la vision du monde géocentrique.

- **Le Comte De Buffon avec son expérimentation pour dater l'âge de la Terre, va-t-il dans la même direction que Galilée ?**

Le Comte De Buffon tenta de déterminer l'âge de la Terre par une expérimentation. Il partit de l'hypothèse que la Terre était initialement chauffée à 3 900°C puis se refroidit progressivement jusqu'à la température de 20°C. Il chercha à déterminer expérimentalement le temps de refroidissement de boulets de différentes tailles pour l'extrapoler à la Terre. Bien que le résultat soit faux, la démarche scientifique initiée par Galilée se retrouve dans cette expérimentation puisqu'on retrouve l'importance d'observations directes pour vérifier des hypothèses formulées.



LA DÉMARCHE SCIENTIFIQUE

Théorie de la démarche scientifique

Bien qu'initiée par Galilée, la démarche scientifique s'est développée et uniformisée au cours des siècles passés. De nos jours, un scientifique quel que soit sa nationalité, appliquera cette méthode.



RÉFLÉCHISSONS ENSEMBLE

D'après la vidéo suivante, répondez à la question ci-dessous :
<http://www.cea.fr/multimedia/Pages/videos/culture-scientifique/science-societe/definition-demarche-scientifique.aspx>

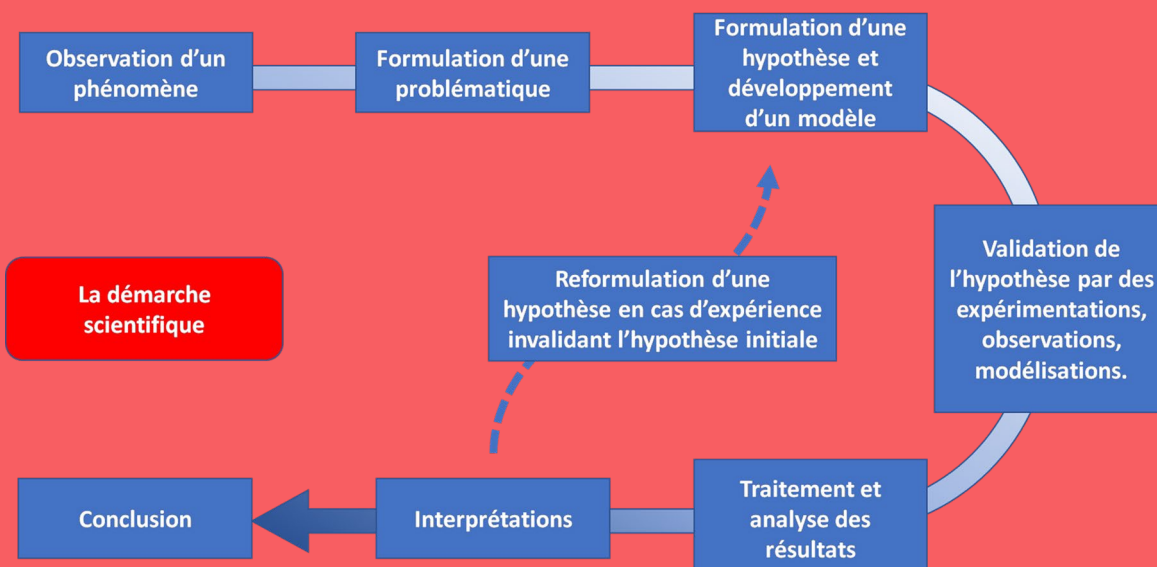
Déterminez les grandes étapes de la formulation de la démarche scientifique.

La première étape de la démarche scientifique pour répondre à une problématique consiste en la formulation d'une hypothèse. La seconde étape consiste à la construction d'un modèle. Un modèle est en quelque sorte une prédiction par des calculs mathématiques, physiques ou biologiques. Ce modèle permet d'évoquer des prédictions de phénomènes qui devraient se passer si l'hypothèse et le modèle sont justes. C'est alors que l'observation et l'expérimentation vont permettre de vérifier ou non ce modèle et de valider ou non cette hypothèse.



L'ESSENTIEL

La démarche scientifique est une méthode qui vise à améliorer la compréhension et le savoir scientifique en toute objectivité. Cette démarche se divise en plusieurs étapes.



JE VÉRIFIE MES CONNAISSANCES

Expliquez en quelques lignes la démarche scientifique.

La démarche scientifique est une série d'actions qui visent à répondre à un questionnement. La première étape consiste en la formulation d'une hypothèse voire le développement d'un modèle. La seconde étape vise à expérimenter, observer et même faire des essais de modélisation. Les résultats seront alors traités et interprétés afin de voir si l'hypothèse formulée répond à la problématique.



RÉFLÉCHISSONS ENSEMBLE

Définissez les termes suivants d'un point de vue scientifique :

Expérimentation :

Observation :

Expérimentation : une expérience est une procédure manipulative effectuée par l'Homme pour réfuter ou valider une hypothèse.

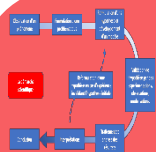
Observation : l'observation vise à tirer des informations d'un phénomène non initié par l'Homme.

Afin de mieux visualiser les différences entre l'expérimentation et l'observation, il est possible d'utiliser deux exemples vus dans les modules précédents. Le Comte De Buffon avait utilisé l'expérimentation dans le cadre de la datation de la Terre. Selon Isaac Newton et le Comte de Buffon, l'apparition de la Terre se serait faite sous la forme d'une sphère à très haute température et que notre planète très chaude qui se serait refroidie doucement en commençant par sa surface jusqu'à la température actuelle.

Le Comte de Buffon décida de déterminer la durée de refroidissement de sphères métalliques de différents diamètres qu'il avait au préalable porté à haute température. Il remarqua que plus la sphère était grande, plus le refroidissement était lent. Ces mesures de temps de refroidissement sur différentes sphères et leur extrapolation au diamètre de la Terre lui permirent alors d'estimer l'âge de la Terre à 10 millions d'années qu'il ramena à 74 000 ans afin de moins choquer ses lecteurs.

L'observation fut elle utilisée par Galilée. Ses observations avec la lunette astronomique lui permirent de remettre en cause le système géocentrique et mettre en avant une vision héliocentrique. Dans le cas présent, Galilée n'influe pas le mouvement des planètes mais ne faire regarder.

Bien sûr, le principe d'observer n'est pas une nouveauté de Galilée et de la démarche scientifique. Galilée cependant met en avant l'importance de développer des outils technologiques permettant d'observer des objets invisibles à l'œil nu (comme le télescope et le microscope) et non plus ne se fier qu'aux sens de l'Homme.



L'ESSENTIEL

L'observation mis en avant par la démarche scientifique est liée au développement de la technologie. Il ne s'agit plus de chercher à observer avec nos yeux mais de développer des outils technologiques permettant à l'Homme de voir des objets invisibles à l'œil nu.

Cependant, un résultat n'est pas suffisant pour tirer des conclusions.



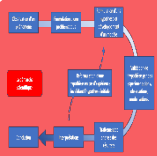
RÉFLÉCHISSONS ENSEMBLE

Imaginons un continent où seulement une ville assisterait à une augmentation de la température en 10 ans. Les autres villes ne la subiraient pas.

Est-il possible de considérer la présence d'un réchauffement climatique sur l'ensemble du continent ?

Il est évidemment impossible de considérer la présence d'un réchauffement climatique à l'issue d'un tel énoncé. En effet, pour l'affirmer, il faudrait que la quasi-totalité des villes subissent une hausse des températures afin d'en tirer une telle conclusion. Il faut que les résultats soient reproductibles.

Afin de généraliser un résultat et de généraliser un résultat, il est important de vérifier la reproductibilité de celui-ci. Il s'agit d'un des fondements de la recherches scientifiques. Si un résultat est reproductible, c'est-à-dire qu'on le retrouve à l'issue de chaque expérimentation ou observation, il est alors possible de le généraliser et d'en tirer des conclusions par rapport à la problématique.



L'ESSENTIEL

Un résultat avant de servir pour une réponse à une problématique doit être reproductible, c'est-à-dire qu'il doit être retrouvé à l'issue de chaque expérience ou observation.



JE VÉRIFIE MES CONNAISSANCES

Définissez la reproductibilité.

La reproductibilité d'un résultat a pour but de vérifier un phénomène et une observation avant d'en tirer des conclusions. Un résultat reproductible est un résultat observé à l'issue de chaque même observation ou expérimentation.



LA DÉMARCHE SCIENTIFIQUE

Méthodologie de la démarche scientifique

Aujourd'hui où de nombreuses théories « complotistes » refont surface, où les « Fake News » sont quotidiennes, où les chaînes de télévision en continu donnent le terme « d'expert scientifique » à de très nombreuses personnes, il est nécessaire de savoir mettre en place une démarche scientifique pour analyser des résultats scientifiques.

Cette méthode n'a pas pour objectif de rendre les élèves à devenir des « experts » en science mais de leur permettre de se rendre compte sur des exemples historiques des réussites ou des échecs de quelques théories. Quelles sont les raisons des échecs de Lord Kelvin, du Conte de Buffon ou de Rowbotham ? Pourquoi Galilée ou Louis Pasteur sont-ils des exemples de démarches scientifiques ?

Ce travail méthodologique consiste en une sorte d'état des lieux de la recherche, d'une série de questions à se poser afin cerner les limites, les erreurs de certaines démarches historiques mais aussi de comprendre les réussites de d'autres. Bien sûr, à l'issue de chapitre, il sera impossible de se considérer comme un scientifique mais les bases de la démarche scientifique aujourd'hui appliquée par les plus éminents chercheurs auront été vues.

Ces questions sont :

- **Quelle est la problématique ?**

Toute démarche scientifique vise à expliquer un phénomène, à le théoriser et le comprendre. Définir une problématique permet au scientifique durant sa démarche mais aussi à ses lecteurs de déterminer le but auquel le scientifique va répondre.

- **Quelle est l'hypothèse de départ ?**

Toute démarche scientifique a une hypothèse de départ. L'hypothèse de départ est tout simplement l'idée de départ du scientifique (la Terre est ronde ou plate, la Terre a 6 000 ans ou 4,57 milliards d'années, le Soleil tourne autour de la Terre ou la Terre tourne autour du Soleil). Cette hypothèse sera confirmée ou réfutée par la démarche scientifique.

- **Quel est le modèle étudié ?**

Le modèle étudié est une notion un peu plus complexe. Il s'agit du point de vue de départ, de la théorie initiale sur lesquels se base l'auteur. Par exemple, le modèle peut être que la Terre fut à l'époque une sphère de roches en fusion qui s'est progressivement refroidie ou que la vie n'apparaît que de corps morts comme dans la théorie de la génération spontanée.

- **Que disent les résultats ?**

Au cours de cette partie seront définies les grandes lignes des résultats trouvés par les scientifiques à cette problématique. Ces résultats peuvent avoir trois origines : l'observation, l'expérimentation et la modélisation informatique.

- **Les résultats sont-ils reproductibles ?**

La reproductibilité des résultats est extrêmement importante. Un résultat non-reproductible peut être issu au hasard, à des facteurs extérieurs, une erreur de manipulation etc. Il ne peut donc pas être généralisé. Un scientifique ne peut pas aujourd'hui rendre publique sa découverte si celle-ci ne peut être reproduite.

- **Quelles sont les interprétations de l'auteur ?**

Des résultats bruts signifient peu de choses. L'auteur doit les interpréter, les étudier. Vont-ils dans le sens de la problématique ? Vont-ils à son encontre ? Montrent-ils tout le même phénomène ? ont-ils tous une même corrélation ?

- **Quelles en sont les conclusions de l'auteur ?**

À l'issue des résultats et de leurs interprétations, l'auteur doit pouvoir statuer sur son hypothèse de départ. Est-elle vraie ? Est-elle fausse ? Cette conclusion doit être pleinement justifiée. L'ensemble des réponses à ces questions sera tiré de documents présents dans le module.

- **Peut-on considérer cette démarche comme une « démarche scientifique » ?**

Cette question doit permettre de prendre du recul sur la démarche effectuée par l'auteur. Est-ce une démarche scientifique ? Quelles sont les limites de ses raisonnements par rapport à nos connaissances actuelles ? L'objectif n'est pas du juger le travail de l'auteur mais d'appréhender ses erreurs et les limites d'un raisonnement scientifique.



LA DÉMARCHE SCIENTIFIQUE

Cas d'étude

Exemple : Galilée et les satellites Galiléens



En 1610, Galilée découvre Io, Europe, Ganymède et Callisto, quatre satellites de Jupiter qu'il observe à l'aide de sa lunette astronomique. Il relate ainsi ses observations dans un ouvrage, *Le messager des étoiles*, dans lequel il dessine également ce qu'il voit. Sur ses schémas, Galilée note « Ori. » la direction « Est » et « Occ. » la direction « Ouest ».

« Le 7 janvier de cette année 1610, à la première heure de la nuit, alors que j'observais les étoiles à la lunette, Jupiter se présenta, et comme je disposais d'un instrument tout à fait excellent je reconnus que trois petites étoiles, il est vrai toutes petites mais très brillantes, étaient près de la planète [...]. Je pensais que c'étaient des étoiles fixes mais quelque chose m'étonnait : elles semblaient disposées en ligne droite, parallèlement à l'écliptique, et étaient plus brillantes que le reste des étoiles. Voici quelle était leur position les unes par rapport aux autres et par rapport à Jupiter :

Croquis (a)



À l'est, se trouvaient deux étoiles, mais une seule à l'ouest [...]. Je ne me préoccupais pas d'abord de leurs distances entre elles et Jupiter car, comme je l'ai dit, je les avais prises pour des étoiles fixes. Mais quand, le 8 janvier, guidé par je ne sais quel destin, je regardais du même côté du ciel, je trouvais une disposition très différente. Les trois petites étoiles étaient en effet toutes à l'ouest de Jupiter et elles étaient plus proches entre elles que la nuit précédente [...], comme le montre le dessin ci-dessous :

Croquis (b)



[...] Je commençais à me demander avec embarras comment Jupiter pouvait se trouver à l'est de toutes les étoiles fixes mentionnées plus haut alors que la veille il était à l'ouest de deux d'entre elles. »

Les jours suivants, Galilée continue à observer cette région du ciel et réalise une série de croquis à l'échelle. Il comprend que les « étoiles » sont en réalité de petits astres tournant autour de Jupiter comme la Lune tourne autour de la Terre. Le 13 janvier, pour la première fois, il aperçoit quatre petites « étoiles ».

Croquis (c)



D'après le sujet de bac S Métropole 2010

Document 2 : schéma des observations de Galilée autour de Jupiter

Date	Heure d'observation	Croquis de Galilée (documents d'époque)
8 février 1610	1 h	
9 février 1610	0 h 30 min	
10 février 1610	1 h 30 min	
11 février 1610	1 h	
12 février 1610	0 h 40 min	
13 février 1610	0 h 30 min	
14 février 1610	Ciel couvert	
15 février 1610	1 h	
16 février 1610	Ciel couvert	
17 février 1610	1 h	
18 février 1610	1 h	
19 février 1610	0 h 40 min	
20 février 1610	Ciel nuageux	
21 février 1610	1 h 30 min	
22 février 1610	Ciel couvert	
23 février 1610	Ciel couvert	
24 février 1610	Ciel couvert	
25 février 1610	1 h 30 min	
26 février 1610	0 h 30 min	
27 février 1610	1 h	
28 février 1610	1 h	
1 mars 1610	0 h 40 min	
2 mars 1610	0 h 40 min	

D'après le sujet de bac S Métropole 2010

En automne 1609, GALILEE (1564-1642) dispose d'une lunette de grossissement modeste (x 3 seulement) qu'il a perfectionnée à partir d'un modèle venu de Hollande. Il polit alors des lentilles afin d'améliorer cette lunette, atteignant un grossissement de 30. Pour la première fois, l'Homme observe le ciel avec un « autre œil » plus puissant : Galilée découvre ainsi le relief de la Lune et la structure stellaire de la Voie lactée. Le soir du 7 janvier 1610, peu après la nuit tombée sur Padoue (à 35 km à l'Ouest de Venise), il observe vers l'Est : la pleine Lune éclaire l'horizon mais Jupiter est bien visible à une distance angulaire de 10° environ, dans la constellation du Taureau. Dans le champ de sa lunette, Galilée constate une disposition surprenante : le disque de Jupiter est aligné avec 3 étoiles, deux à gauche et une à droite (il pense alors que ce sont des étoiles du fond du ciel) et prend soin de noter cette configuration [* * O *]. Le lendemain 8 janvier, Jupiter est encore aligné avec les 3 étoiles, mais est placé à leur gauche [O * * *]. Cette disposition est pour le moins gênante dans son esprit car Galilée sait que, depuis trois mois, Jupiter a un mouvement rétrograde et se déplace d'Est en Ouest, donc de gauche à droite devant les étoiles. Comment se fait-il que ce soir-là, Jupiter soit situé à gauche des 3 étoiles, comme l'y aurait conduit un mouvement direct ?

La lunette de Galilée possède un oculaire divergent qui n'inverse pas l'image, au contraire de la lunette astronomique que KEPLER (1571-1630) proposera dès 1611 mais qui ne sera réalisée que vers 1650. Galilée décide de poursuivre cette recherche. Le 9 janvier, le ciel est couvert mais le 10, Jupiter est visible à droite de seulement deux étoiles [* * O], de même que le 11 janvier et il comprend enfin ses observations : les 3 points brillants proches de Jupiter dans le champ de la lunette ne sont pas des étoiles du fond du ciel mais des objets tournant autour de Jupiter. Le 13 il en voit quatre et Galilée poursuit ses méticuleuses observations pendant 54 jours avant de publier son "Sidereus nuncius" (Le Messager céleste) le 12 mars 1610. Il honore son futur protecteur, le grand-duc de Toscane Cosme II de Médicis, à Florence, en nommant astres médicéens les compagnons de Jupiter (Kepler nommera ces astres satellites dans sa "Narratio de observatis a se quatuor Jovis satellitibus erroribus" au printemps 1611, on les appelle aujourd'hui satellites galiléens). Galilée vient donc de découvrir que des astres tournent autour d'un centre qui n'est pas la Terre ! Or, le modèle géocentrique impose à tout astre de tourner autour de notre planète... Et si COPERNIC (1473-1543) avait raison ?

Galilée et les satellites de Jupiter au service de la cartographie au XVII^{ème} siècle, Michel TOULMONDE

- **Quelle est la problématique ?**

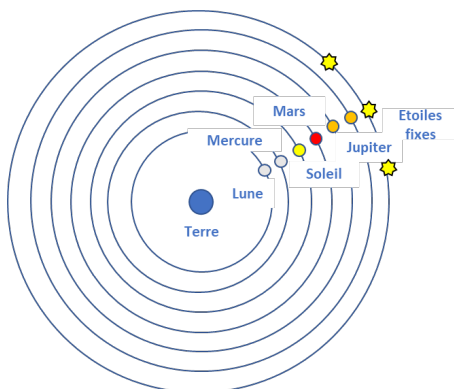
A l'époque de Galilée, la pensée générale est que l'univers est de type géocentrique. L'ensemble des planètes tournent autour de la Terre, tout comme le Soleil. Les étoiles sont fixes dans le ciel. Des théoriciens comme Copernic ont bien développé l'idée d'un référentiel héliocentrique mais personne ne l'a encore démontré. La problématique de ce sujet concerne la disposition de l'Univers. La Terre est-elle le centre de l'Univers ou est-ce le Soleil ?

- **Quelle est l'hypothèse de départ ?**

L'hypothèse de départ est que la Terre est la seule planète à avoir un satellite qui orbite autour d'elle. Dans la conception contemporaine de l'Univers alors, le Soleil et l'ensemble des planètes orbitent autour de la Terre

- **Quel est le modèle étudié ?**

Le modèle alors étudié est le modèle géocentrique. Ce modèle défini par Ptolémée peut être modélisé de cette manière :



- **Que disent les résultats ?**

En pointant sa lunette en direction de Jupiter, Galilée observa des mouvements imprévus de ce qu'il croyait être des étoiles normalement fixes. Plusieurs points lumineux disparaissent et apparaissent autour de Jupiter comme le montre le document 2. Ces points semblent faire une rotation autour de Jupiter.

- **Les résultats sont-ils reproductibles ?**

Galilée pointe sa lunette l'espace d'un mois sur cet astre et note attentivement ces points lumineux en mouvement. D'après le document 2, il étudie l'ensemble des positions chaque nuit pendant plus de trois semaines. Cette longue observation met donc en avant une reproductibilité des résultats.

- **Quelles sont les interprétations de l'auteur ?**

Par ses études, Galilée étudie un mouvement alors inconnu. Il interprète ce mouvement autour de Jupiter tels celui de la Lune autour de la Terre. Or à cette époque, aucun autre satellite que la Lune n'est connue. Galilée interprète Jupiter et ses points lumineux comme un « mini-système solaire ». La Terre n'est plus la seule planète à posséder un satellite qui orbite autour d'elle.

- **Quelles en sont les conclusions de l'auteur ?**

Par cette étude Galilée déduit que la Terre n'est donc plus le seul astre à posséder un satellite naturel. Cette observation pose donc des questions sur la théorie géocentrique basée sur le côté unique de la Terre. Galilée avance notamment par cette étude que l'ensemble de l'univers ne tourne peut-être pas autour de la Terre. Cette étude fut l'une de celles qui lui permis de remettre en cause la vision de la Terre géocentrique défendue par l'Eglise.

- **Peut-on considérer cette démarche comme une « démarche scientifique » ?**

Cette démarche est l'exemple type d'une démarche scientifique. Toutes les étapes y sont retrouvées à savoir, une problématique, une hypothèse, un modèle, des observations ayant des résultats reproductibles. Cette démarche n'est même pas unique puisque Galilée affinera son raisonnement avec les imperfections de la surface du Soleil et les phrases de Vénus afin de remettre en cause le modèle géocentrique.

Etude 1 : Pasteur et la génération spontanée

Document 1 : Pasteur et la fin de la génération spontanée

Depuis 1857, Pasteur combattait l'idée défendue par de nombreux scientifiques, les partisans de la génération spontanée croyant que les matières en fermentation ou en putréfaction pouvaient « spontanément » donner naissance à de nouveaux êtres vivants.

Pasteur, lui, était convaincu qu'aucun micro-organisme ne pouvait être présent dans un milieu de culture, tel que ses ballons, sans y avoir été apporté. Les microbes sont partout, notamment dans l'air. En 1862, l'Académie des Sciences offre un prix à celui qui éluciderait ce problème, vieux de plusieurs siècles.

Il n'en fallait pas moins pour que Pasteur recherche à défendre sa théorie sur les origines de la vie. En effet, depuis ses études de la fermentation, il était convaincu que rien ne naissait spontanément, pas même les êtres microscopiques qui sont des êtres vivants.

Pendant quatre ans, il multiplie les expériences avec des ballons remplis de bouillon de culture.

Ses travaux réduisirent à néant la doctrine de la génération spontanée. En fondant le principe même de la microbiologie, Pasteur ouvre la voie à la pratique de l'asepsie, pour éviter les contaminations microbiennes que ce soit dans le domaine médical, chirurgical, agro-alimentaire...

Extrait du site internet de la Société des Amis de Pasteur, www.amisdepasteur.fr

Type de flacon	ballon	ballon	ballon	Ballon avec un col de cygne
Flacon ouvert ou fermé	ouvert	ouvert	fermé	Ouvert mais avec un col de cygne qui empêche l'entrée de matière
Chauffage	non	Oui	oui	Oui
Présence de micro-organismes quelques jours après	oui	oui	Non	non

- Quelle est la problématique ?

- Quelle est l'hypothèse de départ ?

- Quel est le modèle étudié ?

- Que disent les résultats ?

- Les résultats sont-ils reproductibles ?

- Quelles sont les interprétations de l'auteur ?

- Quelles en sont les conclusions de l'auteur ?

- Peut-on considérer cette démarche comme une « démarche scientifique » ?

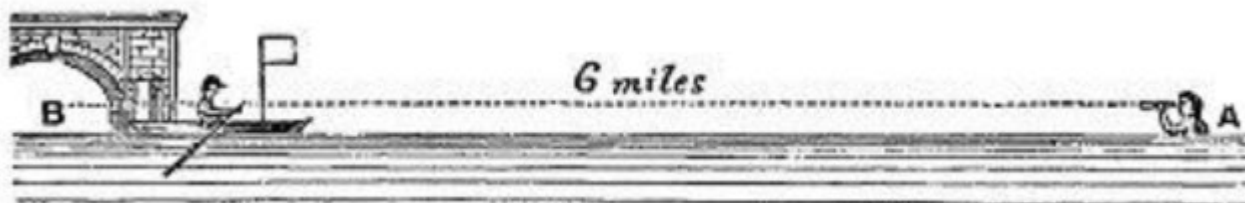
Etude 2 : Rowbotham et la Terre plate

Samuel Rowbotham est un astronome anglais partisan de la Terre plate. En 1849, il publie un livre basé sur la démarche scientifique et des expériences cherchant à prouver que la Terre est plate. Données pour l'exercice : 1 mile correspond à 1,6 km. 6 miles correspondent donc à 9,6 km.

Document 1 : quelques expériences de Rowbotham

Expérience 1 :

Rowbotham place un télescope dans le canal dans la partie appelée *Welche's Dam* et observe un bateau se déplacer jusqu'à *Welney Bridge*. Le télescope est placé huit pouces au-dessus du niveau de l'eau — d'après le tableau de Rowbotham, le bateau ne serait visible que jusqu'à un mille — et la distance parcourue par le bateau est de six milles. Pour éviter toute erreur causée par une mauvaise observation, l'expérience est faite dans un après-midi ensoleillé d'été, et il est demandé au rameur de secouer une des rames, afin de se faire bien visible. Rowbotham écrit qu'il a vu le bateau parfaitement, même après les six milles.



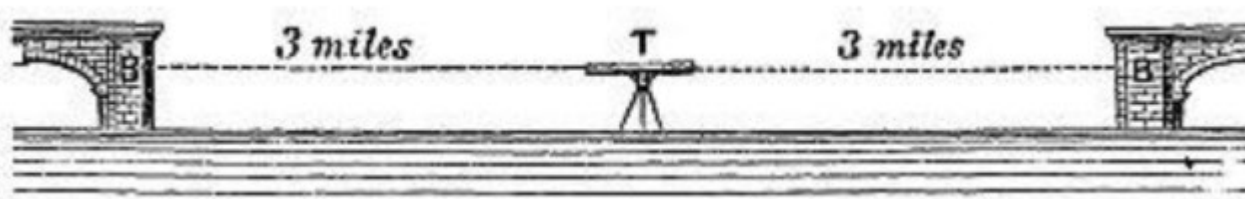
Expérience 2 :

Pour cette expérience, Rowbotham place six bâtons de cinq pieds de hauteur espacés d'un mille chacun sur les berges du *Bedford Level*, avec des drapeaux de trois pieds de surface. Après le dernier de ces bâtons, il place un drapeau plus haut, à huit pieds. Rowbotham observe avec son télescope à une hauteur de cinq pieds, et s'aperçoit que tous les bâtons sont visibles à la même hauteur.



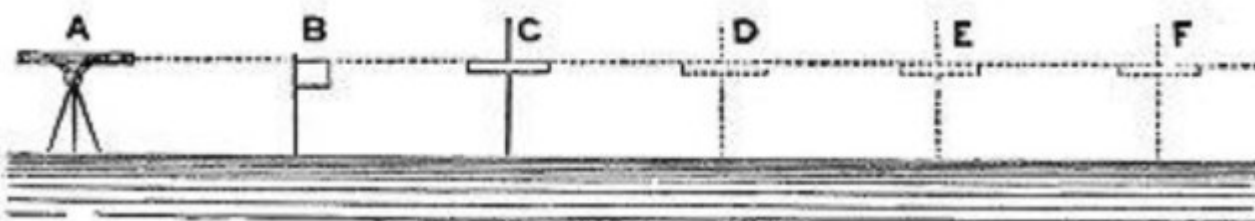
Expérience 3 :

Rowbotham place un théodolite (instrument de mesure) à mi-chemin des deux ponts (le *Welney Bridge* et le *Old Bedford Bridge*) distants de six miles. La hauteur du théodolite n'est pas précisée. A trois miles des deux points, il réussit à voir les deux repères.



Expérience 4 :

Six bâtons de hauteur égale et équidistants sont placés le long du canal. Un théodolite est placé à la même hauteur que les bâtons.



Il est déplacé de point en point, l'observation menant à une confirmation d'un parallélisme entre la surface de l'eau et la ligne de vision, ce qui constituerait un autre argument en faveur de la théorie de la Terre plate.

Expérience 5 :

Un télescope est placé dans un bateau à hauteur de huit pouces, l'objectif étant de voir un tableau d'affichage de 6,6 pieds à une distance de deux milles du bateau. Il décrit la situation de deux formes, en les expliquant par des croquis.



Si la Terre était ronde, on aurait la situation suivante : l'observateur du bateau ne pourrait pas voir le tableau avec un télescope à cette hauteur.



Extrait de « dans la tête d'un conspirationniste de la Terre plate », extrait de terre-plate.org

Document 2 : les limites des études de Rowbotham

« La taille d'un objet rétrécit quand celui-ci s'éloigne et s'agrandit quand celui-ci se rapproche, par effet de perspective. La taille de l'objet nous informe donc sur sa distance. Si l'objet est assez loin, il finit par disparaître sous la ligne d'horizon du fait de la courbure terrestre, où est trop loin pour permettre à nos yeux de l'apercevoir (il sort de notre champ visuel). D'après ces postulats, l'expérience de Samuel Birley Rowbotham aurait dû être concluante et on aurait dû voir disparaître le drapeau sous la ligne d'horizon. Or, ce ne fut pas le cas. La perception des profondeurs est une capacité visuelle, c'est-à-dire cognitive. C'est notre cerveau qui donne une interprétation et une explication à ce que nous voyons. C'est la différence entre le vrai et la vraisemblance, entre la réalité et notre perception de la réalité. La perspective et la perception des profondeurs peuvent se jouer de nous, nous faisant parfois voir ce qui n'existe pas (les trompes l'œil en sont un parfait exemple). Ainsi, l'expérience de Rowbotham ne se basant que sur de l'observation, elle peut être faussée de cette manière. »

Anaëlle Archinard, Tanguy Flatry, Joachim Laurent, Margaux Lavenant, Morjane Sabri
The Bedford Level Experience. Explications, Hypothèses, Expérience

- Quelle est la problématique ?

- Quelle est l'hypothèse de départ ?

- Quel est le modèle étudié ?

- Que disent les résultats ?

This image shows a full page of blank primary-ruled paper. It features ten sets of horizontal lines across the page. Each set consists of a solid blue top line, a dashed blue middle line, and a solid blue bottom line, providing a guide for letter height and placement in handwriting practice. The background is white, and there are no margins or other markings present.

- Les résultats sont-ils reproductibles ?

- Quelles sont les interprétations de l'auteur ?

- [illegible]

Document 1 : le Comte de Buffon et la 1ere experimentation

Vers 1755, Georges Louis Leclerc, comte de Buffon, expérimente sur la durée de refroidissement de sphères métalliques de différents diamètres. Son hypothèse est que notre planète est initialement une sphère chauffée au rouge (ce qui définit le temps de la naissance de la Terre) et qu'elle se refroidit pour atteindre sa température actuelle. Buffon avait compris que l'augmentation de température observée dans les mines témoignait de l'existence d'une chaleur résiduelle. Ce temps de refroidissement permet alors d'estimer l'âge de la Terre. Ces mesures à partir des sphères métalliques lui permirent d'extrapoler (extrapolation malheureusement linéaire) au diamètre de la Terre.

Pascal Richet

Document 2 : l'erreur du Comte de Buffon

« Buffon peut être considéré comme le père de la datation scientifique. En effet, il propose à la fois des modèles théoriques et les mesures expérimentales afférentes. On a évoqué son modèle de sédimentation, mais il en utilise aussi un autre : la Terre actuelle serait le résultat du refroidissement d'une planète composée initialement de roches en fusion. Son hypothèse est celle d'une sphère incandescente (ce qui définit le temps 0) qui se refroidit. On peut à partir de là conduire une expérience. Dans ses forges de Montbard, il chauffe au rouge des sphères de rayons différents et composées de matériaux variés, puis en mesure les temps de refroidissement jusqu'à la température ambiante. Il extrapole ses résultats à une sphère aux dimensions terrestres. Mais il ne dispose d'aucune théorie pour le faire et son extrapolation – linéaire – menée à partir de boulets de dimensions comprises entre 1/2 pouce et 5 pouces, jusqu'au rayon terrestre de 6 400 km, est fautive. »

Extrait de « Histoire de l'âge de la Terre », d'Hubert Krivine

Document 3 : l'âge biblique

« Pour Aristote, la Terre a toujours existé, tandis que les grandes religions monothéistes (juive, chrétienne et musulmane) introduisent une création du monde. Notons qu'à la différence de la chronologie moderne, il s'agissait de l'apparition quasi-simultanée de l'Univers, de la Terre, des plantes, des animaux, du genre humain. Pour les savants de la Renaissance, le récit biblique, incontestable, était la seule base de calcul possible. La Bible contient une chronologie détaillée des premières générations : Adam a vécu 930 ans, il enfanta Seth à l'âge de 130 ans, qui engendra Énoch à 105 ans, qui engendra Qénân à 90 ans, etc. Il est alors facile de déduire la date de naissance de Noé : 1 056 ans après la création. Comme Noé avait 600 ans quand arriva le Déluge, ce dernier est daté de 1 656 ans après la Création. Abraham naît 292 années plus tard. Jusque-là, la précision est totale. Ensuite la chronologie est beaucoup plus floue. Il faut alors la raccorder à l'histoire profane, supposée véridique, du règne de Nabuchodonosor II au VI^e siècle av. J.-C. Donnons quelques dates de naissance établies sur cette base : 3993 av. J.-C., selon Johannes Kepler (1571-1630), 3998 av. J.-C., selon Isaac Newton (1643-1727), 4004 av. J.-C., selon l'archevêque anglican James Ussher, et plus précisément encore le 23 octobre. »

Extrait de « Histoire de l'âge de la Terre », d'Hubert Krivine

- Quelle est la problématique ?

- Quelle est l'hypothèse de départ ?

- Quel est le modèle étudié ?

• Que disent les résultats ?

• Les résultats sont-ils reproductibles ?

• Quelles sont les interprétations de l'auteur ?

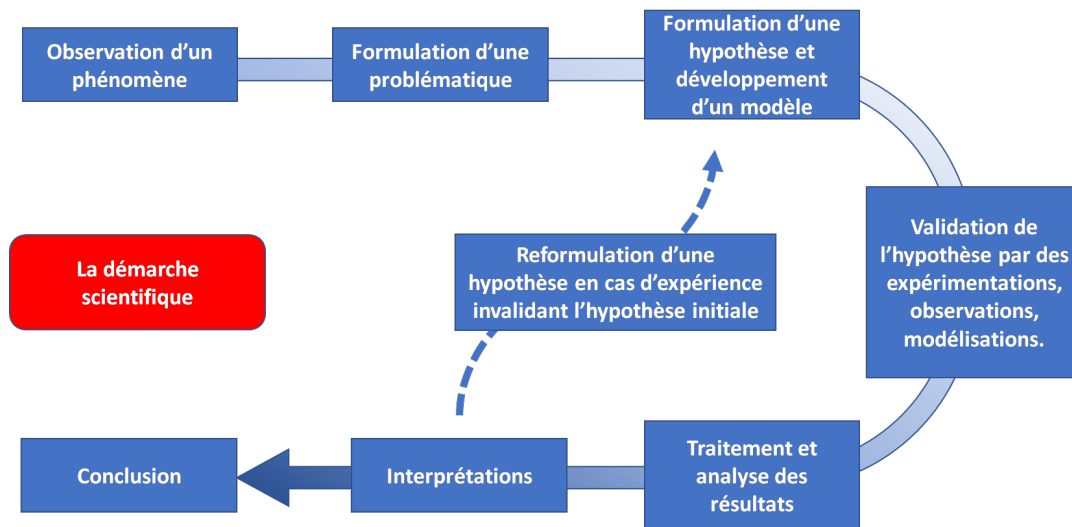
• Quelles en sont les conclusions de l'auteur ?

• Peut-on considérer cette démarche comme une « démarche scientifique » ?

LE TEMPS DU BILAN

➤ La démarche scientifique

La démarche scientifique est une méthode qui vise à améliorer la compréhension et le savoir scientifique en toute objectivité. Cette démarche se divise en plusieurs étapes.



➤ La reproductibilité

Un résultat avant de servir pour une réponse à une problématique doit être reproductible, c'est-à-dire qu'il doit être retrouvé à l'issue de chaque expérience ou observation.

➤ Questionnement pour vérifier la véracité d'une démarche scientifique

Ces questions sont :

- Quelle est la problématique ?

Toute démarche scientifique vise à expliquer un phénomène, à le théoriser et le comprendre. Définir une problématique permet au scientifique durant sa démarche mais aussi à ses lecteurs de déterminer le but auquel le scientifique va répondre.

- Quelle est l'hypothèse de départ ?

Toute démarche scientifique a une hypothèse de départ. L'hypothèse de départ est tout simplement l'idée de départ du scientifique (la Terre est ronde ou plate, la Terre a 6 000 ans ou 4,57 milliards d'années, le Soleil tourne autour de la Terre ou la Terre tourne autour du Soleil). Cette hypothèse sera confirmée ou réfutée par la démarche scientifique.

- Quel est le modèle étudié ?

Le modèle étudié est une notion un peu plus complexe. Il s'agit du point de vue de départ, de la théorie initiale sur lesquels se base l'auteur. Par exemple, le modèle peut être que la Terre fut à l'époque une sphère de roches en fusion qui s'est progressivement refroidie ou que la vie n'apparaît que de corps morts comme dans la théorie de la génération spontanée.

- Que disent les résultats ?

Au cours de cette partie seront définies les grandes lignes des résultats trouvés par les scientifiques à cette problématique. Ces résultats peuvent avoir trois origines : l'observation, l'expérimentation et la modélisation informatique.

- Les résultats sont-ils reproductibles ?

La reproductibilité des résultats est extrêmement importante. Un résultat non-reproductible peut être issu au hasard, à des facteurs extérieurs, une erreur de manipulation etc., etc. Il ne peut donc pas être généralisé. Un scientifique ne peut pas aujourd'hui rendre publique sa découverte si celle-ci ne peut être reproduite.

- Quelles sont les interprétations de l'auteur ?

Des résultats bruts signifient peu de choses. L'auteur doit les interpréter, les étudier. Vont-ils dans le sens de la problématique ? Vont-ils à son encontre ? Montrent-ils tout le même phénomène ? ont-ils tous une même corrélation ?

- Quelles en sont les conclusions de l'auteur ?

A l'issue des résultats et de leurs interprétations, l'auteur doit pouvoir statuer sur son hypothèse de départ. Est-elle vraie ? Est-elle fausse ? Cette conclusion doit être pleinement justifiée.

L'ensemble des réponses à ces questions sera tiré de documents présents dans le module.

- Peut-on considérer cette démarche comme une « démarche scientifique » ?

Cette question doit permettre de prendre du recul sur la démarche effectuée par l'auteur. Est-ce une démarche scientifique ? Quelles sont les limites de ses raisonnements par rapport à nos connaissances actuelles ? L'objectif n'est pas de juger le travail de l'auteur mais d'appréhender ses erreurs et les limites d'un raisonnement scientifique.



Vous pouvez maintenant
faire et envoyer le **devoir n°1**

