



## Enseigner la démarche scientifique en physique chimie

Document introductif : la démarche scientifique/les démarches scientifiques

Toutes les recherches scientifiques font appel à des démarches scientifiques variées s'appuyant sur des méthodes diverses telles que la méthode inductive, la méthode expérimentale (qui comprend la méthode hypothétique déductive), la méthode dialectique (qui considère les phénomènes historiques et sociaux en mouvement continu), etc. Ces démarches variées sont toutefois réunies par des règles communes. Ainsi, « La démarche scientifique » évoquée dans l'intitulé des ressources du GRIESP, peut être définie comme « un mode de production de savoirs qui s'appuie sur un ensemble de normes méthodologiques et de normes éthiques partagées par les communautés de chercheurs ».

Les normes méthodologiques portent sur l'élaboration de connaissances dont la validité est acceptée par une communauté de chercheurs spécialisée dans un domaine scientifique donné. Dans sa description la plus schématique, cette élaboration met en œuvre une séquence d'opérations : émission d'une hypothèse, identification de conséquences observables, confirmation ou infirmation de l'hypothèse par comparaison avec des observations ou des mesures, retour sur l'hypothèse de départ etc. La confrontation au réel, qu'il soit interrogé par l'expérimentation, par l'observation ou par l'examen de sources authentiques ou de vestiges, est un élément essentiel de la démarche scientifique. »<sup>1</sup>

Un tableau synthétique en fin de dossier présente les différentes ressources.

<sup>1</sup> Rapport IGESR *La sensibilisation et la formation à la démarche scientifique de l'école élémentaire au doctorat - N° 21-22 099A – avril 2023*

## Constats

### Regards des jeunes français sur la science

Une enquête de l'IFOP<sup>2</sup> de janvier 2023 (en partenariat avec la fondation Reboot<sup>3</sup> et la fondation Jean Jaurès<sup>4</sup> révèle que la posture des jeunes à l'égard de la science s'avère de plus en plus critique : seul un jeune sur trois (33%) estime aujourd'hui que « la science apporte à l'homme plus de bien que de mal » alors qu'ils étaient plus d'un sur deux à le penser il y a cinquante ans (55% en 1972). A l'inverse, la proportion de jeunes perçevant négativement ses bienfaits sur l'humanité a triplé entre 1972 (6%) et 2022. Or, cette défiance croissante à l'égard de la science va de pair avec une sécession avec nombre de « vérités » faisant consensus dans le milieu scientifique. Ainsi, le « platisme » trouve aussi un écho significatif dans la jeunesse française. Alors qu'elle reste marginale chez les séniors (3%), l'idée selon laquelle on nous ment sur la forme de la Terre est partagée en effet par près d'un jeune sur six (16%). Les platistes sont surreprésentés chez les jeunes potentiellement les plus exposés à ces théories sur internet, notamment les gros utilisateurs de services de vidéos en ligne comme YouTube (21%) et diverses applications. Cet essor des croyances complotistes ou infondées s'inscrit dans une révolution des pratiques informatives où la défiance à l'égard de l'information verticale issue des autorités ou des scientifiques s'est accompagnée d'une confiance plus grande dans sa transmission horizontale via les réseaux sociaux.

Gérald Bronner (2013) montre comment Internet, au lieu de fournir une représentation partagée du monde réel, produit au contraire un archipel de crédulités aussi diverses que contradictoires. Car le biais de confirmation, la prééminence des cadres idéologiques et certains algorithmes de navigation induisent l'internaute à croire davantage un voisin de réseau, qui lui est proximal, plutôt qu'un site officiel ou institutionnel.

### Catégories de connaissances

Une distinction a été introduite par l'OCDE dans le cadre de l'enquête internationale PISA 2015 entre trois catégories de connaissances :

- les connaissances de contenu concernent les notions, les théories, les faits relevant de disciplines scientifiques particulières ;
- les connaissances procédurales sont « les connaissances relatives aux concepts et procédures essentiels à la démarche scientifique qui sous-tend la collecte, l'analyse et l'interprétation de données scientifiques ». Elles concernent les aspects méthodologiques des démarches scientifiques ;

<sup>2</sup> <https://www.ifop.com/publication/generation-tiktok-generation-toctoc-enquete-sur-la-mesinformation-des-jeunes-et-leur-rapport-a-la-science-et-au-paranormal-a-lheure-des-reseaux-sociaux/>

<sup>3</sup> <https://www.fondation-reboot.org/>

<sup>4</sup> <https://www.jean-jaures.org/>

– les connaissances épistémiques concernent la compréhension de la nature et de l'origine des connaissances scientifiques.<sup>5</sup>

Les constats du terrain mettent en exergue que les connaissances épistémiques, même si elles figurent dans les programmes, sont très rarement abordées par les enseignants dans le cadre de leurs enseignements disciplinaires. Les raisons invoquées sont les mêmes que pour le collège :

- les connaissances épistémiques ne sont pratiquement jamais évaluées à l'examen et ne figurent pas dans les capacités ou notions exigibles, qui pour les enseignants constituent le cœur du programme ;
- les enseignants éprouvent des difficultés à sortir du cadre disciplinaire et maîtrisent insuffisamment eux-mêmes la dimension épistémique de la démarche scientifique.

## Pistes de travail

Afin de former les élèves aux enjeux de la démarche scientifique et en particulier, dans le domaine des compétences épistémiques, Jean-Yves Cariou propose une analyse dans un article de 2004.

Il explore les voies d'ascension vers l'acquisition de l'esprit scientifique, mettant en évidence l'importance de l'enseignement des sciences pour développer la pensée rationnelle, la liberté d'esprit, et l'esprit critique chez les élèves. Il souligne les préceptes de Claude Bernard, qui insiste sur le doute, la liberté d'initiative, et la non-soumission aux croyances. Il souligne la nécessité de privilégier la formation de l'esprit scientifique malgré ces contraintes. Trois axes pour la formation de l'esprit scientifique sont présentés :

- l'initiation à la démarche scientifique (en particulier en reconstituant les différentes étapes de la démarche scientifique) ;
- l'immersion des élèves dans une recherche scientifique réelle ;
- l'analyse des cheminement de l'histoire des sciences.

Sur ce point on peut proposer différentes questions à exposer aux élèves :

- Comment travaillent les chercheurs aujourd'hui et comment travaillaient-ils dans le passé ?
- Comment les données expérimentales et la pensée créatrice se combinent pour fournir une explication scientifique ?
- Comment des controverses peuvent provenir de différentes manières d'interpréter des données empiriques ?
- Comment des explications, des modèles ou théories scientifiques ont été modifiés ou remis en question à la lumière de données scientifiques actuelles ?
- Quelles places de l'hypothèse dans la démarche scientifique ? (Arche de la connaissance...)
- Comment des scientifiques s'appuient-ils sur les travaux de leurs prédécesseurs ?

Jean-Yves Cariou conclut en soulignant l'importance de former des esprits critiques capables de remettre en question les croyances infondées et de contester méthodiquement. Il encourage les enseignants à fournir aux élèves l'occasion

<sup>5</sup> <https://www.education.gouv.fr/media/22256/download>

d'exercer leur esprit critique dans la société, en menant des travaux d'enquête sur des sujets socialement utiles et controversés. Enfin, l'article met en garde contre la propagation de croyances irrationnelles dans la société et plaide pour une éducation favorisant une attitude scientifique basée sur le doute et la remise en question. Il est ainsi primordial d'exposer aux élèves les bases de la construction collective des savoirs scientifiques. Ainsi, dans son ouvrage « Savoirs, opinions, croyances »<sup>6</sup>, Guillaume Lecointre précise 6 attendus cognitifs du savoir scientifique :

- **Le scepticisme initial** (concernant les faits : ne pas arriver avec des convictions déjà forgées). Certains courants créationnistes plient la science à ses besoins. (L'adéquation entre les formes et les fonctions, présentées comme parfaites, ne pourrait être que le fruit d'une conception intelligente. C'est l'argument du Grand Horloger).
- **Le réalisme.** La science est méthodologiquement réaliste au sens suivant ; le Monde existe de la perception que nous en avons. Il existe antérieurement à cette perception et aux descriptions que l'on en fait.
- **La rationalité.** Aucune démonstration scientifique ne souffre de fautes de logique ; la sanction immédiate étant sa réfutation. Il convient de se méfier du biais de confirmation (En se focalisant sur des évènements qui confirment une information, on néglige les évènements neutres ou contradictoires avec cette information).
- **Le matérialisme méthodologique.** La science ne sait pas s'emparer d'entités définies à priori comme nécessairement immatérielles : (esprit, élans vitaux, phlogistique, âmes, spectres, fantômes...). « Les scientifiques ne peuvent dire que ceci : Ce sur quoi nous allons travailler, c'est la matière et ses propriétés émergentes » (empiriquement testables)
- **La transparence des procédures.** Un scientifique doit faire preuve de clarté, d'explicitation et de transparence des procédures dans ses comptes rendus. Cette rigueur est absolument indispensable afin de permettre l'échange et la reproductibilité des expériences qui sera la garante du succès du résultat.
- **La prise en compte de toutes les données disponibles pertinentes au regard de la question posée.** Ne pas garder uniquement les faits qui sont en faveur de l'argumentation et négliger les autres. Beaucoup de sites pseudo-scientifiques se conduisent ainsi (Bronner 2013).

En une phrase, « Le droit à la déstabilisation des savoirs scientifiques fondent leur solidité. »

Dans la même logique, des pré-requis indispensables autour de la définition des termes est nécessaire avec les apprenants : L'enseignant doit expliciter la distinction préalable entre savoir, croyance, croyance religieuse et opinion.

<sup>6</sup> « Savoirs, opinions, croyances », 2018, page 23

Affirmation	Assumée...	Légitimée par...
Savoir	Collectivement	Justifiée rationnelle : Ouverture à la réfutation
Croyance	Individuellement	Autorité/Confiance. Indifférence à la réfutation
Croyance religieuse	Collectivement	Autorité/confiance ; Fermeture à la réfutation
Opinion	Individuellement	Divers

Enfin, afin d'immerger les élèves dans une démarche scientifique efficiente, l'article "Sur la méthode expérimentale" de Michel Develay<sup>7</sup> explore en profondeur la méthodologie expérimentale dans le domaine de la formation des élèves et apporte un éclairage pour former les élèves à la démarche scientifique. Cet article souligne l'importance de la différence entre la méthode expérimentale (itinéraire balisé pour les élèves) et la démarche expérimentale qui rend compte d'un cheminement moins contraint. L'auteur souligne la nécessité de stimuler la curiosité, la créativité et la pensée critique des apprenants à travers des problèmes bien formulés et des expériences significatives. Develay met en avant l'importance de l'analyse, de l'interprétation des résultats et de la construction de connaissances dans le cadre de la méthodologie expérimentale, en soulignant son rôle essentiel dans le processus d'apprentissage.

Pour cela, il est rappelé encore une fois que la mise en œuvre d'activités stimulantes, dans le cadre de projets collectifs, attractifs, permettant la prise d'initiative, favorisent le développement des compétences inhérentes à la démarche scientifique.

## Présentation des ressources

Les ressources produites fournissent des outils pédagogiques, didactiques et scientifiques permettant leur mise en œuvre dans les programmes de physique-chimie, du cycle 3 à la classe de terminale.

Ces ressources permettent de sensibiliser les élèves, à partir d'exemples simples, démonstratifs et

attrayants aux enjeux de la démarche scientifique, tant dans l'aspect de « contenus » que « procédurale » ou « épistémique ».

Ces ressources s'attachent à proposer des situations d'enseignement qui, par le biais d'une analyse des démarches scientifiques, permettent de développer plus particulièrement chez les élèves une posture réflexive et active ; en effet, en étudiant les étapes de la démarche scientifique menée, l'élève développe son esprit critique et ses compétences de créativité.

La démocratie républicaine existe aussi parce que nous parions sur la rationalité critique de chaque citoyen ou de chaque citoyenne. Il s'agit d'outiller les personnes d'un bon usage de l'esprit critique pour analyser les croyances, déjouer les idéologies, mettre les savoirs à l'épreuve.

<sup>7</sup> [https://www.persee.fr/doc/aster\\_0297-9373\\_1989\\_num\\_8\\_1\\_1310](https://www.persee.fr/doc/aster_0297-9373_1989_num_8_1_1310) 1989

Niveau de classe Cycle / voie	Titre de la ressource	Résumé
Collège Cycle 3 6 <sup>e</sup>	<b>Introduction à la démarche scientifique en cycle 3</b>	La ressource permet de former les élèves de cycle 3 à la démarche scientifique en explorant les thèmes du mouvement et de l'organisation de la matière. Les élèves sont amenés à comprendre les enjeux de cette démarche : reproductibilité d'une expérience, multiplicité des protocoles, réalisation de mesures et notion de consensus. Ils travaillent de manière ritualisée des démarches dans le cadre de 3 activités différentes.
Collège Cycle 4	<b>Confinement et qualité de l'air</b>  Démarche scientifique et intelligence artificielle	Dans le cadre de cette ressource, les élèves de cycle 4 vont traiter des données pour vérifier si le confinement a eu un impact sur la qualité de l'air. Ils sont amenés à comprendre qu'une étude locale n'est pas une preuve scientifique suffisante pour vérifier l'impact global. Or traiter beaucoup de données peut devenir extrêmement fastidieux et complexe. Le traitement des données est envisagé avec l'aide de l'IA et son analyse critique
Lycée Seconde	<b>La propagation du son</b>  Démarche scientifique et intelligence artificielle	La ressource présente une séance de niveau seconde, qui a pour objectifs d'étudier la démarche scientifique en physique-chimie et d'avoir un regard critique sur les outils utilisant l'intelligence artificielle. Pour cela, un agent conversationnel utilisant l'intelligence artificielle est interrogé sur le rôle du milieu matériel dans le phénomène de propagation d'un signal sonore.
Lycée Première STL	<b>Bouteille ouverte : un danger pour notre santé ?</b>  Démarche scientifique appliquée à l'évaporation d'un solvant	Dans cette ressource, les élèves de première STL s'interrogent : Comment déterminer une vitesse d'évaporation afin de calculer la concentration d'un solvant dans l'air de la pièce ? Des documents et des résultats expérimentaux leur permettent de répondre à cette question.
Lycée Voie professionnelle Première et terminale	<b>Pourquoi les métaux ne réagissent pas tous de la même façon face à la corrosion ?</b>  Initier les élèves de lycée professionnel à la démarche scientifique	La ressource présente une approche de la démarche scientifique sur le thème de l'oxydoréduction. Les élèves ont pour objectif de comprendre et d'expliquer dans quels cas il est possible de modéliser une transformation par une réaction d'oxydoréduction.
Lycée Voie professionnelle Terminale	<b>Appliquer la démarche scientifique pour l'étude de la propagation d'une onde sonore</b>	La ressource met en lumière différents aspects de la démarche scientifique. Le support choisi s'inscrit dans la thématique du programme de physique-chimie « caractériser la propagation d'un signal sonore ».
Tous niveaux	<b>Caractéristiques de la démarche scientifique en physique-chimie</b>	La ressource rappelle les opérations nécessaires à la construction d'une démarche scientifique. Ce document éclaire l'enseignant sur les liens entre les étapes possibles de la démarche scientifique et fournit également un glossaire de termes utilisés pour des élèves de niveau collège et pour des élèves de niveau lycée (LGT et LP).