

PHYSIQUE-CHIMIE

Enseigner la physique-chimie au cycle 4

Valeurs de la république et enseignement de la physique-chimie

SOMMAIRE

Les valeurs de la République.....	2
• Valeurs de la République et croyances.....	2
• Valeurs de la République et formation du citoyen.....	2
Le périmètre de la science	3
• Un contrat méthodologique clair.....	3
• Des résultats questionnables	3
• Une évolution perpétuelle	3
• Des usages des découvertes scientifiques.....	4
L'enseignement des sciences	4
• Le respect des vérités.....	4
• La vertu de modestie	4
• Le sens de la justesse.....	4
• L'importance de l'imagination.....	5
• L'esprit de liberté	5
• La maîtrise du langage	5
L'enseignement des sciences et le partage des valeurs de la République.....	5
• Aborder les questions à propos de la science.....	6
• Expliciter la démarche scientifique	6
• Débattre, respecter, coopérer.....	7
• Se référer à l'histoire des sciences	7
Bibliographie	8
• Sur Sciences et laïcité.....	8
• Sur les sciences, l'épistémologie et l'histoire des sciences	8
• Sur l'enseignement des sciences	8

Les sciences expérimentales - notamment la physique-chimie - au travers de leur enseignement, sont un domaine privilégié au sein duquel l'enseignant et les élèves ont la possibilité de mobiliser une réflexion sur les valeurs de la République.

Après une rapide présentation des valeurs de la République en lien avec les sciences expérimentales, la ressource proposée met l'accent sur deux aspects qui se nourrissent mutuellement : le périmètre des sciences – ce qui inclut les valeurs portées par les sciences et la méthodologie de la démarche scientifique – et l'enseignement des sciences à l'école. Ces deux points sont abordés sous l'éclairage de la laïcité et des valeurs de la République. Nous désignons par la suite par « sciences » les sciences physiques et chimiques.

Les valeurs de la République

Dans le champ des sciences, la question des valeurs de la République est plus particulièrement liée à celle des croyances et touche à la formation du citoyen.

Valeurs de la République et croyances

Ces valeurs sont explicitées par les mots « liberté, égalité et fraternité » régulièrement associés aux qualificatifs « laïque, démocratique et sociale ». Dans son article premier, la constitution s'ouvre sur la laïcité et évoque le principe du respect des croyances de chacun : « La France est une République indivisible, laïque, démocratique et sociale. Elle assure l'égalité devant la loi de tous les citoyens sans distinction d'origine, de race ou de religion. Elle respecte toutes les croyances. »

Cette référence aux croyances est convoquée fréquemment dans les programmes de physique-chimie. Dans les préambules des programmes du lycée on peut relever des affirmations comme : « la connaissance objective et rationnelle doit être distinguée de l'opinion et de la croyance¹ », ou bien « Contrairement à la pensée dogmatique, la science n'est pas faite de vérités révélées intangibles, mais de questionnements, de recherches et de réponses qui évoluent et s'enrichissent avec le temps². ». Dans le texte³ du socle commun de connaissances, de compétences et de culture, la même idée est développée dans le domaine 4 – les systèmes naturels et les systèmes techniques. Il y est mentionné : « La démarche scientifique a pour objectif d'expliquer l'Univers, d'en comprendre les évolutions, selon une approche rationnelle distinguant faits et hypothèses vérifiables d'une part, opinions et croyances d'autre part. »

Valeurs de la République et formation du citoyen

La vertu éducative de la pratique des sciences expérimentales n'est plus à démontrer, l'initiation aux sciences expérimentales participe pleinement de la formation du citoyen : l'élève, futur citoyen, apprend à formuler des hypothèses, à construire un raisonnement, à valider ou réfuter une hypothèse en appréhendant le rôle clé du fait, de l'observation, de l'expérience et de sa reproductibilité. L'enseignement des sciences participe également du « vivre ensemble » au travers de « l'estime de soi et des autres », du « travailler ensemble, en équipe », de la coopération, de la compréhension et du respect de la règle, par exemple celle liée à la sécurité, et de l'éducation au développement durable.

Retrouvez Éduscol sur



1. Préambule du programme de physique-chimie de la classe de terminale S
2. Préambule des programmes de physique-chimie des classes de seconde générale et premières S et L-ES
3. Journal officiel de la République française N° 78 du 2 avril 2015

Le périmètre de la science

Un contrat méthodologique clair

Les scientifiques ont pour objectif de construire des modèles qui rendent compte de manière rationnelle de ce que nous observons du monde réel, en recourant le plus souvent au langage des mathématiques ; ces modèles sont validés par des expériences reproductibles. La validation des connaissances se fait de manière indépendante par différents scientifiques et ceci à l'échelle internationale ; les options métaphysiques de ces scientifiques n'entrent pas en ligne de compte dans cette phase de validation, cet espace est donc par nature laïc. L'histoire récente de l'expérience des « neutrinos supraluminiques » est exemplaire d'une communauté scientifique qui doute, partage, échange, critique et met à l'épreuve les résultats de ses expériences.

Des résultats questionnables

La question de la reproductibilité des expériences est donc centrale et repose, selon Guillaume Lecoindre⁴, sur quatre piliers :

- un scepticisme initial concernant les faits : on expérimente parce que l'on se pose des questions et non pas pour prouver quelque chose dont on est certain a priori. Une vigilance par rapport aux influences mercantiles, idéologiques ou religieuses est donc de mise. Une expérience peut conduire à un résultat inattendu, dans ce cas cette surprise doit, elle aussi, être mise à l'épreuve ;
- la possibilité de questionner le monde réel : on suppose que celui-ci est questionnable et se manifeste de la même manière à tous les observateurs. Si l'on fait une expérience, c'est avec l'espoir que cette expérience puisse être refaite en un autre lieu par un autre expérimentateur et donne les mêmes résultats. En ce sens, la science vise une portée universelle ;
- la rationalité des méthodes de la science : elles respectent les lois de la logique et un « principe de parcimonie » : il s'agit de construire des théories les plus économiques en hypothèses. Soulignons ici que cette parcimonie est une propriété de la théorie et non du système réel étudié ;
- un matérialisme méthodologique : tout ce qui est accessible dans le monde réel est matériel ou d'origine matérielle et peut être expliqué par une cause matérielle.

La science tire sa spécificité de la propriété qu'elle possède d'être remise en cause : cette mise à l'épreuve permanente est indispensable, elle fonde la légitimité de la démarche scientifique et la différencie de la « croyance » qui n'a pas besoin d'être justifiée et qui se soustrait à la logique de la preuve.

Une évolution perpétuelle

Les modèles scientifiques sont construits autour d'idées fortes, de « colonnes vertébrales » – les paradigmes – que les scientifiques essaient de conserver aussi longtemps que possible quitte à les modifier pour les adapter aux faits ou aux expériences apparaissant comme des anomalies. La situation devient critique lorsque ces ajustements deviennent impossibles ; il convient alors de changer de paradigmes⁵, ce qui est caractéristique des « révolutions scientifiques ». La science est donc en perpétuelle évolution. On peut citer l'avènement au début du XX^e siècle de la théorie de la relativité restreinte et « l'ajustement » du modèle planétaire de l'atome – le modèle de Bohr – prémice de la physique quantique.

Retrouvez Éduscol sur



4. Guillaume Lecoindre est professeur au Muséum Nationale d'Histoire Naturelle

5. Dans son ouvrage sur La structure des révolutions scientifiques, Thomas Kuhn introduit le concept de paradigmes en sciences qui sont « des découvertes scientifiques universellement reconnues qui, pour un temps fournissent à une communauté de chercheurs des problèmes types et des solutions »

Des usages des découvertes scientifiques

Les scientifiques ont le devoir de s'intéresser aux conditions de leurs expérimentations et aux conséquences potentielles de leurs découvertes – le domaine des applications. Leurs réflexions doivent être partagées par tous, la science est le lieu où l'éthique est interrogée, le périmètre de la science est donc complexe. La lettre d'Einstein⁶ datée de 1939 et adressée au président Franklin Roosevelt (lettre dans laquelle il demande notamment que les Etats-Unis s'engagent dans un travail expérimental sur les réactions en chaîne) est exemplaire d'un lent processus qui, partant d'une découverte fondamentale – l'équivalence masse-énergie –, conduit à la confection d'armes atomiques aux effets les plus dévastateurs. Einstein a regretté ensuite avoir signé cette lettre ; une autre a suivi en 1945 marquant son engagement résolument pacifiste.

Pour autant, les usages parfois peu éthiques et dangereux pour l'homme et l'environnement ne doivent pas être imputés uniquement à la science et/ou aux scientifiques ; ils sont aussi le fruit de décisions politiques ou économiques.

L'enseignement des sciences

Le paragraphe ci-dessous permet de tisser les premiers liens entre le fonctionnement de la science et son enseignement à l'École. Il est très largement inspiré de l'ouvrage d'Yves Quéré (« la science institutrice »⁷), et s'articule autour des vertus suivantes portées par la science.

Le respect des vérités

La prétention de détenir la vérité « appartient désormais à des domaines que l'on peut juger soit intolérables soit ridicules⁷ » mais il ne faut pas tomber dans l'excès inverse du relativisme. La science montre qu'il existe des vérités : « la température n'évolue pas lorsque l'eau bout, malgré la chaleur que le réchaud continue de lui fournir. La pierre lâchée ne remonte pas vers le ciel, elle tombe [...] Ainsi va la science, en ses affirmations tranquilles et indéniables⁷. »

La vertu de modestie

La démarche expérimentale confère à la science et au scientifique qui la pratique une vertu de profonde modestie. L'homme de sciences est celui qui se met à l'écoute, à l'observation de la nature et traduit fidèlement - sans ajout personnel - ce qu'il a perçu d'elle : « Elle [la science] devrait être pour l'enfant école de la modestie, c'est-à-dire de respect devant les faits, de confrontation permanente entre sa propre pensée et ceux-ci, de refus des idées toutes faites⁷. »

Le sens de la justesse

La pratique de la démarche scientifique forme à la justesse du raisonnement et à la rigueur d'esprit que ce soit sur le plan théorique, en prenant appui sur les mathématiques, ou que ce soit au niveau expérimental : « Il n'est pas vrai que cette plaque de métal, dans la salle de classe, soit plus froide que cette planche de bois, même si le toucher m'invite à croire le contraire⁷. » La science donne à l'enfant un esprit rigoureux si elle lui apprend la vérification.

Retrouvez Éduscol sur



6. On peut trouver la traduction de cette lettre sur Wikipédia

7. Yves Quéré, *La science institutrice*, Editions Odile Jacob

L'importance de l'imagination

Si la fin du XIX^{ème} siècle était en mesure de laisser croire à certains que tout ce qui pouvait être découvert l'avait été, les XX^{ème} et XXI^{ème} siècles ont montré que de nouvelles découvertes ouvraient d'immenses champs de recherche encore non explorés qui posaient à leur tour d'autres questions. Pour répondre à ces interrogations, l'imagination, la créativité sont nécessaires et la rigueur dans la vérification est indispensable.

L'esprit de liberté

C'est bien parce qu'un cadre⁸ méthodologique est accepté par l'ensemble des scientifiques que la liberté peut s'exprimer. Tout chercheur peut sortir des sentiers battus, aller à l'encontre des idées reçues, s'il accepte que ses idées et résultats soient soumis à la communauté scientifique.

La maîtrise du langage

Avant toute chose, la science s'applique à nommer, à définir et parfois à inventer les mots nécessaires et acceptés par tous, à composer des phrases justes et à rechercher le langage adapté pour décrire la réalité objectivement, avec le plus de précision possible.

L'ensemble de ces « vertus » met clairement en avant toute la richesse des compétences qui peuvent être développées chez les élèves par une pratique authentique de la démarche scientifique. Celle-ci peut contribuer à construire un parcours de formation de l'élève aux valeurs de la République.

L'enseignement des sciences et le partage des valeurs de la République

Dans les compétences communes à tous les professeurs et personnels d'éducation⁹ et sur le thème du partage des valeurs de la République, l'aptitude à « aider les élèves à développer leur esprit critique, à distinguer les savoirs des opinions ou des croyances, à savoir argumenter et à respecter la pensée des autres » est citée. L'enseignement des sciences expérimentales contribue de manière évidente à développer cette compétence chez les élèves. Le texte du socle commun de connaissances, de compétences et de culture y fait référence, en ce qui concerne la démarche scientifique, comme cela a déjà été mentionné.

Plus généralement, et les paragraphes suivants le montrent, la formation d'un citoyen libre et éclairé peut s'appuyer et se fonder sur des caractéristiques essentielles de l'enseignement des sciences :

- une explicitation de la manière dont la science « fonctionne » et un apprentissage du champ couvert par celle-ci permettant in fine à l'élève d'identifier une question de science¹⁰, c'est-à-dire une question à laquelle la science peut répondre ;
- une pratique réflexive de la démarche scientifique excluant tout dogmatisme et permettant de renforcer l'idée que « l'école est le lieu de construction de la connaissance et pas celui de la transmission de la croyance¹¹ » ;

8. Ce cadre méthodologique est explicité *supra* au paragraphe « Des résultats questionnables

9. Référentiel des compétences professionnelles des métiers du professorat et de l'éducation arrêté du 1-7-2013 - J.O. du 18-7-2013

10. Par exemple la question « Faut-il fermer toutes les centrales nucléaires de France ? » n'est pas une question scientifique même si elle interpelle forcément des éléments empruntés aux sciences. Elle est par contre socialement vive et touche des valeurs politiques, voire éthiques

11. Florence Robine, Dominique Rojat, *Enseignement et vérité en sciences ; la question de la vérité en sciences expérimentales*, CRDP de Bourgogne, 2006

- une approche de la notion de controverse scientifique au travers de l'étude de l'histoire des sciences ;
- des situations pédagogiques amenant les élèves à débattre en sciences, à échanger des idées, à écouter et à respecter les idées des autres.

Aborder les questions à propos de la science

Dans l'évaluation de la culture scientifique conduite par PISA¹², les thèmes suivants font l'objet d'une attention spécifique :

- l'identification des questions auxquelles la science peut apporter une réponse ;
- la compréhension des éléments caractéristiques de la science en tant que forme de recherche et de connaissance humaine ;
- la conscience du rôle de la science et de la technologie dans la constitution de notre environnement matériel, intellectuel et culturel ;
- la volonté de s'engager en qualité de citoyen éclairé à propos de problèmes à caractère scientifique ou touchant à des notions relatives à la science.

Même si la France obtient sur ces thèmes des résultats situés dans la moyenne des pays de l'OCDE, ces quatre thèmes mériteraient d'être davantage développés dans l'enseignement de la physique-chimie. Il s'agit de mieux expliciter aux élèves le périmètre des sciences et la manière dont les connaissances scientifiques se construisent et donc de les former à exercer leur esprit critique à propos des publications ou des discours médiatiques, à traquer la « magie du nombre » et la « parodie du raisonnement scientifique », à ne pas dire que « tout se vaut » et que la science est une « croyance comme une autre », mais à bien identifier le contrat méthodologique qui prévaut dans une démarche scientifique.

Expliciter la démarche scientifique

Soulignons tout d'abord que la pratique de la démarche scientifique dans un cadre scolaire – dans la classe, en travaux pratiques – contribue indubitablement à sensibiliser l'élève à la manière dont la science « fonctionne » mais le contexte scolaire de l'apprentissage – l'expérience de cours, le dispositif expérimental spécifiquement dédié à la vérification d'une loi – induit parfois des biais qui interfèrent avec un message initial d'universalité et peut conduire parfois à un dogmatisme implicite.

Les sciences sont parfois perçues comme un système fermé avec ses lois intangibles : cette perception d'une science qui serait dogmatique peut être renforcée par son enseignement si le professeur n'y prend pas garde. C'est pourquoi un enseignement explicite de la démarche scientifique est indispensable. Cette explicitation permet de construire des repères pour penser et pour raisonner, qui peuvent ensuite être transférés dans d'autres contextes.

Si, sur le plan scientifique, l'expérience vise à faire émerger des lois empiriques et à confronter des modèles théoriques à la réalité des observations, elle a, dans le cadre scolaire, pour objectif de permettre à l'élève de confronter ses représentations initiales à la réalité du monde telle qu'elle se manifeste au travers de l'expérimentation.

L'expérience n'est donc pas une simple illustration des sciences, elle est au cœur même de la démarche scientifique et la même rigueur, dans sa mise en œuvre et son analyse, est attendue que lors d'une démonstration théorique. C'est un point essentiel pour que les sciences ne soient pas perçues comme dogmatiques, arbitraires, subjectives ou révélées. Il n'y a pas d'expériences qui « marchent » ou qui « ne marchent pas ». L'expérience répond toujours aux conditions fixées par l'expérimentateur. L'analyse d'une expérience ou d'une observation doit être travaillée avec les élèves. L'approche expérimentale forme les élèves à la rigueur, celle-ci permet de mettre en œuvre des processus de vérification ou de remise en cause d'une assertion.

Débattre, respecter, coopérer

Si l'enseignement des sciences partage avec les autres disciplines des objectifs de formation au débat argumenté, dans l'écoute et le respect de l'autre, ainsi qu'au travail collaboratif, il est sans doute important de souligner sa contribution particulière, de l'école primaire aux formations post-baccalauréat.

L'enseignement des sciences contribue en effet à former les élèves pour qu'ils deviennent des citoyens éclairés, non seulement au travers des thématiques sociétales abordées (on peut citer par exemple l'énergie, l'environnement, la santé), mais aussi par les modalités pédagogiques mobilisées comme l'exploitation individuelle ou collective de documents issus de productions scientifiques ou non, des rencontres et échanges avec des scientifiques issus du monde de la recherche ou de l'industrie et donnant lieu à des mises en perspective avec les connaissances acquises et des informations disponibles dans les médias, Internet y compris. Par ailleurs la formation scientifique s'appuie, dès le plus jeune âge, sur la mise en œuvre de la démarche d'investigation, très souvent menée en groupe et donnant lieu à des pratiques d'échange, de collaboration et de débats entre pairs, à la fois dans les phases d'appropriation, d'analyse et de réalisation. Selon le niveau scolaire concerné, ces démarches, qui encouragent initiative et créativité et responsabilité partagée, conduisent à des productions d'objets, à des productions écrites ou orales qui constituent autant de réussites issues de travaux d'équipe dont l'aboutissement repose sur un partage de compétences autant qu'il permet l'enrichissement de chacun de ses membres.

Se référer à l'histoire des sciences

La présentation d'éléments empruntés à l'histoire ou à l'actualité des sciences, avec un accent mis sur quelques controverses célèbres (Galilée, Copernic, etc.) permet d'illustrer la manière dont la science procède et comment, depuis quatre siècles, il y a eu séparation entre le « croire » et le « savoir », « croyances » et « sciences » ne relevant pas du même domaine de la pensée, même si des liens existent. L'école est bien, quant à elle, le lieu de l'enseignement des « sciences », de la construction des connaissances mais pas celui de la transmission des croyances.

Un autre aspect de l'histoire des sciences est de montrer le rôle essentiel qu'ont joué les interactions entre sciences et applications dans leur développement. Soulignons à la fois l'extrême importance de la circulation des idées dans les progrès de la connaissance en science qui explique pourquoi la physique s'est développée en Eurasie durant ces derniers millénaires et la contribution¹³ essentielle, parfois insuffisamment mise en avant à l'École, des civilisations arabes, indiennes et chinoises. Une approche moins centrée sur l'Europe serait assurément en mesure de renforcer le caractère universel de la science.

Retrouvez Éduscol sur



13. On pourra se référer à l'ouvrage de Michel Soutif - Naissance de la physique, de la Sicile à la Chine – EDP Sciences

Bibliographie

Sur Sciences et laïcité

- Abdenour Bidar, *Pour une pédagogie de la laïcité*, La documentation française
- Guillaume Lecointre, *Enseigner le périmètre des sciences : un enjeu laïque et démocratique*, <http://glecointre.mnhn.fr/Diffusion.html>
- Jean-Paul Delahaye, *Laïcité, enseignement et religion à l'école*, <http://www.laicite-republique.org/jean-paul-delahaye-laicite.html>
- Véronique Le Ru, *Le réveil de l'obscurantisme*, La recherche, avril 2015

Sur les sciences, l'épistémologie et l'histoire des sciences

- Yves Quéré, *La science institutrice*, Éditions Odile Jacob
- Bernard d'Espagnat et Etienne Klein, *Regards sur la matière*, Fayard
- Alan F.Chalmers, *Qu'est-ce que la science ?*, Livre de Poche
- Léna Soler, *Introduction à l'épistémologie*, Ellipses
- Solange Gonzalez, *Épistémologie et histoire des sciences*, Vuibert CNED
- Thomas Kuhn, *La Structure des révolutions scientifiques*, Flammarion
- Einstein et Infeld, *L'évolution des idées en physique*, Flammarion
- Michel Soutif, *Naissance de la physique, de la Sicile à la Chine*, EDP Sciences
- Ahmed Jebbar, *L'âge d'or des sciences arabes*, Le pommier

Sur l'enseignement des sciences

- Gérard de Vecchi, *Enseigner l'expérimental en classe*, Hachette Education

Retrouvez Éduscol sur

