



L'enseignement de la physique-chimie en France: un rapide aperçu

Christophe Chaffardon¹, Jean-Paul Castro²,
Claire Sanchez¹, Patrice Marchou²

Un rapport de la Cité de l'espace préparé pour le Projet SAT
(ERASMUS+ nr: 2015-1-PLO1-KA201-016801)



La publication est couverte par la licence ouverte internationale CC-BY-SA 4.0 permettant la copie, la distribution, le remixage, le changement et amélioration, également à des fins commerciales, sous réserve de la désignation de l'auteur et du partage des œuvres dépendantes dans les mêmes conditions.



La publication a été réalisée avec le soutien financier de la Commission européenne dans le cadre du programme Erasmus +. La publication reflète uniquement la position de ses auteurs et la Commission européenne n'est pas responsable pour son contenu substantiel



L'enseignement de la physique-chimie en France : un rapide aperçu

Projet SAT ERAMSUS +

Mars 2016

Table des matières

1	Le Système éducatif français	3
1.1	Rappel historique	3
1.2	Les niveaux scolaires et les établissements	4
1.2.1	Le collège	5
1.2.2	Le lycée	6
1.3	Les conditions de travail des enseignants (collèges et lycées).....	8
1.3.1	Temps de travail	8
1.3.2	Lieu de travail	8
1.3.3	Matériel et équipement	8
1.4	Chiffres-clé.....	9
2	L'enseignement des sciences physiques en France	10
2.1	Le socle commun de connaissances, de compétences et de culture (2005)	10
2.2	Les évolutions récentes de l'enseignement des sciences physiques et chimiques en France (2005-2015)	11
2.2.1	Au collège	11
2.2.2	Au Lycée.....	14
3	La mise en œuvre de nouveaux outils pédagogiques	16
3.1	Introduction.....	16
3.2	Exemples d'usages.....	17
3.2.1	Tableaux blancs interactifs	17
3.2.2	Vidéoprojecteur.....	17

3.2.3	Boîtiers de vote	17
3.2.4	Production vidéos.....	18
3.2.5	Logiciels de partage.....	19
3.2.6	Forum d'aide à l'élève	19
3.2.7	Outils d'évaluation en ligne.....	19
3.2.8	Outils de communication	19
3.2.9	Carte mentale.....	19
3.2.10	Tablettes numériques.....	20
3.2.11	Aménagement des salles de classe	21
3.2.12	Logiciels libres.....	22
3.2.13	Pilotage d'instruments scientifiques	22
3.2.14	Science participative.....	24
4	ANNEXES.....	24
4.1	Horaires d'enseignement	24
4.2	Programmes scolaires	25
4.3	Remerciements	28
4.4	Citations.....	29

Table des illustrations

Figure 1	: Compétences à évaluer pour la résolution problème.....	14
Figure 2	: Préfiguration d'un espace pédagogique dédié aux scolaires à la Cité de l'espace	21
Figure 3	: Utilisation d'un logiciel didactique PHET sur les longueurs d'onde	22
Figure 4	: Boîtier « Globilab » d'acquisition de mesures, couplé à une tablette numérique.....	23
Figure 5	: Ecran d'accueil du site internet « IRIS », présentant l'interface de pilotage du télescope...	24

1 Le Système éducatif français

1.1 Rappel historique (1, 2015)

En France, le système d'enseignement est fondé sur 5 grands principes inspirés des idées de la Révolution Française de 1789, et de différentes lois votées au XIXème et XXème siècle.

La constitution de la Vème République datant du 4 octobre 1958 précise que « l'organisation de l'enseignement public obligatoire gratuit et laïque à tous les degrés est un devoir de l'État ».

Ces 5 principes sont :

- **La liberté de l'enseignement**

En France, le service public d'enseignement coexiste avec des établissements privés, soumis au contrôle de l'État et pouvant bénéficier de son aide (en contrepartie d'un contrat signé avec l'État).

Cependant l'État est le seul habilité à délivrer diplômes et grades universitaires : les diplômes délivrés par les écoles privées n'ont pas de valeur officielle sauf s'ils sont reconnus par l'État. La réglementation des examens se fait à l'échelle nationale.

- **La gratuité**

Le principe de gratuité de l'enseignement primaire public a été posé dès la fin du XIXe siècle par la loi du 16 juin 1881. La gratuité a été étendue à l'enseignement secondaire par la loi du 31 mai 1933. L'enseignement dispensé dans les écoles et les établissements publics est gratuit.

Les manuels scolaires sont gratuits jusqu'à la classe de troisième, ainsi que les matériels et fournitures à usage collectif. Dans les lycées, les manuels sont le plus souvent à la charge des familles.

- **La neutralité**

L'enseignement public est neutre : la neutralité philosophique et politique s'impose aux enseignants et aux élèves.

- **La laïcité**

Le principe de laïcité en matière religieuse est au fondement du système éducatif français depuis la fin du XIXe siècle. L'enseignement public est laïc depuis les lois du 28 mars 1882 et du 30 octobre 1886. Elles instaurent l'obligation d'instruction et la laïcité des personnels et des programmes. L'importance de la laïcité dans les valeurs scolaires républicaines a été accentuée par la loi du 9 décembre 1905 instaurant la laïcité de l'État.

Le respect des croyances des élèves et de leurs parents implique :

- l'absence d'instruction religieuse dans les programmes
- la laïcité du personnel
- l'interdiction du prosélytisme

Historiquement, la liberté religieuse a conduit à instituer une journée libre par semaine laissant du temps pour l'enseignement religieux en dehors de l'école.

- **L'obligation scolaire**

Depuis la loi Jules Ferry du 28 mars 1882, **l'instruction est obligatoire**.

Cette obligation s'applique à partir de 6 ans, pour tous les enfants français ou étrangers résidents en France.

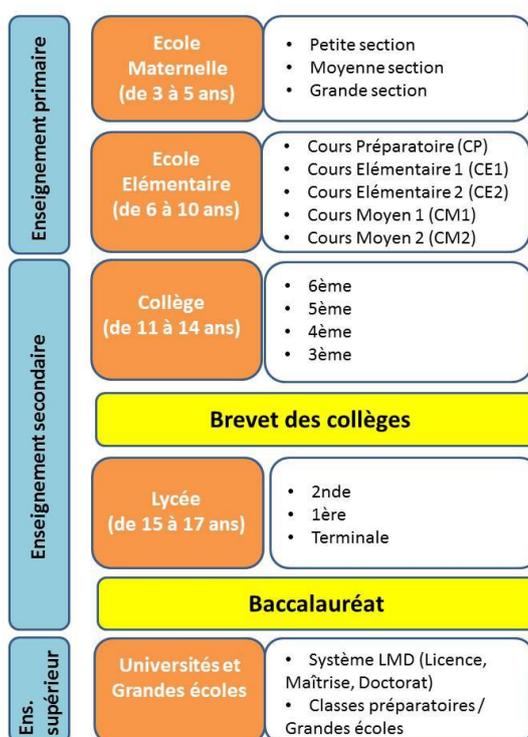
À l'origine, la scolarisation était obligatoire jusqu'à l'âge de 13 ans, puis 14 ans à partir de la loi du 9 août 1936. Depuis l'ordonnance n°59-45 du 6 janvier 1959, elle a été prolongée jusqu'à l'âge de 16 ans révolus.

La famille a deux possibilités :

- Scolariser ses enfants dans un établissement scolaire public ou privé
- Assurer l'instruction des enfants elle-même (avec déclaration préalable)

1.2 Les niveaux scolaires et les établissements

En France, les niveaux scolaires sont organisés en 2 niveaux : le niveau primaire et le niveau secondaire, qui mène au Baccalauréat. 4 types d'établissements sont fréquentés par les élèves jusqu'au Baccalauréat : l'école maternelle, l'école élémentaire, le collège et le lycée.



De l'école maternelle jusqu'à la fin du collège, les enseignements se font par « cycles », au nombre de 4 (cette organisation sera effective à partir de septembre 2016) :

- Cycle 1 : Ecole maternelle
- Cycle 2 (cycle des apprentissages fondamentaux) : CP, CE1, CE2
- Cycle 3 (cycle de consolidation) : CM1, CM2, 6^{ème}
- Cycle 4 (cycle des approfondissements) : 5^{ème}, 4^{ème}, 3^{ème}

Les enseignements s'organisent dans chacun des cycles de manière cohérente.

Ces cycles ont aussi une conséquence sur le passage des élèves dans les classes supérieures. En effet, les parents d'élèves peuvent s'opposer à un redoublement qui s'effectue au sein

d'un cycle (pour le passage du CM2 à la 6^{ème} par exemple), ce qui n'est pas le cas pour des passages d'un cycle à l'autre (de la 6^{ème} à la 5^{ème}, par exemple).

1.2.1 Le collège (2, 2016)

Le collège accueille sans examen de passage tous les élèves à la fin de l'école primaire. Il permet de scolariser tous les élèves dans un cadre unique.

La construction et l'entretien des collèges relèvent des collectivités territoriales de par les lois de décentralisation, qui ont rattaché les collèges aux départements.

La scolarité au collège comporte quatre années : la sixième, la cinquième, la quatrième et la troisième. Elles sont organisées en 2 cycles, comme précisé précédemment en 1.2

1.2.1.1 Cycle 3 (6^{ème}, à la suite du CM1 et CM2)

Les enseignements en 6^{ème} sont organisés en complémentarité avec ceux du CM1 et du CM2. Ce nouveau cycle 3 favorise ainsi la continuité des enseignements entre l'école primaire et le collège, qui est une transition importante, et parfois difficile, pour les élèves : ils sont dans de nouveaux locaux, ils ont plusieurs enseignants (au lieu d'un seul à l'école primaire), ils changent de salles de cours en fonction des disciplines...

1.2.1.2 Cycle 4 (5^{ème}, 4^{ème}, 3^{ème})

Le cycle 4 permet d'approfondir les enseignements et développer leur transversalité, notamment grâce à des horaires spécifiques dédiés aux EPI (Enseignements Pratiques Interdisciplinaires).

À la fin de l'année de troisième, les élèves présentent le diplôme national du brevet (qui valide le socle de connaissances, de compétences et de culture, voir 2.1) pour pouvoir s'orienter vers :

- une classe de seconde en lycée général et technologique
- une classe de seconde professionnelle ou une première année de préparation au certificat d'aptitude professionnelle (C.A.P.) en lycée professionnel

Le diplôme national du brevet n'est cependant pas obligatoire pour poursuivre des études après la 3^{ème}.

1.2.1.3 Enseignements au collège

Les enseignements au collège sont structurés en disciplines :

- français
- mathématiques
- histoire-géographie
- éducation civique
- langues vivantes
- sciences de la vie et de la Terre
- technologie
- arts plastiques

- éducation musicale
- éducation physique et sportive
- physique-chimie

Les matières scientifiques sont donc au nombre de 4 : mathématiques, physique-chimie, sciences de la vie et de la Terre, technologie. Ces matières sont enseignées par 4 enseignants différents.

L'histoire des arts et l'informatique sont enseignés dans le cadre normal des cours durant toute la scolarité au collège.

Les objectifs sont fixés par des programmes nationaux, dont l'étendue est plus vaste que celle des connaissances et des compétences du socle commun (voir 2.1).

1.2.1.4 Les dispositifs d'accompagnement

L'accompagnement éducatif et, en sixième, l'accompagnement personnalisé sont proposés aux collégiens en complément des enseignements obligatoires. Ces dispositifs d'accompagnement favorisent la réussite scolaire de tous les élèves.

L'accompagnement éducatif permet d'accueillir les élèves après les cours pour leur proposer une aide aux devoirs et aux leçons, un renforcement de la pratique des langues vivantes, des activités culturelles, artistiques ou une pratique sportive.

Ces dispositifs, réservés dans un premier temps aux élèves les plus en difficulté et de manière optionnelle, sont maintenant étendus à tous les élèves de manière obligatoire, afin de favoriser des travaux en effectifs réduits et sur des thématiques transversales.

1.2.2 Le lycée (3, 2015)

À l'issue du collège, les élèves peuvent poursuivre leur scolarité dans un lycée d'enseignement général et technologique ou dans un lycée professionnel. La scolarité y a lieu en trois ans : la seconde, la première et la terminale.

La construction et l'entretien des lycées relèvent des collectivités territoriales de par les lois de décentralisation, qui ont rattaché les lycées à la région.

Chaque lycée élabore un projet d'établissement, qui lui permet d'avoir une politique particulière en fonction de son public scolaire.

Les programmes restent nationaux.

1.2.2.1 Le lycée d'enseignement général et technologique

Le Lycée d'enseignement général et technologique comprend trois classes : la classe de seconde générale et technologique, commune aux élèves se destinant une poursuite d'études dans une des séries de la voie générale ou de la voie technologique. Le choix entre ces deux voies s'effectue à l'issue de cette classe. Les classes de première et terminale dans les différentes séries conduisent à l'examen du baccalauréat.

Le baccalauréat sanctionne des connaissances et des compétences de fin d'études secondaires et constitue le premier grade de l'enseignement supérieur. A ce titre, il permet la poursuite d'études supérieures.

1.2.2.2 L'organisation du baccalauréat général et technologique

La voie générale

La voie générale comprend trois séries (ES Economique, L Littéraire et S scientifique) qui mènent au baccalauréat général.

Elle conduit à la poursuite d'études supérieures principalement en université, classe préparatoires aux grandes écoles ou en écoles spécialisées.

La voie technologique

La voie technologique prépare à des études supérieures technologiques principalement en STS ou en IUT (en deux ans) et permet de continuer une formation plus poussée conduisant à une licence professionnelle ou un diplôme d'ingénieur.

Le baccalauréat technologique comporte huit séries :

- STL : "sciences et technologies de laboratoire"
- STI2D : "sciences et technologies de l'industrie et du développement durable"
- STD2A : "sciences et technologies du design et des arts appliqués"
- STMG : "sciences et technologies du management et de la gestion"
- ST2S : "sciences et technologies de la santé et du social"
- TMD : "techniques de la musique et de la danse"
- Hôtellerie
- STAV : "sciences et technologies de l'agronomie et du vivant", préparé dans les lycées dépendant du ministère de l'agriculture

1.2.2.3 Le lycée professionnel

En lycée professionnel, les enseignements technologiques et professionnels représentent de 40 à 60 % de l'emploi du temps d'un élève. Ils sont dispensés sous forme de cours en classe et selon les spécialités en atelier, dans un laboratoire ou sur un chantier. Les matières d'enseignement général (français, mathématiques, histoire-géographie, sciences, anglais) occupent aussi une place importante. Le lycée professionnel prépare les jeunes qu'il accueille à acquérir un diplôme professionnel pour s'insérer dans la vie active ou poursuivre leurs études. Ces diplômes peuvent être un baccalauréat professionnel (Bac Pro, qui propose 75 spécialités), un Certificat d'Aptitude Professionnelle (CAP), un Brevet d'Etudes Professionnelles (BEP).

« L'apprentissage » est également de plus en plus développé, au sein de « Centres de Formation des Apprentis » (CFA), souvent proches de lycées professionnels, qui proposent aux élèves des cours pratiques et des stages en entreprises, qui les destinent à rentrer rapidement dans le marché du travail.

1.3 Les conditions de travail des enseignants (collèges et lycées)

1.3.1 Temps de travail

Il existe deux concours de recrutement pour enseigner en collège ou lycée :

- Environ 75 % des enseignants sont lauréats du CAPES. Ils doivent réaliser 18 heures d'enseignement.
- Environ 15 % des enseignants sont lauréats de l'agrégation. Ils doivent réaliser 15 heures d'enseignement. Ce diplôme oriente plutôt les enseignants vers les lycées (enseignement secondaire et classes préparatoires aux Grandes Ecoles).

Un enseignant réalise au total 36 semaines de travail (18h ou 15 h d'enseignement, le reste pour la préparation des cours et les corrections) à laquelle s'ajoute une semaine de jury pour les examens et 15 semaines de vacances.

1.3.2 Lieu de travail

Les enseignants ne sont pas tenus de rester dans leur établissement avant ou après leurs cours. Ils travaillent la plupart du temps chez eux. Ils bénéficient néanmoins de bureaux partagés dans les établissements, la plupart du temps non isolés, en salle des professeurs.

1.3.3 Matériel et équipement

1.3.3.1 Equipement personnel

Les enseignants n'ont pas de bureau personnel dans les établissements. On ne leur fournit pas non plus d'ordinateur ou d'imprimantes.

1.3.3.2 Matériel expérimental

Les établissements de collège et lycée sont équipés de laboratoires. Il existe un seul laboratoire en collège géré par les enseignants la plupart du temps. Dans les lycées, deux laboratoires coexistent (un de physique et un autre de chimie), gérés par des personnels de laboratoire : techniciens, agents de laboratoire.

Le matériel pédagogique expérimental, les mobiliers, le réseau informatique, les bâtiments sont financés par :

- les régions pour les lycées,
- les départements pour les collèges.

1.3.3.3 Le réseau informatique

Chaque établissement possède un réseau informatique. Chaque classe possède un ordinateur connecté au réseau pour le professeur. Certaines classes sont équipées d'ordinateurs pour les élèves ou bien de kits d'ordinateurs portables appelés "classe mobile".

De plus, tous les établissements ont un site internet dédié appelé ENT (Environnement Numérique de Travail) qui permet de communiquer, de faire l'appel, de gérer les devoirs à faire à l'aide d'un cahier de texte numérique, de stocker des informations, de créer des blogs, des échanges, d'évaluer à distance, d'avoir une

messagerie partagée avec les élèves, parents, collègues, de connaître les notes, les moyennes...

1.4 Chiffres-clé (4, 2014)

LES CHIFFRES CLÉS DE L'ÉDUCATION NATIONALE

LES ÉLÈVES

12 296 400
écoliers, collégiens et lycéens
en France métropolitaine et Dom*,
public et privé ⁽¹⁾

239 200
élèves handicapés
scolarisés en milieu ordinaire ⁽²⁾



37 800 élèves en trois ans

LES PERSONNELS

839 700
enseignants dans les écoles
et les établissements
du second degré ⁽²⁾

LES DIPLOMÉS ⁽²⁾

85,2%
c'est le taux de réussite au diplôme
national du brevet (DNB)

87,9%
c'est le taux de réussite au baccalauréat

77,3%
c'est la proportion de bacheliers dans
une génération (hors Mayotte)

LA DÉPENSE MOYENNE PAR ÉLÈVE ET PAR AN ⁽⁴⁾

6 010 €
par élève du premier degré

8 410 €
par collégien

11 310 €
par lycéen général et technologique

11 960 €
par lycéen professionnel

LES ÉTABLISSEMENTS SCOLAIRES

64 000 écoles et établissements du second
degré publics et privés ⁽²⁾ soit :

55 200
écoles et établissements du second degré publics

52 600 écoles

7 100 collèges

4 300 lycées et Erea *

dont **1 600** lycées professionnels

(* Erea : Établissement régional d'enseignement adapté)

L'ENCADREMENT DES ÉLÈVES DANS LE PUBLIC ⁽²⁾

PREMIER DEGRÉ PUBLIC

25,8 élèves par classe en moyenne
en préélémentaire

22,9 élèves par classe en moyenne
en élémentaire

SECOND DEGRÉ PUBLIC

24,8 élèves par classe en moyenne
dans le premier cycle

29,8 élèves par classe en moyenne dans
le second cycle général et technologique

19,3 élèves par classe en moyenne
dans le second cycle professionnel

(1) Prévision rentrée 2014

(2) Rentrée 2013

(3) Session 2014, données provisoires

(4) Année civile 2012, données provisoires (hors Mayotte)

* Sauf mention contraire, les données portent sur la France métropolitaine et les départements d'outre-mer y compris Mayotte, suite au changement de statut de ce territoire le 31 mars 2011.

2 L'enseignement des sciences physiques en France

2.1 Le socle commun de connaissances, de compétences et de culture (5, 2016)

Le « socle commun de connaissances, de compétences et de culture » concerne les élèves âgés de 6 à 16 ans. Il identifie les connaissances et les compétences indispensables qui doivent être acquises à l'issue de la scolarité obligatoire, jusqu'à la fin du collège. Elaboré en 2005, il a été actualisé en 2015, pour une prise d'effet en 2016. C'est le texte de référence à partir duquel se déclinent les programmes des différentes disciplines enseignées, dont les sciences physiques, en collège. Ce texte influence aussi grandement les programmes de lycée.

Ce « socle » est constitué de 5 grands domaines :

- **1 - Les langages pour penser et communiquer**

Comprendre et s'exprimer en utilisant 4 types de langages :

- Langue française
- Langues vivantes étrangères ou régionales
- Langages mathématiques, scientifiques et informatiques
- Langages des arts et du corps

- **2 - Les méthodes et outils pour apprendre**

Apprendre à apprendre, seul ou collectivement, en classe ou en dehors :

- Accès à l'information et à la communication
- Outils numériques
- Conduite de projets individuels ou collectifs
- Organisation des apprentissages

- **3 - La formation de la personne et du citoyen**

Transmettre les valeurs fondamentales et les principes inscrits dans la Constitution :

- Apprentissage de la vie en société, de l'action collective et de la citoyenneté
- Formation morale et civique
- Respect des choix personnels et des responsabilités individuelles

- **4 - Les systèmes naturels et les systèmes techniques**

Donner à l'élève les fondements de la culture mathématique, scientifique et technologique :

- Approche scientifique et technique de la Terre et de l'Univers

- Curiosité et sens de l'observation
 - Capacité à résoudre des problèmes
- **5 - La représentation du monde et de l'activité humaine**

Développer une conscience de l'espace géographique et du temps historique :

- Compréhension des sociétés dans le temps et dans l'espace
- Interprétation des productions culturelles humaines
- Connaissance du monde social contemporain

Ce socle doit être validé à la fin de la classe de 3^{ème} par les équipes enseignantes. Il n'est cependant pas déterminant pour l'orientation. A partir de 2017, le Diplôme National du Brevet sera délivré en tenant compte des notes obtenues par les élèves à l'examen, mais aussi en fonction du niveau de maîtrise des domaines du socle atteint par le candidat.

L'enseignement des sciences physiques et chimiques permet de développer de nombreuses compétences du socle, notamment pour la capacité à résoudre des problèmes (Domaine 4 du socle). En outre, il doit donner aux élèves une culture scientifique et technique, afin de les aider à comprendre le monde et la société contemporaine, et à participer activement à ses évolutions.

2.2 Les évolutions récentes de l'enseignement des sciences physiques et chimiques en France (2005-2015)

Depuis une dizaine d'années, l'enseignement de physique-chimie évolue au gré des réformes pédagogiques mises en œuvre par le Ministère de l'Education Nationale. Sans révolutionner complètement les programmes, ces réformes introduisent de nouvelles pratiques qui ont pour objectif de permettre aux élèves d'acquérir les compétences définies dans le « socle ».

2.2.1 Au collège

2.2.1.1 La réforme de 2005 : la démarche d'investigation

Jusqu'aux années 2000, les programmes d'enseignement en sciences physiques précisaient différents contenus disciplinaires (l'électricité, les changements d'état, le spectre électromagnétique...) sans mentionner véritablement de démarches pédagogiques associées. Une réforme des collèges lancée en 2005 intègre pour la première fois la démarche d'investigation (IBSE : « Inquiry Based Science Education ») au sein des programmes des disciplines scientifiques. Cette évolution s'inscrit avec cohérence dans le contexte du socle commun de connaissances et de compétences (première version, 2006) défini à la même période, qui met l'accent sur le développement des compétences d'élèves.

Historiquement, les sciences physiques ont toujours été enseignées en France comme des sciences expérimentales, mais les expériences réalisées par les élèves suivaient un protocole établi à l'avance et imposé par l'enseignant, ne laissant que très peu d'autonomie à l'élève. La démarche d'investigation est pour la première fois décrite précisément dans les

programmes, incitant donc les enseignants à la mettre en œuvre avec application dans le cadre des activités expérimentales :

- Choix par l'enseignant d'une situation de départ
- Formulation de la problématique (élèves guidés ou non par l'enseignant)
- Elaboration des hypothèses et conception de l'investigation à réaliser (par les élèves)
- Investigation conduite par les élèves
- Acquisition et structuration des connaissances

Cette évolution s'accompagne d'une nouvelle forme d'évaluation du travail des élèves. Les enseignants doivent être désormais capables d'évaluer la compétence des élèves pour réussir telle ou telle étape de la démarche expérimentale (formulation écrite d'hypothèses, gestion des traces écrites d'un résultat expérimental). Des grilles d'évaluation sont élaborées pour aider les enseignants dans ce nouveau travail.

Cet aspect méthodologique n'est cependant pas imposé comme un axe central des programmes.

A la même époque, une incitation au travail interdisciplinaire dans le cadre de projets est demandée aux enseignants, par le biais notamment des « thèmes de convergence », thèmes pluridisciplinaires (énergie, santé, météorologie et climatologie...) mettant en relation plusieurs disciplines entre elles (mathématiques, physique-chimie, sciences de la vie et de la Terre, technologie).

2.2.1.2 Retours d'expérience

L'apparition de la démarche d'investigation a été un levier pour conduire avec les enseignants une réflexion sur les pratiques pédagogiques dans la classe. Tout en conservant la dimension expérimentale, composante importante de la discipline et à laquelle les enseignants sont très attachés, un temps plus important a, dès lors, été consacré à la conception des expériences et à l'analyse des résultats. Cette stratégie a conduit les enseignants à s'interroger en termes de compétences travaillées par les élèves et à faciliter l'appropriation du socle commun de connaissances et de compétences publié un an plus tard. Les deux réécritures successives des programmes ont permis de mieux adosser les capacités travaillées en classe aux compétences du socle.

Les deux caractéristiques formatives essentielles de la discipline physique-chimie demeurent :

- une forte composante expérimentale ;
- une mise en activité des élèves autour de tâches complexes et de démarches d'investigation, qui conduisent à améliorer la capacité de réflexion des élèves et à diversifier les compétences développées, en particulier l'autonomie et l'esprit d'initiative.

Les résultats obtenus lors des différentes enquêtes PISA ont montré que les élèves français réussissent très correctement les tâches simples, mais rencontrent des difficultés lorsqu'il s'agit d'effectuer une tâche dite « complexe » mettant en œuvre plusieurs tâches simples non précisées.

Au cours des dix dernières années, les stratégies pédagogiques ont beaucoup évolué et un effort important a été entrepris pour rendre les élèves davantage acteurs dans leur formation (même s'il convient de rester vigilant et de s'assurer que la mise en activité des élèves se traduit dans les faits par une réelle mise en activité intellectuelle). Durant cette période, de nombreuses ressources concernant la démarche d'investigation et « les tâches complexes », disciplinaires et interdisciplinaires, ont été publiées pour accompagner les enseignants, notamment sur les différents sites internet du Ministère de l'Éducation Nationale, dont le site référence « EDUSCOL » <http://eduscol.education.fr/>.

Force est de constater que les « thèmes de convergences » pluridisciplinaires ont été peu pris en considération depuis 2005 et semblent actuellement totalement délaissés. L'attention des enseignants s'est focalisée, dans un premier temps sur la démarche d'investigation, puis ensuite sur l'évaluation des élèves lors de tâches complexes. À aucun moment, les thèmes de convergence n'ont été perçus comme un support d'enseignement permettant de mobiliser et de faire acquérir les connaissances et les compétences des programmes. Cet échec montre qu'il conviendra d'être vigilant pour éviter que les Enseignements Pratiques Interdisciplinaires (EPI, voir 2.2.1.3) ne subissent le même sort.

2.2.1.3 Nouvelle réforme des collèges (2016) : vers plus de transversalité

La transversalité a toujours existé mais en marge des programmes. C'est la première fois que les programmes intègrent une part de transversalité obligatoire, au travers des différents dispositifs mis en place dans la nouvelle réforme des collèges (2016).

Les enseignements pratiques interdisciplinaires (EPI) ont ainsi pour objectif de croiser les connaissances et de mettre en œuvre de nouvelles compétences grâce à la démarche de projet. Par leurs contenus et leurs objectifs, ils sont proches des « thèmes de convergence » des programmes de 2005 (thèmes qui n'ont pratiquement pas été mis en œuvre – cf. ci-dessus). Les horaires dédiés à chaque discipline intègrent cette fois les EPI : il est donc essentiel que ces enseignements transversaux participent aux apprentissages des disciplines concernées.

De plus, dans le cadre de cette nouvelle réforme, l'évaluation des élèves pour obtenir le Diplôme National du Brevet (fin de la 3^{ème}, 14 ans) ne sera plus faite sur la base des notes obtenues dans chacune des disciplines enseignées (dont la physique-chimie), mais sur le niveau d'acquisition des compétences décrites dans les 5 domaines du Socle commun de connaissances, de cultures et de compétences (voir 2.1), ce qui devrait encourager là aussi une lecture transversale de ces évaluations.

2.2.2 Au Lycée

2.2.2.1 La réforme du lycée (2010) : vers une meilleure résolution de la « tâche complexe »

A la suite de la réforme du collège initiée en 2005, la réforme du lycée de 2010 a affirmé de manière plus importante la notion d'évaluation par compétence, en cohérence avec le socle, et la transversalité.

La démarche scientifique est désormais centrale dans les programmes de physique-chimie, elle sert même de fil conducteur. Les objectifs des enseignements sont clairement exprimés en termes de compétences (voir tableau ci-dessous pour une activité dite de « résolution problème »), qui doivent être clairement évaluées.

Compétences à évaluer pour la résolution problème
S'approprier le problème
Analyser (établir une stratégie de résolution)
Réaliser (mettre en œuvre la stratégie)
Valider (avoir un regard critique sur les résultats obtenus)
Communiquer les résultats

Figure 1 : Compétences à évaluer pour la résolution problème

Pour aider les enseignants, des outils méthodologiques ont été produits spécifiquement, afin de permettre aux élèves de réaliser ce qui est appelé une « tâche complexe » dans leur activité d'apprentissage : analyse et synthèse documentaire, résolution problème, par exemple. Les nouveaux outils numériques peuvent se révéler très adaptés à ces usages (voir 3.)

Dans la filière scientifique du lycée (filière S), certaines épreuves du baccalauréat ont été modifiées en conséquence, et proposent aux élèves de résoudre un problème scientifique simplement exprimé, sans donner aucun protocole expérimental pour le résoudre, mais en fournissant des définitions, des textes documentaires, des outils mathématiques si besoin. L'élève doit alors se débrouiller tout seul pour aller chercher les différentes informations utiles et proposer lui-même une méthode de résolution.

Il est à noter que cette évaluation des compétences met l'accent sur la démarche, et moins sur le calcul mathématique en tant qu'objectif d'évaluation lui-même.

La transversalité est également encouragée dans cette nouvelle réforme du lycée, par le biais notamment des « enseignements d'exploration », qui laisse l'enseignant libre d'engager avec ses collègues des projets interdisciplinaires (2 h par semaine) , et par « l'accompagnement personnalisé », qui permet d'engager des enseignements, souvent à effectifs réduits, pour toutes les

disciplines (dont les sciences), sur des sujets laissés libres aux choix de l'enseignement, sans programme établi (2h par semaine).

A noter également qu'en classe de seconde, 3 entrées thématiques organisent l'enseignement de la physique-chimie : le sport, la santé, l'univers, ce qui peut favoriser des lectures transversales des contenus avec d'autres disciplines comme les Sciences de la vie et de la Terre ou l'Education physique et sportive.

2.2.2.2 Retours d'expérience

Les compétences de la démarche scientifique sont encore peu présentes dans les différentes activités proposées par les professeurs et, quand elles le sont, elles concernent principalement le volet expérimental ou l'évaluation d'activités spécifiques comme la résolution de problèmes. Si certains enseignants se disent rassurés par un cours construit classiquement avec transmission de connaissances, la plupart affirment avoir pris conscience de l'importance d'une progression construite autour de l'acquisition des compétences. Il n'y a pas consensus pour l'évaluation qui reste, dans bon nombre de cas, classique.

Les professeurs mettent en œuvre de plus en plus fréquemment des démarches actives, celles-ci sont jugées par les enseignants formatrices et se prêtant davantage à l'explicitation des compétences que des approches plus traditionnelles. En lycée professionnel, la démarche d'investigation est l'une des démarches préconisées par les programmes, la mise en activité des élèves apparaît donc naturelle. Sur ce thème, les professeurs de lycée général et technologique privilégient clairement les activités expérimentales.

Cependant, des feins peuvent être parfois observés dans la mise en œuvre des démarches d'investigation :

- la disponibilité du matériel expérimental qui, de fait, conditionne la démarche,
- un rythme nouveau imposé aux élèves
- un manque de différenciation et une approche qui laisse insuffisamment de place à l'hésitation et au retour en arrière inhérents à la démarche expérimentale (gestion de l'erreur)
- Trop d'importance donnée aux mathématiques par certains enseignants, au détriment de la pratique expérimentale, qui doit être mise en avant
- la structuration des acquis : l'enseignant doit mettre les élèves en activité ouverte, mais il doit bien faire attention d'identifier ensuite les acquis, les progressions, et formaliser les connaissances

D'une manière générale, en dehors des activités expérimentales, les enseignants jugent les démarches actives chronophages, particulièrement en classe de première S où, selon eux, l'horaire insuffisant alloué à l'enseignement de la physique-chimie rend difficile la mise en œuvre de ce type de démarches. Notons qu'en Lycée Général et Technologique, comme en Lycée Professionnel, des professeurs attestent d'une maîtrise

remarquable de la « pédagogie active » : mise en activité authentique des élèves, travail très efficace et structurant, régulation pertinente et discrète de la part de l'enseignant, mise en œuvre d'une grille de suivi des compétences de la démarche scientifique. Il convient de souligner également que certaines familles perçoivent comme plus rassurantes les pratiques classiques et guidées dans des cadres d'apprentissages plutôt magistraux.

Il est à noter aussi que les enseignants font plus facilement évoluer leurs pratiques d'enseignement une fois que les nouvelles activités demandées se concrétisent en épreuves d'examen (au baccalauréat). La pression de la réussite des élèves, exercée par les parents et par l'établissement lui-même, est un élément déterminant dans ce cas.

La session 2015 du baccalauréat S a illustré les difficultés induites par la mise en cohérence des sujets du baccalauréat avec les objectifs affichés par les programmes, ceci, sans doute, en partie en raison d'un horaire très contraint de physique-chimie en classe de première S.

Notons enfin que la prise en compte par les professeurs de la problématique « mesure et incertitudes » est timide et reste indéniablement un axe de progrès.

Dans tous les cas, le professeur doit avoir le souci de conférer du sens et de la cohérence à toutes les activités proposées aux élèves, conditions nécessaires pour que ceux-ci apprécient la physique-chimie et en tirent profit dans leur formation quel que soit leur objectif professionnel personnel.

Une approche par compétences contribue aussi à une plus grande bienveillance vis-à-vis de l'élève à qui l'on reconnaît le droit de construire sa formation de manière progressive et personnalisée.

L'ensemble des constats, que ce soit au niveau quantitatif ou au niveau qualitatif, atteste des difficultés rencontrées par les élèves à faire preuve d'initiative pour mettre en œuvre des tâches complexes. L'évolution des pratiques des enseignants, l'accompagnement des équipes par les corps d'inspection et la production de nombreuses ressources depuis la mise en œuvre des nouveaux programmes laissent à penser que des progrès significatifs seront observés dans les prochaines années. A cet égard la rétroaction des épreuves d'examen sur les pratiques pédagogiques commence à être perceptible en ce qui concerne à la *résolution de problème*. La formation des élèves à ce type d'exercice, dès la classe de seconde, est de plus en plus constatée.

3 La mise en œuvre de nouveaux outils pédagogiques

3.1 Introduction

De nouveaux outils, numériques, peuvent être utilisés pour aider les élèves dans les activités d'apprentissage qui leur sont demandées. Ils ne créent pas de nouvelles méthodes pédagogiques, mais permettent de nouvelles formes de mise en œuvre.

Globalement, leur utilisation rend l'élève plus actif, car les outils numériques ont souvent la capacité de faciliter l'auto-évaluation de l'élève, la personnalisation de son parcours pédagogique, la communication et la valorisation de son travail, le partage et la collaboration entre pairs... En outre, ils permettent de gagner du temps : leur mise en œuvre peut être courte, efficace et ciblée, comme dans le cas des capsules vidéo par exemple.

La liste d'usages ci-dessous décrit des modes d'utilisation possibles, ainsi que des retours d'expérience observés localement.

3.2 Exemples d'usages

3.2.1 Tableaux blancs interactifs

L'usage des tableaux blancs interactifs (TBI) a été introduit au début des années 2000 dans les établissements français. Ces équipements sont obligatoirement associés à un vidéoprojecteur. Ils permettent d'agir directement sur une image projetée par l'intermédiaire d'un stylet, avec lequel il est possible d'écrire ou de cliquer sur le tableau, qui tient lieu d'écran de projection. Un logiciel de publication est associé au dispositif, avec ses propres formats de fichier.

Aujourd'hui, l'utilisation des TBI est petit à petit délaissée dans les établissements, pour les raisons suivantes :

- L'appropriation des outils logiciels nécessitent une formation, et une utilisation régulière
- La possibilité d'écrire sur l'image à l'aide du stylet peut être réalisée plus simplement, en vidéo-projetant une image sur un tableau blanc simple, et en écrivant dessus à l'aide de feutres...
- La mise à disposition de plus en plus répandue de vidéoprojecteurs dans les classes permet plus simplement de projeter des images ou des vidéos sans besoin d'une interactivité du tableau. L'utilisation d'une tablette reliée au vidéoprojecteur permet une interactivité à distance plus pertinente.

Fondamentalement, le TBI ne change pas la posture de l'enseignant, qui reste magistrale, près du tableau face aux élèves, et ne permet pas une meilleure interactivité avec eux. Des outils plus répandus et moins onéreux (PC, tablettes, tableaux blancs simples) propose une alternative efficace.

3.2.2 Vidéoprojecteur

La grande majorité des classes de collèges et lycées sont équipés d'un vidéoprojecteur. Son utilisation de plus en plus répandue permet un vrai changement dans les pratiques. Elle permet un gain de temps pour l'enseignant qui projette des productions dynamiques et attrayantes (animations, simulations ou vidéos préparées à l'avance) pour illustrer son cours.

3.2.3 Boîtiers de vote

Le système éducatif a évolué de l'élève passif à l'élève acteur. Une autre mutation est en cours, l'usage d'outils interactifs. Cette pratique pédagogique est associée à un matériel spécifique permettant de connaître les réponses des élèves instantanément

et d'orienter le cours en tenant compte des difficultés des élèves. Pour cela, l'enseignant peut utiliser des solutions passant par internet comme des applications sur smartphone ou ordinateur, ou bien des boîtiers de vote autonomes vis-à-vis d'internet. Cela permet à l'enseignant :

- d'identifier les représentations des élèves sur un concept, une notion,
- de travailler sur l'erreur avec une remédiation collective dirigée par l'enseignant ou bien entre pairs,
- d'analyser l'acquisition des savoirs enseignés,
- d'ajuster le discours au rythme des élèves, et ainsi d'identifier les points qui posent problème,

Pour les élèves, le boîtier de vote est un outil d'auto-évaluation par rapport au groupe : il peut aussi se rassurer en réalisant ce qu'il n'est pas le seul à avoir des difficultés. C'est un outil d'évaluation aussi pour l'enseignant par rapport à sa pratique (évolution en fin de séquence). L'ambiance de classe est souvent plus propice à l'apprentissage car il permet d'apprendre à apprendre.

Son avantage est que les résultats du sondage sont instantanés et la remédiation est immédiate.

C'est une technique très efficace en évaluation formative, une évaluation souvent difficile ou longue à faire sinon.

L'évaluation peut être notée, ce qui permet une réactivité dans la correction de l'erreur. Les résultats peuvent être confidentiels, seuls les pourcentages globaux de réponses sont alors affichés. Très simples à mettre en place, ce matériel est encore coûteux (sauf pour l'usage de l'interactivité par smartphone ou ordinateurs). Peu d'établissements sont pour l'instant équipés, mais de plus en plus nombreux sont ceux qui sont curieux d'en savoir plus sur ce type de pédagogie et qui se lancent.

3.2.4 Production vidéos

De plus en plus, on trouve sur Youtube ou ailleurs sur internet des vidéos pédagogiques réalisées par des enseignants. Ces séquences vidéo courtes (entre 2 et 10 minutes en moyenne), souvent appelées « capsules », permettent aux élèves de revoir la notion sous un autre angle. Les enseignants peuvent mettre des liens vidéos sur le site internet des établissements, et les élèves peuvent avant ou après le cours les visionner et compléter leurs connaissances. Cela permet également de raccourcir le temps de la leçon qui devient plus synthétique, et ainsi pouvoir faire plus d'activités, d'exercices...

Certains enseignants vont même jusqu'à pratiquer la classe inversée, qui propose de voir le cours en vidéo avant de rentrer en classe pour ne faire que des exercices en classe. Cette pratique est néanmoins difficile à mettre en œuvre car elle suppose que les élèves ont tous un accès à internet régulier. Cela n'est hélas pas possible pour tous les élèves.

Quoiqu'il en soit, c'est une tendance qui tend à prendre de plus en plus d'ampleur. Pour l'instant, l'Education Nationale n'a pas produit de séquences vidéo spécifiques, et cela reste des initiatives personnelles liées aux enseignants.

3.2.5 Logiciels de partage

Ces dernières années, la démarche de projets sous toutes ses formes a pris de plus en plus de place dans les apprentissages dans le secondaire. Durant ces projets, les élèves réalisent des recherches, préparent et font des expériences par petits groupes (entre 2 et 5 élèves) avant une soutenance orale. Lors de ces projets, les enseignants ont besoin de suivre l'avancée des travaux des élèves et de fournir des documents. Il est apparu nécessaire de partager des ressources : documents, photos, vidéos... Les établissements ont des réseaux internes capables de faire cela mais les élèves n'y ont pas accès depuis chez eux. Ainsi, de plus en plus d'enseignants utilisent des logiciels de partage de fichiers comme Dropbox, Google drive... Certains de ces logiciels permettent à plusieurs élèves de modifier le fichier collectivement, simultanément.

3.2.6 Forum d'aide à l'élève

Sur internet, un forum d'aide à l'élève a été créé notamment en sciences. Les élèves de lycée de toute la France ont ainsi la possibilité de poser des questions sur des points qu'ils n'ont pas compris, 24h/24, tous les jours, et des enseignants se relaient pour leur apporter une réponse. Ce dispositif est financé et mis en place par l'éducation nationale.

3.2.7 Outils d'évaluation en ligne

Les sites internet des établissements permettent aux enseignants de poser des évaluations en ligne et de récupérer les réponses des élèves. Il est même possible à partir d'un QCM, d'y associer une note qui s'ajoute à la moyenne automatiquement. Des sites internet type Google formulaire permettent de faire cela. Cet usage est pour l'instant encore discret mais est de plus en plus utilisé. Certains enseignants, bien que convaincus de la plus-value pédagogique, sont réticents pour des raisons éthiques. Ils demandent le développement d'outils « maison » Education Nationale.

3.2.8 Outils de communication

De nombreux établissements utilisent les groupes sociaux pour communiquer comme Facebook. L'avantage de ces sites est la possibilité d'informer en temps réel, de mieux se faire connaître et d'utiliser des outils que les élèves utilisent en privé. Des expérimentations sur tweeter sont également en cours. Mais des réserves « éthiques » sont constatées chez certains enseignants, qui se méfient de la dimension « commerciale » de ces outils.

3.2.9 Carte mentale

Les logiciels de carte mentale ont désormais intégré l'espace éducatif. Encore d'un usage modéré, il permet pourtant de synthétiser une démarche globale, d'analyser plus clairement un problème complexe.

Les élèves y trouvent un grand intérêt car il offre une vision simplifiée des savoirs à connaître.

Il est également possible pour les élèves de construire leur propre carte mentale de manière collaborative et simultanée. Cependant les logiciels gratuits sont encore trop peu conviviaux ce qui peut expliquer une certaine réticence.

3.2.10 Tablettes numériques

L'utilisation de tablettes numériques dans le cadre de l'enseignement a fait l'objet de différentes expérimentations menées par le Ministère de l'Education Nationale.

Pour exemple, l'un d'entre elles a eu lieu dans un lycée proche de la Cité de l'espace, dans la ville d'Auch, situé à une centaine de kilomètres de Toulouse. Ce lycée a équipé l'ensemble des acteurs pédagogiques d'une classe de seconde (élèves de 15 ans). 50 tablettes de type iPad 2 ont ainsi été distribuées de la manière suivante : 35 pour les élèves + 13 pour les professeurs + 1 au centre de documentation + 1 en réserve. Ces matériels ont été intégralement achetés grâce à une subvention de l'Education Nationale.

Les élèves pouvaient garder la tablette à leur domicile afin, d'une part, d'éviter les coûts et le temps nécessaire au stockage et à l'alimentation électrique chaque soir, et d'autre part, permettre aux élèves de mieux s'approprier l'outil, tout en veillant à ne pas donner de travail obligatoire sur internet pour les élèves ne disposant pas de connexion internet à domicile.

La tablette a été utilisée comme l'outil personnel de l'élève pour ses activités scolaires :

- **En classe entière :**
 - Recherches, prise de notes en cours
 - Accès aux manuels numériques mis à disposition sur le réseau du lycée (enrichis de vidéos par exemple)
 - Cahier de texte numérique, qui remplace l'agenda papier
 - Réalisation de web-documentaire ou de production vidéo
 - Saisies d'informations dans le cadre de formulaires afin de faciliter les sondages, le partage d'information, voire les contrôles
 - L'utilisation combinée de l'audio, de la vidéo et du texte de manière individuelle en cours de langues, à l'aide d'un casque
- **Au domicile :** prolongement possible des activités de la séance en classe, travail personnel de l'élève.

De manière générale, l'usage de ces tablettes a été positif concernant les points suivants :

- La motivation des élèves, qui utilisent un outil d'apprentissage valorisant, et peuvent réaliser des productions de qualité (livres numériques, web-documentaires...)
- L'efficacité pédagogique de ressources numériques d'apprentissage, comme les capsules vidéo par exemple, dont l'utilisation est facilitée par les tablettes individuelles.
- La continuité entre le travail en classe et à la maison
- Le développement de compétences liées à la gestion de projet : de nombreux travaux collectifs ont favorisé le développement de compétences de gestion de projet : établissement d'un calendrier,

respect des échéances, répartition des rôles dans une équipe, étapes de validation...

Des points de vigilance ont également été cependant identifiés :

- La forme peut prendre le pas sur le fond: les élèves peuvent par exemple passer beaucoup de temps à parfaire une production vidéo pour qu'elle soit esthétique, au détriment de l'apprentissage des contenus
- Le développement du travail collaboratif pose des problèmes pour évaluer individuellement les élèves et connaître le réel investissement de chacun

Au regard de ces expérimentations, le ministère de l'Education Nationale a décidé d'équiper tous les élèves de collège de tablettes numériques (classes de 5^{ème}, 4^{ème}, 3^{ème}) d'ici 3 ans. Cet ambitieux projet a pour objectif de faciliter l'usage de ressources numériques éducatives, dont la production, la validation et la diffusion sont un enjeu majeur pour l'enseignement en France dans les prochaines années.

3.2.11 Aménagement des salles de classe

L'aménagement de la classe est un élément déterminant pour susciter une plus grande implication de l'élève dans son apprentissage.

Le regroupement d'élèves par petits groupes de 3 ou 4 élèves doit être recherché, afin de favoriser les échanges et les remédiations entre élèves. L'enseignant doit pouvoir facilement se déplacer dans la salle de classe, et ne plus occuper une position frontale, statique et perçue comme dominante. Il devient le facilitateur du travail des élèves, dont l'activité doit être sans cesse recherchée.

La définition de zones fonctionnelles au sein même de la classe peut aussi contribuer à identifier facilement les différentes compétences à mettre en jeu lors des apprentissages : recherche documentaires, travail expérimental, lieu d'échanges et de discussion, par exemple.



Figure 2 : Préfiguration d'un espace pédagogique dédié aux scolaires à la Cité de l'espace

3.2.12 Logiciels libres

Un grand nombre de petits logiciels didactiques existent sur le web. On peut citer le site américain PHET (<https://phet.colorado.edu/en/simulation/acid-base-solutions>) réalisé par l'Université du Colorado et qui propose de nombreuses animations pédagogiques en sciences physiques et chimiques, pour tous les niveaux scolaires, de l'école primaire à l'Université. Ils permettent d'élaborer des séquences d'activités ludiques et très illustratives, mais qui peuvent demander aux élèves un temps d'appropriation pour maîtriser l'application elle-même. La « charge cognitive » de l'élève peut donc se concentrer davantage sur l'utilisation de l'outil lui-même que sur la notion scientifique qu'il est sensé illustrer. En outre, cette illustration virtuelle d'un phénomène ne doit pas remplacer la réalisation pratique d'une expérience permettant d'atteindre le même objectif.



Figure 3 : Utilisation d'un logiciel didactique PHET sur les longueurs d'onde

Dans le cas de phénomènes difficilement reproductibles ou observables, l'intérêt de l'outil logiciel est plus probant. C'est le cas par exemple du logiciel Stellarium (<http://www.stellarium.org/>) qui permet de simuler un grand nombre de phénomènes astronomiques de manière réaliste et très pertinente.

3.2.13 Pilotage d'instruments scientifiques

Les enseignants de sciences physiques français ont commencé par s'approprier l'outil informatique dans les années 1985-2000 par le biais de l'EXAO (Expérimentation Assistée par Ordinateur) ou l'ATIDEX (Acquisition et Traitement informatisés des Données Expérimentales). De nombreux instruments de mesures couplés à des logiciels d'acquisition existent désormais, et sont d'un usage fréquent dans les établissements. Certains de ces instruments présentent un intérêt dans l'acquisition sans fil de mesures, par l'intermédiaire de tablettes numériques.



Figure 4 : Boîtier « Globilab » d'acquisition de mesures, couplé à une tablette numérique

Le pilotage d'instruments scientifiques peut aller maintenant jusqu'au pilotage à distance d'un télescope professionnel. Le projet français IRIS (<http://iris.lam.fr/>) réalisé à l'initiative de plusieurs laboratoires de recherche, et entièrement financé par eux, propose cette activité.

A l'aide d'une interface logicielle spécifiquement développée, le projet propose à des élèves de collèges et lycées de piloter directement un télescope optique de 500 mm, basé à l'Observatoire de Haut-Provence (là où fut découverte la première exoplanète par l'astronome Michel Mayor en 1995). Le télescope ne réalise que des observations nocturnes, les élèves ne peuvent donc le piloter à distance que pendant la nuit, ou en début de soirée.

Un appel à projets est envoyé en fin d'année scolaire aux collèges et lycées. Les enseignants intéressés envoient une description de leur projet (objectif d'observations, déroulé du projet, type d'élèves, dates souhaitées de pilotage du télescope). Un comité d'expert sélectionne chaque année plus de 40 projets dans toute la France. Ils sont réalisés dans des collèges, lycées ou universités sur plusieurs mois, bien souvent en « club », avec un effectif réduit d'élèves (15 élèves environ). Le projet permet de développer les connaissances des élèves sur l'astronomie et l'utilisation d'un télescope (des petits télescopes amateurs sont souvent utilisés lors de séances d'observation directe, en complément du pilotage à distance), la gestion de projet, la planification et le respect d'un calendrier, la prise de décision (que faire lorsque le temps est couvert et l'observation impossible à la date programmée ?), la responsabilité (les jeunes pilotent un instrument réel, protégé néanmoins par des règles de sécurité).

Les séances de pilotage effectif du télescope sont réalisées le soir, jusqu'à minuit environ, dans les établissements scolaires : ce travail « nocturne » est très apprécié des élèves, et donne un caractère exceptionnel à leur activité. A noter que les élèves (et les enseignants) peuvent s'entraîner au pilotage du télescope par un outil de simulation adapté.

D'autres programmes de pilotage de télescope existent dans le monde, mais ce projet est utilisé facilement car le télescope est uniquement dédié à une utilisation scolaire, donc disponible toute l'année, et les outils logiciels et documentaires sont tous en français, ce qui simplifie leur utilisation.

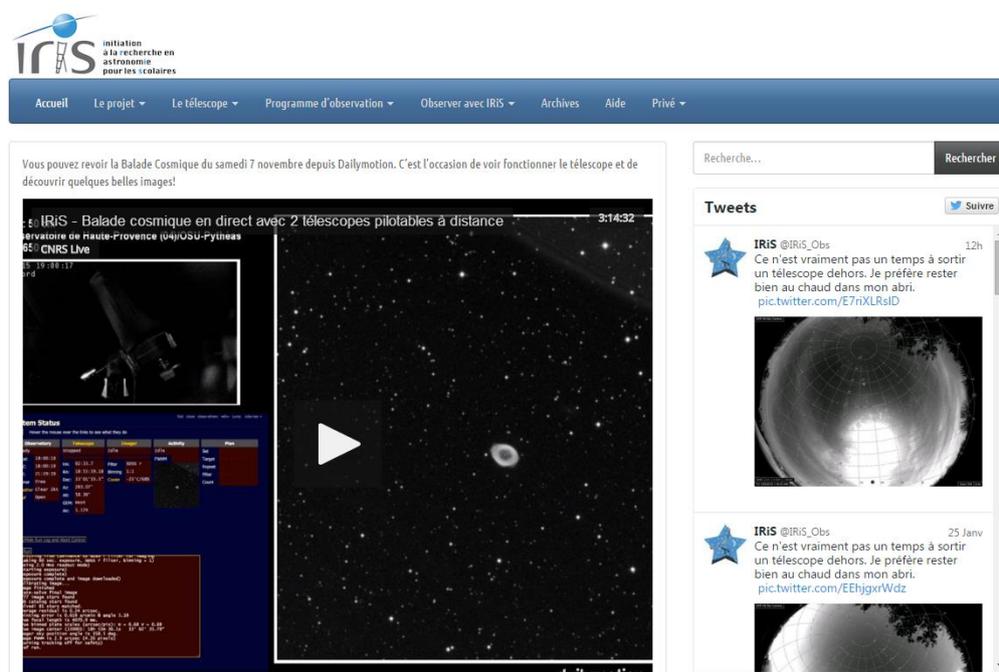


Figure 5 : Ecran d'accueil du site internet « IRIS », présentant l'interface de pilotage du télescope

3.2.14 Science participative

De nouveaux projets de science participative permettent aux élèves de participer activement à un vrai travail de recherche, en astrophysique par exemple, en collectant des données ou en aidant leur analyse. Un guide en français aide les enseignants à choisir une telle activité : pister les météorites, débusquer les astéroïdes dangereux, surveiller la pollution lumineuse...
<https://www.afastronomie.fr/astronomie-participative>

4 ANNEXES

4.1 Horaires d'enseignement (6, 2016) (7, 2016)

COLLÈGE

Niveaux	Physique-chimie
5 ^{ème}	48 h
4 ^{ème}	48 h
3 ^{ème}	64 h
Total collège	160 h

LYCÉE

Voie générale		Voie technologique industrielle		Voie technologique de laboratoire Physique et chimie de laboratoire	
Seconde		96 h			
Première S	96 h	Première STI2D	96 h	Première STL-PCL - Physique-chimie - Chimie-bio-vie - Mes et instrum - Spécialité PCL - ETLV	Total 512 h 96h dont 1/3 chimie 128h dont 1/2 chimie 64h dont 1/2 chimie 192h dont 1/2 chimie 32h dont 1/2 chimie
Terminale S spécifique	160 h	Terminale STI2D	128h	Terminale STL-PCL - Physique-chimie - Chimie-bio-vie - Spécialité PCL - ETLV	Total 608 h 128h dont 1/3 chimie 128h dont 1/4 chimie 320h dont 1/2 chimie 32h dont 1/2 chimie
Terminale S spécialité	64 h				
Total filière S avec spécialité	416 h	Total filière STI2D	320 h	Total filière STL-PCL	1216 h

4.2 Programmes scolaires (8, 2016) (9, 2016)

Thématiques générales

Niveau	Enseignement	Thèmes abordés
Seconde	Tronc commun	Santé Sport Univers
	Enseignement d'exploration « Méthodes et pratiques scientifiques »	Sciences et aliments, Sciences et cosmétologie, Sciences et investigation policière, Science et prévention des risques
	Enseignement d'exploration « Sciences et laboratoire »	Géosphère, atmosphère terrestre, physico-chimie des matériaux du vivant, modes de vie, prévention des pollutions et des risques, enjeux énergétiques contemporains, information et transmission
Première L et ES	Enseignement scientifique	Nourrir l'humanité Représentation visuelle du monde Le défi énergétique
Première STI2D-STL, Terminale STI2D-STL	Physique-chimie	Vêtement-revêtement, habitat, transport, santé
	Chimie-biochimie-Sciences de la vie	Le vivant : constitution, fonctionnement, échanges de matière, d'énergie et d'information
	Enseignement de spécialité	Images, Ondes

Première STL Terminale STL	Sciences physiques et chimiques de laboratoire	Chimie et développement durable : synthèses et analyses chimiques Systèmes et procédés
---	--	---

Chimie au collège, et en filière S au lycée

		Constitution de la matière	Transformation de la matière	Analyse de la matière
5^{ème} L'eau et les boissons		État de la matière Solvant, soluté, solution Mélange corps pur	Changement d'état et cycle de l'eau	Identification eau Filtration, distillation
4^{ème} L'air et les combustions		Molécules, atomes	Combustions, réactifs, produits, transformation chimique	Identification O ₂ , CO ₂
3^{ème} Métaux, chimie et énergie		Métaux, ions et solutions ioniques, Valeur pH et notions d'acide et de base	Synthèses ; piles Réaction du fer avec l'acide chlorhydrique	Identification H ₂ , ions métalliques, acide, base Mesure de pH
Seconde	Santé Sport Univers	Espèces chimiques Éléments chimiques, atomes, noyaux, isotopes, cortège électronique Règle du duet et de l'octet, ions monoatomiques Classification périodique des éléments Formules moléculaires Molécules simples et complexes Isométrie Groupes caractéristiques	Synthèse d'une espèce chimique Système chimique Réaction chimique Écriture symbolique de la réaction : équation chimique Dissolution d'un gaz dans un liquide	Quantité de matière (mol), masses molaires Détermination de concentration massique ou molaire par comparaison Dissolution, dilution Extraction, séparation et identification d'espèces chimiques (aspect, températures de changement d'état, solubilité, densité, masse volumique) CCM
1ère S	Observer	Isomérisation Z/E et vision Interaction lumière-matière : quantification des niveaux d'énergie Liaison covalente Formule de Lewis, doublet non liant Relation structure propriétés : couleur et molécules à liaisons conjuguées, indicateurs colorés	État final du système, réactif limitant, stœchiométrie, avancement	Spectrophotométrie Dosage de solutions par étalonnage, loi de Beer- Lambert Paramètres d'influence sur la couleur
	Comprendre	Solide ionique, moléculaire, électronégativité, polarité Nomenclature alcools, alcanes ; liens température de changement d'état et structure, miscibilité dans l'eau	Conservation de la matière lors des dissolutions Variation de température et changement d'état par transfert thermique Énergie libérée lors des combustions	Distillation fractionnée Extraction par solvant
	Agir	Nanochimie : nanotubes de carbone, nanoparticules métalliques Alcools, aldéhydes et cétones : oxydations Acide carboxylique : propriétés acides, solubilité et pH Oxydants et réducteurs	Échanges d'électrons, piles et accumulateur Synthèse et hémisynthèse de molécules biologiquement actives Obtention d'un acide carboxylique, d'une cétone ; rendement d'une synthèse Synthèse de matériaux	Identification aldéhydes, cétones, acides Mesure de pH Piles : polarité, sens du courant et réaction chimique
Term S	Observer	Groupes caractéristiques : alcool, aldéhyde, cétone, acide carboxylique, ester, amine, amide		Spectrophotométrie UV- visible, IR et RMN ; groupes caractéristiques et chaînes carbonées

	Comprendre	Stéréoisomères, carbone asymétrique, chiralité, énantiométrie, racémique, conformations Formules topologiques Liaisons polarisées : sites donneur et accepteur de doublet d'électrons, mouvement de doublet et flèche courbe	Transformations lentes et rapides : facteurs cinétiques et catalyse Transformations en chimie organique : modification de chaîne et de fonction, substitution, addition, élimination Echange de protons : acides forts et faibles, tampons	
	Agir	Espèces chimiques polyfonctionnelles	Chimie et développement durable (chimie verte) Stratégies de synthèse Sélectivité en chimie organique, protection de fonctions	Contrôle de qualité par dosage direct : étalonnage et tirage (pH-métrie, conductimétrie, colorimétrie) Justification des choix de techniques d'analyse

Physique au collège, et en filière S au lycée

		Électricité	Optique-Ondes	Mécanique	Thermodynamique-Énergie
5^{ème}	Les circuits électriques : étude qualitative La lumière : sources et propagation rectiligne	Circuits en série, Circuits comportant une dérivation Conducteurs, isolants, générateurs, récepteurs, interrupteurs Court-circuit	Sources de lumière : sources primaires et objets diffusants Vision d'un objet Propagation rectiligne de la lumière Ombres Système Soleil-Terre-Lune		États physiques de la matière Modélisation microscopique d'un gaz, d'un liquide et d'un solide
4^{ème}	Les lois du courant continu La lumière : couleur, image vitesse	Intensité et tension : mesures par multimètres, lois d'additivité et d'unicité en circuit série ou comportant une dérivation, tension nominale et adaptation Le dipôle résistance : influence dans un circuit, loi d'Ohm, conversion d'énergie électrique en thermique	Lumières colorées Couleurs des objets Lentilles convergentes, divergentes Images sur un écran avec lentilles convergentes Œil et vision Verres correcteurs Vitesse de la lumière		L'air : composition et masse d'un litre d'air Compressibilité des gaz Diffusibilité des gaz Pression atmosphérique : manomètre, baromètre
3^{ème}	L'énergie électrique et circuit électrique en « alternatif » De la gravitation...à l'énergie mécanique	Alternateur et production électricité Tension continue et tension alternative périodique: période, fréquence, tension maximale, tension efficace Oscilloscope et voltmètre : mesures Puis et énergie électrique		Interaction gravitationnelle dans l'Univers (approche qualitative) Poids et masse d'un corps Énergie mécanique : énergie de position et énergie cinétiques Conversion d'énergie Distance de freinage	
Seconde	Santé Sport Univers	Caractéristiques d'un signal périodique Utilisation d'un oscilloscope	Ondes acoustiques, ém : fréquence, période, longueur d'onde Propagation rectiligne Réfraction, réflexion totale, dispersion, lois de Snell-	Relativité du mouvement Référentiel, trajectoire Actions mécaniques ; modélisation par des forces, effets force sur mouvement : rôle de la	Pression d'un gaz : loi de Boyle-Mariotte Pression d'un liquide : influence de la profondeur

			Descartes Spectres d'émission et d'absorption, continus et de raies L'année de lumière	masse du corps Principe d'inertie La gravitation universelle et l'interaction gravitationnelle La pesanteur terrestre	
1ère S	Observer Comprendre Agir	Agir Transport et stockage de l'énergie Production d'énergie électriques Conversion énergie dans générateur, récepteur et rendement de conversion Loi d'Ohm, effet Joule Piles, accumulateurs	Observer Lentilles : images réelles, virtuelle, foyer, vergence, relation de conjugaison, grandissement Couleur, synthèse additive, soustractive, trichromie Loi de Wien Interaction lumière matière : le photon	Comprendre Interactions fondamentales Champs et forces (magnétique, électrostatique, de pesanteur) Énergie cinétique, potentielle de pesanteur Frottements, dissipation d'énergie	Comprendre Cohésion matière, noyau Radioactivité, fission, fusion, défaut de masse, réaction nucléaire, énergie libérée Formes d'énergie et principe de conservation de l'énergie Découverte neutrino
Term S	Observer Comprendre Agir	Agir Transmettre et stocker l'information Chaînes de transmission ; Images numériques Signal analogique, signal numérique ; CAN, échantillonnage, quantification, numérisation Procédés de transmission : câble, fibre optique, ondes Débit binaire, atténuations Stockage optique : écriture et lecture des données sur un disque optique, capacités de stockage	Observer Ondes sismiques, ondes sonores ; absorption, propagation DéTECTEURS d'ondes Ondes progressives, retard Ondes progressives périodiques Analyse spectrale, hauteur, timbre Diffraction ; influence taille ouverture Interférences Effet Doppler Comprendre Transfert quantique d'énergie : émission et absorption quantique, Émission stimulée et amplifiée, oscillateur : laser Transitions d'énergie électroniques, vibratoires Dualité onde-particule	Comprendre Vecteur position, vitesse, accélération Référentiel galiléen Lois de Newton Conservation de la quantité de mouvement Mouvement d'un satellite Lois de Kepler Travail d'une force Force conservative, en potentielle Énergie mécanique ; étude énergétique des oscillations libres d'un système Temps et relativité restreinte : invariance de c , postulat d'Einstein, notion d'événement, temps propre, dilatation des durées	Comprendre Notion de système et d'énergie interne ; interprétation microscopique Capacité thermique Transferts thermiques : conduction, convection, rayonnement Flux thermique, résistance thermique Bilan d'énergie Agir Nouvelles chaînes énergétiques Économies d'énergie

4.3 Remerciements

Ce rapport a été élaboré dans le cadre du projet SAT (ERAMUS+ projet n° 2015-1-PL01-KA201-016801)

Les auteurs sont :

Christophe Chaffardon, Responsable Education et Médiation scientifique à la Cité de l'espace, c.chaffardon@cite-espace.com

Jean-Paul Castro, professeur de sciences physiques, chargé de mission à la Cité de l'espace, jcastro@ac-toulouse.fr

Claire Sanchez, chargé de projet à la Cité de l'espace, c.sanchez@cite-espace.com

Patrice Marchou, Inspecteur Pédagogique Régional de Sciences Physiques de l'Académie de Toulouse, patrice.marchou@cite-espace.com

Cette étude a été réalisée avec l'aide précieuse de plusieurs enseignants, qui ont partagé leurs expériences et leurs analyses pour permettre une meilleure compréhension des pratiques innovantes d'enseignement en sciences physiques :

Marie-Hélène Chaput, professeur en école primaire, chargée de mission à la Cité de l'espace

Ludovick Léger, professeur de sciences physiques, chargé de mission à l'Observatoire Midi-Pyrénées

Didier Blanqui, professeur de sciences physiques

Merci également à **Naomi Perot**, stagiaire en communication scientifique au sein de l'équipe « Education et médiation scientifique » de la Cité de l'espace, qui a relu et commenté ce rapport

4.4 Citations

1. (2015). Consulté le 2016, sur Ministère de l'Education Nationale:
<http://www.education.gouv.fr/cid162/les-grands-principes.html>
2. (2016). *Ministère de l'Education Nationale*. Consulté le 2016, sur
<http://www.education.gouv.fr/cid214/le-college-enseignements-organisation-et-fonctionnement.html>
3. (2015). *Ministère de l'Education Nationale*. Consulté le 2016, sur
<http://www.education.gouv.fr/cid215/le-lycee-enseignements-organisation-et-fonctionnement.html>
4. (2014). *Ministère de l'Education Nationale*. Consulté le 2016, sur
<http://www.education.gouv.fr/cid195/les-chiffres-cles.html>
5. (2016). *Ministère de l'Education Nationale*. Consulté le 2016, sur
<http://www.education.gouv.fr/cid2770/le-socle-commun-de-connaissances-et-de-competences.html>
6. (2016). *Ministère de l'Education Nationale*. Consulté le 2016, sur
<http://eduscol.education.fr/cid46763/les-cycles-college.html>
7. (2016). *Ministère de l'Education Nationale*. Consulté le 2016, sur
<http://eduscol.education.fr/pid23167/lycee-d-enseignement-general-et-technologique.html>

8. (2016). *Ministère de l'Education Nationale*. Consulté le 2016, sur <http://eduscol.education.fr/pid23391/programmes-de-l-ecole-et-du-college-jusqu-en-juin2016.html>

9. (2016). *Ministère de l'Education Nationale*. Consulté le 2016, sur <http://eduscol.education.fr/pid26017/programmes-du-lycee.html>