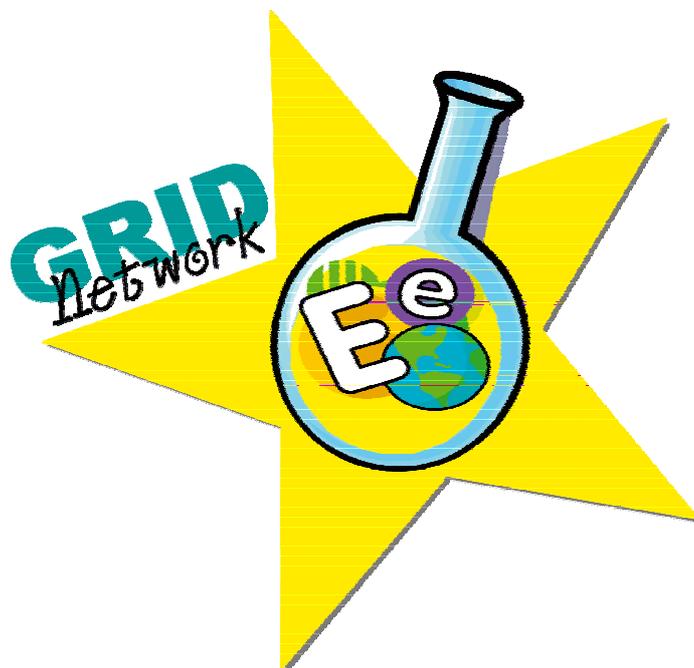


Projet GRID : 2004-2006



**Collège du Roy d'Espagne
Marseille (13)
Classe de Troisième
13 avril 2006**

ITER

**Auteurs :
François Larue
Philippe Leclère**

GRID Network (Growing Interest in the Development of teaching science)
Programme Socrates – Actions 6.1.2 et 6.2

Durée 27 mois : septembre 2004 - décembre 2006

Contexte : De nombreux rapports et études en Europe, particulièrement ceux commandités par les Ministères en charge de l'éducation, montrent que les effectifs des étudiants dans les domaines scientifiques sont en régression. Les prévisions sont alarmantes pour le renouvellement des cadres scientifiques et techniques. Nous aurons, en effet, dans les années qui viennent de nombreux départs à la retraite. A ce constat, il faut ajouter la « portion congrue » réservée aux femmes dans les carrières de ce type. Il faut également noter la faible représentativité des classes sociales défavorisées dans les filières scientifiques, ce qui pose réellement un problème de ségrégation sociale plus difficile sans doute à résoudre.

Toutefois, force est de constater que l'ensemble des rapports commandités par les différents Ministères et des propositions d'actions susceptibles d'être mises en œuvre ne sont réalisés que dans un seul cadre national et en aucun cas ne prennent appui sur d'autres initiatives conduites dans d'autres pays. Par ailleurs, au plan national, un certain nombre d'expérimentations pilotes sont en cours mais aucun échange croisé n'est mis en place afin d'analyser les situations dans d'autres pays confrontés à la mise en place d'expérimentations de même nature.

Objectif : développer un réseau d'échanges de bonnes pratiques sur l'enseignement des sciences en Europe au niveau des décideurs et des établissements scolaires impliqués dans des expérimentations novatrices.

Le projet se propose d'effectuer le recensement, l'analyse, l'expérimentation et la validation des méthodes, des techniques et des « bonnes pratiques » visant à l'amélioration de l'enseignement scientifique en primaire, au collège et au lycée, ainsi que d'en assurer la diffusion par tous les moyens appropriés.

Le réseau ainsi créé permettra de :

- Faire un état des lieux des initiatives nationales via l'élaboration d'un compendium des différentes actions engagées dans les pays de l'Union Européenne (rapports d'analyses, préconisations, recommandations, plans d'actions, ...) en produisant une analyse comparative.
- Identifier, via un catalogue, les expérimentations locales en cours lancées dans les pays de l'Union Européenne.
- Mettre à la disposition des décideurs et des établissements concernés un espace virtuel d'échanges et de discussions au travers du développement d'une communauté virtuelle de travail collaboratif.
- Sélectionner un nombre limité d'expérimentations en cours et capitaliser collectivement sur ces expériences en organisant des séminaires de travail associant les décideurs et les établissements afin de favoriser les échanges de pratiques et d'identifier certains modèles de fonctionnement susceptibles de faire l'objet de diffusion à grande échelle.
- Contribuer à l'élaboration d'un mémorandum sur les obstacles relatifs à la revalorisation de l'enseignement des sciences à l'école. Ce mémorandum s'appuiera sur les travaux antérieurs mais aussi sur deux enquêtes qui concerneront, d'une part, les décideurs et, d'autre part, un échantillon d'écoles sur le territoire de l'Union Européenne.
- Mettre en place des opérations de diffusion à grande échelle.

Résultats attendus

- Elaboration d'un portail d'accès à l'ensemble des initiatives nationales engagées et comprenant notamment :
 - Compendium des initiatives institutionnelles par pays (avec une fiche synthétique par initiative).
 - Catalogue des expérimentations novatrices engagées auprès d'établissements pilotes dans l'ensemble des pays.
 - Analyse comparative des initiatives institutionnelles nationales engagées.
 - Forums d'échanges et de discussions.
 - Etudes de cas sur certaines expérimentations spécifiques.
- Séminaires de réflexions et de travail (y compris les actes de ces séminaires) qui porteront sur la valorisation et la capitalisation des actions menées dans un certain nombre de pays.
- Mémoire sur les obstacles à la revalorisation de l'enseignement des sciences à l'école.

Partenaires

- Pôle Universitaire Européen de Lorraine (Coordinateur)
- EDUCONSULT (Belgique)
- University of Bradford (Grande Bretagne)
- Amitié srl (Italie)
- Waterford Institute of Technology (Irlande)
- LUMA – Keskus (Finlande)
- Országos Közoktatási Intézet (Hongrie)

Etude de cas au collège du Roy d'Espagne

13 avril 2006

1. Contexte du collège

1.1. Présentation de l'établissement

Page d'accueil du site : <http://www.clg-roydespagne.ac-aix-marseille.fr/>



collège roy d'espagne

accueil

situation

classes

disciplines

CDI

foyer

UNSS

archives

contacts

Collège Roy d'Espagne :

745 élèves
8 classes de sixièmes
7 classes de cinquièmes
7 classes de quatrièmes
7 classes de troisièmes

« C'est un établissement neuf, spacieux, moderne, qui sera à la pointe de la technologie. De nouveaux projets pédagogiques se mettent en place. Je suis heureuse de travailler avec des équipes dynamiques pour la réussite de nos élèves. »

Mme B. RAMTANI
Principale du collège

Le collège est installé à Marseille, grande agglomération de plus d'1,2 million d'habitants. Située au Sud de la France, à 774 kilomètres de Paris. Chef-lieu de la région Provence-Alpes-Côte d'azur et du département des Bouches-du-Rhône, Marseille est aussi un port sur la mer Méditerranée. C'est d'ailleurs un marin phocéén qui, selon la légende est à l'origine de la naissance de la cité.

Cet établissement d'enseignement secondaire de l'Académie d'Aix-Marseille recrute ses élèves dans les quartiers environnants de Marseille, Mazargues, Sainte-Anne, La Cayolle, La Soude qui regroupent à la fois des zones plutôt résidentielles et des cités. Le collège brasse donc une population très hétérogène sur le plan social. Pour gérer cette diversité, l'administration et les équipes pédagogiques montrent un intérêt particulier pour les projets innovants et proposent des activités d'excellence. En particulier, la situation géographique de cet établissement dans les quartiers sud de Marseille lui donne vocation à recevoir, dans des sections à horaires aménagés, les gymnastes du Pôle France de Gymnastique installé depuis le début de l'année 1996, dans le quartier voisin de Sainte-Anne, au Gymnase Jean Bouin, ainsi que les danseurs élèves de l'Ecole Nationale Supérieure de Danse Roland Petit.

Le Collège, comme le quartier dans lequel il est situé, doit son nom à Charles IV, roi d'Espagne de 1788 à 1808. Détrôné par Napoléon, le souverain s'exile alors à Marseille où Napoléon lui a laissé la jouissance d'un hôtel particulier, rue Montgrand, et pour ses week-ends, d'un château, du moins une grande bastide alors située à la campagne, dans les collines au Sud de la ville, tout près de Mazargues. Aujourd'hui, le château du Roi d'Espagne n'existe plus. Il a été remplacé par le collège en 1968. Celui-ci a été entièrement reconstruit récemment et présente une architecture très aérée et lumineuse. Il est notamment doté d'un amphithéâtre très bien équipé, permettant des activités spectaculaires, pouvant accueillir une centaine de personnes et dans lequel se déroule la conférence qui est présentée dans ce document.

1.2. Positionnement du chef d'établissement

L'interview a eu lieu le 13 avril 2006 dans le bureau de Madame le Principal.



Le Pôle : « Pouvez-vous présenter votre établissement ? »

Le Principal : « Le collège est situé dans les quartiers sud de Marseille, proches de la mer, qui sont a priori des secteurs plutôt favorisés. Cependant le recrutement se fait également sur deux îlots de

grande pauvreté. La population de l'établissement est donc très hétérogène : 20 % des élèves issus de familles très favorisées, 20% issues de familles très défavorisées et le reste dans la moyenne. Il s'agit d'un établissement accueillant près de 750 élèves encadrés par une centaine de membres du personnel. Prévu pour accueillir 900 élèves, il n'y a pas surpopulation et cela permet une gestion aisée des locaux.»

Le Pôle : « Pouvez-vous préciser les grandes lignes du projet d'établissement ? »

Le Principal : « Celui-ci est riche et particulièrement diversifié. Il s'appuie sur les compétences des personnes qui travaillent dans l'établissement et les projets naissent de la passion des enseignants. Ainsi se sont créés des pôles importants autour de l'audiovisuel, du théâtre, du sport de haut niveau avec l'accueil des gymnastes du pôle France, et de la danse avec la scolarisation des danseurs et danseuses de l'école nationale supérieure de danse de Marseille. L'établissement propose des horaires aménagés à tous ces élèves pour leur permettre de s'adonner parallèlement à leur passion dans les meilleures conditions. Les gymnastes sont libérés le matin et les danseurs l'après-midi. L'enseignement scientifique également est particulièrement pris en compte et tient une place privilégiée dans le projet d'établissement. Il est principalement axé sur la culture scientifique, avec le projet ITER en physique bien évidemment, et une sensibilisation à l'environnement en SVT (Sciences et Vie de la Terre). »

Le Pôle : « Les infrastructures, lorsque l'on pénètre dans l'établissement, paraissent très adaptées à toutes ces actions.»

Le Principal : « En effet, le collège a été reconstruit en 2002 de façon très moderne et très spacieuse. Son infrastructure est très adaptée et fonctionnelle et son équipement, notamment technologique (ordinateurs, vidéoprojecteur, etc.), très complet. De plus, le conseil général des Bouches-du-Rhône a doté tous les élèves de quatrième et troisième (14-15 ans) d'un ordinateur portable. Cela permet d'intensifier et de banaliser l'utilisation des TICE dans l'enseignement. Le collège a d'ailleurs un site qui donne un aperçu des nombreuses activités que développent les équipes pédagogiques très dynamiques. Cet engagement de chacun est nécessaire afin de prendre en compte la très grande hétérogénéité du public et de rendre plus attractif l'enseignement. Ces ateliers supplémentaires bénéficient aussi bien aux élèves qui ont des facilités, qu'aux élèves en difficulté. En effet, bien que les sujets soient souvent parascolaires, les élèves reprennent confiance et acquièrent des compétences plus globales et fondamentales pour leur avenir de citoyen. Par exemple, les professeurs de SVT ont élaboré avec les élèves un jardin qui leur permet de prendre conscience, de façon très concrète, des problèmes liés à l'environnement.»

Le Pôle : «L'établissement semble également très ouvert sur l'extérieur.»

Le Principal : «En effet, le projet d'établissement donne une place importante aux partenariats étrangers, notamment avec l'Angleterre et l'Italie dans le cadre d'un projet Comenius. Bien que celui-ci soit plutôt centré sur la citoyenneté, il est prévu d'aborder dans ces projets le thème de la culture scientifique, qui reste une préoccupation première. »

Le Pôle : «De quelle façon s'inscrit le projet de Monsieur Larue dans tout ce dispositif ? »

Le Principal : «C'est en quelque sorte l'exemple type de la mise en place d'un projet dans notre établissement. A la suite d'une rencontre avec des chercheurs, Monsieur Larue, passionné par sa discipline et désireux de faire partager à de nombreux élèves cette passion, a imaginé son projet, et, avec le soutien du conseil d'établissement, l'a progressivement mis en place. L'objet est simple dans son expression : « Construire une conférence à destination des adultes sur le projet ITER. ». Commencé l'an dernier, ce projet avait permis aux enfants de présenter l'idée d'ITER. Cette année, les élèves, pour illustrer cette aventure scientifique extraordinaire, ont monté des expériences qu'ils vont réaliser en direct lors de ces différentes présentations, devant des publics très divers : leurs camarades de classe, les professeurs, les parents, les politiques, et les chercheurs. »

Le Pôle : « Ce projet contribue-t-il à votre avis à rendre plus dynamique et donc plus attractif l'enseignement scientifique ? »

Le Principal : «Il est du devoir de toute la communauté scolaire d'essayer de renverser la tendance mondiale actuelle de désaffection des élèves vers les carrières scientifiques. Nous devons soutenir toutes les actions qui vont dans ce sens. Les sciences apparaissent comme un domaine inabordable et très compliqué. Mettre les jeunes en contact avec les chercheurs pour leur montrer l'intérêt que l'on peut avoir à travailler dans ce secteur permet de démythifier cette représentation. Le projet ITER participe à ces objectifs. Les élèves font des sciences, le plus sérieusement du monde, en abordant des

notions très complexes, qu'ils finissent par maîtriser, sans vraiment s

2. Contexte pédagogique

2.1. Le projet pédagogique

L'idée est de faire réaliser par les élèves de troisième plusieurs conférences, à destination du grand public, dont la vocation est de faire comprendre les enjeux et le fonctionnement du réacteur ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor), ainsi qu'un DVD des conférences afin de le diffuser dans des établissements scolaires. Pour cela les élèves volontaires sur l'ensemble des classes de troisième :

- suivent une vingtaine d'heures de cours théoriques de physique, pendant la pause du déjeuner,
- visitent deux centres de recherche : le LP3 (Laboratoire Lasers, Plasmas et Procédés Photoniques) du CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique) sur les plasmas et un laboratoire au centre du Commissariat à l'Energie Atomique (CEA) de Cadarache, celui qui doit accueillir le futur réacteur expérimental.
- accueillent des chercheurs au collège qui leur font faire des manipulations sur des expériences mises au point dans les deux laboratoires cités ci-dessus et un laboratoire du CNRS à Orléans, qui travaille sur les plasmas.
- réalisent un diaporama Power Point sur matériel informatique en salle de physique, équipée pour cela. L'enseignant propose un plan de conférence, les élèves se groupent par binôme ou trinôme et choisissent un chapitre de la conférence qu'ils vont illustrer par des vidéos, des schémas, des images, des photos qui ont été prises lors des différentes visites de laboratoires.
- donnent les conférences en avril et mai, en totale autonomie :
 - Une au CEA Cadarache
 - Une au conseil général
 - Une au collège
 - Une à la l'AGORA des sciences (www.agora-sciences.org).

Lors de ces conférences, les élèves réalisent, devant les adultes des manipulations qui illustrent les principes du fonctionnement d'ITER, expériences qu'ils avaient travaillées au préalable avec les différents partenaires scientifiques.

Les cours se font en dehors des horaires officiels, en revanche les sorties sont organisées pendant les heures scolaires, ce qui peut poser des problèmes d'organisation pour permettre aux enfants de rattraper les cours.

Il y a 30 enfants impliqués, tous volontaires, sur les 120 élèves de troisième du collège. L'enseignant est obligé, pour des raisons liées essentiellement à l'aspect expérimental des activités et aux potentialités d'accueil des laboratoires, de limiter leur nombre, mais il y a des demandes qui ne peuvent être satisfaites.

2.2. Qu'est-ce que ITER ? (<http://www.iter.gov.fr/>)

Il paraît important de préciser en quoi consiste l'énorme projet ITER et de donner quelques explications physiques qui permettront de mieux situer le travail des élèves et leur restitution lors des conférences. Les textes qui suivent sont extraits du site officiel ci-dessus.

L'objectif du projet ITER est de démontrer la possibilité scientifique et technologique de la production d'énergie par la fusion des atomes. La fusion contrôlée représente un défi scientifique et technologique majeur qui pourrait répondre au problème crucial de disposer, à plus ou moins long terme, de nouvelles ressources énergétiques. A côté de l'énergie de fission,

l'énergie de fusion représente l'espoir d'avoir une source d'énergie propre et abondante au cours du XXI^e siècle. A l'heure où la raréfaction des énergies fossiles est prévue à l'horizon des 50 prochaines années, il est d'une importance vitale d'explorer le potentiel de toutes les autres sources d'énergie. Avec 300 litres d'eau de mer, on pourrait fournir 1 gramme de deutérium, l'un des noyaux utilisés dans la réaction de fusion. C'est-à-dire que l'eau des océans permettrait, à elle seule, de subvenir aux besoins de l'humanité pendant, environ, un milliard d'années.

3. Déroulement

3.1. Description préalable

Les élèves découvrent un domaine de la physique qui n'est pas à proprement parler dans les programmes et qui est très complexe. Ils doivent aborder les contraintes de la démarche scientifique en étant confrontés à la réalité du fonctionnement d'un laboratoire de recherche de haut niveau. L'expérimentation demande une réflexion en amont et met en œuvre toute une démarche. Il faut réfléchir, monter la manipulation, observer et en tirer des conclusions et valider ou non le protocole.

De plus, la finalité du projet étant de transmettre un savoir, il y a tout un travail de retranscription qui se fait avec l'aide des chercheurs. C'est un véritable challenge de s'approprier des notions complexes et de les retranscrire pour le grand public. Les enfants participent ainsi un peu à la mission des chercheurs qui doivent justifier de l'argent public qui est investi dans ces recherches en informant les citoyens de l'avancement de leurs travaux.

Les sujets abordés sont presque totalement en dehors des programmes officiels (curriculum), mais la démarche scientifique mise en œuvre est bien celle préconisée dans les recommandations de l'Inspection Pédagogique. Bien qu'il s'agisse de la structure de la matière (atome, proton, noyau, électron), les notions impliquées ne seront étudiées que dans le cycle universitaire.

Il y a plusieurs phases : des cours, des expériences dans les laboratoires et des conférences.

3.2. La grille pédagogique

Identification	
<i>Etablissement :</i>	Collège du Roy d'Espagne, Marseille
<i>Nom du professeur :</i>	François Larue
<i>Matière :</i>	Physique
Contexte	
<i>Classe : niveau</i>	Elèves de 4 classes de troisième, atelier facultatif
<i>Nombre d'élèves</i>	30
<i>Date Heure</i>	Année 2005-2006, les jeudis de 13 à 14 heures
<i>Durée de la séquence</i>	Une heure

Description de la séquence	
<i>Intentions de l'enseignant</i>	L'idée est de faire réaliser par les élèves de troisième quatre conférences, grand public, dont la vocation est de faire comprendre les enjeux et le fonctionnement du réacteur ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor), ainsi qu'un DVD des conférences afin de le diffuser dans des établissements scolaires
<i>Description des étapes de l'activité</i>	<p>Pour cela les élèves volontaires sur l'ensemble des classes de troisième :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ suivent une vingtaine d'heure de cours théoriques de physique, pendant la pause du déjeuner, ➤ visitent deux centres de recherche : le LP3 (Laboratoire Lasers, Plasmas et Procédés Photoniques) du CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique) sur les plasmas et un laboratoire au centre du Commissariat à l'Energie Atomique (CEA) de Cadarache, celui qui doit accueillir le futur réacteur expérimental, ➤ accueillent des chercheurs au collège qui leur font faire des manipulations sur des expériences mises au point dans les deux laboratoires cités ci-dessus et un laboratoire du CNRS à Orléans, qui travaille sur les plasmas, ➤ réalisent un diaporama Power Point sur matériel informatique en salle de physique, équipée pour cela. L'enseignant propose un plan de conférence, les élèves se groupent par binôme ou trinôme et choisissent un chapitre de la conférence qu'ils vont illustrer par des vidéos, des schémas, des images, des photos qui ont été prises lors des différentes visites de laboratoires, ➤ donnent les conférences en avril, en totale autonomie : <ul style="list-style-type: none"> ○ Une au CEA Cadarache, ○ Une au Conseil Général, ○ Une au collège, ○ Une à la l'AGORA des sciences (www.agora-sciences.org)
<i>Rendu de l'élève</i>	Un diaporama et une conférence

3.3. La réalisation

3.3.1. Les phases

- **La première phase** est constituée d'une vingtaine d'heures de cours pendant lesquelles, l'enseignant va apporter aux élèves les savoirs de base nécessaires à la compréhension du projet ITER. Il faut apporter certains éléments théoriques plus complexes que ceux proposés dans le cadre du programme de la classe et même des classes de lycée. Il ne s'agit pas de dévoiler le sujet, mais plutôt de donner quelques pierres de base. Le fonctionnement est plutôt traditionnel, si ce n'est, et cela modifie fondamentalement l'approche qu'ils en ont, que les élèves savent exactement pourquoi ils doivent assimiler ces nouveaux savoirs et à quoi cela va leur servir. Cette année, le professeur a demandé aux chercheurs de participer à cette première phase en venant présenter leur travail. Ce n'est pas forcément la partie la plus drôle du projet, mais elle est incontournable et admise par les élèves car ils sont convaincus de la nécessité de ce passage plus théorique. **En fait, il n'est pas question de dire que la pratique d'une activité scientifique est facile, mais plutôt de montrer que les efforts consentis dans ce cadre sont toujours récompensés et qu'il est possible de faire des sciences avec du plaisir.**
- **La deuxième phase est attendue** avec impatience et arrive comme une récompense. Il s'agit de réaliser des expériences concrètes, préparées spécifiquement par les laboratoires, mettant en évidence des principes physiques souvent très complexes. Les élèves plongent alors dans la réalité de la démarche scientifique avec toutes ses contraintes et ses bonheurs. Les chercheurs ont choisi des expérimentations qui présentent un caractère spectaculaire et permettent cependant de poser les bonnes questions et d'amener ainsi les élèves à réfléchir et à formuler des hypothèses. Les élèves peuvent ainsi confronter leurs idées à celles des chercheurs.
- **La réalisation d'une conférence tout public.** C'est à la fois l'objectif affiché du projet et la concrétisation du travail de l'année. Pour la plupart des élèves c'est une première. Il s'agit pourtant d'une compétence qu'ils ont de grandes chances de devoir exploiter dans leur carrière et qui n'est ni enseignée, ni évaluée à l'école. La présentation devant le public se fait de façon collective, chacun intervenant à tour de rôle sur une des parties du projet.

3.3.2. La première conférence

Pendant les quelques jours qui précèdent la première conférence, la tension monte aussi bien chez les élèves que chez l'enseignant. Chacun a l'impression de ne pas être prêt. Le PowerPoint est terminé et validé.

Le jour J, les élèves participant au projet ont été libérés de cours et font une répétition générale. Pour permettre à tous les parents et aux enseignants de venir, la conférence a été fixée à 17h30. Le matériel pour les expérimentations réalisées en direct est préparé sur la scène et le déroulement répété. Un chercheur ayant averti au dernier moment qu'il ne peut être présent, il faut commenter sur le PowerPoint, sans les réaliser, deux manipulations prévues avec le matériel qu'il n'a pu amener. Cela ajoute un peu à l'excitation générale qui règne.

L'heure approche et l'on sent de l'intérieur de la salle que le public commence à arriver. Des rumeurs grondent. Enfin la salle est ouverte et une foule importante d'élèves, de parents et d'adultes l'envahit. Celle-ci se révèle trop petite. C'est le succès total.

Les caméras sont en place, le silence se fait et la conférence débute. On sent que certains élèves sont gagnés par le trac et leur discours est parfois un peu hésitant. En revanche d'autres

montrent une totale maîtrise de la prise de parole en public, ce ne sont pas forcément les élèves qui ont les meilleurs résultats en classe.

Il est conseillé de consulter la présentation générale (PowerPoint). Seuls quelques extraits sont reproduits dans ce compte-rendu afin de rendre compte du travail théorique préliminaire nécessaire pour les élèves et de la complexité de leurs discours.

Première étape : Les élèves présentent quelques généralités afin de mieux situer le contexte d'ITER.



- La galaxie, la planète et la présence du CO₂.
- L'effet de serre et le stockage du CO₂
- Le méthane CH₄ est plus responsable de l'effet de serre que le CO₂
- H₂O, la vapeur d'eau.

Cyprien : « conclusion : si les océans s'évaporent et si la température des océans augmente, cela crée de la vapeur d'eau et l'effet de serre augmente. Ce phénomène se répétant est amplifié... ».



Modifications du climat : les canicules, les cyclones, la dilatation thermique des océans et ses conséquences sur les espèces, avec de nombreuses disparitions.

Hadrien : « Si cette quantité de CO₂ libérée se stabilisait en 2100 on devrait néanmoins attendre 300 ans avant que la température sur la planète n'augmente plus... Les cyclones sont de très fortes

dépressions qui prennent naissance au-dessus des eaux chaudes des océans (plus ceux-ci sont chauds, plus il y a d'eau qui s'évapore)... Une montée des océans et des cours d'eau d'environ 20 à 50 cm... la disparition de nombreuses espèces herbivores et par conséquent de nombreux animaux carnivores qui s'en nourrissent ».



Les barrages hydrauliques :

Fabien : « L'énergie hydraulique fournit rapidement de fortes puissances. EDF l'utilise en France pour coller instantanément aux variations de la consommation contrairement à une centrale nucléaire qui a un temps de réponse assez long... Elle est malheureusement très limitée géographiquement, de plus dans les pays développés, le potentiel hydraulique est presque entièrement exploité. »

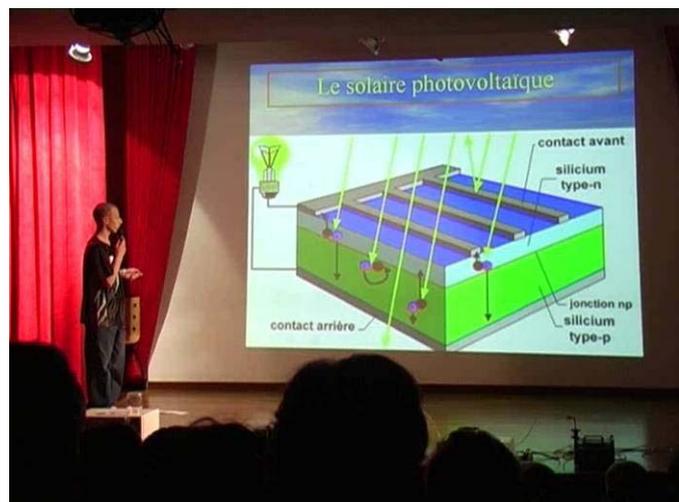
Les éoliennes :

Julien : « Le premier parc éolien offshore français va être construit dans la Manche il sera constitué de 21 éoliennes fournissant au maximum 105 MW (à comparer aux 1 GW d'une centrale nucléaire classique)... D'autres pays développent cette énergie : Irlande, Danemark, Chine, etc. En conclusion, c'est une énergie fiable, propre, mais qui ne peut être implantée bien entendu que dans des régions ventées. »

Le solaire thermique :

Les descriptions commencent à être plus techniques.

Fabien : « ... Certaines centrales utilisent des systèmes à réflecteurs cylindroparaboliques, dans lesquels les rayons du soleil tapent au centre des tubes où circule un fluide qui se trouve ainsi réchauffé... voilà le schéma d'un autre système : le solaire photovoltaïque. Les rayons tapent sur le panneau solaire et excitent les électrons qui produisent ainsi un courant électrique... En conclusion, il s'agit d'une énergie assez chère, car elle dépend du prix du silicium en inflation avec le développement de l'informatique, elle est peu écologique à cause du stockage dans des batteries à plomb. En revanche le Solaire thermique présente des perspectives intéressantes dans la production d'eau chaude de façon inépuisable.»



Nicolas termine cet exposé très complet sur les énergies propres en abordant le dihydrogène et l’ozone.

18 minutes ont été consacrées à ces généralités

Deuxième étape : présentation théorique d’ITER

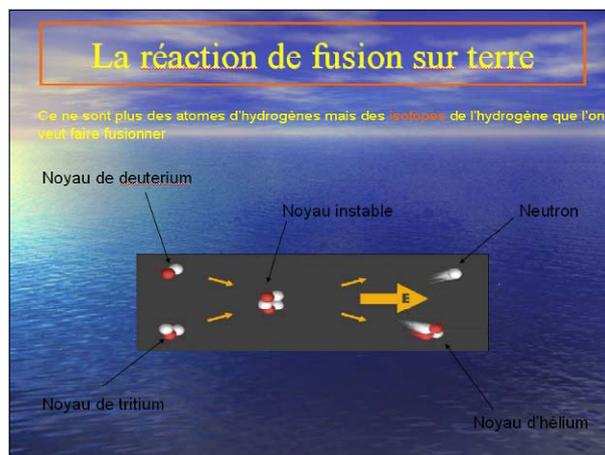


Florent : « ITER est un programme de recherche scientifique à l’échelle mondiale pour construire une machine capable de démontrer la faisabilité d’un réacteur de fusion thermonucléaire sur terre. Le coût du projet, partagé entre les partenaires, est de 10 milliards d’euros et le site choisi pour l’implantation de la machine est à Cadarache. ITER sera considéré comme un succès si on arrive à produire 500 MW de fusion en n’injectant que 50 MW pour chauffer le plasma. »

Florent présente ensuite les notions de chimie sur les atomes et les isotopes. Jonathan et Hugo complètent.

Jonathan : « Pour que la matière existe, les protons doivent rester soudés, il doit donc exister une force d’attraction supérieure à la force de répulsion électrostatique : la force d’interaction forte... Pour permettre aux noyaux d’hydrogène de fusionner il est indispensable de “forcer” la rencontre entre ces protons par une température très élevée (15 millions de degrés au cœur du soleil) et une force gravitationnelle énorme (la masse du soleil vaut 330.000 fois celle de la terre). »

Hugo : « Dans ITER, on va essayer de rapprocher suffisamment un noyau de deutérium et un noyau de tritium pour faire intervenir une interaction forte qui formera un nouveau noyau instable qui éclatera ensuite en un noyau d’Hélium et un neutron très énergétique... Si on fait la somme des masses des deux noyaux de tritium et de deutérium, le résultat est toujours supérieur aux masses réunies du noyau d’Hélium et du neutron produit, cela constitue donc une perte de masse. »



Il est nécessaire à cet instant de préciser rapidement les principes de la relativité d'Einstein qui permettra de comprendre en quoi cette perte de masse constitue de l'énergie sous forme cinétique qui sera transmise au noyau d'Hélium et au neutron.

On se rend compte que les présentations sont claires, même si le sujet peut paraître complexe. Les élèves maîtrisent parfaitement ce qu'ils exposent. On sent qu'il a fallu un travail important des élèves pour leur permettre d'atteindre ce niveau.

Troisième étape : les expériences et le fonctionnement d'ITER



Plus on avance et plus la théorie se complexifie. On aborde maintenant l'état de plasma qui nécessite une description des états de la matière en fonction de la température. Le plasma ou gaz ionisé est l'état d'un gaz très chaud (150 millions de degrés). Les électrons sont libres et se séparent des noyaux.

Manon et Marie procèdent à la première expérimentation en direct illustrant l'état plasma : une sphère en verre avec une électrode centrale.



Manon : « ... Lorsque l'on met la tension sur l'électrode centrale, cela émet des électrons qui forment un chemin pour les autres électrons qui vont suivre. Lorsque l'on pose la main sur la boule à plasma, on s'aperçoit que le courant se dirige vers la main qui est un chemin plus facile. Lorsque l'on pose un néon sur la boule à plasma, celui-ci s'allume, ce qui prouve que le courant passe pour parvenir à la main qui le tient... Cela excite les électrons qui provoquent la lumière du néon... »

On est vraiment au cœur de la démarche : quelques éléments théoriques indispensables, une expérimentation bien choisie, de préférence spectaculaire, un questionnement et l'envie de savoir pourquoi tel ou tel phénomène se produit. Le public est également complètement séduit et manifeste son plaisir.

Marie explique comment le gaz est chauffé pour l'amener à l'état de plasma. Elle illustre ses propos en manipulant un four micro-onde, familier pour chacun d'entre nous. L'expérience ne réussit pas du premier coup et c'est la déception, puis miracle, ça marche...

Emeline et Marie expliquent comment maintenir le plasma chaud, l'isoler des matériaux à température ambiante qui l'entourent. Pour illustrer cela, elles mettent en route une expérience avec de l'azote liquide à - 200 degrés. Les billes ne touchent pas la table et flottent, cela est dû à la différence de température avec l'air ambiant de 20 degrés. Les billes sont donc protégées par de la vapeur les entourant.



Vincent, Ugo, Nicolas et Adrien apportent les éléments théoriques concernant le confinement du plasma. Le langage devient plus pointu encore et les concepts présentés plus complexes. On entend parler de supraconducteur avec les bobines Toresupra, de vibration des atomes de cuivre, de force entre l'aimant et le supraconducteur. Des expériences réalisées en direct illustrent les phénomènes de champ magnétique et de courant induit et rendent compréhensibles les notions abordées.

Il est maintenant temps d'aborder les problèmes de sécurité.



Le problème de récupération d'énergie apparaît complexe. Florent se lance dans l'explication détaillée et parfaitement claire du schéma conceptuel d'ITER que nous ne reproduisons pas ici...

Elise : « Un des défis d'ITER sera de concevoir des matériaux résistants à ce bombardement continu de neutrons très énergétiques... Le deutérium est très abondant dans la nature, notamment dans l'eau

de mer, ou on le trouve à raison de 33 g/m³ (pour 1000L)... Le tritium n'existe quasiment pas dans la nature, il doit donc être synthétisé pour un coût actuellement très élevé. C'est un élément radioactif de faible radioactivité et dont la période vaut 12 ans (la période d'un élément est le temps qu'il faut attendre pour voir la quantité de matériau initiale divisée par deux). Les ressources en deutérium sont évaluées à 46.000 milliards de tonnes et celles de tritium de 230.000 millions de tonnes, cela devrait suffire à alimenter ITER pour de nombreuses années... »

Martin aborde le problème de sécurité.

Martin : « La fission dans les centrales nucléaires est une réaction en chaîne, elle peut donc s'emballer et devenir dangereuse si elle échappe à tout contrôle. Il faut donc en permanence la freiner en absorbant les neutrons produits lors de la fission de l'uranium... La fusion, elle, produit de l'hélium et un proton, ce qui ne permet pas de recommencer la réaction. Il n'y a donc pas de réaction en chaîne... La moindre perturbation non contrôlée des quelques grammes de plasma entraîne son refroidissement rapide et l'arrêt automatique des réactions de fusion. L'emballement de la réaction est par conséquent impossible... »

Dernière étape par Fériel et Anaïs



Les élèves se projettent en 2028 et décrivent ce qu'est devenu ITER et en profitent pour rappeler les éléments essentiels qui viennent d'être présentés.

Fériel et Anaïs : « Bonjour et bienvenue à vous, élèves de troisième du collège du Roy d'Espagne. Vous êtes à Cadarache sur le site où a été construit le réacteur expérimental ITER (International Thermonucléaire Experimental Réacteur). Ce réacteur a fini d'être construit en 2016 et les expériences sur la faisabilité de la fusion sur terre ont pu commencer depuis une dizaine d'années. Ce projet, issu de la coopération internationale, avait été officiellement lancé le 28 Juin 2005 à l'issue d'après tractations entre le Japon et l'Europe concernant le choix du site... ».

ITER, une solution pour une énergie propre et durable ?

Les perspectives positives :

Des réserves en combustibles quasi infinies

Une absence totale d'émission de gaz à effet de serre

Des puissances produites importantes et continues

Les réserves :

Parviendra-t-on à inventer des matériaux résistants au flux de neutrons ?

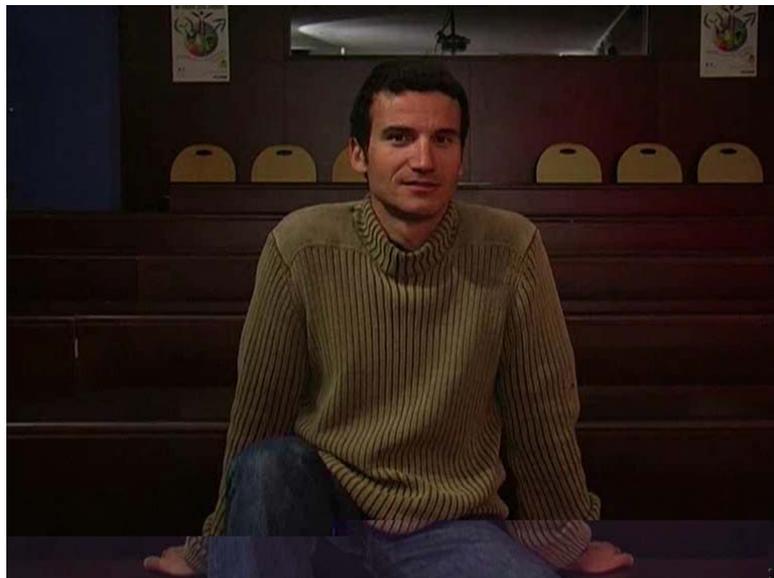
Une technologie aussi complexe serait elle accessible à tous les pays ?

Devons-nous, aujourd'hui, nous contenter d'attendre l'éventuel succès d'ITER ?

3.4. Conclusion

Il ya dans cette séance plusieurs étapes bien identifiées. Les objectifs pédagogiques sont multiples et ont été presque tous atteints.

3.4.1. La position de l'enseignant



L'enseignant : « Je m'appelle François Larue. Je suis professeur de sciences physique au collège. J'ai 36 ans et cela fait 4 ans que l'on mène des projets scientifiques avec les classes de troisième, sur des sujets aussi variés que « du sable au portable », « ITER une solution pour l'avenir », « les changements climatiques ».

Le Pole : « Peux-tu rappeler la genèse du projet ? »

François : « Il y a quatre ans, je suis allé aux rencontres enseignants-chercheurs mises en place par le rectorat. J'ai visité le laboratoire LP3, sur le site de Luminy, où j'ai rencontré un des chercheurs, Philippe Delaporte, très accueillant, qui nous a montré des choses extraordinaires. Il s'est montré ouvert à la visite d'élèves dans son laboratoire. Nous avons donc décidé de préparer les gamins à cette visite. Lors de ces rencontres, les élèves ont étonné les chercheurs par leur capacité à comprendre les notions complexes qui leur étaient présentées et qui dépassaient de loin ce qu'ils étaient censés maîtriser. Il a été décidé, pour aller plus loin, que les 25 élèves qui avaient effectué la



visite prépareraient une conférence pour tous leurs camarades. Ce schéma s'est reproduit chaque année. Le nombre de conférences s'est multiplié (collège, Conseil Général, et au CEA devant les chercheurs). Il s'agit d'une vulgarisation de la pensée scientifique par les élèves. Depuis cette année, nous avons introduit des manipulations. »

Le Pole : « Comment cela s'organise-t-il ? »

François : « Des élèves volontaires qui sont issus de l'ensemble des classes de troisième que j'ai (4 sur les 5 de l'établissement) viennent une heure par semaine entre 12h00 et 13h00, en plus de l'horaire officiel. Ils ont des cours classiques de physique qui leur apportent les éléments essentiels pour appréhender le sujet choisi pendant tout le premier trimestre. Juste avant les vacances de Noël, ils visitent les laboratoires. Les manipulations sont mises au point en amont avec les chercheurs. Ils ont ensuite deux mois pour préparer un diaporama qui leur servira de support lors de la conférence. »

Le Pole : « L'enseignement supplémentaire qu'ils reçoivent est-il conforme aux programmes ? »

François : « En fait, ce qu'on fait est assez éloigné du programme de troisième. Le contenu des cours est dicté par le thème choisi et les manipulations présentées lors de la conférence. Aucun cours n'existe en général. Il faut écrire entièrement les contenus en allant chercher l'information auprès des experts et sur le WEB. En fait il n'existe rien d'adapté pour cette tranche d'âge. »

Le Pole : « Comment inciter les élèves à avaler la partie théorique plus ardue ? »

François : « C'est plus ou moins facile. Il faut mettre l'accent dès le début sur les objectifs du projet, et donc sur les futures visites et expérimentations sur le site des laboratoires, et faire comprendre que la partie théorique est le passage obligé. »

Le Pole : « Un projet sur une année ne pose-t-il pas des problèmes de lassitudes chez les élèves ? »

François : « Non, je ne le pense pas. Il s'agit cependant d'adolescents qui ne savent pas projeter dans le temps. Il ne faut donc pas les lâcher. Ils ont du mal à comprendre que ce qu'ils font aujourd'hui servira dans deux mois et que le cours sur les supraconducteurs servira à expliquer le fonctionnement d'ITER. Il faut donc en permanence leur rappeler qu'il y a un lien très fort entre ce qu'ils font aujourd'hui et ce qu'ils présenteront à la conférence. C'est plus une question de projection dans le temps que de lassitude. »

Le Pole : « Comment se passe la collaboration avec les laboratoires ? »

François : « J'ai été surpris d'être aussi bien accueilli. J'ai découvert le monde de la recherche que je ne connaissais pas du tout. Les gens que j'ai rencontrés m'ont séduit. »

Le Pole : « Ce projet a une portée qui dépasse largement le cadre de la physique ? »

François : « En effet, certes les jeunes qui participent auront acquis une forme de démarche scientifique, mais il développe aussi des compétences plus larges. Prendre la parole devant 100, 150 personnes, voire plus ce soir, est un exercice difficile, d'autant qu'ils ont un texte complexe à dire et des manipulations à réaliser en direct. Les préparer à cette épreuve à 15 ans c'est un gage de réussite pour l'avenir lors des différents examens qu'ils auront à passer. »

Le Pole : « Quel a été le soutien de l'établissement dans ce projet ? »

François : « Dès la genèse du projet, Madame le chef d'établissement, s'est montrée réceptive et présente. Elle m'a accompagné lors des premières réunions dans les laboratoires, a défendu le projet au rectorat, et a donné une impulsion au départ. C'est important pour le collège, elle est apparue quand il le fallait pour appuyer ce projet auprès des institutions entre autres. Il paraît évident que ce projet n'aurait pas eu la même ampleur sans ce soutien direct. »

Le Pole : « Y-a-t-il une équipe pédagogique autour de ce projet ? »

François : « La première année, j'ai travaillé avec un stagiaire de physique que j'accueillais dans mes classes, sympathique, fort compétent et très dynamique. Les deux années suivantes, j'ai de nouveau travaillé avec les stagiaires que l'on me confiait. L'année dernière, j'étais tout seul et ce n'était pas évident. Cette année, j'ai eu le soutien d'un enseignant de mathématiques, intéressé, qui m'a aidé à préparer et à monter la conférence. Un enseignant de physique de l'établissement est venu ponctuellement, mais il ne semble pas possible de participer activement à cette activité sans s'y plonger complètement. Il faut y mettre beaucoup d'affectif. »

Le Pole : « Comment est perçu ce projet par les autres collègues ? »

François : « Il n'y a pas eu de battage par rapport à cette manifestation, les collègues savent de quoi il s'agit. Je ne cherche pas trop à comprendre pourquoi il y avait aussi peu de représentants du corps professoral ce soir, mais je crois que cette approche pédagogique dérange un peu, elle n'est pas vraiment inscrite dans la fonction de l'enseignant. »

Le Pole : « Et par l'Inspection Pédagogique ? »

François : « L'Inspecteur Pédagogique Régional a commencé à s'intéresser à ce projet la troisième année. Elle était venue voir la conférence qui était donnée au Conseil Général. Elle avait été époustouflée et avait même fait une lettre dithyrambique au recteur sur ce projet. Pour cette année, j'ai envoyé des emails pour donner les dates des conférences. Il n'y avait pas de représentant de l'institution ce soir, ils viendront peut-être à la prochaine conférence au CEA. Mon Inspectrice sait maintenant de quoi il s'agit, elle a énormément apprécié et je crois que c'était sincère. Mais il y a de nombreux projets dans l'académie et je comprends qu'il n'est pas forcément possible de les suivre tous. »

Le Pole : « On peut donc réellement parler d'une initiative très individuelle ? »

François : « Oui, c'est l'histoire d'une rencontre ! On ne peut pas vraiment dire qu'elle est issue d'une impulsion institutionnelle. »

Le Pole : « Y-a-t-il une démarche pour la diffusion de cette initiative, pour la faire connaître ? »

François : « Non, ce n'est pas un objectif. Il ya un DVD très bien fait qui relate les conférences et le projet, que l'on envoie à toutes les instances administratives et pédagogiques, mais il n'y a pas de démarche globale voulue dans ce sens. »

Le Pole : « Y-a-t-il un retour direct de satisfaction des élèves? Et du professeur ? »

François : « C'est très difficile de connaître réellement le fond de la pensée des élèves, ils ne manifestent pas leur sentiment aussi facilement. Ce qui est important c'est la relation qui se crée avec eux. Je suis très fier de cette soirée, pas de mon travail, mais de ce qu'ils sont capables de produire. A quinze ans, être capable de faire cette remarquable prestation, oui, je suis fier d'eux. J'ai rempli ma fonction d'enseignant : leur permettre de se dépasser et d'acquérir des compétences qui sont importantes pour leur avenir. Ils ont vraiment appris des choses, sur le plan humain, sur le plan de la discipline, sur le plan du travail et ils en ont tiré profit. Ils en ont immédiatement le retour par la réaction du public notamment. Ils savent qu'ils ont été bons et qu'ils ont assimilé plein de choses. C'est une évaluation affective et... pas forcément avec des notes. Evidemment, il faut communiquer son envie. Je ne suis pas un fan de la physique, mais l'enseigner de cette manière à des adolescents me plaît. Je me suis éclaté. J'ai appris plein de choses. Chaque année on fait un nouveau projet et je n'ai pas de prérequis. Imaginer, monter des manipulations et les présenter à un public d'adultes et que tout marche, c'est génial et je suis très content. »

Le Pole : « Nous avons interviewé des anciens élèves qui se sont montrés très positifs sur cette expérience et nous avons été impressionnés par leur maturité ? » (cf. **interviews d'anciens**)

François : « C'est vrai que je suis étonné également de leur élocution. Quand les anciens reviennent expliquer à leurs cadets les choix qu'ils ont faits pour leur orientation en classe de seconde et comment cela se passe au lycée, ils ont un phrasé très posé, ils ont une élocution très claire et le discours est cohérent. J'espère que ces qualités ont été acquises en partie grâce à ce projet. C'est vrai qu'ils ont beaucoup travaillé par rapport à ça. L'expression orale ne peut être claire sur un sujet aussi complexe que si le contenu est vraiment assimilé. J'espère que cela leur a servi. »

Le Pole : « Merci »

3.4.2. L'intérêt pour le chercheur



Un chercheur présent à cette conférence accepte de répondre aux questions.

Le chercheur : « Je m'appelle Philippe Delaporte et je suis Directeur de recherche du CNRS au laboratoire LP3. »

Le Pole : « Comment les liens se sont-ils créés ? »

Philippe Delaporte : « Dans le cadre de la formation à la recherche pour les enseignants, François Larue est venu visiter le laboratoire. Le courant est bien passé entre nous et ce dernier m'a demandé s'il pouvait amener ses élèves, ce qui était tout à fait possible. Il a donc donné une petite formation préalable aux élèves. Ensuite cela s'est enchaîné naturellement. Les élèves sont venus visiter le site de Luminy et ont décidé de faire un exposé. Cela a démarré en douceur il y a 4ans. »

Le Pole : « Le laboratoire trouve-t-il un intérêt dans ce partenariat ? »

Philippe Delaporte : « Un intérêt direct pour le laboratoire, on ne peut pas vraiment le dire, cela prend du temps si on veut le faire correctement. En revanche, il y a un intérêt certain pour le chercheur. Cela lui permet de se remettre en question, d'expliquer les choses à des jeunes, donc d'appréhender leur niveau de compréhension, de le faire simplement, de se rendre compte également des questions que se posent les enfants. Ils soulèvent parfois des problèmes très pertinents auxquels on ne pense plus. A plus long terme, évidemment il y a un intérêt pour la physique en général. Il faut éveiller ces enfants, les faire rêver un petit peu. Aujourd'hui, il y a un problème terrible, il n'y a plus beaucoup de jeunes qui viennent vers la recherche scientifique et les laboratoires en souffrent énormément. Donc indirectement c'est intéressant, pour susciter des vocations. Un intérêt direct, non, c'est plus se faire plaisir en faisant rêver les enfants. »

Le Pole : « Comment cela se passe-t-il concrètement ? »

Philippe Delaporte : « Dans un premier temps, l'enseignant vient sur le site pour définir le programme. Il forme les élèves, leur donne les bases. Quand on leur parle de longueur d'ondes, par exemple, les enfants ne savent pas ce que c'est, il y a plein de notions comme celle-là qu'il faut leur

présenter. Ensuite les élèves viennent vivre une journée complète au laboratoire qui commence par deux petites heures en salle de réunion, pendant lesquelles les chercheurs expliquent ce qu'ils font en illustrant leurs propos de petits diaporamas. Ils réalisent ensuite des expériences sur les lasers, en général ces manipulations sont originales et exceptionnelles. Elles sont élaborées spécifiquement pour les élèves. Nous leur expliquons ce qu'est le métier de la recherche, qu'on ne fait pas uniquement de la recherche pour expliquer les phénomènes, mais également pour les

Le Pole : « Cela fait aussi partie de la mission des chercheurs ? »

Philippe Delaporte : « Oui, bien sûr. Au départ, nous avions le désir de créer des vocations. Il s'agit d'une action à long terme. Nous avons une pénurie d'étudiants. Aujourd'hui, il y a plus que cela. Voir des enfants, quel que soit leur niveau de base, car ils ne sont pas tous « bons », prendre autant de plaisir nous procure une grande satisfaction. »

Le Pole : « Est-il possible d'étendre cette initiative à de nombreux collèges et lycées ? Les laboratoires ont-ils la capacité de le faire ? »

Philippe Delaporte : « Il y a déjà des projets en cours. Dans le lycée voisin, des élèves font des petits stages dans les laboratoires. Les chercheurs leur donnent des sujets qu'ils ont à traiter. Donc cela se fait, mais sans doute pas assez. Il faut reconnaître que c'est un investissement important en temps qui est pris sur des activités normales : recherche, bibliographie, contrat, administratif, projets européens, etc. Une semaine en plus, c'est une semaine qui compte. »

Le Pole : « Ce travail pédagogique vers les scolaires n'est-il pas une des missions des laboratoires ? »

Philippe Delaporte : « C'est une mission importante, certes, mais très difficile à intégrer car ce n'est pas une mission au jour le jour, et il n'y a pas de retour direct. Les étudiants sollicités autour de ce projet arriveront en recherche dans 10 ans au mieux et pas tous, bien évidemment. Le travail engagé ne se voit pas de suite et il en faut plus pour réussir à motiver les chercheurs. Cependant cela évolue. Il y a 20 ans, il y avait peu d'initiatives dans ce sens. Aujourd'hui, elles sont répandues. Je crois que tous les laboratoires du campus de Luminy reçoivent la visite d'élèves du secondaire. Dans l'évaluation du travail des chercheurs, il y a une case « vulgarisation » et ce type d'initiative peut être mis en avant. Il n'est pas sûr que ce soit réellement pris en compte, mais... On pourrait envisager qu'une personne du laboratoire soit plus particulièrement dédiée à cette tâche et que cela devienne un atout pour sa carrière, mais je ne suis pas sûr que ce soit un argument. Je pense que les chercheurs ne sont pas spécialement intéressés par leur carrière. Ils veulent se faire plaisir et faire des choses utiles. Il faut donc les convaincre de l'utilité de la démarche. »

Le Pole : «Merci. »

3.4.3. Le sentiment des parents

Trois mères de familles dont les enfants, des filles, ont participé au projet et sont élèves de troisième ont spontanément accepté de donner leurs impressions à chaud.



Mère 1

Mère 2

Mère 3

Mère 1 : « Nous avons nos filles dans cet établissement et nous sommes très contentes de leur scolarité. La mienne y est depuis la sixième. »

Mère 2 : « Ma fille est dans cet établissement depuis deux ans car elle fait de la natation synchronisée et ce collège accueille les sportifs de haut niveau grâce à des aménagements d'emploi du temps. Elle s'y plaît beaucoup. »

Mère 3 : « Ma fille est dans le collège depuis la sixième, elle s'y plaît et a été très heureuse de participer au projet ITER. Cela lui tenait très à cœur. »

Le Pole : « Est-ce qu'elles vous racontent un peu ce qui se passe ? En parlez-vous à la maison ? »

Mère 1 : « Oui, déjà au début de l'année, il y a plus de candidats que d'élus pour cet atelier et ma fille voulait absolument que son professeur la sélectionne bien que cela demande un investissement important. Elle a travaillé tout au long de l'année et s'est montrée très satisfaite car cela lui apportait des informations supplémentaires et su

Mère 1 : « En plus je pense que j'ai appris beaucoup de choses, le soleil, qui n'existera plus dans 5 milliards d'années par exemple et bien d'autres éléments que j'ignorais. »

Le Pôle : « Vous avez tout compris ? »

Mère 1 : « Plus ou moins ! »

Le Pôle : « Allez-vous demander des explications à vos enfants ? »

En chœur : « Oui, il y a certains termes scientifiques qui nous ont échappé. »

Le Pôle : « Et vos enfants vous ont donné l'impression de maîtriser ce qu'ils disaient ? »

Mère 2 : « Oui, c'est incontestable ! Le fait d'avoir travaillé eux-mêmes, ils ont réfléchi différemment. C'était ludique, plus concret. Ma fille quand elle rentrait le soir, je sentais à ses explications qu'elle l'avait touché du doigt. Ce n'était pas que sur un livre ou une image. Ils sont allés dans les laboratoires, ont fait des expériences, pour eux, c'est palpable. »

Le Pôle : « Vous pensez qu'ils vont transmettre cela aux quatrièmes ? »

En chœur : « Bien sûr, ils commencent déjà »

Le Pôle : « Bref, des parents heureux ? »

En chœur : « Oui, tout à fait, une expérience à renouveler pour les nouveaux élèves ».

Le Pôle : « Merci »

3.4.4. L'impact sur les élèves

Les anciens :

Le Pôle : « Vous êtes donc des anciens élèves ayant participé à cet atelier et vous êtes revenus voir les camarades de cette année ? »

Merwan : « Je suis en seconde générale au lycée technologique du Rempart de Marseille. Le choix de l'option scientifique MPI que j'ai fait est dû en grande partie à ma participation au projet de Monsieur Larue l'an dernier dont j'ai énormément apprécié l'enseignement et qui a su me motiver et me donner le goût pour les études scientifiques. Le projet m'a plu car il concerne les générations futures. On doit s'informer pour informer les autres. »



Yann : « Comme mon camarade, j'ai participé aussi à l'atelier de Monsieur Larue avec tous les autres. Je suis en seconde et je fais un BEP de froid et climatisation au lycée professionnel VINCI à Marseille. Je suis venu voir ce qu'avaient fait les nouveaux. J'ai trouvé ça très bien. En plus ils avaient mis en place des expériences... De plus le projet ITER est le projet du siècle. C'est donc normal de s'y intéresser et de s'informer. »

Le Pôle : « Vous gardez un bon souvenir de cet atelier ? »

Merwan : « Très bon puisque l'on a vu des choses rares. On s'est rendu à Cadarache qui est un site officiel. On a pu observer certaines expériences qui ont été faites aujourd'hui et d'autres qui resteront inoubliables dont on pourra parler aux générations futures. Les conférences sont un très bon moyen de s'informer. Les parents ont appris ce qu'est ITER. Ils pourront expliquer ce qu'ils ont vu et dire qu'ils ont appris cela grâce à leurs enfants. Ils peuvent également en discuter avec eux. On apprend des choses qui sont utiles surtout sur les nouvelles technologies, ce qui n'est pas évident pour les parents. L'essentiel est de s'investir à 100%, même à 200% dans ce projet avec l'appui d'un super enseignant qui sait motiver les élèves. ITER est la source d'énergie du futur. Il ne faut pas oublier que notre planète est en danger et qu'il faut la sauver. Il y a d'autres énergies que le pétrole... Il faut sauver notre planète, pas pour nous, mais pour nos petits enfants. »

Un parent : « Comment ça se passe dans ton lycée ? »

Merwan : « C'est bien, les professeurs sont très proches des élèves, ce sont des petites structures contrairement au lycée général où les salles sont plus grandes et les effectifs des classes plus importants et si l'élève ne comprend pas, le professeur n'a pas forcément le temps de lui expliquer. Dans notre lycée les enseignants ont plus de temps à nous consacrer, on peut aller les voir. C'est un très bon lycée qui a de l'avenir et du prestige aussi car il existe depuis cent ans. »

Le Pôle : « Merci. »

Les nouveaux

Cinq élèves qui ont participé au projet répondent aux questions : trois filles et deux garçons. Ils sont un peu impressionnés, beaucoup plus que sur la scène devant le public. Les interviews démarrent en douceur.



Marie

Emeline

Fériel



Nicolas

Fabien

Le Pôle : « Vous participez à un atelier, en quoi cela consiste-t-il ? »

Marie : « Il s'appelle ITER, on explique en gros ce qui se passe car on en entend beaucoup parler aux informations, à la radio sans vraiment détailler le fonctionnement, nous, nous développons plus ce côté-là. »

Le Pôle : « Quel est l'intérêt de ce projet ? »

Emeline : « On explique ce que les chercheurs de Cadarache essaient de faire, une fusion, qui permettrait de remplacer le soleil. »

Le Pôle : « Comment est-ce organisé au cours de l'année ? »

Fériel : « On se réunit tous le vendredi de 13 à 14 heures. Ensuite on travaille sur les diaporamas et sur un texte avec les professeurs de sciences physique et de mathématiques. »

Le Pôle : « Sur l'année, il y a plusieurs étapes je crois ? »

Fériel : « Dans la première partie, on suit des cours sur les lasers, puis dans la deuxième partie, on a préparé la conférence. »

Le Pôle : « Vous allez régulièrement à Cadarache, les chercheurs viennent ? »

Nicolas : « On faisait des réunions, des répétitions à blanc, puis les chercheurs de Cadarache et de Luminy venaient expliquer et faire manipuler. »

Le Pôle : « Êtes-vous allés au CEA pour manipuler ? »

Fabien : « Oui, on a fait des manipulations avec les lasers. Les chercheurs étaient présents et nous ont aidés. »

Le Pôle : « Les connaissances du collège sont-elles suffisantes pour comprendre ITER ? »

Emeline : « Non, il a fallu apprendre des notions qui ne sont pas au programme de la classe de troisième. »

Fabien : « C'est un niveau de terminale au moins. »

Le Pôle : « Cela ne vous a pas effrayés au départ ? »

Marie : « Non, on s'attendait à avoir un programme au-delà du programme de troisième. Finalement le professeur a expliqué d'une manière assez simple, donc ça allait et on a vite appris ce qu'il fallait. »

Le Pôle : « Le fait que ce soit une heure en plus ne vous dérangeait pas ? »

Fériel : « Non, on a d'autres options, donc on est habitués. Une heure en plus ne nous dérange pas même si on est externe et qu'on doit faire l'aller-retour à midi. »

Le Pôle : « Cela ne vous dérange pas ou cela vous plaît ? »

Fabien : « Moi ça me dérange... (éclats de rires). On est bousculé le temps du repas. En fait, ce n'est pas l'heure supplémentaire en elle-même, mais plutôt là où elle est placée. »

Le Pôle : « Et vous ne vous lassez pas sur l'année ? »

Nicolas : « Non, cela nous permet d'apprendre d'autres choses que celles qu'on devrait apprendre pour la troisième. On prend un peu d'avance sur les années suivantes. »

Le Pôle : « Est-ce que c'est uniquement en termes de savoir que se définit votre intérêt ? »

Marie : « On est intéressés par le sujet et la façon dont c'est enseigné nous plaît. En fait ça va tout seul. C'est donc à la fois la méthode et le savoir. »

Le Pôle : « Concernant la méthode, y-a-t-il beaucoup de manipulations ? »

Emeline : « Il y en a quelques unes réparties sur toute la conférence. On a constitué plusieurs groupes qui sont en charge de chaque partie et d'une expérience. »

Le Pôle : « Combien y-a-t-il de conférences ? »

Fériel : « On fait trois conférences, une au collège, une à Cadarache et une à l'AGORA des sciences (www.agora-sciences.org). »

Le Pôle : « Pouvez-vous me dire ce qu'est l'Agora des sciences ? »

Emeline : « Celle de l'Agora des sciences a été annulée. En fait c'est un lieu, où se déroulent des expositions, des conférences autour de divers sujets. Ils reçoivent des classes, expliquent aux élèves les thèmes exposés à l'aide de manipulations, de photos, de films, etc. »

Le Pôle : « Allez-vous faire des études scientifiques par la suite ? »

Marie : « Cela m'a beaucoup plu et l'année prochaine je prends des options scientifiques. Je souhaite passer un baccalauréat scientifique et poursuivre dans ce domaine, comme ITER, si possible. J'ai vraiment été passionnée, alors que j'étais loin d'imaginer ce que c'était. »

Le Pôle : « Quel type de métier ? Chercheurs, comme ceux que vous avez rencontrés ? »

Emeline : « Oui, c'est le métier de chercher, de trouver des choses qui ne sont pas à la portée de tout le monde. Je veux un métier pour approfondir mes connaissances en physique, aller plus loin. »

Le Pôle : « Vous êtes fiers de votre conférence ? »

Fériel : « Oui, on est très fiers. Monsieur Larue est un très bon professeur, il nous a très bien expliqué et ensuite on a pu faire nos textes et nos diaporamas seul. »

Le Pôle : « Sur le plan informatique, aviez-vous suffisamment de connaissances pour faire un diaporama par exemple ? »

Nicolas : « Oui, la plupart des élèves avaient des connaissances solides, sinon, certains professeurs nous ont aidés, surtout les camarades qui avaient du mal. »

Le Pôle : « Avez-vous senti un travail d'équipe de la part des enseignants ? »

Nicolas : « Oui, surtout pour la réalisation du diaporama et la préparation de la conférence. »

Le Pôle : « En parlez-vous autour de vous, en particulier à vos camarades qui n'ont pas suivi cet atelier ? »

Emeline : « Oui, lorsqu'il y a un reportage à la télévision sur ITER, cela m'amuse d'expliquer à mes parents de quoi il s'agit. »

Nicolas : « Lorsque certains camarades nous disent qu'ils ont vu des choses sur ITER mais qu'ils n'ont pas bien compris, on essaie de leur expliquer comment ça fonctionne, la base du projet. »

Le Pôle : « Merci à tous les cinq, il est temps d'aller répéter ! »

4. Conclusion

- **L'intérêt pour les élèves** : Ils voient la finalité des choses, ils se familiarisent avec les procédures scientifiques : l'observation, les manipulations, la mise au point de protocole, l'analyse des résultats. Ils côtoient cette démarche pour la première fois dans sa globalité qui est assez loin de ce qui est fait en classe. Comme les élèves suivent ce cours en dehors des heures officielles de physique, cela augmente naturellement et mécaniquement l'importance de cette discipline. Les élèves voient à quoi sert la physique de façon très concrète. Ils appréhendent toute la logistique qui a permis d'établir un résultat : monter des manipulations, réfléchir à partir des différentes données collectées, faire face aux différentes contraintes, lancer les manipulations qui sont refaites plusieurs fois. Il y a une prise de conscience que le déclenchement d'une action en pressant un bouton résulte d'un long processus, avec un travail en amont important, un travail expérimental et un travail d'analyse. Il est évident que dans le cadre d'un enseignement plus « classique », il est difficile de faire intégrer ces trois phases.
- Les enfants appréhendent également les difficultés auxquelles sont confrontés les chercheurs, la prise en compte de l'échelle de temps qui ne correspond pas forcément aux représentations qu'ils en avaient, avec des temps très longs à chaque étape du processus, la patience nécessaire, mais surtout l'enthousiasme énorme qui les habitent.
- Ils sont plongés au milieu d'une technologie de pointe et perçoivent la complexité des équipements, qui ne se résument plus à leur prix. Ils prennent conscience qu'au niveau recherche, développement et production, il y a beaucoup de matériels innovants.
- **L'ouverture sur les laboratoires** : Les élèves travaillent en collaboration étroites avec les chercheurs de trois grands laboratoires :
- Le LP3 : laboratoire du CNRS à Marseille,
 - Un laboratoire du CEA de Cadarache,
 - Un laboratoire sur les lasers d'Orléans du CNRS qui travaille sur les plasmas. Les chercheurs ont notamment conçus certaines manipulations destinées au départ à être présentées à la fête de la science et que les élèves se sont appropriées dans le cadre de ce projet. Par exemple, ils ont mis au point une manipulation avec un micro-onde dans lequel on a placé un mini-tore en verre qui contient du plasma. Lorsque l'on met en marche celui-ci, en éteignant sa lumière, on observe subitement, à l'intérieur de la boule de verre, une décharge plasma. C'est très spectaculaire et lumineux.
- Deux chercheurs des laboratoires du LP3 et du CEA interviennent dans la classe et accueillent également les enfants qui viennent manipuler dans leurs locaux.
- Les chercheurs d'Orléans sont en liaison avec le LP3 et fournissent juste les manipulations qui peuvent être mises en œuvre à Marseille.
- **La remise en question de l'enseignant** : le professeur trouve un grand intérêt à aborder ces sujets complexes et « hors programmes ». Cela justifie les efforts importants qu'il doit consentir. En effet, pour être capable, non pas de maîtriser complètement ces notions qui relèvent d'une technologie de pointe, mais plutôt d'accompagner les élèves dans ce projet, en ce qui concerne en particulier des manipulations, il a dû faire un important travail de recherche documentaire au moyen d'Internet sur ce domaine pointu pour réactiver des notions très anciennes et oubliées ou pour en acquérir de nouvelles. Il s'agit pour lui d'une remise en question nécessaire qui garantit contre la lassitude inévitable lorsqu'on ne se consacre qu'à des projets « courants ».
- Ensuite, le travail qui consiste à rendre accessibles à des élèves de troisième des notions aussi complexes est très intéressant et formateur. Il s'agit en fait de réaliser des supports

de cours inédits sans pouvoir s'appuyer sur quoi que ce soit d'existant. C'est évidemment très satisfaisant sur le plan pédagogique.

Sur le plan humain, c'est très riche également. Le contact avec des chercheurs de très haut niveau permet de sortir du contexte scolaire parfois un peu sclérosant.

- **La motivation des élèves** va crescendo. Elle dépend essentiellement de la confiance qui s'établit avec l'enseignant. Celle-ci se transmet d'année en année, les anciens motivant les nouveaux. Les visites qui se mettent en place au cours du projet et les manipulations qui sont montées, rendent beaucoup plus attractif et dynamique le projet au fur et mesure de son développement. C'est à ce moment que les élèves rencontrent l'extraordinaire et trouvent une justification aux efforts théoriques (les cours) consentis en amont. **En fait la problématique est là ! Il ne s'agit pas de rendre plus facile l'enseignement des sciences, mais bien de le rendre plus attractif.**

Dès le mois de février, les élèves prennent conscience de ce qu'ils vont devoir présenter leurs travaux lors de conférences. L'anxiété et la motivation croissent alors en parallèle, d'autant plus fortes affectivement qu'ils vont être seuls sur scène devant leurs pairs, leurs parents et leurs « tuteurs ». Ils apprennent à dominer cette angoisse. Préparer des supports visuels et un exposé oral en public nécessite des compétences particulières qui sont très appréciées dans la vie professionnelle et qui ne sont, par ailleurs, que peu ou pas du tout enseignées en classe.

Cette année, dès les premiers cours théoriques, un ingénieur du CEA est venu, pour présenter concrètement le projet les plongeant dans le cœur du sujet. Il leur a montré que Cadarache peut avoir une forme humaine et que derrière la technologie, il y a aussi des hommes. Il a réussi à les rassurer, et à leur faire comprendre qu'ils sauront se débrouiller et que ce qu'on leur demande restera très pratique. Les élèves ont pu ainsi projeter sur le long terme leur implication et en saisir concrètement les étapes. Sept mois de travail sur un projet, là encore, c'est exceptionnel pour des élèves de collège.

Les collègues de lycée repèrent très vite les élèves qui ont participé au projet car ils montrent une certaine avance sur leurs camarades quant à la mise en œuvre de démarches scientifiques qu'ils ont parfaitement intégrées.

- **L'aspect innovateur** : Les responsables pédagogiques au Ministère finissent par être imprégnés par ces pratiques pédagogiques. Cela peut se ressentir au niveau des recommandations et même directement dans la mise en place de dispositifs ou de plans d'actions plus larges. Par exemple, depuis quelques années, est apparue une évaluation expérimentale en physique dans le baccalauréat général scientifique. C'est une petite révolution, car jusque là l'épreuve était entièrement théorique.

En revanche, l'expression orale, en dehors de l'enseignement des langues, est rarement prise en compte dans l'évaluation, que ce soit au niveau primaire ou secondaire, à part peut-être la présentation d'un exposé une fois ou deux par an.

Pourtant, cela semble efficace car la préparation d'une conférence oblige les élèves à travailler la matière scientifique d'une autre façon. Il faut tout d'abord rédiger les textes qui vont être dits en approfondissant les savoirs pour être capable de les restituer clairement à l'oral sous une forme qui est foncièrement différente de l'écrit.

Cependant, il faut noter qu'il est difficile de développer ces approches novatrices, qui se prêtent difficilement à un traitement de masse. On ne peut pas envisager une généralisation de ce type de démarche à l'échelle d'une classe d'âge. D'une part ces projets sont très lourds à mettre en œuvre et d'autre part, il paraît impossible de trouver suffisamment de thèmes différents pour permettre aux élèves de s'exprimer.

Pour résumer, ces expériences ne sont forcément transposables, mais leur mise en œuvre devrait finir par influencer certaines évolutions, par exemple le mode d'évaluation dans les disciplines scientifiques.

Le travail que devraient faire les instances pédagogiques serait, d'analyser l'ensemble de ces initiatives très différentes les unes des autres, d'essayer d'en extraire les quelques principes généraux qui les sous-tendent et de faire émerger quelques voies d'approche ainsi que quelques modèles qui pourraient inspirer un grand nombre d'enseignants et être mis en place dans le primaire (c'est déjà fait avec le PRESTE, Plan de Rénovation de l'Enseignement Scientifique et Technologique à L'Ecole) et le secondaire. Tout ce qui peut susciter chez les enfants un enthousiasme pour la démarche scientifique doit être encouragé, surtout lorsque le résultat est aussi probant. C'est un peu l'objet de ce projet.