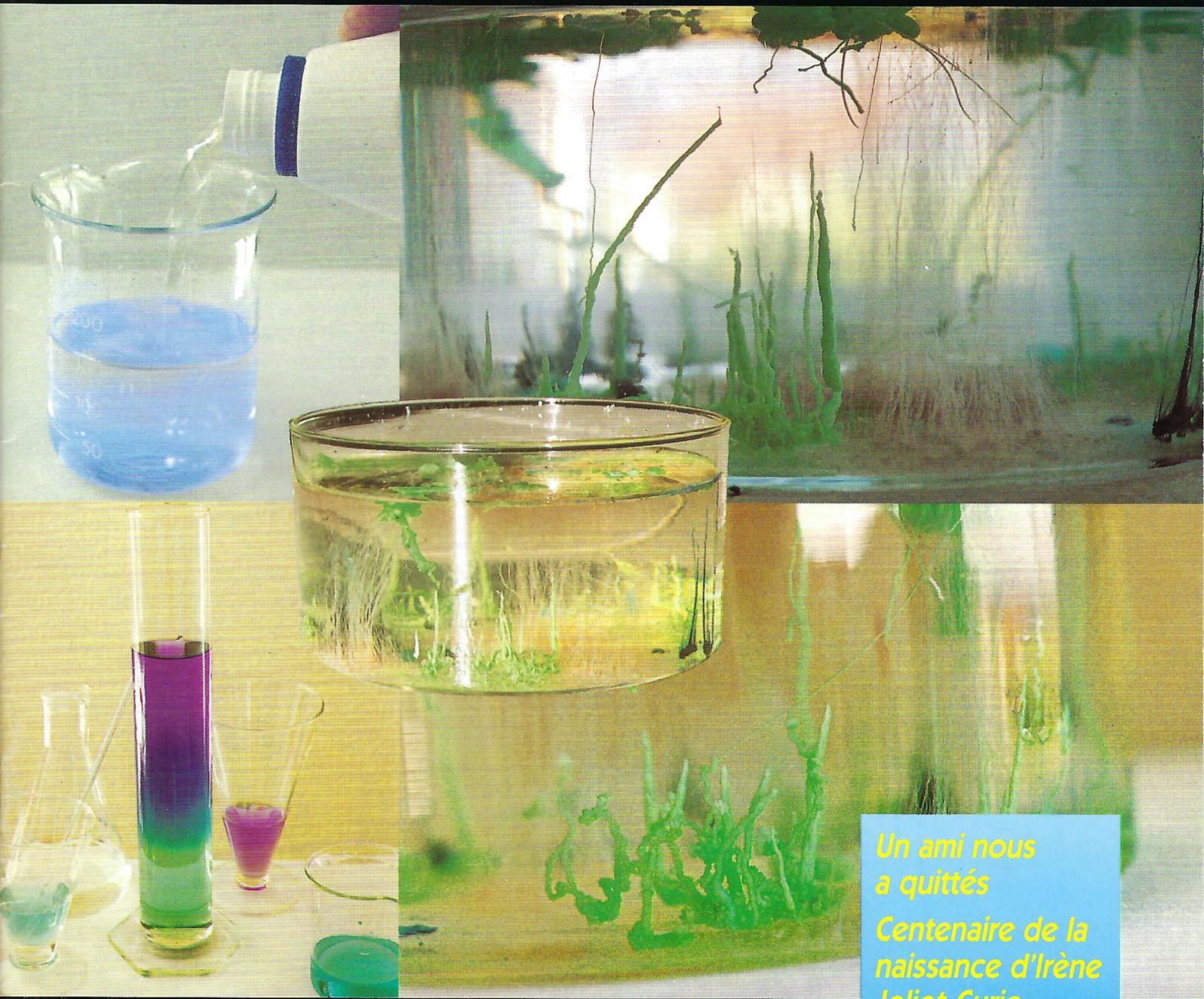


AUVERGNE SCIENCES

BULLETIN DE L'ADASTA

Novembre 97

N° 40



*Un ami nous
a quittés
Centenaire de la
naissance d'Irène
Joliot-Curie
Une brève
histoire des
ponts*

ASSOCIATION POUR LE DÉVELOPPEMENT
DE L'ANIMATION SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE EN AUVERGNE

- Le dossier
Une brève histoire
des ponts.....p. 3
- Le dossier
Histoire des sciences
au collège p. 10
- Activités diverses
La science en fête..... p. 13
Spécial exposciences p. 16
- Le dossier
centenaire de la naissance
d'Irène Joliot-Curie.... p. 17
- Témoignage
Un ami nous a quittés . p. 25
- Libre-propos
L'interdisciplinarité ... p. 26
- Activités diverses
Visite de la mine
d'uranium de Jouac ... p. 27

PERMANENCES :

Tous les jours ouvrables
de 9 h 00 à 12 h 00
et le mercredi de 14 h 00 à 17 h 00.

AUVERGNE-SCIENCES

Publication trimestrielle
19, rue de Bien-Assis
63100 CLERMONT-FERRAND
Directeur de la Publication
Suzanne GELY
Rédaction : Jocelyne ALLEE
N° ISSN 1166-5904

Photo de couverture :
Les expériences de chimie
de sciences en fête
Photos : J. ALLEE
(Voir article p. 13)

Dépôt légal Décembre 1997

Imprimeries Centre France - REIX 04 73 60 75 75 - 24006

COLLABORATION DE L'APBG ET DE L'ADASTA

Dans le cadre des activités organisées par l'APBG (Association des Professeurs de Biologie-Géologie), a eu lieu, le mercredi 22 octobre après-midi, au siège de l'ADASTA, une initiation à la valise Becquerel-Curie, à l'intention de dix collègues enseignant les sciences de la vie et de la terre en collège ou en lycée. Les participants se sont déclarés très satisfaits de la démonstration de Suzanne Gély.

L'ADASTA se tient à la disposition de tous les enseignants qui souhaiteraient s'exercer à l'emploi de cette valise, dans le but de l'emprunter. Rappelons que l'ADASTA propose également un apprentissage du planétarium, matériel pouvant être loué par l'Association.

Chers lecteurs



Dans ce numéro 40, AUVERGNE SCIENCES vous propose un dossier où l'histoire des sciences est toujours à l'honneur. En particulier, le centenaire de la naissance d'Irène CURIE a engagé notre présidente Suzanne GELY dans l'étude approfondie de sa biographie, et l'a amenée à de patientes recherches sur certains détails méconnus de sa vie.

Vous lirez également plusieurs comptes rendus, agréablement illustrés de photographies sur le vif, et témoignant des activités de l'ADASTA : participation à Science en fête, voyage en Limousin. N'oublions pas les deux conférences programmées par l'ADASTA pendant ce premier trimestre de l'année scolaire :

- le 2 octobre, "Vision par ordinateur pour la robotique" par Michel DHOME, directeur de recherche au CNRS (Laboratoire LASMEA, Université Blaise Pascal),

- le 5 novembre, "Le système métrique, hier et aujourd'hui" par Pierre GIACOMO, directeur honoraire du Bureau International des Poids et Mesures.

Avec l'ensemble des scientifiques Français, l'ADASTA se réjouit de l'attribution du prix Nobel de physique à Claude Cohen-Tannoudji, pour ses travaux sur le ralentissement des atomes à l'aide de laser.

Malheureusement notre association a été endeuillée par une triste nouvelle : En juillet nous avons appris que Monsieur Hubert GIE, Inspecteur Général de Sciences Physiques, n'était plus de ce monde. Nous évoquons pour vous la mémoire de cet homme si attaché au développement des sciences, et estimé de tous ceux qui l'ont approché. Personnellement je garde le souvenir des qualités humaines d'un collègue et ami qui sut toujours me prodiguer toute l'aide nécessaire quand je devais faire face à des tâches difficiles. Je n'oublie pas non plus l'accueil simple et chaleureux de son épouse en pareilles occasions : Que ces quelques lignes soient pour elle le témoignage de ma reconnaissance et de mes profonds regrets.

JOCELYNE ALLÉE

Merci à nos sponsors



MINISTÈRE
DE LA RECHERCHE
ET DE LA TECHNOLOGIE



VILLE DE
CLERMONT
FERRAND



Une brève histoire des Ponts

1 - LES PONTS PRIMITIFS

Les ponts primitifs ne supportaient vraisemblablement qu'une circulation piétonne et devaient répondre à des besoins locaux (franchissement d'une rivière ou d'un ravin). Leur construction faisait appel aux matériaux trouvés sur place : lianes, bois, pierres. On peut se faire une idée de leur conception en examinant les ouvrages construits dans les régions restées pratiquement isolées du reste du monde.

Il ne fait aucun doute que les ponts en liane ont été construits bien avant le premier arc en maçonnerie, même si ces deux types d'ouvrages ont été précédés par des arches naturelles de roche, comme on en trouve en Ardèche ou à Lexington (Virginie). Les éléments porteurs des passerelles suspendues primitives étaient des câbles formés de lianes ou de bambous tressés, attachés à chaque extrémité à des rochers ou à des troncs d'arbres. La conception la plus simple consistait à ne tendre qu'un seul câble à travers l'obstacle à franchir, portant une nacelle tirée par des cordes. Un autre système était constitué de plusieurs câbles supportant une sorte de hamac réalisé avec des lianes. Ce n'était pas très confortable pour marcher... Aussi, les passerelles les plus élaborées comportaient-elles un platelage en bois constitué de rondins assemblés, accrochés aux câbles par de véritables suspentes en lianes tressées. On rencontre encore ce type de pont en Afrique ou en Asie.

Les premiers ponts en pierre étaient constitués par une grosse pierre assez plate, formant dalle, reposant sur deux appuis. Leur portée était nécessairement très limitée du fait du poids de cette dalle et de la mauvaise résis-



Extrait de *LA CONCEPTION DES PONTS*, cours de l'École Nationale des Ponts et Chaussées

Anne BERNARD-GELY et Jean-Armand CALGARO

Anne Bernard-Gély est Ingénieur des Ponts et Chaussées. Ancienne élève de l'École Polytechnique et de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, elle est Directeur de l'Exploitation au Syndicat des Transports Parisiens. Jean-Armand Calgari est Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, ancien élève de l'École Polytechnique et de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, et chef de la mission Recherche et Réglementation du SETRA.

L'article qui suit représente, moyennant quelques coupures, le premier chapitre d'un cours sur la conception des ponts qu'ils enseignent à l'École Nationale des Ponts et Chaussées. Nous avons simplement substitué, à l'abondante iconographie du livre, quelques photos de ponts situés dans notre terre auvergnate.

tance à la traction de la pierre. Une passerelle de ce type, construite en 850 av. J.-C., existe encore à Smyrne. Certains ponts primitifs furent construits de la façon suivante. Des pierres, convenablement taillées, étaient disposées de part et d'autre de l'obstacle à franchir en lits horizontaux, chaque assise dépassant légèrement l'assise précédente jusqu'à ce que les deux parties soient assez rap-

prochées pour que l'intervalle puisse être couvert par une seule pierre. On obtenait ainsi des ouvrages, permettant de franchir de faibles portées, ayant l'apparence de voûtes. C'est ainsi que furent réalisées des portes d'assez grandes dimensions ou la couverture d'édifices en Égypte, en Grèce archaïque ou dans la civilisation pré-colombienne.

La portée des passerelles en bois, bien que supérieure du fait de la meilleure résistance du bois à la traction par rapport à la pierre, fut, au départ, limitée par la longueur des troncs d'arbres. Toutefois, la possibilité de réaliser des assemblages a progressivement permis de franchir des portées plus importantes.

2 - LES PONTS EN BOIS

Le bois possède d'excellentes caractéristiques mécaniques et permet des assemblages. Ce matériau a donc permis, dès l'Antiquité, de construire de véritables ponts, assurant le passage de chariots lourdement chargés. Le système le plus simple consistait évidemment à confectionner des travées assez courtes, avec des troncs d'arbres en guise de poutres, liés entre eux et recouverts par un platelage. Les piles pouvaient également être en bois, constituées de pieux battus dans le fond de la rivière et formant ce qu'on appelle une palée, ou en pierre.

Hérodote nous a laissé la description d'ouvrages très importants sur le Nil et l'Euphrate, construits plus de vingt siècles av. J.-C., constitués d'une suite de travées en bois et reposant sur des piles en pierre. Nous connaissons aussi le pont de Darius sur le Bosphore, et celui de Xerxès sur les Dardanelles, construits au VI^e siècle

av. J.-C., constitués de travées en bois reposant sur un grand nombre de bateaux.

Les Romains ont construit un très grand nombre de ponts en bois. César aurait, dit-on, réalisé en huit jours un ouvrage sur le Rhin pour aller écraser les Germains, en 55 av. J.-C. Les Romains améliorèrent considérablement la technique de construction en bois, notamment en renforçant les poutres principales au moyen de brancs obliques. Ce système, introduisant une poussée sur les appuis, apparentait ces ouvrages aux arcs en maçonnerie et aux ponts à béquilles actuels.

Mais la découverte des assemblages leur permit de construire des ouvrages fort complexes. De ces ouvrages, il ne nous reste que deux images : celle des bas-reliefs de la colonne Trajane, qui montre le pont construit par Trajan sur le Danube en 105 d'une longueur supérieure à 1 100 m, constitué d'une suite d'arcs en bois reposant sur des piles épaisses en maçonnerie, et celle d'une mosaïque du forum des corporations à Ostie, représentant un pont de bateaux sur le Rhône à Arles. Par ailleurs, les écrits nous révèlent l'existence de quelques autres, comme le pont Sublicius à Rome, initialement construit en bois sous le règne d'Ancus Martius au VIIe siècle av. J.-C. Il fut probablement reconstruit en maçonnerie sous l'Empire.

Jusqu'au XVIIe siècle, de nombreux franchissements furent construits tantôt en bois, tantôt en pierre. Mais rares sont ceux qui ont pu résister aux guerres et aux incendies. Citons le magnifique pont de la Chapelle à Lucerne en Suisse et celui de l'Accademia à Venise.

Au cours des XVIIIe et XIXe siècles, on construisit une grande variété de ponts à voûtes en bois, car ce matériau de construction était sans conteste le plus économique. Des structures triangulées en bois furent utilisées, notamment lors de la construction des grandes lignes de chemin de fer. Mais ces ponts étaient fragiles et ne pouvaient supporter que des charges limitées. De plus, ils ne résistaient guère aux crues sauf si leurs piles étaient en maçonnerie. Toutefois, en France, les

premiers ponts ferroviaires sur la Seine furent réalisés dans ce matériau et le pont de Grenelle à Paris était encore en bois en 1874.

A partir de 1850, l'usage de la charpente tomba en désuétude en Europe, sauf en Suisse, pays d'élection des charpentiers, ou pour réaliser des ponts d'intérêt local. Par contre, on continua longtemps aux Etats-Unis à employer le bois, principalement pour la construction des chemins de fer transcontinentaux, entreprise entre 1870 et 1880, et notamment pour cette grande aventure que fut la traversée des Montagnes Rocheuses. L'ingénieur Howe s'est immortalisé, dans le Nouveau Monde, par l'invention de treillis en bois. On peut citer le Colossus Bridge, d'une portée de 104 m, sur la rivière Schuykill.

De nos jours le bois est parfois utilisé pour construire des petits ponts réservés aux piétons ou à un faible trafic local en zone montagneuse.

3 - LES PONTS EN MAÇONNERIE

Dans les ponts en maçonnerie, les voûtes sont constituées de pierres taillées et assemblées de telle sorte que les joints soient à peu près perpendiculaires à l'intrados et soient en permanence comprimés (d'ailleurs ils ne sauraient résister à un quelconque effort de traction). Elles permettent d'augmenter considérablement la por-

tée ainsi que la capacité portante des ouvrages. Cependant, la construction des voûtes est complexe : on doit poser les pierres sur un échafaudage provisoire appelé cintre.

Lorsque la voûte est terminée, on peut enlever le cintre : les efforts de compression peuvent alors se développer. La construction du cintre a toujours posé de nombreux problèmes : approvisionnement en bois, confection d'appuis en rivière, résistance aux crues.

La pierre et la maçonnerie ont été utilisées pour des ouvrages importants et durables depuis la plus haute Antiquité jusqu'au début du XXe siècle, et même jusqu'à tout récemment en Chine, pendant la révolution culturelle. Quelques voûtes furent réalisées en Egypte et au Moyen-Orient. Mais ce sont les Etrusques qui généralisèrent le procédé, vers 800 av. J.-C., pour des couvertures de galeries et pour des ponts. A l'autre bout du monde, les Chinois ont également employé la voûte depuis des temps très reculés. Les Carthaginois réalisèrent des ponts en arc brisé comme celui de Martorell, dont la portée atteignait 37,3 m, et qui fut construit près de Barcelone (Espagne) au temps d'Hannibal.

Ce sont surtout les Romains qui développèrent les voûtes en pierre. Ils vou-

Sur la Couze Pavin, le pont médiéval de Saurier (Puy-de-Dôme) flanqué d'une petite chapelle. (Photo R. Jouanisson)



laient en effet, pour des raisons économiques et militaires, des itinéraires sûrs et utilisables en toute saison. Dans les ponts romains, les voûtes étaient toujours circulaires ou très proches du demi-cercle. Les ponts étaient souvent des ouvrages monumentaux aux arches constituées de pierre "de grand appareil", c'est-à-dire de gros blocs de 50 à 60 cm de hauteur. Dans les ouvrages à plusieurs arches, ces dernières étaient construites les unes à la suite des autres avec le même cintre. C'est pourquoi, ces ponts comportaient toujours des piles épaisses pour résister à la poussée de l'arche déjà construite. Les voûtes étaient, le plus souvent, construites par anneaux, c'est-à-dire par tranches longitudinales accolées les unes aux autres, et les piles étaient percées d'ouïes afin d'alléger la structure et augmenter la capacité d'écoulement en cas de crue.

[...]

La sobriété des arcs en plein cintre des ponts romains de la première époque était souvent compensée par le faste de majestueux arcs de triomphe érigés, en chaque extrémité, pour rendre hommage au personnage à l'origine de la construction. La deuxième époque, entre les II^e et V^e siècles, voit l'apparition d'une particularité qui sera reprise à la fin du Moyen Âge : le double "clavelage" de l'arc, dont l'intérêt est à la fois technique et esthétique : on commence par confectionner un arc mince qui sert de cintre à la pose d'un second arc, cette opération pouvant, d'ailleurs, être renouvelée plusieurs fois. Le premier cintre est donc beaucoup plus léger que s'il devait supporter le poids de la construction complète. On a conservé très peu d'exemples de ce style, et cette pénurie en ouvrages intacts n'a fait que s'aggraver jusqu'au Xe siècle.

Les Romains développèrent également l'emploi d'un ciment naturel appelé pouzzolane, pour fabriquer du béton sous l'eau afin de confectionner des fondations, et la technique du caisson (en bois) pour creuser le sol en site aquatique et construire les piles à sec. Le pont Saint-Ange de Rome (pont Aelius), construit il y a plus de 1 800 ans, franchit le Tibre sur

des fondations exécutées à l'abri de caissons. Mais la principale cause de ruine des ponts romains, outre le fait de guerre, fut la destruction des fondations par affouillement.

Les ponts du Moyen Âge sont caractérisés par des voûtes en arc brisé (ou en ogive). En effet, le tracé en arc brisé permettait de diminuer la taille du cintre, surtout quand on utilisait la technique du double clavelage précédemment décrite. Les arcs brisés, exerçant des efforts de poussée moindres, permettaient de réduire la taille des piles et des culées mais présentaient l'inconvénient d'accentuer le dos d'âne du pont. Les arcs brisés furent employés par les Arabes, sans évolution de la technique, jusqu'au XIX^e siècle. Le premier exemple en Europe est celui du pont d'Espalion sur le Lot, construit à l'époque de Charlemagne. En fait, pendant la fin de l'Empire Romain et le haut Moyen Âge, très peu de ponts en maçonnerie furent construits en Europe occidentale.

Au IX^e siècle, la France subit les assauts répétés des Vikings qui tentent d'envahir le pays en remontant les fleuves vers l'intérieur des terres. Le pouvoir central décide alors la construction de ponts fortifiés destinés à stopper la marche vers le sud des assaillants. Ces ponts furent d'une parfaite inutilité car les Vikings étaient très habiles pour sortir leurs navires de l'eau afin de contourner l'obstacle, mais leur principe n'en demeure pas moins intéressant.

Parmi les ouvrages les plus importants, citons un pont (malheureusement disparu) qui fut construit vers 860 sur la Seine à Pont-de-l'Arche près de Rouen.

Ce n'est qu'au XI^e siècle que les marchands, et surtout les moines, se mirent à construire des ponts, essentiellement pour établir des itinéraires sûrs vers les lieux de pèlerinage (Rome, Saint-Jacques de Compostelle) ou pour relier les monastères aux châteaux (Angers, Blois, Tours...) qui voient le jour à travers le pays. Leur inspiration est romaine de la deuxième époque, avec double clavelage et ouïes. Certains ponts étaient fortifiés

pour défendre les cités, comme le pont Valentré de Cahors (1308), et les seigneurs imposèrent souvent des péages. Un des plus célèbres reste le pont Saint-Bénézet sur le Rhône, près d'Avignon, construit de 1177 à 1187 sur d'anciennes piles romaines. La difficulté technique de réalisation de ce pont résidait dans la largeur du fleuve. En effet, le Rhône était alors la réunion de ruisseaux capricieux qui s'étendaient des remparts actuels jusqu'à la tour de Villeneuve-lès-Avignon, plusieurs centaines de mètres au-delà. La construction d'un pont était alors considérée comme une œuvre de bienfaisance puisqu'elle évitait les accidents causés lors des traversées par bacs ou lors des crues. Ainsi, participer à une telle œuvre donnait droit à des indulgences, par exemple une diminution de trente jours du séjour au Purgatoire, ou le droit de manger des œufs pendant le Carême ! Pour cette raison, Bénézet, qui sera plus tard sanctifié et donnera son nom au pont, eût-il l'idée de recourir à la charité publique pour réunir les fonds nécessaires, recueillis grâce à la quête de la confrérie des Frères pontifes. Cette technique de financement sera reprise pour la construction du pont Saint-Esprit à Bayonne, qui durera vingt-cinq ans (un exploit pour l'époque).

[...]

Au XIII^e siècle apparaissent des ponts sur lesquels sont construits immeubles et moulins. Les villes sont en effet limitées par une enceinte protectrice, et le coût de cette protection se ressent sur le prix des terrains. Chaque mètre carré gagné est donc précieux. De plus, le pont est un point de passage obligé, d'où l'intérêt que peuvent retirer les commerçants.

Les maisons sont généralement construites sur les piles comme sur le pont d'Angers. Leur disparition ne fait suite à aucun problème technique, mais à une quête de salubrité urbaine, au désir de conserver une perspective sur le fleuve... que l'on souhaiterait, de plus, purificateur, ce qui semble incompatible avec le déversement direct des latrines de ces maisons "coupables" dans les eaux fluviales. La disparition des fortifications per-



Le Pont du Diable à Chalençon (Haute-Loire). (Photo R. Jouanisson)

met, en outre, l'extension de la ville hors des remparts, ce qui ne justifie plus une construction aussi dense du centre, et provoque la disparition de ces ponts-rues au XIII^e siècle.

Quant aux moulins, les contraintes exercées sur les pales lors des crues ou de la circulation de blocs de glace lors des débâcles (le Moyen Âge était une période froide) rendaient aléatoire l'équilibre des piles. On a donc rapidement préféré la solution des moulins-bateaux ancrés sur les berges.

Le XIV^e siècle est celui des ponts fortifiés, avec pont-levis et château à l'entrée du pont, ou bien tour-porte donnant l'occasion de prélever une taxe au passage. Il en fut ainsi du pont Valentré à Cahors, avec une forme un peu différente des voûtes en arc brisé, probablement sous l'influence des constructions orientales qui atteindront leur apogée sous l'empire turc. C'est en 1377 que fut construit le pont de Trezzo en Italie, avec une portée de 72 m, et qui restera le record de portée pendant cinq siècles !

L'architecture médiévale s'inspire de celle des églises. C'est ainsi que se développent quelques raffinements dans la décoration des ponts, comme les cordons d'archivolte, ou de nouvelles formes pour les avant-becs (tri-

angles, ou amandes pour le pont Saint-Martial de Limoges), des arches plus élancées : au XV^e siècle, les plus longues atteignent 40 à 50 m d'ouverture.

A la Renaissance, on abandonna peu à peu les arcs brisés. Les ponts furent alors considérés comme des œuvres d'art : ils commencèrent à être décorés et leurs lignes furent affinées. Un exemple illustrant la confiance illimitée que connut cette période dans le développement de la technique fut la proposition de Léonard de Vinci de construire une voûte d'une portée totale de 240 m sur la Corne d'Or à Constantinople. A Florence, le Ponte Vecchio (vers 1350), qui se dresse toujours sur l'Arno fut éclipsé par le pont de Santa Trinita (1569) avec ses trois arcs en anse de panier, dont le rapport hauteur-portée était de 1 à 7, au lieu du rapport habituel de 1 à 4. [...]

Au XVII^e siècle naquit l'École française : Colbert confia à des ingénieurs et architectes la conception et l'entretien des ponts et des routes, en même temps qu'il opéra une centralisation des pouvoirs. C'est ainsi que fut créé le Corps des Ponts et Chaussées. L'aspect technique de la construction prit le pas sur l'architecture : on assista alors à de permanentes innovations afin d'élancer les arches principales.

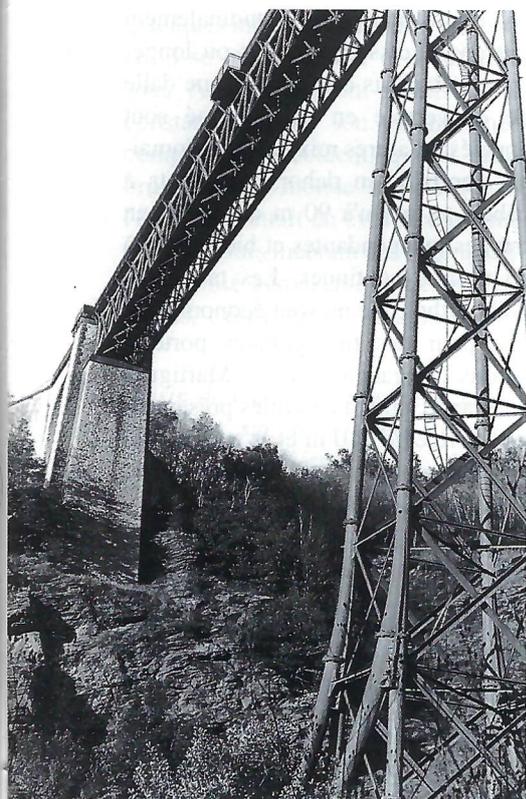
On abandonna ainsi progressivement la construction segmentée arche par arche et pile par pile. En effet, cette

méthode imposait des piles capables de supporter les efforts créés par une arche sur un seul appui, tandis que l'arche elle-même devait être conçue pour être autoéquilibrée. En construisant d'abord toutes les piles, puis en installant l'ensemble du tablier et des arches en un seul temps, on put obtenir des piles plus minces et des arches plus élancées. C'est cette méthode que développa Perronet (1708-1794), fondateur de l'École des Ponts et Chaussées en 1747, au sein de l'École parisienne. Il réalisa une vingtaine d'ouvrages très hardis de 1761 à 1791. En construisant simultanément l'ensemble des voûtes, il obtint des arches surbaissées de grande portée et un amincissement spectaculaire des piles. Au nombre de ses chefs-d'œuvre, on peut citer le pont de Neuilly sur la Seine, le pont de Pont-Sainte-Maxence sur l'Oise et son dernier ouvrage le pont de la Concorde (1791).

Le développement des chemins de fer fut à l'origine de la construction d'un grand nombre de ponts. Du fait des faibles pentes admissibles et des importants rayons de courbure des tracés, il fallut multiplier les viaducs pour franchir les vallées. Ces viaducs sont généralement constitués d'une succession d'arcs de plein cintre de faible ouverture, avec des piles quelquefois très hautes. Les plus beaux ouvrages ont été construits à la fin du XIX^e siècle par Séjourné qui porta la technique des ponts de maçonnerie à un ultime stade d'évolution. Cherchant à alléger la structure, il réduisit la voûte à un arc mince sur lequel s'appuient de multiples voûtes secondaires : le pont Adolphe au Luxembourg, construit en 1903, constitue un bel exemple de cette nouvelle technique, avec une portée de 85 m, battant le record du pont de Trezzo vieux de cinq siècles et qui sera dépassé de 5 m quelques années plus tard par le pont Plauen en Allemagne. Professeur à l'École des Ponts et Chaussées, il a écrit un ouvrage magistral intitulé *Grandes Voûtes*, en six volumes. Mais c'est le chant du cygne de la construction en maçonnerie : depuis 1950, plus aucun grand pont en maçonnerie n'a été construit.

4 - NAISSANCE DES PONTS METALLIQUES

L'histoire des ponts métalliques est liée à l'évolution continue des matériaux employés. La fonte fut le premier matériau moderne employé pour la construction de ponts dès la fin du XVIIIe siècle en Angleterre. Sa résistance à la traction étant très faible, elle ne permit de construire que des ponts en arc travaillant en compression. Le premier pont en fonte fut le Coalbrookdale, construit en 1779 par Abraham Darby III sur la Severn [...]. Tous ces ponts s'inspiraient étroitement des formes et des techniques employées pour les ponts en maçonnerie, mais la plupart d'entre eux eurent une très faible durée de vie, car la fonte était un matériau fragile. [...]



Moins illustre que celui de Garabit, le viaduc de Rouzat (sur la Sioule près de Gannat, Allier) est le premier construit par Eiffel en 1869. (Photo J. Allée)

A partir des années 1840, la possibilité de produire industriellement du fer laminé incita les constructeurs à concevoir des ponts en tôle. Plus cher que la fonte dont il était issu, le fer présentait l'avantage d'une bonne

résistance à la traction et d'une grande ductilité. Les premières applications furent des ponts suspendus par des chaînes de fer.[...] Le fer permit également la confection des premières poutres à âmes pleines.[...] Mais cette solution fut rapidement abandonnée au profit de poutres triangulées permettant une notable économie de matière. C'est aux Etats-Unis que les poutres triangulées se développèrent le plus rapidement, en s'inspirant des ponts en bois; cette technique apparut en Europe vers 1850. Les ouvrages pionniers furent le viaduc de Crumlin, en Angleterre, et celui de Fribourg, en Suisse (1857), qui présentaient la particularité d'être dotés de piles en fonte.

Bien sûr, le fer, se substituant simplement à la fonte, a été employé pour construire des arcs; mais il a surtout permis de créer des arcs triangulés, notamment les deux grands viaducs d'Eiffel : le pont Maria Pia à Porto (1877) et le viaduc de Garabit sur la Truyère (1884) avec une portée de 165 m.

Après l'invention du convertisseur Bessemer, en 1856, puis des procédés Siemens-Martin, en 1867, la production industrielle de l'acier s'est rapidement développée. L'acier, possédant des caractéristiques mécaniques bien supérieures à celles du fer, a permis un allègement des structures. Il a progressivement remplacé le fer dans tous les types d'ouvrages : ponts à câbles, ponts à poutres et ponts en arcs. [...] Nombreux furent les ouvrages en arc, d'une portée voisine de 150 m, construits en acier vers la fin du XIXe siècle. Citons, en particulier, le pont Alexandre III à Paris, construit pour l'Exposition universelle de 1900, dont l'élégance tient autant à la forme très tendue de son arc qu'à la richesse de sa décoration. Les arcs étaient quelquefois encastrés, mais le plus souvent articulés aux naissances. Ils pouvaient être dotés d'une troisième articulation en leur centre, comme dans le cas du pont Alexandre III.

La grande innovation de l'extraordinaire pont du Firth of Forth en Ecosse (1882-1890) fut la construction de deux travées cantilever de 521 m chacune formées de deux consoles de 207 m et d'une travée indépendante de

107 m, supportant une double voie ferrée. La structure en treillis, comportait des poutres maîtresses constituées de tubes d'acier.

5 - NAISSANCE ET DEVELOPPEMENT DU BETON ARME

Dès la fin du IIIe siècle av. J.-C., les Romains utilisaient des ciments constitués par un mélange de chaux et de cendres volcaniques de la région de Pouzzoles. Ils furent utilisés pour construire des arcs mais cette technique disparut avec les grandes invasions des IVe et Ve siècles. Les ciments naturels ne furent redécouverts qu'à la fin du XVIIIe siècle et il fallut attendre le début du XIXe siècle pour que les ciments artificiels voient le jour grâce au Français Louis Vicat et à l'Anglais Apsdin. Leur production industrielle ne démarrera qu'en 1850. Par ailleurs le principe des armatures remonte à l'Antiquité : on trouve des chaînages de bois ou de fer dans les constructions anciennes mésopotamiennes et assyriennes. Des goujons métalliques furent employés pour réaliser la jonction entre les pierres (port de Carthage). Mais le béton armé fut réellement mis au point au cours de la seconde moitié du XIXe siècle. Les plus grands arcs métalliques du monde sont le Kill Van Kull à New-York (1931) (510 m) et le pont de Sydney (1932) (503 m).

[...] Monier déposa les premiers brevets pour le béton armé de 1867 à 1873. A partir de 1890 apparurent les premiers ponts en béton armé : il s'agissait essentiellement de ponts en arc coulés sur des cintres en bois.

En 1911, Hennebique construisit le pont du Risorgimento à Rome, qui atteignait 100 m de portée. Après la première guerre mondiale, la construction de ponts en béton armé de grande portée redémarra de plus belle, notamment en France sous l'impulsion de deux remarquables ingénieurs : Albert Caquot et surtout Eugène Freyssinet. Ce dernier mit au point la technique du décintrement par vérins, consistant à créer une compression dans l'arc de manière à

ce qu'il se soulève de quelques centimètres du cintre et que celui-ci puisse alors être enlevé sans risques. Cette technique fut employée pour la première fois pour le décintrement du pont sur le Veurdre ; à l'occasion de ce projet, Freyssinet réalisa une arche d'essai de 50 m de portée et de 2 m de flèche seulement.

[...]

De nos jours, le béton armé conserve son intérêt dans la construction d'un grand nombre de petits ouvrages ou de très grands arcs. Deux exemples l'illustrent bien : le pont de Gladesville dans la région de Sydney en Australie, construit en 1964 avec une portée principale de 305 m, et surtout l'extraordinaire pont de Krk en Yougoslavie, construit en 1980 avec une portée principale de 390 m. La construction des arcs, abandonnée vers le milieu du XXe siècle à cause du coût du cintre, a retrouvé un intérêt économique pour le franchissement de grandes brèches grâce à la méthode de construction en encorbellement avec haubannage provisoire.

6 - NAISSANCE ET DEVELOPPEMENT DU BETON PRECONTRAIT

C'est Eugène Freyssinet qui, dès 1928, jeta les bases de ce nouveau matériau et en définit les principes essentiels, encore valables de nos jours. Quelques ouvrages modestes furent réalisés avant la seconde guerre mondiale, mais le premier grand pont en béton précontraint fut le pont de Luzancy (Seine-et-Marne), conçu juste avant la dernière guerre mondiale et achevé en 1946. Il avait une portée de 55 m et fut entièrement fabriqué à l'aide de voussoirs en béton précontraint, mis en place par des moyens mécaniques sans aucun cintre. Il fut suivi par cinq autres ponts similaires, également sur la Marne, de 74 m de portée.

Le béton précontraint est associé à diverses formes et divers modes de construction. Pour les petites portées, les formes courantes sont la dalle et la

dalle nervurée, associées à une construction sur cintre. Dans la gamme des moyennes portées (30 à 50 m), les ponts à poutres préfabriquées précontraintes et les ponts poussés constituent des solutions intéressantes. Dans la gamme des grandes portées, le béton précontraint est associé à la méthode de construction en encorbellement. Le premier pont construit selon cette technique fut achevé à Worms en Allemagne en 1952, avec une portée principale fort respectable de 114 m.

En Europe, à la fin des années 1970, le béton précontraint règne de façon quasi-exclusive sur un vaste domaine de portées, allant jusqu'à 200 m environ, et couvrant la très grande majorité des ponts. Il s'est également répandu sur les autres continents, tout particulièrement en Amérique du Sud et en Asie. [...]

7 - LES PONTS MODERNES EN ACIER

L'amélioration, au fil des décennies, de la qualité et de la régularité de fabrication de l'acier, jointe à une augmentation du coût de la main-d'œuvre, a conduit à une évolution sensible des types d'ouvrages.

Les poutres à âmes pleines se sont progressivement substituées aux poutres triangulées, à l'inverse de ce qui s'était produit au XIXe siècle. A l'origine les assemblages étaient réalisés par boulonnage. Rapidement, le rivetage a remplacé le boulonnage puis, peu avant la dernière guerre mondiale, la soudure a commencé à faire son apparition. De nombreux accidents ont limité le développement de cette technique : les soudures étaient cassantes par temps froid (rupture fragile). Des recherches technologiques poussées ont permis de résoudre ces difficultés et la soudure a, de nos jours, complètement supplanté le rivetage. Un autre mode d'assemblage, par boulons à haute résistance, s'est également développé : il consiste à employer des boulons d'acier à haute limite d'élasticité, comprimant les pièces à assembler par un serrage contrôlé, et assurant la

résistance de l'assemblage par frottement des pièces l'une sur l'autre.

L'allégement progressif des tabliers a rendu nécessaire celui de leur couverture, c'est-à-dire de l'élément qui porte la chaussée. Dans les premiers ponts métalliques, la couverture était en bois, en maçonnerie (voûtains de briques appuyés sur les pièces du pont) ou en tôles embouties. De nos jours, on ne rencontre pratiquement que deux types de couvertures : la dalle en béton armé, solidarisé aux poutres en acier par l'intermédiaire de connecteurs, et qui participe à la résistance d'ensemble du tablier à la flexion, et la dalle orthotrope.

Cette dernière est constituée par une tôle de 12 à 14 mm d'épaisseur, raidie dans les deux directions : transversalement par des poutres appelées pièces de pont et longitudinalement par des raidisseurs soudés ou longérons. Les ponts comportant une dalle de couverture en béton armé sont appelés ossatures mixtes : leur domaine d'emploi, en dehors des ponts à câbles va jusqu'à 90 m de portée en travées indépendantes et bien au-delà en travées continues. Les tabliers à dalle orthotrope ne sont économiques que pour des très grandes portées. Citons l'élégant viaduc de Martigues en France, pont à béquilles présentant une portée de 210 m et la travée centrale du pont de Rio Niteroi au Brésil, avec la portée record de 300 m.

8 - LES PONTS SUSPENDUS

Dès le début du XIXe siècle, de nombreux ingénieurs crurent trouver une solution particulièrement économique pour franchir les grandes brèches. Les premiers ponts suspendus virent le jour, avec un tablier en bois et une suspension constituée de câbles ou de chaînes de fer forgé. [...] Mais de nombreux accidents, dus à la trop grande souplesse des tabliers en bois et à la corrosion des câbles insuffisamment protégés, conduisirent les ingénieurs européens à considérer les ponts suspendus avec une grande prudence. [...]

A l'aube du XXe siècle, les Etats-Unis se lancèrent dans la construction de ponts suspendus gigantesques. En 1931, le pont George Washington à New-York, construit par Ammann, avec une travée centrale de 1 067 m faisait plus que doubler les portées alors existantes. Six ans plus tard, le pont du Golden Gate à San Francisco, conçu et construit par Joseph Strauss, portait ce record à 1 280 m. La grande élégance de ses lignes, le site grandiose qu'il marque, l'exploit technique qu'a représenté sa construction ont fait de cet ouvrage le pont le plus célèbre du monde. Bien d'autres ponts suspendus de moindre portée ont également été construits aux Etats-Unis, avec une tendance constante à augmenter la finesse du tablier. En 1940, fut achevé le pont de Tacoma dans l'État de Washington, qui présentait un tablier particulièrement élancé. Quelques mois après sa mise en service, il se mit à osciller et à se vriller sous l'effet d'un vent modéré mais constant, jusqu'à son effondrement complet. Cet accident, qui fit grand bruit dans le monde scientifique de l'époque, mettait en évidence un phénomène alors inconnu des ingénieurs : l'instabilité aéroélastique des ponts à câbles, c'est-à-dire le couplage entre

les mouvements propres du tablier et les effets du vent. Plusieurs ponts, dont le Golden Gate, furent renforcés à la suite de cet accident et tous les ponts construits ultérieurement firent l'objet d'études aérodynamiques très poussées.

Dans les ponts suspendus récents, le tablier métallique à dalle orthotrope, dont la section transversale est testée en soufflerie comme une aile d'avion, a remplacé le tablier en treillis. La suprématie de la technique britannique, dans le domaine des ponts suspendus est consacrée par la construction du pont sur la Severn (1966), du premier pont d'Istanbul (Turquie) (1973) et surtout du pont sur la Humber, achevé en 1980, dont la portée centrale de 1 410 m constitue le record mondial actuel. [...]

9 - LES PONTS A HAUBANS

Le principe des ponts à haubans est aussi ancien que celui des ponts suspendus, mais ce type d'ouvrage ne commença à être réellement développé que durant la première moitié du XXe siècle, notamment en France, avec les ponts conçus par Gisclard et

le pont de Lézardrieux (côtes d'Armor) qui fut transformé, en 1924, de pont suspendu en pont à haubans sans interruption de la circulation. Citons également, à titre de curiosité, le remarquable pont transbordeur de Marseille construit en 1889 par Arnodin et, hélas, détruit pendant la seconde guerre mondiale.

Ce n'est qu'après cette guerre que les ponts à haubans acquirent leurs lettres de noblesse. Les premières réalisations importantes virent le jour en Allemagne, avec les trois ponts de Düsseldorf construits dans les années 1950. Les premiers ponts à haubans comportaient un tablier métallique de façon à diminuer le poids. Mais l'ingénieur italien Morandi réalisa plusieurs ouvrages haubanés avec tablier en béton, dont le plus important est celui de Macaraïbo au Venezuela, avec plusieurs travées de 235 m. Les ponts à haubans de la première génération étaient caractérisés par un tablier épais (donc rigide) et un faible nombre de haubans.

La France semblait se tenir frileusement à l'écart du développement de cette technique lorsque, presque simultanément au milieu des années 1970, deux ouvrages remarquables viendront battre le record mondial de portée dans leur catégorie : le pont de Saint-Nazaire en Loire-Atlantique, à tablier métallique, avec une portée de 404 m, et le pont de Brotonne, en Seine-Maritime, à tablier en béton, avec une portée de 320 m. Ce dernier marque, dans le domaine des ponts haubanés à tablier en béton, une étape décisive.

Tous les records sont temporaires : le développement des ponts à haubans ne fait que s'accélérer sur tous les continents car, en évitant la construction d'énormes massifs d'ancrage, ils font reculer le domaine d'emploi économique des ponts suspendus. Ainsi, en France, le pont de Normandie, sur la Seine, avec un tablier principalement métallique dans la travée centrale de 865 m de longueur, est en voie d'achèvement et les travaux du pont Tatara (avec 890 m de portée centrale) ont débuté au Japon.

*Voisin de Garabit, le nouveau pont à béquilles sur la Truyère (Cantal).
(Photo R. Jauanisson)*



Histoire des sciences au collège

1 - RESUME DU MEMOIRE

L'auteur examine en préambule la place occupée par l'histoire des sciences dans les programmes et les manuels du collège, ainsi que les outils permettant de l'aborder : chronologies, et documents originaux. Vient ensuite le compte rendu de deux séquences de travail, l'une en classe de quatrième, l'autre en classe de troisième.

Avec les quatrièmes le professeur s'est appuyé sur une chronologie et a utilisé la méthodologie suivante : pré-test, déroulement de l'action pédagogique, post-test.

Dans son mémoire, il analyse les réponses des élèves et compare les résultats des deux tests. Il s'avère que pour les élèves l'histoire des sciences apparaît comme une suite d'expériences parfaitement réussies par de grands hommes. Il faut dire que la lecture des manuels ne peut que renforcer cette idée. De plus les sciences physiques semblent progresser de façon indépendante, les élèves voient mal leurs relations avec la technique et la société. Le travail du professeur doit corriger cette conception de la démarche scientifique et faire dégager l'influence de la technique, et des pouvoirs politiques, économiques, sociaux et culturels. Dans le cas pré-

Mémoire professionnel de Céline ROUFFIANGE, professeur stagiaire de physique - chimie au Collège Blaise Pascal, Clermont-Ferrand. 1996 - 1997.

Directeur de mémoire : Raymonde MOREL, professeur au Collège Blaise Pascal, Clermont-Ferrand.

Les professeurs stagiaires à l'Institut Universitaire de Formation des Maîtres effectuent, pendant leur année de stage, une recherche ayant pour champ d'action leur classe en responsabilité. Les résultats de cette recherche se concrétisent, en fin d'année scolaire, par un document écrit : le mémoire professionnel, et par une soutenance orale devant un jury. Nous remercions Monsieur le Directeur de l'IUFM d'Auvergne, de nous avoir donné l'autorisation de publier des extraits de mémoires professionnels ayant trait aux sciences, et de prendre contact avec les départements disciplinaires scientifiques pour qu'ils nous proposent un choix de textes, et demandent également l'accord des professeurs stagiaires qui en sont les auteurs.

Le mémoire professionnel de Mademoiselle Céline ROUFFIANGE, présenté aujourd'hui, a obtenu la mention très bien en juin 1997.

sent, Melle Rouffiange a proposé à sa classe une chronologie de l'histoire de l'optique allant de l'antiquité au siècle des lumières.

Le travail des élèves a été guidé par une fiche d'analyse leur posant quatre groupes de questions : "distinction entre comportement scientifique et non scientifique, validité d'un modèle ou d'une théorie, développement non linéaire et lien avec la société, relations sciences et techniques."

A la fin du travail, le questionnaire à posteriori le met en évidence, les élèves ont compris que les tâtonnements et les erreurs ont un rôle dans la construction de la science, et que c'est la confrontation aux faits qui valide un modèle ou une théorie.

Le travail réalisé en classe de troisième avait pour objectif de préciser la notion de modèle, en prenant pour base un document historique. Le professeur a choisi un texte de Lavoisier sur la combustion.

Les passages du mémoire présentés ci-dessous ont été extraits de la partie consacrée à la classe de quatrième. Nos lecteurs enseignants pourront lire en outre, dans le supplément pédagogique inséré à leur intention dans ce numéro, les différents questionnaires qui ont été soumis aux élèves de 4^e.

2 - EXTRAITS DU MEMOIRE DE M^{lle} ROUFFIANGE

A la question : "à quoi sert l'histoire des sciences ?", plusieurs réponses sont habituellement données dans les ouvrages. On citera les idées les plus couramment rencontrées. L'histoire des sciences est un antidote contre le dogmatisme, elle permet de former l'esprit critique, elle met en évidence les rapports science - technique - société, comme l'écrit Jean Rosmorduc en 1996. [1] Nicole Hulin [2] ajoute qu'elle permet de susciter un regain d'intérêt chez les élèves et qu'elle fait partie de la culture générale du citoyen. Bernard Vidal en 1986 parlait de lutter contre le scientisme ambiant tout en s'adressant à des publics variés tant au niveau des capacités, des motivations que des objectifs (ce qui sied bien à des élèves de collège). A l'inverse, l'histoire des sciences permet aussi de lutter contre les superstitions, les fausses sciences.

D'un point de vue didactique, les auteurs du début du 20^{ème} siècle assimilaient l'évolution historique de la science et la construction du savoir par l'individu. Certains ont poussé très loin la comparaison, ainsi Piaget a parlé d'isomorphie entre les stades individuels et les stades historiques. Actuellement, on ne pousse pas si loin l'analogie puisqu'on se limite à envisager des similitudes entre les obstacles rencontrés par les élèves lors de la construction de leur savoir scientifique et ceux qui ont entravé l'évolution de la science : les obstacles épistémologiques. On se base notamment sur les travaux de Giordan en didactique au sujet des représentations des élèves qui se rapprochent de celles des savants du passé. En effet, dans les deux cas, leur compréhension est entravée par des perceptions antérieures, par l'effet d'une formation plus ancienne. Les didacticiens s'attacheront plutôt aux perceptions antérieures, encore appelées représentations ou conceptions selon les auteurs. L'histoire des sciences peut aussi être utile quant à la prise en compte des conceptions des élèves et à leur évolu-



En classe de quatrième, C. Rouffiange a utilisé une chronologie de l'histoire de l'OPTIQUE. Les silhouettes évoquent quelques savants qui se sont illustrés dans ce domaine de la science. En tournant dans le sens des aiguilles d'une montre : Aristote, Descartes, Huyghens, Malus, Gauss et Fresnel.

tion. On citera par exemple une étude comparative des représentations et modes de raisonnement des élèves et des premiers physiciens en électrocinétique qui figure dans l'ouvrage de François Audigier et Pierre Fillon [3]. Des similitudes sont mises en évidence par exemple pour le modèle des courants antagonistes, le modèle circulatoire avec épuisement du courant, le raisonnement séquentiel.

A. Quels sont les objectifs ?

Objectifs relatifs aux démarches scientifiques :

- * s'approprier les concepts de loi, modèle et théorie.
- * distinguer différentes démarches (scientifiques, non scientifiques).
- * comprendre le rôle de l'erreur dans la progression scientifique.

Objectifs relatifs aux relations science - technique - société :

* faire évoluer les représentations que les élèves ont de la science, de ses acteurs, de son rôle dans la société.

* dégager les relations entre science, technique et différents pouvoirs : économiques, politiques, sociaux, culturels.

* montrer que la technique ne peut pas être systématiquement pensée comme une application de la science.

B. Les différents outils didactiques

1. Les chronologies

Elles figurent en général en bonne place parmi les auxiliaires pédagogiques de l'enseignant, car elles offrent de nombreuses ressources pour des travaux en classe allant de leur utilisation comme document de référence à leur construction par les élèves. On appelle chronologie des documents allant de la simple liste de

dates jusqu'à la frise chronologique juxtaposant des registres divers : politiques, économiques, culturels, scientifiques.

Les chronologies ont l'avantage de montrer que " le temps historique n'est pas un mais multiple ". (F. Audigier, P. Fillon, 1991). L'intérêt d'une chronologie est de permettre une meilleure compréhension des rapports entre les événements : durée, succession, simultanéité. Elle permet aussi une réflexion sur le temps, à savoir que la chronologie permet de visualiser les continuités et les ruptures. Elle permet aussi aux élèves de repérer par exemple le décalage entre l'observation d'un phénomène et la publication des découvertes ou la durée nécessaire à l'amélioration technique d'un objet.

2. Les textes originaux

Ce sont certainement les supports les plus utilisés par les enseignants parce qu'ils sont les plus intéressants dans l'optique d'un enseignement d'histoire des sciences. Il est cependant difficile de se procurer des textes originaux, sauf bien sûr ceux cités à titre de courts extraits dans les manuels. On aura donc recours soit aux textes des manuels ou mieux à des textes déjà sélectionnés par des historiens des sciences et publiés dans des ouvrages de synthèse. Ceci évitera au professeur d'avoir à faire un énorme travail de recherche.

On peut classer les différentes utilisations des textes en trois catégories selon Audigier et Fillon :

■ utilisation orientée sur les représentations des élèves et/ou la construction de concepts ; les textes seront l'occasion de conflits cognitifs (on citera un texte tiré du mémoire d'Ampère où il évoque le modèle des courants antagonistes et qui peut permettre de vérifier si l'enseignement d'électrocinétique de 4ème a bien fait évoluer les conceptions des élèves en testant s'ils sont d'accord ou pas avec ce qu'écrit Ampère).

■ utilisation culturelle ; par exemple pour montrer les relations science - technique - société (certains textes d'Edison qui mettent très en avant l'aspect financier de la mise au

point de la lampe à incandescence), pour présenter le contexte historique, pour mettre en évidence l'existence d'un paradigme (exemple : le phlogistique).

■ utilisation plus illustrative ; par exemple pour décrire une expérience. C'est celle qui est souvent privilégiée dans les manuels (par exemple texte sur l'analyse de l'air réalisée par Lavoisier).

Il faut prendre certaines précautions quant au choix du texte. Il doit être accessible pour l'élève. La forme du texte peut représenter un obstacle insurmontable vis-à-vis du travail sur documents originaux dont la syntaxe et le vocabulaire peuvent gêner la compréhension. De plus, si le texte aborde des concepts aujourd'hui abandonnés, les concepts acceptés actuellement par la communauté scientifique doivent être présentés immédiatement après. Il faudrait enfin que le texte soit replacé dans son contexte afin de souligner les liens entre la science et la société de l'époque.

Il faut également lors de l'étude éviter les anachronismes qui sont de trois types selon Audigier et Fillon : [3]

■ anachronisme conceptuel ; il consisterait à expliquer le texte avec des concepts qui n'avaient pas été formulés à l'époque. On peut cependant être amené à le faire mais il faut que tout transfert de concept soit alors signalé à l'élève.

■ anachronisme de vocabulaire ; il consisterait à ne pas tenir compte du fait que des mots identiques n'ont pas le même sens suivant les époques.

■ anachronisme concernant les expériences et le matériel utilisé.

On citera enfin Lucien Poincaré (1912) qui souligne l'intérêt de la lecture de textes originaux : "[...] on constatera que telle ou telle page écrite par un Pascal, un Arago ou un Berthelot, a, dans sa profondeur plus de lumineuse clarté et plus de réelle simplicité que les chapitres correspondants de beaucoup de traités dits élémentaires, où des auteurs qui remontent rarement à la source et qui se copient souvent les uns les autres,

ont reproduit, avec des déformations de plus en plus fâcheuses, la pensée première des inventeurs."

Conclusion

Les résultats obtenus au cours de cette étude montrent que le travail sur l'histoire des sciences peut encore être amélioré et ce en tenant compte des avis formulés par les élèves et de l'analyse des difficultés rencontrées. Cette étude est aussi relativement encourageante pour le professeur de sciences physiques qui souhaite s'investir dans l'histoire des sciences avec ses élèves, sachant que cela nécessite un gros travail de recherche mais que cela procure une grande satisfaction tant au niveau des résultats et de la motivation des élèves qu'au niveau de l'enrichissement personnel. Pour terminer et afin de satisfaire à la fois le professeur, dans un souci d'introduire une véritable dimension historique, et l'élève qui réclame des activités expérimentales, on citera J. Violle qui écrivait en 1884 : "Si dans l'étude de la Physique, rien ne supplée le laboratoire, le livre est l'auxiliaire indispensable indiquant sur chaque question comment la science s'est faite et où elle en est. Il montre le point de départ, les difficultés de la route, le terrain déjà conquis et les positions à enlever [...]".

C. ROUFFIANGE

BIBLIOGRAPHIE

[1] Jean Rosmorduc, 1981, Sur les questions du programme de Physique et de Chimie justifiant l'introduction d'une dimension historique, Bulletin de l'Union des Physiciens n°633.

[2] Nicole Hulin, 1996, Histoire des sciences et enseignement scientifique : quels rapports ? Un bilan XIXème - XXème siècle, Bulletin de l'Union des Physiciens n°633.

[3] François Audigier et Pierre Fillon (dir.), 1991, Enseigner l'histoire des sciences et des techniques, Institut National de Recherche Pédagogique.

10 et 11 octobre 1997:

ACTIVITÉS DIVERSES

L'ADASTA et le Collège Irène et Frédéric JOLIOT-CURIE
célèbrent

LA SCIENCE EN FETE

sur le thème "RAYONNEMENTS ET ESPACE"

1 - LA COLLABORATION COLLÈGE-ADASTA

Le Collège d'Aubière, dont le patronyme rappelle le souvenir de savants prestigieux, était le lieu idéal pour faire participer enfants, adolescents et adultes du secteur d'Aubière, aux journées SCIENCE EN FETE, organisées par le Ministère de l'Education Nationale, de la Recherche et de l'Industrie, et sur le plan local, par la Maison de l'Innovation de Clermont-Ferrand. Ce fut l'occasion pour le Collège et l'ADASTA, de renforcer des liens de collaboration, qui existaient déjà. Madame Saint-Marcoux, principal du Collège, proposa l'aide logistique du personnel, et mit à disposition les locaux nécessaires à l'organisation d'un circuit de visite. Le vaste hall accueillit dix-huit panneaux d'exposition sur l'espace, traitant de l'environnement terrestre, des télécommunications et des voyages interplanétaires. Au CDI, les professeurs de documentation exposèrent des photos et des souvenirs de la famille Joliot-Curie ainsi que des journaux et documents de leur époque. Deux grandes salles rassemblèrent les expériences préparées par L'ADASTA. Enfin, dans les deux salles d'audiovisuel, on projeta en permanence un film sur la radioactivité, un autre sur l'airbus 340. Simultanément, dans cette seconde salle on pouvait se familiariser avec un tableau de bord d'avion, aimablement prêté par l'aéroclub d'Auvergne

2 - LES EXPÉRIENCES PRÉSENTÉES PAR L'ADASTA

Dans la première salle, le public pouvait assister à des démonstrations sur la synthèse additive et la synthèse soustractive des couleurs, puis se familiariser avec le phénomène de radioactivité, entre autres grâce à l'utilisation d'un compteur Geiger.



1 - Pierre Lafaye et l'atelier
« kaléidoscopes »

La deuxième salle reprenait ce thème de la couleur, mais cette fois dans le domaine de la chimie. Les lecteurs trouveront un peu plus loin une description succincte de ces expériences. Sensibilisés aux lois de la réflexion par la toujours étonnante expérience des deux bougies, les jeunes étaient alors invités dans l'atelier de construction de kaléidoscopes: Que de belles choses on peut voir quand on met

trois perles colorées dans un tube formé de trois lames de verre! Ces expériences variées, les questions et commentaires qu'elles suscitaient, rendaient nécessaire la présence simultanée de plusieurs animateurs dans chacune des salles. A l'appel de Jocelyne Allée, qui coordonnait l'ensemble de la manifestation, les animateurs ADASTA répondirent avec toute leur disponibilité, leur enthousiasme et leur compétence.

3 - UN PUBLIC VIVEMENT INTÉRESSÉ

Madame Saint-Marcoux avait admirablement dressé le planning de visite des élèves du Collège, de façon à ce que le plus grand nombre de classes

puisse voir l'exposition. Les élèves de l'école élémentaire de La Roche Blanche vinrent aussi, et à cette occasion firent connaissance avec leur futur Collège. A ce jeune public se mélaient des adultes, notamment pendant la journée du samedi, et même des personnalités comme Monsieur le Maire d'Aubière. qui nous fit l'honneur d'une visite. C'est dire que nous avons vu défiler beaucoup de monde! Mais l'attention toujours renouvelée des visiteurs, la fraîcheur des réactions des plus jeunes, nous ont rendu la tâche très légère. Merci à tous ceux qui ont travaillé au succès de ces deux journées, merci au public pour s'y être passionnément intéressé.

4- DES EXPÉRIENCES DE CHIMIE POUR LA FÊTE DE LA SCIENCE : FICHE TECHNIQUE

Nous remercions vivement la Manufacture Française de Pneumatiques Michelin, qui nous a prêté du matériel et fourni des échantillons de produits chimiques. Grâce à cette aide, il nous fut possible de réaliser trois expériences de chimie, dont le protocole figure dans une brochure intitulée "Comment faire un spectacle de chimie", et éditée par le CRDP de Poitiers. Nous donnons aux lecteurs quelques indications sur ces expériences très faciles à réussir et effectivement spectaculaires : les photos de couverture en témoignent.

1) Chimiluminescence: Oxydation du luminol par l'eau de Javel

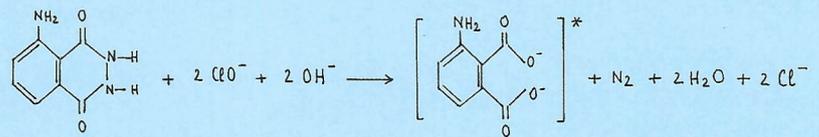
Le luminol se présente sous forme cristallisée. Il figure également dans les catalogues de produits chimiques sous le nom de 3-aminophthalhydrazide. On peut l'acheter en conditionnement de 1 gramme.

Mode opératoire :

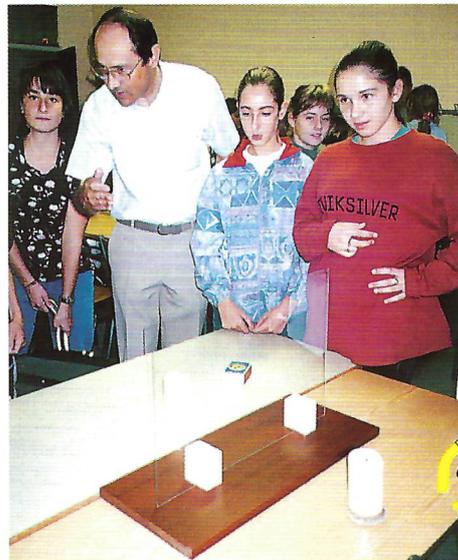
Dissoudre 0,5 g de luminol dans 1 litre de solution de soude à 0,1 mol.l⁻¹. Dans un becher verser 1 volume de la solution obtenue, ajouter un volume égal d'eau de Javel. Le becher s'illumine en bleu pendant quelques instants suscitant un "Ah" de surprise admirative. En regardant de plus près on observe un dégagement gazeux dans le becher, il s'agit d'azote.

Interprétation :

La réaction est une oxydation en milieu basique :



Les élèves de l'école de la Roche Blanche avec Marie-Colette Morenas



Jean-Pierre Garcia commente l'expérience des deux bougies

« L'illusion d'optique avec la bougie allumée m'a impressionné. » (Vincent C.M.1)

« Nous avons vraiment cru que la deuxième bougie derrière la vitre, était réellement allumée. Mais on nous a dit que c'était une illusion d'optique. » (Aurore C.M.2)

« J'ai bien aimé la chimie avec tous les produits qu'il fallait mélanger : avec du vert on faisait du violet... Dommage que l'on n'ait pas eu le temps de faire un kaléidoscope... mais heureusement, nous devrions en fabriquer en classe. » (Rémy C.M.2)

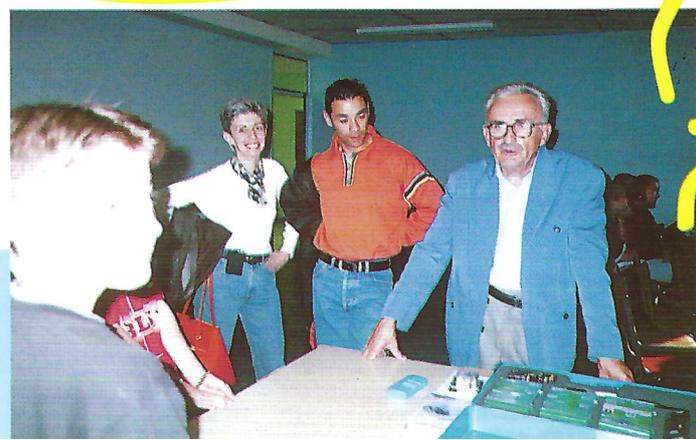
« Nous avons tous bien aimé, bien expliqué et c'était très agréable. Prochaine nous en ferons. »

« Nous avons bien aimé. On nous expliquait que l'avion était fabriqué à partir de pièces qui étaient toutes assemblées. » (Rémy et Alexis)

« J'aimais bien aussi apprendre comment reconnaître les faux billets ou urgents, mais aussi comment fabriquer de vrais billets. » (Stéphane)

« Moi, j'ai tout aimé. Mais ce que j'ai préféré, c'était le kaléidoscope. Lorsqu'on met le miroir, on le faisait tourner, ça changeait... » (Marie-Emilie)

« Le jardin du chimiste car on mettait des fleurs dans une bassine d'eau et ça changeait toutes les minutes environ. » (Alexis)



Guy Durand et la valise Radioactivité

L'ion excité produit revient à l'état fondamental avec émission de lumière. C'est par une réaction analogue, à savoir l'oxydation enzymatique d'une substance chimiluminescente, que les vers luisants produisent de la lumière.

2) Un dégradé de couleurs dans une éprouvette

L'ion complexe $[Ni(H_2O)_6]^{2+}$ est vert clair. Si on remplace dans cet ion successivement 2, puis 4, puis 6 molécules d'eau, par respectivement 1 puis 2, puis 3 molécules d'éthylènediamine, (1,2-diaminoethane) on obtient des ions complexes de couleurs bleu clair, bleu foncé, et violet.

Mode opératoire :
On utilise d'une part une solution à $0,2 \text{ mol.l}^{-1}$ d'acide chlorhydrique, dans laquelle on dissout par litre 12 g de chlorure de sodium, et 24 g de $NiCl_2 \cdot 6H_2O$. d'autre part une solution d'acide chlorhydrique de même concentration, dans laquelle on ajoute par litre 40 cm^3 d'éthylènediamine.

Dans un premier temps on peut réaliser dans des verres des mélanges en proportions variées des deux solutions: On obtient les différentes teintes énoncées ci-dessus.

Mais bien mieux, on peut obtenir toutes les teintes en dégradé du vert au bleu et au violet dans une grande éprouvette grâce à la différence de densité des deux solutions: les deux chlorures augmentent la densité de la solution n°1.

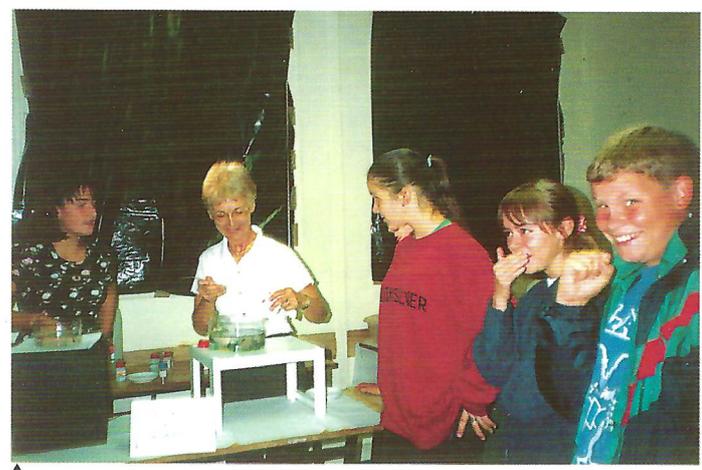
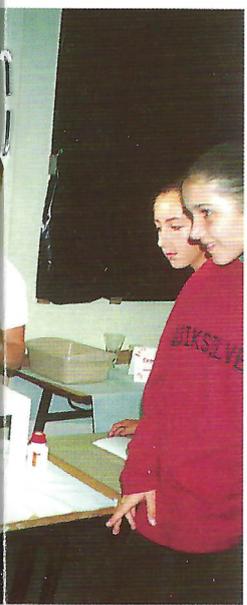
Remplir l'éprouvette à moitié de solution de chlorure de nickel. Ajouter un volume égal de la solution n°2, en la faisant couler doucement le long de la paroi pour éviter l'homogénéisation. Agiter légèrement dans la partie médiane jusqu'à obtenir le dégradé de couleurs, du vert dans la partie basse au violet dans la partie supérieure. Ce système est remarquablement stable: nous avons pu conserver l'éprouvette en l'état pendant les deux jours de Science en Fête.

3) Algues, végétaux ou cristaux?

La brochure qui nous a servi de source intitule cette expérience: "Le jardin du chimiste". Elle consiste à faire cristalliser des silicates colorés dans une solution concentrée de silicate de sodium.

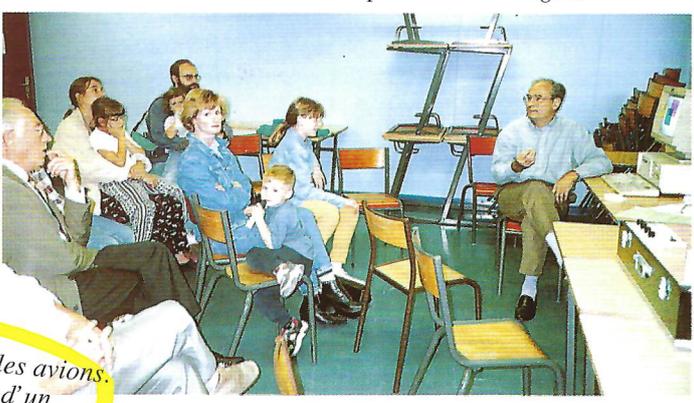
Mode opératoire :
Dans un grand cristallisateur verser un volume de solution commerciale concentrée (produit caustique), et un volume égal d'eau. Ajouter çà et là de petites pincées de divers sels colorés (Cu^{2+} , Ni^{2+} , Mn^{2+} , Cr^{3+} , Co^{2+} ...). En quelques minutes on voit se former des cristaux aux formes végétales. Certains prennent la forme de fins cheveux et poussent à vue d'œil, d'autres ont un aspect d'arbuste nain. L'expérience marche très bien avec le nitrate de nickel qui donne rapidement des arborescences vertes, et avec le sulfate de manganèse qui donne une véritable forêt de petites pousses verticales rosées.

J. ALLÉE



▲ Les expériences de chimie par Jocelyne Allée

▼ Les secrets de la couleur dévoilés par Bernard Ragoût



ence
é la chimie, car c'était
... J'espère que l'année
(Magali C.M.2)

né le documentaire sur les avions.
e les différentes parties d'un
es dans plusieurs pays, puis
lées dans une usine française. »

radioactivité :
s timbres lents
es faux et les
ie C.M. 1)

est le principe du kaléi-
ait des perles dedans et
on aurait dit qu'elles dan-
e C.M.2) « ... ça ressem-
edhi C.M.1)

te était très impressionnant
els" de différents métaux dans
ils "poussaient" en dix
xis C.M.2)

La Roche-Blanche, le 3/11/97.
Ecole Jules Ferry
classe de M^{me} VIGNON (CM1-CM2)
Rue des Peyrouses
63670 LA ROCHE-BLANCHE

Madame,
le vendredi 10 octobre, nos élèves ont été très
heureux de venir à la rencontre de la Science.
Malgré la difficulté de certains ateliers, vous
avez su vous mettre à leur portée, et tous en
ont gardé un moment en mémoire.
Je vous lire quelques-unes de leurs impressions.
J'en profite pour vous remercier pour les
photos que vous nous avez envoyées.
Bien cordialement. S. Vignol

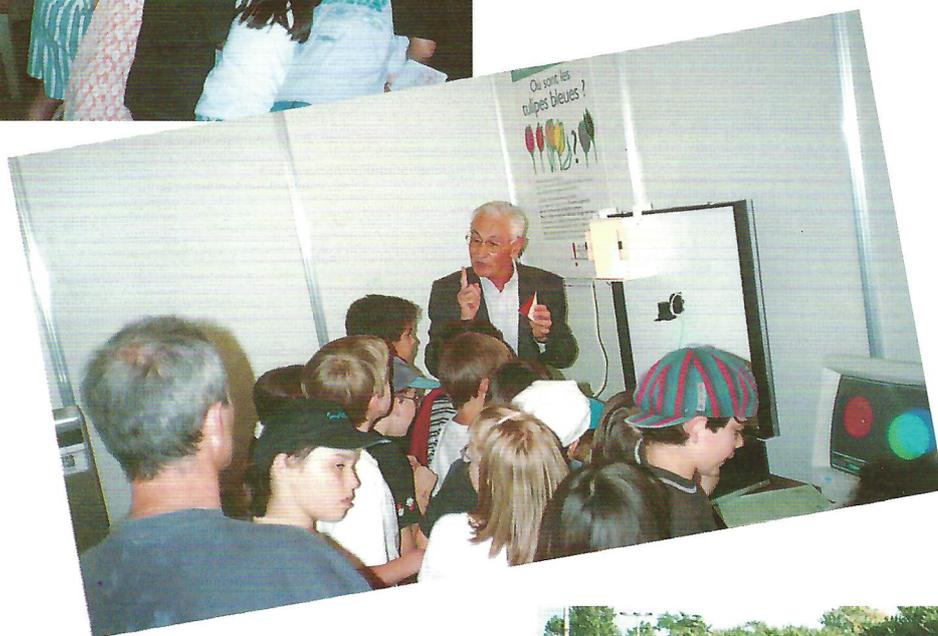
Des photos d'Exposciences

les 28 - 29 - 30 - 31 mai 1997
à Cournon



EXPOSCIENCES est l'occasion pour les écoles du département d'exposer une de leurs réalisations dans le domaine scientifique. Cette année, la salle polyvalente de Cournon rassemblait de nombreux travaux concernant la biologie, le règne animal, l'environnement, les sciences physiques, et vit défiler une foule de jeunes visiteurs passionnés, accompagnés par leurs maîtres.

◀ *Suzanne Gély, en dépit d'un bras cassé, réalise les expériences de radioactivité.*



▲ *Albert Ghys expose la synthèse des couleurs.*

Jacques Revelard fait apparaître un arc-en-ciel ▶



Rappelons que l'ADASTA avait tenu à être présente pendant ces quatre journées, dans le but de faire connaître ses réalisations et de rappeler qu'elle est prête à apporter information et collaboration, notamment auprès des jeunes et dans le milieu scolaire. Dans le stand qui nous était réservé, nous avons donc présenté et commenté quelques expériences. Par chance le ciel d'Auvergne se montra ces jours-là particulièrement serein et ensoleillé, et notre animateur Jacques Revelard remporta un vif succès en faisant apparaître dans la cour un magnifique arc-en-ciel. Les enfants comprirent qu'on peut simuler d'une façon simple ce phénomène naturel, en pulvérisant un nuage de fines gouttelettes d'eau, avec un pulvérisateur de jardin par exemple.

La manifestation s'acheva par l'attribution de prix, dont un à l'école élémentaire Monanges, pour l'élaboration d'un four solaire, qu'on avait vu admirablement fonctionner pendant toute la durée de l'exposition.

Centenaire de la naissance d'Irène Joliot-Curie

Introduction

Madame Suzanne GELY, avec un souci de recherche pédagogique originale, a consacré l'essentiel de sa vie de professeur de physique à diffuser son érudition à des générations de jeunes des classes préparatoires de nos lycées.

Aujourd'hui, alliant l'expérience au savoir, elle nous offre un remarquable inédit de ses talents d'historienne de la science, soucieuse de mettre en exergue des détails historiques qui permettent d'étayer, de valoriser ou d'échafauder des hypothèses parfois controversées. Beaucoup connaissent l'extraordinaire histoire de l'odyssée des 185 kg d'eau lourde confiés par les Norvégiens au laboratoire d'Irène et Frédéric JOLIOT-CURIE pour qu'ils échappent à l'envahisseur nazi. Après une étape prometteuse de quelques mois au Collège de France, il apparut une nouvelle fois nécessaire de soustraire le précieux trésor scientifique à la convoitise des chercheurs hitlériens. C'est à ce moment-là que s'inscrit une étape moins connue, celle du laboratoire éphémère de la villa "Clair logis" de Clermont-Ferrand à qui Madame GELY confère, par sa relation détaillée, son souci de la vérité historique, une dimension valorisante pour l'Auvergne et pour son rôle dans l'histoire de la France et du monde. Ainsi la villa "Clair logis" localisée rue Etienne Dolet, apparaît comme une étape essentielle qu'Irène et Frédéric JOLIOT-CURIE, HALBAN et KOWARSKI vécurent, dans l'espoir et la crainte, avec le souci lancinant de soustraire aux scientifiques dévoyés de l'Allemagne nazie le précieux stock d'eau lourde qu'ils purent acheminer, grâce à l'aide de réseaux de résistance, vers l'Amérique, empêchant ainsi l'Allemagne hitlérienne de fabriquer, avant tous, la terrible arme de destruction qui aurait pu leur permettre l'asservissement du monde.

C'est un plaisir et un honneur pour moi, en tant que co-président du Comité Régional d'Auvergne du centenaire de la découverte de la radioactivité, d'écrire ces quelques lignes introductives à cet article consacré à Irène JOLIOT-CURIE. Cette lecture m'a procuré un instant d'intense émotion car, en 1950-1951, déjà médecin, je préparais à la Sorbonne, le certificat d'électronique et de radioactivité dirigé et animé par un professeur d'apparence fragile, au teint diaphane, exigeant mais juste, Irène JOLIOT-CURIE, portant déjà les stigmates du tribut qu'elle devait bientôt payer aux radiations. Nous admirions, pour sa prodigieuse habileté d'expérimentateur, cette femme exceptionnelle, réservée et discrète, qui connaissait chacun de ses étudiants. L'électromètre à quartz, de maniement si délicat pour les élèves, n'avait aucun secret pour elle. Ne lui avait-il pas permis de percevoir d'étranges mutations de l'infiniment petit pour la découverte desquelles, lui fut conféré, avec son époux, F. JOLIOT, le prix Nobel de Physique.

Professeur G. MEYNIEL

Doyen honoraire
des Facultés de Médecine et de Pharmacie
de Clermont-Ferrand.



1 - IRENE ENFANT

Et d'abord pourquoi ce prénom Irène ?

J'ai cherché dans les ouvrages consacrés à cette famille célèbre une justification de ce prénom, mais il semble ne pas avoir été précédemment porté dans la famille de Pierre CURIE ou dans la famille polonaise de Marie.

Sainte Irène est fêtée le 5 Avril (une martyre à Thessalonique au IV^e siècle, une autre au Portugal au VII^e siècle) mais les considérations de calendriers ou de patronage sont trop étrangères à l'esprit des parents CURIE pour avoir orienté leur choix.

Par contre, ce prénom si féminin avait été célébré en 1778 par Voltaire (il avait alors 84 ans et avait été ovationné au théâtre à Paris) dans une tragédie dont l'héroïne était Irène, Impératrice de Byzance.

Quand on connaît l'admiration commune de Pierre et Marie CURIE pour « le siècle des Lumières », il est possible de penser que ce prénom leur ait été inspiré - peut-être inconsciemment - par la lecture de l'oeuvre de Voltaire.

Quand une autre fillette arrivera au foyer CURIE - 7 ans plus tard - elle s'appellera Eve, prénom symbolique puisque Eve est la Mère première, celle de tous les vivants.

Le choix de ces deux prénoms témoigne de l'âme poétique des parents CURIE. Leur vie était consacrée à la Science mais leur esprit et leur cœur vibraient à tout ce qui était humain.

Quand Irène, à son tour, aura des enfants, elle leur donnera des prénoms plus classiques et familiaux, renouant ainsi avec les traditions : Hélène en 1927, prénom déjà porté par Héla (diminutif d'Hélène) la soeur de Marie SKLODOWSKA (Irène pourra choyer cette tante Héla - la dernière survivante des SKLO-



Suzanne GELY
Clermont-Ferrand
12 Septembre 1997.

Il y a 100 ans, le 12 Septembre 1897, naissait à Paris, au foyer de deux physiciens Pierre et Marie CURIE, une fillette prénommée Irène. Nul ne pouvait alors deviner que le destin écrirait son nom en lettres d'or au fronton de la gloire et de la science.

Je ne peux résumer en quelques pages la vie si riche d'Irène JOLIOT-CURIE à laquelle une biographie très vivante, écrite par Noëlle LORIOT, a été consacrée. Je tiens seulement à célébrer dans les pages de notre revue le centième anniversaire de cette illustre naissance.

DOWSKI- en lui offrant, au cours d'un voyage en Pologne en 1948, les accessoires ménagers devenus un luxe après 1948. Héla avait alors 82 ans !).

En 1932, Irène appellera son fils Pierre, reprenant ainsi le prénom de son propre père, trop tôt disparu, qu'elle vénère et auquel elle ressemble tant!

Mais revenons à Irène enfant.

Sa mère, Marie, d'origine Polonaise est venue en France faire des études scientifiques, impossibles

à entreprendre à Varsovie, où les femmes ne sont pas admises à l'Université.

Reçue brillamment aux Licences de Physique et de Mathématiques, préparées en Sorbonne, Marie SKLODOWSKA épouse, en 1895, Pierre CURIE, physicien déjà connu pour ses travaux sur la piezoélectricité, le magnétisme, la symétrie.

En 1896, Marie est reçue première à l'agrégation de Physique.

L'annonce d'une maternité ne la détourne pas de son projet d'une thèse de doctorat qu'elle commence quelques semaines après la naissance d'Irène en Décembre 1897.

Elle choisit comme sujet un terrain encore vierge : l'étude des rayons uraniques découverts un an plus tôt par Henri BECQUEREL.

Marie ne tarde pas à proposer le nom de « radioactivité » pour ces nouveaux rayonnements, puis à découvrir deux éléments radioactifs : le Polonium et le Radium, jusqu'alors inconnus...

Irène enfant avec son père



C'est pourquoi on peut célébrer en même temps le centenaire d'Irène et celui de la Radioactivité !

Malgré son travail de laboratoire, Marie est une mère attentive ; elle se résigne à engager une nourrice mais elle surveille de près la santé du bébé Irène, ses progrès, notant sur un carnet, à côté des comptes du ménage, la date de la septième dent, du premier oeuf donné à Irène...

Par ailleurs, elle peut compter sur son beau-père, le Docteur Eugène CURIE, qui l'a assistée lors de la naissance d'Irène et qui, devenu veuf, vient vivre avec le jeune ménage.

Irène grandit, s'épanouit grâce à la présence affectueuse du grand-père qui compense les absences des parents préoccupés par leurs travaux de recherche.

Cependant, c'est toujours avec tendresse que Marie, le soir, retrouve sa fille, l'appelant « ma petite reine ».

Et puis les vacances d'été les réunissent tous les trois, les conduisant au bord de la mer ou la campagne, en Auvergne, à Auroux près de Langogne. Ils se baignent dans les rivières... A la fin de l'été, retour à Paris et reprise du labeur...

Le Prix Nobel en 1903 décerné aux deux époux pour la Découverte de la Radioactivité fera entrer, avec les journalistes, le trouble et la gloire dans cette famille si unie.

La naissance d'Eve, en 1904, apporte un bonheur supplémentaire, mais Pierre est de plus en plus fatigué.

Brusquement, à Paris, l'enfance d'Irène se termine en basculant dans la souffrance et l'épreuve : le 19 Avril 1906, ce père qu'elle adore, grand physicien mais doux rêveur, est écrasé en plein Paris par un fourgon à cheval.

Irène va désormais servir d'appui moral à sa mère désemparée, qu'elle appelle « Douce Mé ».

2 - IRENE ADOLESCENTE

Pendant deux ans, elle va appartenir à une « coopérative éducative » organisée par des amis de Pierre CURIE, se regroupant autour de Marie pour la reconforter et l'aider dans l'éducation de ses filles.

Une dizaine d'enfants ont alors pour enseignants les savants les plus brillants de l'époque, qui ont décidé ensemble de devenir eux-mêmes les professeurs de leurs enfants :

Paul LANGEVIN pour les Mathématiques.

Henri MOUTON pour les Sciences Naturelles.

Jean PERRIN pour la Chimie.

Marie CURIE pour la Physique.

Henriette PERRIN pour la Littérature et l'Histoire.

Edouard CHAVANNES (professeur au Collège de France) pour les Langues Etrangères.

Habitant autour de Fontenay-aux-Roses, ils sont presque voisins, et les enfants sont sensiblement du même âge.

Ces cours privés et collectifs seront interrompus au bout de deux ans et demi, afin d'éviter des trajets fatigants pour les enfants ; mais ceux-ci ont tous amorcé de brillantes études qu'ils continueront par des voies plus classiques (c'est ainsi qu'Irène ira au collège Sévigné).

Marie suit de près l'éducation de ses filles notant dans son carnet les succès d'Irène en calcul et la précocité musicale d'Eve. Mais les occupations ménagères, la couture, le jardinage ne sont pas oubliés et le sport tient une place privilégiée : bicyclette, marche, natation. La mère et les filles font de grandes randonnées en Ile-de-France. Elles partent aussi en excursion en Pologne : mais Marie a trop de travail pour quitter plus d'un mois son laboratoire et elle envoie ses filles au bord de la mer, en Normandie, en Vendée ou en Bretagne, sous la garde de leur tante Héla.

De retour à Paris, Irène retourne au collège Sévigné où elle fait de brillantes études.

En 1910, nouvelle épreuve avec la mort du cher grand-père, le Docteur Eugène CURIE.

Irène se sent de plus en plus le chef de famille, auprès de sa mère qui reçoit, en 1911, son second Prix Nobel et qu'elle accompagne à Stockholm, à cette occasion, mais dont la santé physique et morale devient si fragile.

Marie est très occupée par la construction de l'Institut du Radium qu'on vient de créer à sa demande.

Irène passe brillamment ses bachots et veut devenir l'assistante de sa mère.

D'allure sportive, presque masculine, passionnée par les études, Irène ignore toute coquetterie, tandis que sa jeune soeur Eve, la fantaisiste, la musicienne, prend la vie du bon côté.

En Juillet 1914, l'Institut du Radium est prêt pour l'inauguration.

Marie doit rester à Paris pour les derniers préparatifs ; mais Irène passe des vacances en Bretagne, à l'Arcouest, avec Eve qu'elle surveille de près.

Elles ont retrouvé là, les familles amies de Charles MAURAIN, Jean PERRIN, Emile BOREL, Charles SEIGNEBOS.

Ils font ensemble des courses en mer, en bicyclette, des baignades, des promenades en bicyclette.

Mais l'adolescence d'Irène prend fin brusquement, avec la déclaration de guerre, le 1er Août 1914.

3 - IRENE PENDANT LA GUERRE

A Paris, Marie met immédiatement ses compétences de physicienne au service de la France ; elle équipe des voitures radiologiques pour le front.

Irène veut quitter l'Arcouest, rentrer à Paris auprès de sa mère, car elle se sent adulte et veut aussi jouer un rôle actif auprès des blessés.

Elle supplie sa mère de lui permettre de la rejoindre et de l'accompagner.

Elle devient ainsi l'assistante de Marie, non pas à l'Institut du Radium comme elle l'avait rêvé, mais dans les hôpitaux militaires de campagne auprès des blessés.

Pendant 4 ans, et jusqu'à l'armistice du 11 Novembre 1918, Marie et Irène, toutes les deux, font un travail remarquable sans se douter que les appareils à rayons X qu'elles manipulent sont primitifs, sans protection, qu'ils les irradient à jamais, détruisant définitivement leurs santés.



Irène à l'Institut du Radium

Les soins aux blessés n'empêchent pas Irène de continuer ses études et de passer sa Licence de Physique à 17 ans.

De plus, Marie CURIE ayant besoin de manipulatrices sur le front, crée un cours de formation qu'elle confie à Irène.

Ainsi, pendant ces 4 années de guerre, Irène sera, tour à tour, infirmière, radiologue, professeur. Elle sera décorée de la médaille militaire.

4 - IRENE PREPARATEUR A L'INSTITUT CURIE

Après l'armistice, fin 1918, le travail reprend à l'Institut du Radium avec une cinquantaine de chercheurs de tous les pays du monde. Ils viennent souvent présenter leurs travaux à Marie CURIE, et Irène va aider sa mère de plus en plus.

Elle a 21 ans, son expérience de la guerre lui a donné de l'assurance. Elle assume aussi des cours avec autorité.

Cependant, dans cette vie austère de travail s'inscrit une parenthèse joyeuse : le voyage en Amérique.

En 1921, Irène et Eve accompagnent leur mère pour une tournée triomphale aux Etats-Unis. C'est la journaliste américaine Missy MELONEY qui a tout préparé. Marie a accepté ce voyage car la France, épuisée par 4 années de guerre, manque d'argent pour la recherche scienti-

fique. Or, les femmes américaines fortunées veulent désormais aider Marie à poursuivre ses travaux.

Une merveilleuse photo montre les trois CURIE partant pour l'Amérique, avec les grands chapeaux à la mode : un chapeau de veuve pour Marie, et des chapeaux élégants - mais différents - pour Irène et Eve.

Ce voyage de plusieurs semaines fut épuisant pour Marie, déjà usée, presque aveugle, mais ce furent des vacances pour Irène et Eve, émerveillées par des paysages superbes, accueillies comme des princesses par les Américains enthousiastes. Marie ramènera un gramme de radium, remis solennellement par le Président des Etats-Unis, de l'argent, des minerais précieux...

Cependant, des rumeurs commencent à circuler sur la nocivité des rayonnements radioactifs.

Rentrée en France, Irène reprend activement son travail auprès de sa mère de plus en plus fatiguée...

Cependant, l'été, elle s'accorde des randonnées en montagne avec son amie Angèle POMPEI (Sévrienne, qui deviendra professeur de Taupe au Lycée Fénelon à Paris) ou bien elle va à Arcouest, en Bretagne, retrouver la bande d'autrefois. Là, elle s'épanouit, mais à Paris, la préparation de sa thèse est prioritaire.

Elle la présente à la Sorbonne en Mars 1925.

Sa mère, Marie, n'y assiste pas car elle ne veut pas lui ravir la vedet-

te. Reçue brillamment « Docteur des Sciences », Irène est interviewée par les journalistes. A l'un d'eux qui la questionne, elle répond « Une femme de science doit renoncer aux obligations mondaines ».

A 28 ans, elle n'est pas encore mariée.

Nul ne sait encore que son coeur vient de commencer à battre pour un jeune assistant de sa mère, recommandé par Paul LANGEVIN et qui vient d'arriver à l'Institut du Radium : Frédéric JOLIOT

5 - IRENE AMOUREUSE

Fred est charmeur, musicien, beau garçon, très doué.

Après une enfance insouciante, il a travaillé d'arrache-pied pour sortir major de l'Ecole de Physique et Chimie de Paris, où il a été l'élève de Paul LANGEVIN. Il veut faire maintenant de la recherche scientifique.

Marie l'accueille sans hésitations, au début de l'année 1925, dans son laboratoire. Irène, la réservée, la timide, est conquise peu à peu par ce garçon si vivant, si brillant, qui la courtise avec patience et intelligence. Il a presque 3 ans de moins qu'elle et il n'a pas encore le bachot, car il a fait des études techniques. Mais Irène balaie toutes les objections, elle rêve de se marier, d'avoir des enfants. Irène et Fred font des projets d'avenir. Irène s'arme de courage pour annoncer ses fiançailles à sa mère. Marie accepte. Fred passe rapidement son bachot, puis la Licence de Physique.

5 - IRENE ET FRED

Le mariage est célébré le 9 Octobre 1926.

Irène est transformée, rayonnante. Elle continue à travailler à côté de sa mère, mais si la science reste sa priorité, elle s'intéresse - contrairement à Marie CURIE - au monde social et politique. De plus, elle commence à s'interroger sur les méfaits possibles de la radioactivité.

19 Septembre 1927 : Naissance d'Hélène.

Irène est émerveillée par la maternité, mais elle doit soigner ses poumons atteints de tuberculose. Sa mère a aussi des ennuis de santé de plus en plus préoccupants. Mais Marie refuse de ralentir ses activités.

Par contre, elle s'arrange pour enlever tout souci financier au jeune ménage, afin de faciliter leurs recherches scientifiques, car Irène et Frédéric travaillent maintenant ensemble, publiant des articles importants sur plusieurs sujets. Ils utilisent les échantillons de Polonium les plus purs et les plus radioactifs du monde, qu'ils ont réussi à fabriquer.

En 1930, Fred présente sa thèse de doctorat sur « l'étude électrochimique des radioéléments ».

Le 8 Janvier 1932, Irène et Fred font une expérience décisive en bombardant une cible de béryllium avec des particules α . Il se produit un rayonnement très pénétrant déjà signalé par Becker ; mais Irène et Frédéric montrent que ce rayonnement très pénétrant est capable de libérer, dans les corps hydrogénés des particules de grande vitesse qu'ils identifient comme des protons. Ils publient leurs résultats.

Un mois après, le 27 Février 1932, James CHADWICK, ayant refait l'expérience de Frédéric et Irène, confirme leurs résultats et montre que le rayonnement très pénétrant qu'ils ont mis en évidence est un faisceau de neutrons agissant sur les corps hydrogénés avec émission de protons.

La publication de CHADWICK désespère Irène et Fred : ce sont eux qui ont mis en évidence le nouveau rayonnement, mais ils n'ont pas su identifier « les neutrons » !

Malgré la naissance de Pierre le 19 Mars 1932, les deux époux reprennent leurs travaux avec acharnement.

Enfin, le 15 Janvier 1934, c'est la grande découverte de la Radioactivité artificielle : Fred et Irène bombardent une feuille d'Aluminium avec des particules α , provenant d'une source de Polonium ;

puis ils enlèvent la source, mais le compteur Geiger continue à crépiter avec une intensité décroissante.

Le premier corps radioactif artificiel venait d'être créé : l'Aluminium soumis aux rayons α était devenu du radiophosphore, se transformant spontanément en Silicium avec émission d'électrons positifs, diminuant selon une loi exponentielle.

Marie CURIE, prévenue aussitôt, vient au laboratoire avec Paul LANGEVIN, pour vérifier cette découverte prodigieuse.

Ce sera sa dernière grande joie, elle meurt 6 mois plus tard, dans les Alpes, le 4 Juillet 1934.

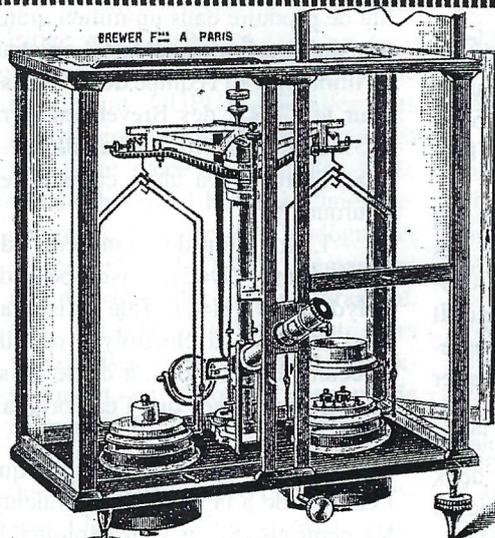
Alors, l'histoire va s'accélérer...

« Nous avons les CURIE, maintenant, nous avons les JOLIOT-CURIE ».

Grâce à l'argent du Prix Nobel, Irène et Fred vont construire la maison d'Antony, sur un terrain acheté par Marie, juste avant sa mort.

Mais les événements politiques se bousculent.

En 1936, c'est le gouvernement du Front Populaire ; Léon BLUM propose à Irène un portefeuille qu'elle n'ose pas refuser : sous-secrétaire d'Etat à la recherche. Mais au bout de 2 mois, c'est Jean PERRIN qui lui succède. Aussi, Irène retourne avec joie à l'Institut du Radium et aux cours qu'elle donne en Sorbonne. Mais elle est aussi obligée de soigner



BREWER F^{ms} A PARIS

ÉLECTROSCOPE
de Mademoiselle
Irène CURIE
pour la mesure de
RADIOACTIVITÉ
des ENGRAIS

◆◆◆

MATÉRIEL
COMPLET
DE LABORATOIRES

◆◆◆

PRODUITS
CHIMIQUES
PURS

◆◆◆

BREWER FRÈRES, PARIS
76, boulevard St-Germain — R. C. 55,388

Balance à amortisseurs à air
avec micromètre circulaire de
A. Manoncourt, ingénieur.

Le 10 Décembre 1935 : Prix Nobel à Stockholm décerné à Irène et Frédéric pour leur découverte de la Radioactivité artificielle. C'est la gloire ! Irène fait, avec assurance, la conférence Nobel, précédant celle de Frédéric, le 12 Décembre 1935, à Stockholm.

Et elle se souvient avec émotion avoir accompagné sa mère en 1911, lorsqu'elle avait reçu son second Prix Nobel, mais Irène n'avait que 14 ans, aujourd'hui elle en a 38 !

C'est alors que Paul LANGEVIN, à la fin d'un repas fêtant ce Prix Nobel, prend la parole pour dire

ses poumons par des séjours à la montagne.

Cependant, elle concentre ses recherches sur les nombreux isotopes produits par un flux de neutrons irradiant l'Uranium ; à Berlin, O.HAHN et F. STRASSMAN étudient ce phénomène depuis 3 ans, sans arriver à l'analyser complètement.

En 1937, avec son collaborateur Yougoslave SAVITCH, Irène -grâce à son habileté de chimiste - arrive à montrer que l'action des neutrons sur l'Uranium produit un élément radioactif de période 3 h 30 minutes, dont les caractéristiques sont voisines du

Lanthane ! Or, jusqu'alors, on pensait que les neutrons transformaient l'Uranium en éléments plus lourds, les « transuraniens ». Comme le Lanthane est plus léger que l'Uranium, Irène, déconcertée par son résultat, arrête ses expériences. Mais Lise MEITNER, O. HAHN et F. STRASSMAN, en lisant le compte rendu d'Irène identifiant le Lanthane, reprennent leurs travaux. Lise MEITNER, présentée comme juive, doit quitter Berlin et se réfugier à STOCKHOLM : ce sont O. HAHN et F. STRASSMAN qui annoncent le 6 janvier 1939 la possibilité que l'Uranium, sous l'action de neutrons, soit cassé en deux éléments plus légers - dont le Lanthane - avec émission de neutrons.

Ainsi, c'est Irène qui a mis O. HAHN et F. STRASSMAN sur la voie de la découverte de la « fission », ratant ainsi de peu un second Prix Nobel.

Fred, alors professeur au Collège de France, regrette que ses occupations l'aient empêché de s'associer plus tôt aux travaux d'Irène. Il s'intéresse maintenant à ce phénomène de la fission, qui peut provoquer une réaction en chaîne avec dégagement d'une énergie considérable. Il travaille sur cette question avec deux chercheurs : HALBAN, physicien d'origine autrichienne et KOWARSKI, émigré de Russie. En Février 1939, on commence à craindre la fabrication de bombes atomiques. De son côté, Irène est obligée de partir se soigner dans les Alpes et de subir un pneumothorax.

En Europe, la menace hitlérienne se précise et le pacte germanosoviétique plonge le monde dans la stupeur.

Le 1er Septembre 1939, les troupes allemandes envahissent la Pologne.

Le 3 Septembre, la France et l'Angleterre déclarent la guerre à l'Allemagne.

Les JOLIOT-CURIE sont effondrés, mais ils n'abandonnent pas leurs recherches sur la fission et les mettent au service de la Défense nationale.

Le 30 Octobre 1939, Frédéric JOLIOT-CURIE, avec Hans HAL-



Marie Curie entre ses deux filles lors du départ aux Etats-Unis

BAN et Lew KOWARSKI déposent, à l'Académie des Sciences à Paris, le pli cacheté, n°11520, sur « la possibilité de produire dans un milieu uranifère des réactions nucléaires en chaîne illimitée » Et l'équipe dépose aussi, pour le CNRS, des Brevets en Avril 1939 et Avril 1940. La bataille de « l'eau lourde » va alors commencer. Pourquoi ?

L'eau lourde contient du Deutérium (D=2), isotope de l'Hydrogène (H=1). Elle existe au fond des bacs à électrolyse où elle s'accumule peu à peu, à cause de sa densité plus élevée que l'eau ordinaire.

Or, on vient de découvrir que l'eau lourde a la propriété de ralentir les neutrons. Si on veut exploiter la fission de l'Uranium, il faut pouvoir la contrôler, en réglant à volonté le flux des neutrons qui se produisent en cascade après la fission des noyaux d'Uranium. L'eau lourde est un excellent modérateur. D'où l'intérêt d'avoir le stock mondial qui existe en Norvège (dans les usines électrochimiques de la Norsk Hydro) et que les Allemands, sur la piste de l'énergie atomique et de la bombe, convoitent aussi.

Frédéric JOLIOT joue un rôle décisif en convainquant le Ministre de l'armement Raoul DAUTRY de la nécessité d'obtenir ce stock et il pourra accueillir, le 16 Mars 1940, les 185 kilogrammes d'eau lourde venus, par avion, de Norvège, sous la direction du lieutenant Jacques ALLIER, et entreposés d'abord au Collège de France, où Frédéric commence des expériences.

Mais l'armée française est écrasée sur la Meuse. Aussi, le 16 Mai 1940, sur instruction de DAUTRY de mettre à l'abri les recherches du Collège de France, l'eau lourde prend le chemin de l'exode. Elle arrive d'abord à la prison centrale de Riom. Pourquoi ? C'est parce qu'en Auvergne il y avait déjà eu un précédent envoi de radium !

En effet, le physicien Jean-Jacques TRILLAT, ami de Frédéric JOLIOT-CURIE, avait chargé l'avocat clermontois Pierre DETEIX de trouver une cache sûre pour le radium belge que les Français avaient pu récupérer dans leur retraite, afin de le soustraire aux Allemands. Pierre DETEIX loue, à Clermont, deux coffres à la Banque de France, sans en préciser le contenu. Mais deux jours plus tard, le Directeur de la Banque de France - prévenu on ne sait comment - refuse tout net de garder le radium qu'il faut enfouir en toute hâte au fond d'un puits.

Aussi, quand Pierre DETEIX est à nouveau contacté par son ami TRILLAT pour cacher, cette fois, « des colis qui ressemblent à des bidons de lait », il pense à la prison centrale de Riom, abondamment pourvue en cachots souterrains... Mais à Clermont, Irène et Frédéric ont installé un laboratoire de fortune - car ils veulent poursuivre leurs travaux - dans une villa de meulières un peu retirée, portant une plaque émaillée « Clair logis », que leur ami TRILLAT a louée pour eux.

J'ai longuement cherché cette maison et je remercie très vivement tous ceux (Françoise TOURNILHAC,

Louis SAUGUES, Jacques REVOIL,... et leurs amis) qui m'ont aidée pendant une dizaine de jours à la localiser. Ce fut une quête longue et difficile, car les différents ouvrages consultés (cités en fin de cet article) n'en donnaient pas l'adresse. Maître DETEIX, déjà très âgé, avait affirmé à Louis SAUGUES qu'elle se trouvait à Royat, où je l'ai cherchée en vain. En fait, grâce à un article paru dans « la Montagne » (le 2 Juillet 1980), j'ai pu avoir l'adresse : 85 rue Etienne Dolet, à la sortie de Clermont, vers Beaumont et Romagnat.

La villa existe toujours, mais elle ne s'appelle plus « Clair logis ». Le précédent propriétaire (Monsieur BALLET, décédé maintenant) voulait, vers 1970, l'appeler « Maison de l'eau lourde ». Mais d'une part, les locataires de l'époque - qui en sont actuellement les propriétaires - n'y tenaient pas et d'autre part, ce changement de nom était coûteux. Cette maison date d'une soixantaine d'années et c'est là qu'Irène et Frédéric ont accueilli l'eau lourde, venant de la prison de Riom, pour reprendre leurs expériences.

Hélas, les Allemands avancent toujours. L'eau lourde ne peut rester en Auvergne. Elle part sur Bordeaux, avec HALBAN et KOWARSKI, qui vont s'embarquer avec elle le 17 Juin 1940 sur un charbonnier anglais, « le Broompark » commandé par le 20ème Comte de Suffolk, venu sauver l'eau lourde, les savants français et des machines outils.

Le bateau échappera aux Allemands : HALBAN et KOWARSKI pourront ainsi continuer, en Angleterre, les travaux des JOLIOT-CURIE. Les Allemands, furieux de voir l'eau lourde aux mains des alliés, obligeront la Norvège occupée à refabriquer de l'eau lourde... Les alliés arriveront à bombarder l'usine... C'est la bataille de l'eau lourde, immortalisée par un film poignant et célèbre, et dont le premier acte s'est joué à Clermont-Ferrand, en Juin 1940...

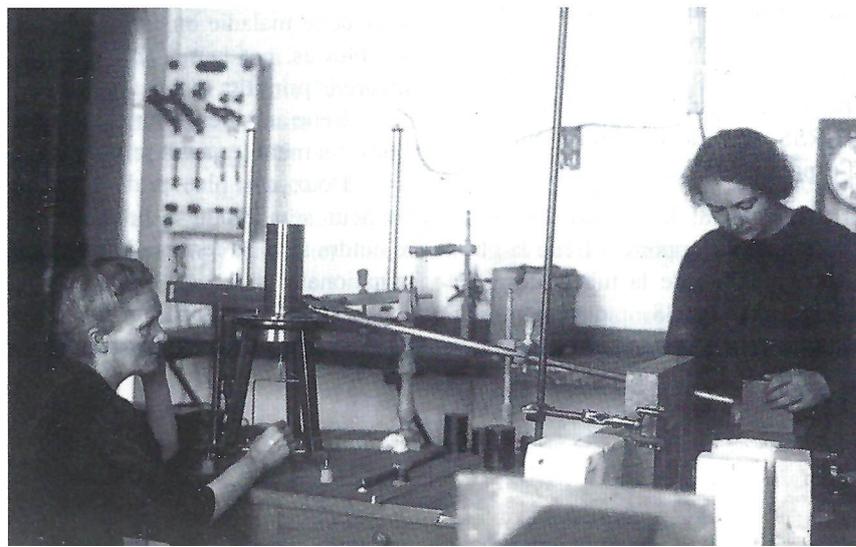
En plus de l'évasion de l'eau lourde, la villa « Clair logis » a été le témoin d'une autre épopée : le sauvetage d'un stock important de minerai d'uranium prêté au laboratoire de

JOLIOT-CURIE, par l'Union minière du Haut Katanga ; ce chargement précieux entreposé dans des fûts de 90 kilogrammes fut transporté de la villa « Clair logis » jusqu'à Bordeaux à bord de trois véhicules militaires, sous la responsabilité du Lieutenant DUPUIS. L'un des conducteurs, Olivier LACROIX, a rapporté son émouvant témoignage dans le journal « La Montagne », le 12 Juillet 1980. Parti le 18 Juin 1940 de Clermont, alors que le Général de Gaulle lançait son appel, le convoi arrive à Bordeaux le 20 Juin, à l'Ecole Supérieure de garçons, 58 bis rue du Commandant Arnould. Aussitôt, les camions repartent au quai des Chartreux pour embarquer le précieux chargement dans le cargo « Ile de Bréhat », qui se dirige vers Casablanca.

Peu de temps après, le Lieutenant DUPUIS, 5 allée des Marronniers à Montferrand, recevait une lettre datée du 5 Juillet 1940, venant du Grand Hôtel, à Clairvivre, commune de Salagnac (Dordogne) et signée JOLIOT-CURIE, demandant des nouvelles du convoi d'uranium. Les JOLIOT-CURIE étaient alors immobilisés sur la route de Bordeaux-Clermont, en raison du manque de carburant. Ils avaient, d'ailleurs, dû laisser à Clermont une autre voiture, que Pierre JACQUINOT, alors professeur à la Faculté des Sciences, ramènera plus tard, en personne, à Paris...

C'est avec une grande tristesse qu'Irène et Fred, à Bordeaux, ont vu partir le bateau avec leurs collaborateurs et l'eau lourde. Mais ils n'ont pas de nouvelles des enfants, restés à l'Arcouest et ils décident de rentrer à Paris, malgré l'occupation allemande. Ils veulent essayer de sauver ce qui peut l'être encore...

Marie et Irène absorbées par leurs travaux



Grâce à l'aide d'un jeune interprète - allemand mais antinazi - Wolfgang GENTNER qui avait travaillé en 1933 - 34 à l'Institut du Radium, Frédéric arrive à conserver le cyclotron : les physiciens allemands l'utilisent sans succès, car un mécanicien arrive à le détraquer chaque fois qu'ils le mettent en service, pour leurs propres expériences...

Mais Irène doit faire, de 1941 à 1943, des séjours de plus en plus longs en sanatorium. Cependant, malgré sa fatigue, elle reprend ses travaux, ses cours en Sorbonne et son combat pour les femmes...

La situation à Paris devient de plus en plus difficile. Frédéric entre dans la Résistance et prend beaucoup de risques. Il est même arrêté ; il n'est relâché que grâce à l'intervention de son ancien assistant. Mais le danger devient si grand, en 1944, que JOLIOT-CURIE décide de faire partir sa femme et ses enfants pour la Suisse : ils sont embarqués dans un camion qui les conduit à proximité de la frontière, ils font les derniers kilomètres à pied et se trouvent en Suisse, le 6 Juin 1944, le jour du débarquement des alliés en Normandie.

Août 1944, c'est la libération de Paris. Irène et les enfants viennent rejoindre Fred. Irène s'est réjouie d'apprendre que le gouvernement provisoire avait institué, le 21 Avril 1944, par une ordonnance, le droit de vote et l'éligibilité des femmes. Avant cette date, des femmes avaient illustré, par leur valeur exceptionnelle, des domaines très variés : COLETTE en Littérature, Marie CURIE en Sciences, Camille CLAUDEL en Sculpture.... Elle-même, Irène, avait été ministre pendant deux mois en 1936. Et des femmes du peuple, nul-

lement célèbres, mais efficaces, jouaient un rôle aussi important que leurs maris, dans la paysannerie, le commerce, l'économie...

Mais cela n'avait pas suffi pour inciter les responsables politiques à donner à toutes les femmes les mêmes droits civiques que ceux des hommes. Depuis 1848, date du suffrage universel pour tous les Français, nul n'avait songé accorder ce même droit aux Françaises. Pour la plupart des gouvernants, les femmes étaient vouées soit à la vie familiale, au foyer (soins domestiques, éducation des enfants) soit au divertissement (actrices, danseuses...).

Et bien peu de responsables politiques se préoccupaient des aspirations des femmes, même si chez nos voisins d'Angleterre, les suffragettes faisaient grand bruit et menaient une lutte courageuse pour faire reconnaître leurs droits. Heureusement, en 1944, le Général de Gaulle permet enfin aux femmes de France d'être électrices et aussi élues. Peut-être veut-il ainsi reconnaître officiellement la part importante de femmes dans la résistance et dans la victoire finale...

1945 : Les Américains, ayant mis au point la bombe atomique, en la lançant sur Hiroshima, mettront fin à la guerre, en bombardant Hiroshima.

En France, le 14 Décembre 1945, création du Commissariat à l'Énergie atomique (CEA) sous la direction de Frédéric JOLIOT-CURIE, secondé par Irène - pour la section chimie - ainsi que par ses amis de l'Arcouest, Francis PERRIN et Pierre AUGER.

Fred travaille alors sur la première pile atomique française ZOE (Zéro car la puissance de la pile est faible, Oxyde d'uranium, Eau lourde) qui fonctionne le 15 Décembre 1948, excitant la jalousie des Américains et des Anglo-saxons, car Fred est communiste depuis 1942 et la « guerre froide » est installée entre les USA et l'URSS avec de nombreux épisodes d'espionnage.

En 1948, la découverte de la streptomycine apporte à Irène la guérison complète de la tuberculose (le 18 Août 1948, ouverture à l'Académie de Sciences, du pli cache-

té, déposé de 30 Octobre 1939). Mais, en 1950, à cause de son engagement politique, Fred est révoqué de son poste de Haut Commissaire à l'énergie atomique, où il sera remplacé - avec l'approbation tacite de Fred - par son ami Francis PERRIN qui continuera son oeuvre. De même, le contrat d'Irène, au CEA, n'est pas renouvelé. Ils sont très amers et les vexations ne manquent pas.

Mais Irène, courageuse, ne se laisse pas démonter : elle reprend ses cours à la Sorbonne, ses travaux à l'Institut du Radium et surveille la construction de nouveaux laboratoires de Physique nucléaire, à Orsay.

A partir de 1950, elle se présente plusieurs fois, à l'Académie des Sciences, toujours refusée. Bien sûr, depuis que le Général de Gaulle avait accordé le droit de vote aux femmes et avait créé, en 1944, la première grande école mixte l'ENA (Ecole Nationale d'Administration) les femmes avaient pris, peu à peu, une place importante dans la cité, mais la discrimination sexiste ne vole pas en éclats d'un seul coup. L'évolution est progressive et il faudra attendre 1979 pour que la première femme, Yvonne CHOQUET-BRUHAT, mathématicienne, soit admise à l'Académie des Sciences.

En 1950, Irène se console de ses échecs répétés à l'Institut, en participant à des groupements féministes ou pacifiques, car la Paix est toujours menacée par la « guerre froide ». Irène luttera jusqu'au bout pour ses convictions.

Brusquement, malgré des séjours en montagne, elle ressent une inexplicable et très grande fatigue. Elle s'affaiblit, entre à l'hôpital CURIE et s'éteint le 17 Mars 1956 d'une leucémie aiguë, comme sa mère Marie : elles ont contracté toutes les deux cette maladie en radiographiant des blessés, pendant 4 ans, avec des appareils primitifs mal équipés.

Irène aura des funérailles nationales. Sa mère les avait refusées.

Deux ans plus tard, le même honneur sera rendu à Frédéric, qui rejoindra ainsi sa femme dans la gloire nationale.

En conclusion, on ne peut qu'admirer l'intelligence et le

dévouement de Marie et d'Irène. Elles ont travaillé toutes les deux pour le bonheur de l'humanité. Elles ont lutté courageusement contre la souffrance, l'adversité, l'incompréhension de certains hommes de leur temps. Elles ont été l'une et l'autre de tendres épouses, des mères affectueuses et attentives mais, sous une attitude timide et parfois distante, Irène est allée plus loin que sa mère dans la générosité. Marie est restée marquée par une jeunesse difficile et humiliée, elle détestait la guerre mais elle n'est pas devenue pour autant une militante pacifiste : elle était entièrement consacrée à la Science.

Marie, ayant été refusée une fois à l'Académie ne s'est plus représentée, alors qu'Irène a posé sa candidature 4 fois sans succès : son obstination visait à couvrir de honte ses détracteurs misogynes. En luttant pour la cause féminine, Irène a rendu plus facile aux postes de responsabilité, l'accès de nombreuses femmes - scientifiques ou non - qui lui seront - à jamais - reconnaissantes de leur avoir ouvert le chemin...

Mais surtout, par ses travaux remarquables, en ouvrant la voie à la découverte de la fission, Irène fait partie, avec son mari - découvrant la réaction en chaîne - des illustres savants atomistes permettant la production de l'énergie nucléaire. Mais le plus grand cadeau qu'Irène et Frédéric ont fait à l'humanité est « la Radioactivité artificielle » qui - en révolutionnant la médecine - a permis une lutte plus efficace contre de nombreuses maladies.

BIBLIOGRAPHIE

« Irène Joliot-Curie » par Noëlle LORIOT.

« La grande aventure des atomistes français » par Spencer WEART.

« L'eau lourde » par Jean MARIN, Historia.

Articles de « la Montagne ».

« Un épisode de La dernière guerre mondiale : la conquête de l'eau lourde » par Jean-Jacques TRILLAT.

PHOTOS

Association CURIE et JOLIOT CURIE. Paris

Un ami nous a quittés...

Monsieur Hubert GIE honorait l'ADASTA de son soutien et de son amitié.

C'était un être exceptionnel par son intelligence et ses connaissances scientifiques. Tous ceux qui ont eu le bonheur de l'approcher se souviendront toujours de son dynamisme, de sa clairvoyance et de sa bonté.

Voici ce qu'il m'écrivait le 4 octobre dernier.

"Il faut faire tout ce qui est possible pour garder le côté désintéressé de cette action très positive pour la vulgarisation des Sciences."

Il a encouragé toute l'équipe de l'ADASTA à repartir et il a tenu à envoyer un article pour la renaissance de "Auvergne-Sciences".

Son souvenir reste à jamais gravé dans nos esprits et dans nos coeurs.

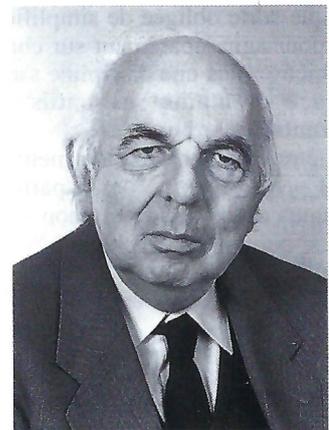
Suzanne GELY

25

Il faut faire tout ce qui est possible pour garder le côté désintéressé de cette action très positive pour la vulgarisation des Sciences.

H. GIE

Clamart, le 04.10.96



Hubert GIE est né le 29 août 1930 dans le XV^{ème} arrondissement de Paris, au sein d'une famille modeste. S'intéressant plus particulièrement aux disciplines scientifiques et à la philosophie, il achève des études secondaires par un baccalauréat dont les deux parties sont couronnées de mentions, et entre en 1949 au lycée Saint-Louis, dans une classe préparatoire à la rue d'Ulm, Normale Sciences Expérimentales, classe alors unique en France, fortement axée sur la démarche expérimentale. Après ses études supérieures, et l'Agrégation de physique en 1955, il est nommé professeur successivement aux lycées de Nancy, Villemomble, Saint-Cloud. En 1960 il revient au coeur de Paris, au lycée Charlemagne, où il enseigne dans les classes préparatoires aux grandes écoles, puis au lycée Condorcet et au lycée Louis-le-Grand. Durant toutes ces années il est un membre actif de l'Union des Physiciens et entre 1971 et 1979 il est le rédacteur en chef du bulletin de cette Association.

Hubert GIE est nommé Inspecteur de l'Instruction Publique en 1979, et occupera jusqu'en 1995 un poste d'Inspecteur Général, sans jamais rechercher les honneurs, mais plutôt en poursuivant une action efficace en faveur des Sciences. Ses fonctions de professeur et d'Inspecteur l'amènent aussi à participer aux concours comme membre du jury, ou président de jury : l'agrégation, le concours de Centrale, le concours général de physique...

Tout au long de sa carrière, il écrit de nombreux livres et articles, et continue à le faire pendant les quelques mois de retraite précédant sa brutale maladie.

Hubert GIE nous quitte le 5 juillet 1997. Des distinctions prestigieuses attestent ses mérites : Chevalier dans l'ordre National du mérite,

Commandeur des Palmes Académiques.

Interdisciplinarité

Par Roland Fustier

Professeur au Lycée Virlogeux à Riom

Le problème n'est pas nouveau, Jean-Baptiste Dumas pensait déjà "que l'enseignement classique de la science ne sera constitué que lorsqu'il se trouvera dans les collèges des professeurs décidés à maintenir sa continuité par des soudures habiles et des pénétrations fréquentes de l'une des divisions artificielles de la science dans l'autre..."

L'enseignement dans les facultés se fait dans le contexte très structuré de chaque discipline. Chaque matière possède sa propre clé d'accès et un langage souvent incompréhensible par le profane. Plus une branche est pointue, plus elle se détache des problèmes quotidiens. Elle est en quelque sorte obligée de simplifier le réel pour agir séparément sur chaque paramètre. Plus une discipline s'avère efficace et moins ses outils sont empruntables.

Peut-être est-il possible de mettre au point quelques "passe-partout", quelques outils universels non spécifiques permettant des synthèses et l'emploi des connaissances d'un domaine pour en éclairer un autre ? Se concentrer sur ce qui relie, sur la complémentarité plutôt que sur ce qui exclut ou différencie ? Inventer une grille de lecture sans le passage obligé par une phase lente et compliquée d'étude des règles, lois et vocabulaires des principales sciences fondamentales ?

L'évocation des problèmes de la vie quotidienne suppose qu'on admette de voir se croiser les approches scientifique, économique et éthique. Chercher les notions nomades qui s'égarer dans plusieurs disciplines à l'exemple de l'écologie où des résultats sont significatifs. Plusieurs spécialistes peuvent être concernés. Des notions reviennent sans cesse : force, action, réaction, interaction, équilibre, énergie, puissance, vitesse, cycle, conservation, dégradation, particules, espace, champ, temps, continuité, discontinuité, concentration, dilution, relativité...)

Cette pédagogie entraîne des évolutions non linéaires, voire chaotiques ou même floues, qui ne permettent pas d'extrapoler facilement un résultat.

Le développement accéléré des technologies, l'outil informatique entre autres, a conduit certains enseignants en sciences physiques à oublier l'aspect culturel de cette discipline pour la limiter à une technoscience. En effet avec la crainte de la complexité croissante, l'utilisation de nouveaux outils peu à peu acceptée dans cet enseignement peut amener à substituer l'informatique au refuge scientifico-mathématique bien connu.

Cette course à la technicité impose de prévoir quelques garde-fous. Certaines grandes écoles l'ont compris puisqu'elles offrent des formations en épistémologie, histoire et sociologie des sciences. L'enseignant de physique-chimie ne doit pas former seulement des ingénieurs ou des professeurs de sa spécialité.

On n'étudie pas le français uniquement pour devenir écrivain, l'histoire pour être historien. Avant l'ouverture des IUFM, les professeurs de sciences n'avaient pas l'opportunité de réfléchir ensemble à leur activité et de prendre du recul... Sauf initiative individuelle! Claude Allègre voudrait que toute problématique soit posée dans sa globalité sans esquiver la complexité des systèmes de pensée.

Edgar Morin et le vulgarisateur Joël de Rosnay préconisent depuis longtemps un enseignement moins linéaire et moins analytique. Les classes littéraires doivent dès maintenant bénéficier d'une telle approche et même constituer des laboratoires pour faire évoluer à moyen terme l'enseignement dans les classes scientifiques.

tat. Cette nouvelle méthodologie rencontre obligatoirement des opposants car elle transgresse les règles des spécialistes. Elle n'est pourtant pas à rejeter dans la mesure où elle permet d'organiser les connaissances en vue d'une plus grande efficacité dans l'action.

Les tentatives de rapprochement des disciplines n'ont pas toujours été couronnées de succès (biomathématique, sociobiologie). Loin d'atténuer le

découpage, de nouvelles disciplines peuvent apparaître (biochimie, neurobiologie). Chaque discipline a tendance à définir ses limites, au lieu de créer des zones de recoupement.

L'interdisciplinarité ne doit pas être au-dessus des différentes spécialités, mais s'attacher à ces zones franches d'où l'on pourrait varier les approches. Elle relève d'un comportement social davantage que de la pure rationalité.

Le spécialiste devrait accepter visiblement la diversité et exprimer avec simplicité les limites de son savoir. Le premier objectif est de rompre l'isolement de chaque discipline, de les confronter et non de les fusionner. On n'attendra pas toujours une coproduction mais plutôt une mise à l'épreuve mutuelle permettant d'élargir le contexte dans lequel on opère. Des personnes qui n'ont pas à isoler leur savoir de la vie quotidienne, mais habituées à gérer des "îlots de rationalité", pourraient apporter conseils et pourquoi pas, participer à l'élaboration des programmes (ingénieurs généralistes, médecins, architectes...)

Se confronter à des problèmes du quotidien est souvent plus compliqué que de travailler dans une spécialité dont les pratiques sont bien connues. Les classes littéraires où les cours sont souvent subis puis vite oubliés si on les organise comme ceux des classes scientifiques, offrent l'occasion de pratiques interdisciplinaires.

L'interdisciplinarité ne soit pas être envisagée comme une fin en soi mais comme un moyen permettant aux savoirs d'acquérir davantage de solidité et de sens, d'aborder les problèmes avec recul avant l'action si nécessaire. La réception d'une culture scientifique ne se résume pas à l'acquisition des savoirs disciplinaires. Une théorie est d'autant plus enrichissante que sa présentation aura été diversifiée.

La connaissance devrait se structurer autour de quelques principes et concepts intégrateurs.

N.B. On lira avec profit l'ouvrage de Jean-Marc Levy-Leblond "La pierre de touche", Essais Folio.

Roland Fustier

Visite de la mine d'uranium de Jouac le 24 Septembre 1997

Pour sa deuxième excursion culturelle depuis la reprise de la totalité de ses activités, l'ADASTA avait choisi de retourner en Limousin. (1).

Par une journée s'annonçant radieuse, les 22 participants (nombre maximal autorisé par l'entreprise visitée) prenaient la route, au petit jour, en autocar, en direction de la chaîne des Puys.

Traversant Pontgibaud puis Pontaumur, longeant Aubusson, ils rejoignaient la voie rapide Suisse-Océan à Guéret. Quittant cet axe à La Souterraine, ils se dirigeaient vers la frange nord du département de la Haute-Vienne, via Saint Sulpice-les-Feuilles et Mailhac sur Benaize, pour atteindre, au lieu-dit "LE CHERBOIS", le siège de la Société des Mines de JOUAC, qui exploite à proximité un important gisement de minerai d'uranium, et produit sur place de l'uranate de magnésium, première étape de l'élaboration du combustible destiné aux centrales nucléaires.

Dès notre arrivée, Monsieur MARIANO, directeur de la SMJ, nous présenta, grâce à une maquette du site, les différentes activités de l'entreprise. Puis il nous conduisit dans la salle de réunion pour nous décrire brièvement l'origine de la SMJ, ses caractéristiques actuelles et son avenir.

Créée en 1993, cette filiale de la COGEMA résulte de fusions et cessions successives de plusieurs sociétés minières. Depuis la fermeture de la mine de Lodève, le site de JOUAC est la dernière exploitation d'uranium ouverte en métropole. Elle produit 450 tonnes d'uranium par an à partir de 72.000 tonnes de minerai extrait.

L'effectif actuel du personnel employé par la SMJ est de 175 personnes ; il décroît régulièrement, car l'exploitation doit prendre fin en 2001, le gisement étant en voie d'épuisement et le marché mondial de l'uranium fortement excédentaire.



Société des Mines de Jouac : L'excavation de la mine à ciel ouvert, exploitée de 1978 à 1987.

Après cet exposé introductif, notre groupe fut partagé en deux équipes ; pendant que la première, équipée de survêtements "ad hoc", de bottes, de casques et même d'appareils d'assistance respiratoire en cas d'incendie, prenait le chemin de la mine, sous la conduite experte et joviale de Monsieur PEDESINI, la seconde, pilotée par Monsieur DEBARGE, se rendait à l'usine de traitement du minerai. Une inversion était prévue pour l'après-midi.

(1). La première sortie était consacrée à la visite de deux entreprises installées à Limoges (Cerdec et Royal Limoges), le 30 Avril 1997. Le compte-rendu a été présenté dans le numéro 39 de notre bulletin.

1 - LA MINE

L'exploitation a commencé en 1978 par une mine à ciel ouvert au lieu-dit "Le Bernardan". Le minerai est un granite altéré, très friable, appelé Episynite. Le quartz qu'il contenait a été dissous par une circulation hydrothermale intense ; de l'oxyde d'uranium s'y est ensuite déposé, à raison

de 4,75 kg d'uranium par tonne de minerai en valeur moyenne. Par gradins successifs, une sorte d'entonnoir de 115 m de profondeur a été creusé, sur 7 hectares, jusqu'en 1987. 400.000 tonnes de minerai ont été extraites, qui ont produit 1900 tonnes d'uranium (photo n°1).

La zone minéralisée se prolongeant, sous forme de colonnes verticales, repérées par sondage jusqu'à plus de 600 m de profondeur, il a fallu développer une exploitation souterraine : c'est elle que nous avons pu visiter. L'accès au gisement s'effectue par une galerie principale, inclinée à 15%, à partir de laquelle des galeries secondaires descendent en spirale autour des colonnes minéralisées et permettent l'accès direct aux chantiers d'extraction.

Celle-ci se fait par tranches horizontales de 4 m d'épaisseur, exploitées successivement en descendant. Les vides créés sont remblayés par du béton, coulé par des puits forés depuis la surface, et ancré dans le granite encaissant les colonnes de minerai. Des camions-bennes de 20 à 30 tonnes de charge utile remontent le minerai au jour et le déposent à proxi-

mité de l'usine de traitement. Avec 58 agents, la mine du Bernardan extrait entre 70.000 et 75.000 tonnes de minerai chaque année. Un autre gisement situé au hameau des Loges, est exploité, à ciel ouvert, pour quelque temps encore ; d'autres sont maintenant épuisés et leurs emplacements ont été réhabilités.

2 - L'USINE DE TRAITEMENT

Mise en service en 1979, elle a une capacité annuelle de production de 500 tonnes d'uranium métal. Le minerai, dont la teneur est contrôlée par passage sous un portique de mesure, subit d'abord un concassage, puis un broyage à 0,5 mm ; en ajoutant de l'eau (2 m³ par tonne de minerai), on réalise un mélange appelé PULPE. Pour dissoudre l'uranium, il faut attaquer cette pulpe à chaud (65°C) par de l'acide sulfurique (130 kg par



Visite du site réhabilité des Masgrimauds.

MgO donne l'uranate de magnésium qu'il convient de décantier, filtrer, laver, sécher. Il est conditionné en fûts métalliques de 200 litres qui seront expédiés par transport routier.

3 - LA PROTECTION DES HOMMES ET DE L'ENVIRONNEMENT

La radioactivité naturelle de l'uranium exige de suivre des règles de sécurité

Vis-à-vis de l'environnement, la SMJ agit dans deux directions principales : le contrôle en continu des effluents rejetés dans la rivière voisine, la Benaize, et le réaménagement des sites d'exploitation après cessation de l'extraction.

Nous avons vu que le traitement du minerai par voie humide utilise beaucoup d'eau, chargée d'acide sulfurique : il faut la neutraliser à la chaux, à raison d'environ 60 kg par m³. En outre, on la débarrasse du radium dissous par précipitation au chlorure de baryum (16 g par m³). Après décantation, filtration et contrôle, l'eau peut être rendue au milieu naturel. Le suivi des conséquences biologiques de ces rejets est effectué en permanence.

L'autre préoccupation de la SMJ concerne la remise en état des sites miniers après exploitation ; pour reconstituer un paysage qui s'intègre harmonieusement dans le cadre naturel. Nous avons pu vérifier sur le terrain, sous la conduite de Monsieur Mennerat, responsable des études d'environnement, la qualité de la réhabilitation d'une mine à ciel ouvert au lieu-dit Les Masgrimauds, sur notre route de retour.

La fosse d'exploitation est devenue un plan d'eau, tandis que le terril formé par les déblais stériles a été modelé en éminence à pente douce, planté d'essences variées (pins, hêtres, aulnes dans les zones humides, etc...). Cette journée, favorisée par un ensoleillement exceptionnel et agrémentée par un sympathique pique-nique, a permis aux participants de prendre conscience, sur le vif, des nombreuses précautions qu'il faut prendre au cours de l'exploitation de ce métal très particulier qu'est l'uranium.

M. MASSAUX



Les cuves, en bois, dans lesquelles la pulpe est attaquée par l'acide sulfurique à chaud pour extraire l'uranium.

tonne), dans des cuves en bois munies d'agitateurs à palettes.

La liqueur résultante, riche en uranium, est séparée du résidu solide par filtration sous vide. Elle passe alors dans une colonne d'extraction dans laquelle une amine tertiaire mélangée à du kérosène retient préférentiellement l'uranium, qu'on peut ainsi isoler et purifier. Après réextraction par de la saumure, une précipitation par

rigoureuses tout au long de la chaîne d'exploitation et de traitement du minerai.

Pour minimiser les risques dans la mine, une ventilation puissante est mise en oeuvre sur les chantiers et dans les galeries. Chaque opérateur porte en permanence un dosimètre qui permet un contrôle très précis des niveaux d'exposition aux rayonnements.