AUVERGNE SCIENCES

BULLETIN DE L'ADASTA

N° 9 Janvier - Février - Mars 1989 20 F



LES PRINCIPES SCIENTIFIQUES DES TRAINS A GRANDE VITESSE

LES MINES D'URANIUM EN LIMOUSIN

LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE

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

SOMMAIRE

— **Le dossier :**
Les principes scientifiques des trains à grande vitesse
par René Combe 3

— **La recherche :**
Les mines d'uranium en Limousin
(visite du 21 septembre 1988)
par Michel Massaux 13

— **Les Insectes, mi-démons, mi-merveilles**
Exposition et conférences au CRDP 19

— **Expériences pour tous** 20-21
- Lames minces et bulles de savon
- Images de la science.

— **La pollution atmosphérique**
par S. Gély 22

— **Les associations** 24

— **Les expositions** 26
- Maison de l'Innovation
- Musée Lecoq
- Musée Crozatier

— **Informations régionales** 27-28
- L'ADASTA propose une exposition itinérante.
- Université d'été à Aurillac.
- Séminaire sur la vache laitière.
- Images de la recherche en Auvergne.
- Une distillerie d'huiles essentielles.

Directeur de la Publication : Roger VESSIERE
Rédaction : Roland JOUANISSON

Bulletin trimestriel - Abonnement : 80 F par an
Edité par ADASTA Complexe des Cézeaux
63177 AUBIERE CEDEX - Tél. 73 26 41 10 (poste 30 60)

Nous dédions ce numéro d'"Auvergne-Sciences" à Michel HULIN, Professeur à l'Université Paris VI , Directeur du Palais de la Découverte, brusquement décédé le 22 novembre 1988.

Il était membre-fondateur et membre du Conseil d'Administration de l'ADASTA. Sa grande expérience jointe à un indéfectible et très amical soutien a permis à notre association de surmonter les obstacles inhérents à toute nouvelle entreprise ; il nous a beaucoup apporté et je souhaite que son souvenir guide nos actions futures.

Ce numéro sera le modeste témoignage de reconnaissance de l'ADASTA.

R. VESSIERE

Michel HULIN (1936-1988)

Le 22 novembre dernier, Michel HULIN nous quittait brutalement. Nous l'avions rencontré à Paris trois semaines plus tôt pour faire le point sur les projets de l'ADASTA et rien ne laissait prévoir une fin si proche.

Faut-il rappeler que Michel HULIN s'intéressait de très près à nos activités ? Membre fondateur de notre association, il participait régulièrement à nos réunions. En septembre dernier, il avait encore répondu gentiment à notre invitation à l'occasion d'une Université d'Eté.

La collaboration avec le Palais de la Découverte, déjà amorcée avec M. ROSE, devait se développer considérablement à partir de 1984, avec la nomination de Michel HULIN à la direction de cette grande maison. Sa première visite à Clermont-Ferrand, en mai 1984, fut l'occasion d'une rencontre avec un expérimentateur d'exception, je veux parler du regretté chanoine J.-B. MERLE. Michel HULIN fut d'emblée fasciné par l'univers du père Merle : dès le mois de décembre 1984, une exposition, au titre évocateur, "PHYSICAFOISON", étonnait les Parisiens.

C'est à l'occasion de ce séjour à Paris que naquit l'idée d'une association qui aurait pour objectif de promouvoir la Culture Scientifique et Technique en Auvergne, en liaison étroite avec le Palais de la Découverte. Cette idée devait se concrétiser 18 mois plus tard avec la création de l'ADASTA.

Michel HULIN était un homme d'une grande culture et d'une grande sensibilité. Discret, tenace, rigoureux, il avançait calmement dans la voie qu'il s'était tracée sans se laisser décourager par les difficultés qu'il rencontrait sur sa route. D'autres, qui l'ont bien connu, ont évoqué sa carrière professionnelle dans diverses publications. Nous leur empruntons les éléments qui nous permettent de compléter ce portrait.

Entré à 19 ans à l'Ecole Normale Supérieure, il devient agrégé des Sciences Physiques (1959) puis docteur ès Sciences (1963). Il est alors spécialiste des semi-conducteurs. En 1969, il est nommé professeur à l'Université de Paris VI, mais sa véritable vocation ne va pas tarder à s'affirmer. De plus en plus persuadé de l'importance décisive de la didactique dans la transmission des connaissances, il va désormais consacrer l'essentiel de ses efforts à une réflexion sur l'enseignement des sciences. Il enseigne diverses matières, diversifie ses auditoires, procède à de multiples expériences, confronte ses analyses avec celles des chercheurs étrangers.

En 1984, à la tête du Palais de la Découverte, il va disposer d'un champ d'expériences à la mesure de ses connaissances et de ses réflexions, mais n'abandonne pas pour autant son enseignement à Jussieu, ni la présidence du Jury d'Agrégation qu'il assure jusqu'en 1986. Infatigable il continue sa croisade ; en 1985, il accepte notre invitation pour venir prononcer à Clermont-Ferrand une conférence à l'occasion des Journées de l'U.D.P.

Au palais de la Découverte, dans un contexte difficile, Michel HULIN fait face avec ténacité : il met en place un nouveau décor, renouvelle la présentation des expériences, choisit les meilleures spécialistes pour créer des expositions. Il redonne confiance à la vieille maison créée par Jean PERRIN en 1938. En 1988 le travail accompli est considérable. A l'occasion de la cérémonie du cinquantenaire le Président de la République vient lui témoigner sa reconnaissance.

"Que n'aurait-il fait si le destin lui avait laissé plus de temps !." C'est à Jean Hamburger que nous empruntons cette réflexion. Le souvenir de cet homme remarquable continuera d'inspirer notre action.

R. Jouanisson

L'ADASTA a reçu en 1988 le soutien financier
- de la Délégation à l'Information Scientifique et Technique (Ministère de la Recherche et de la Technologie)
- du Conseil Régional d'Auvergne
- de la Direction Régionale des Affaires Culturelles (Ministère de la Culture et de la Communication)
- du Palais de la Découverte
- de la Mairie de Clermont-Ferrand.

Photo de la couverture :
TGV Atlantique et TGV Sud-Est
(Photo : CAV SNCF, Cliché : B. VIGNAL)

Auvergne-Sciences : publication trimestrielle

Adhésions et Abonnements :

Adhésion à titre individuel	80 F
Adhésion à titre collectif	500 F
Membre bienfaiteur	1000 F (au moins)

L'adhésion donne droit au service gratuit du bulletin et à des réductions sur les différents services rendus par l'Association (publications, stages, visites,...).

Adressez le courrier à **ADASTA, B.P. 45, 63177 Aubière Cedex.**

Dépôt légal n° 517 - 1er trimestre 1989 Imprimerie Egullion - Clermont-Ferrand

LES PRINCIPES SCIENTIFIQUES DES TRAINS A GRANDE VITESSE*

par René Combe**



On étudie d'abord la circulation en courbe des trains à grande vitesse, et on montre que les deux solutions possibles sont le choix de très grands rayons de courbure pour les lignes nouvelles, et la construction de véhicules à assiette variable.

Ensuite, on passe en revue les principaux aspects du problème de la propulsion des trains : étude des différentes forces, bilan des puissances et des énergies, composition des rames, choix des courants et des types de moteurs.

On insiste enfin sur la question essentielle du freinage : forces et puissances mises en jeu, différents systèmes utilisés, progrès réalisés.

Le transport ferroviaire des voyageurs a derrière lui une longue et glorieuse histoire qui remonte au 27 septembre 1825, jour d'inauguration de la ligne joignant Stockton à Darlington quelque part en Angleterre, entre York et Newcastle. Pour la première fois, circulait un train qui, remorqué par une locomotive à **vapeur,** assurait un service **public** de **voyageurs.** Il atteignait peut-être, en pointe la vitesse jugée alors effrayante, de 25 km/h !

Plus d'un siècle et demi s'est écoulé, et, dans quelques mois, les belles rames du TGV atlantique, peintes en bleu et gris argent, vont s'élancer, au départ de Paris-Montparnasse, à la conquête de l'ouest. Actuellement, cinq pays font tous les jours circuler des trains à des vitesses égalant ou dépassant 200 km/h. On parle quelquefois du "club des 5" formé par le Japon, la Grande-Bretagne, la France, l'Italie et la RFA. Vont adhérer à ce club, bientôt la Suède, et, si tout va bien, l'Espagne en 1992, année de l'exposition de Séville. Pays exigus et montagneux, la Suisse et l'Autriche ont des projets intéressants. En revanche, on ne relève rien de bien net, de bien convaincant aux USA et en URSS.

Nous venons en somme de définir la **grande vitesse** par cette limite inférieure des 200 km/h. Reste à définir le train. Ce sera pour nous un engin qui possède un ou plusieurs moteurs qui entraînent des roues d'acier, roulant sur des rails d'acier. Nous excluons les engins futuristes, à lévitation magnétique, à coussin d'air, à moteur linéaire, qui ne sont pas entrés en service commercial, et qui mériteraient de toute façon un exposé particulier.

Rappelons que le record de vitesse de nos trains "classiques" est actuellement (novembre 1988) détenu par la RFA : le 1er mai dernier, l'ICE (Intercity Experimental) a, en effet, été chronométré à 406,9 km/h sur la ligne nouvelle Fulda-Würzburg. Le précédent record appartenait à la SNCF qui l'avait conquis le 26 février 1981 dans la région de Tonnerre, avec sa rame TGV nº 16, roulant à 380,9 km/h.

En service commercial, la première place reste à la France. Plusieurs TGV relient Lyon (Part-Dieu) à Paris (Gare-de-Lyon) en 2 heures, à la vitesse moyenne de 214,0 km/h, tandis que certains joignent Paris (Gare-de-Lyon) à Mâcon (TGV) en 1h40, à la vitesse moyenne de 218,0 km/h.

Ne pouvant traiter notre sujet de manière exhaustive, nous nous contenterons de promener le regard du physicien, armé de ses formules en trois ou quatre lettres, et équipé de son outil magique, la règle de trois, sur les problèmes des trains à grande vitesse.

LES PROBLÈMES DE LA VOIE

Ils sont nombreux, mais nous examinerons seulement celui de la circulation en courbe. Sur un plan à grande échelle d'une voie ferrée, on voit qu'elle est composée de parties droites – on dit : des **alignements** –, et de **courbes** qui sont des arcs de cercle. Alignements et courbes sont réunis par des **raccordements** grâce auxquels on passe progressivement de la courbure, nulle, de la droite, à la courbure, finie, du cercle. Ces raccordements sont dits **paraboliques,** bien qu'on utilise généralement, plutôt que la parabole vraie, la parabole cubique (parabole de NORDLING) d'équation $y = ax^3$ en écriture cartésienne.

Procédons à une analyse simplifiée. Un véhicule de masse m (exprimée en kg), roulant à la vitesse V (exprimée en m/s) sur une courbe de rayon R (exprimé en m), est soumis à la "force" centrifuge exprimée en N (newtons).

$$F_c = \frac{mV^2}{R} \qquad (1)$$

Il correspond à cette "force" une accélération transversale (exprimée en m/s²) :

$$a_t = \frac{V^2}{R} \qquad (2)$$

Cette "force" centrifuge a des effets pervers :

mécaniques : fatigue et usure des roues et des rails, déformation et ripage de la voie, destruction de la voie et/ou déraillement du convoi.

et biologiques : sensation d'inconfort et troubles divers.

Il se trouve que la biologie et la physiologie sont plus exigeantes que la mécanique, la résistance des matériaux et la métallurgie ! Ce fait important n'était évidemment pas prévisible théoriquement.

On admet généralement qu'il ne faut pas dépasser pour a_T la valeur de 1 m/s². Dans sa clémence, l'administration des F.S. (Ferrovie dello Stato : chemins de fer de l'Etat italien) ne dépasse pas 0,6 m/s² dans ses trains de wagons-lits qui relient Rome et les métropoles provinciales, cela pour assurer aux voyageurs un sommeil paisible. Cette valeur de 1 m/s² est à comparer à la valeur standard de l'accélération de la pesanteur $g = 9{,}81$ m/s², que nous subissons en permanence (dans la direction verticale, il est vrai), ainsi qu'aux accélérations égales à une ou plusieurs fois g, imposées aux pilotes d'avions à réaction ou de voitures de course (formule I). Une analyse plus détaillée nous conduirait à introduire la dérivée temporelle de l'accélération, le **jerk,** évidemment exprimé en m/s³.

La figure 1 montre que, si le plan de la voie est horizontal, le poids $P = mg$ et la "force" centrifuge ont une résultante R qui fait avec la verticale un angle β indépendant des masses, donné par

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{V^2}{Rg} \qquad (3)$$

* Conférence prononcée le 26 avril 1988 au Département de Physique de l'Université Blaise-Pascal.

** René COMBE est agrégé des Sciences Physiques (1943) et docteur ès sciences (Paris, 1956). Après avoir été pendant quinze ans, ingénieur dans l'industrie privée et dans des services d'Etat, il a fait ensuite une carrière d'enseignant de physique à Clermont-Fd. Il est professeur émérite à l'Université Blaise-Pascal de cette ville.

La parade classique, pour pallier les fâcheux inconvénients signalés plus haut, consiste à relever les courbes, de manière que le plan de la voie fasse avec l'horizontale un angle α. Si on a $\beta = \alpha$, la compensation est parfaite (Fig. 2) : il n'y a aucune force transversale nuisible au matériel et désagréable aux hommes. Ce relèvement des courbes est communément mesuré par la valeur du **dévers** h, ce fameux paramètre qui n'est autre que le surhaussement du rail extérieur par rapport au rail intérieur ; h et α sont reliés par

$$\sin \alpha = \frac{h}{e} \qquad (4)$$

si e est l'écartement de la voie. Pour presque toutes les lignes qui nous intéressent dans cet article, il s'agit de l'écartement normal de 1,435 m, soit 4' (pieds) 8 ½" (pouces), mais on prend dans la pratique e = 1,500 m, valeur approximative de la distance séparant les axes des tables de roulement.

Afin de garder au dévers, et à l'angle α, des valeurs raisonnables, il y a évidemment intérêt, toutes choses égales d'ailleurs, à adopter de grandes valeurs de R, d'autant plus grandes que les vitesses V qu'on veut atteindre sont élevées. Le tableau I indique les valeurs choisies par les concepteurs des lignes spécialisées à la grande vitesse, construites depuis un quart de siècle.

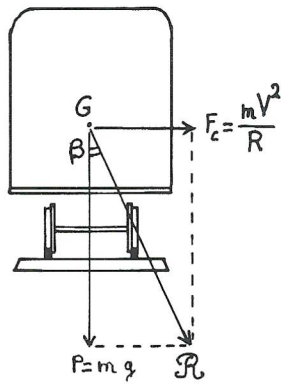


Figure 1

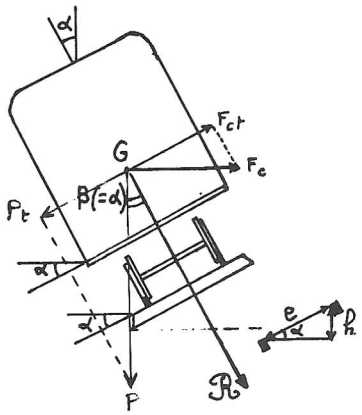


Figure 2

LIGNES A GRANDE VITESSE (Tableau I)

PAYS	LIGNE	DATE	V (km/h)	R min (m)	h max (mm)	Déclivité maximale
JAPON	Ligne du TOKAIDO	1964	210	2500	200	0,015 (exc 0,020)
"	Autre lignes nouvelles	1972 →	250/260	4000	180	0,015
FRANCE	TGV PSE	1981-1983	270	4000 (exc 3200)	180	0,035
"	TGV A	1989-1990	300	4200	180	0,025
ITALIE	Direttissima Rome - Florence	1977 →	250	3000	125	0,0075 (0,008)
RFA	Lignes nouvelles	1988 →	250	7000 (exc 5100)	150	0,0125

Toutes les lignes citées sont à l'écartement normal e = 1,435 m (4' 8 ½").

En fait, les problèmes sont moins simples qu'il n'y paraît de prime abord, car l'angle ß dépend de V. Il semble logique de faire les calculs pour la vitesse moyenne des trains circulant sur la ligne. Mais alors les trains plus rapides seront soumis à une force centrifuge non totalement compensée : il y a pour eux insuffisance de dévers (Fig. 3). Inversement, les trains plus lents que la moyenne seront soumis à une composante de force centripète car ils souffrent d'excès de dévers (Fig. 4). Or, même les trains normalement les plus rapides peuvent s'arrêter inopinément en n'importe quel point de la ligne. Il faut éviter qu'un convoi immobile ne fatigue exagérément la voie, il faut surtout veiller à ce qu'il ne se renverse pas ! Il n'en est pas moins vrai que l'étude d'une ligne spécialisée (comme nos lignes françaises à grande vitesse), où tous les trains ont la même vitesse nominale, est plus facile que celle d'une ligne polyvalente. Dans tous les cas, les valeurs admissibles de l'insuffisance et de l'excès de dévers sont tirées de l'expérience, et codifiées par les administrations ferroviaires.

Les tableaux II et III donnent des résultats numériques qui nous semblent intéressants. Le dévers théorique est calculé d'après les formules (3) et (4), en faisant $\beta = \alpha$. D'ailleurs si cet angle est petit, on peut écrire simplement :

$$\frac{h}{e} = \sin \alpha \cong \operatorname{tg} \alpha = \frac{V^2}{Rg}$$

ou

$$h = \frac{e}{g}\frac{V^2}{R} = 0{,}153\frac{V^2}{R} \qquad (5)$$

avec h et R en m, et V en m/s.

ou encore, si on préfère, et au prix d'une conversion facile :

$$h = 11{,}8\frac{V^2}{R} \qquad (6)$$

avec h en mm, R en m, V en km/h.

L'accélération transversale a_T subie par le voyageur est le quotient par m de la force transversale résultante F_T (Fig. 3 et 4).

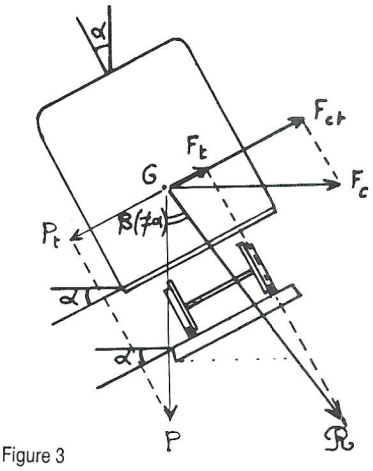


Figure 3

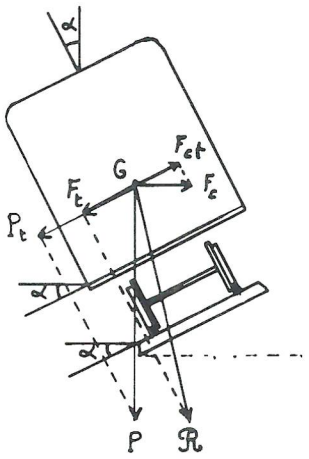


Figure 4

Le tableau II concerne une courbe de grande ligne classique. La situation est idéale à 117 km/h, mais on peut même rouler à 165 km/h, puisqu'on tolère une insuffisance de dévers de 150 mm ; inversement la situation est encore saine à 71 km/h, un excès de dévers de 100 mm étant admis. Le tableau III traite un cas de ligne réservée à la grande vitesse. C'est maintenant à 248 km/h que la situation est idyllique, mais on peut aussi s'offrir 302 km/h, en acceptant une insuffisance de dévers, modérée, de 85 mm !

Malheureusement, en donnant dans ces tableaux les valeurs de a_T, on a péché par excès d'optimisme, car on n'a pas tenu

COURBE de rayon R = 1000 m ; dévers h = 160 mm (Tableau II)

Vitesse V		h (théorique)	excès	insuffisance	a_t
km/h	m/s	mm	mm	mm	m/s²
0	0	0	160		1,05
60	16,7	42,5	117		0,77
71,3	19,8	60	100		0,66
116,8	32,4	160	0	0	0
160	44,4	296		136	0,92
164,9	45,5	310		150	1,01
200	55,5	450		290	2,02

COURBE de rayon R = 4000 m ; dévers h = 180 mm (Tableau III)

Vitesse V		h (théorique)	excès	insuffisance	a_t
km/h	m/s	mm	mm	mm	m/s²
0	0	0	180		1,18
100	27,8	29	151		0,99
200	55,5	118	72		0,41
220	61,1	142	38		0,25
247,9	68,9	180	0	0	0
270	75,0	213		33	0,22
300	83,3	261		81	0,55
302,1	83,9	265		85	0,57
400	111,1	450		270	1,89

compte de l'élasticité, pourtant bien nécessaire, des suspensions. La figure 5 montre, dans le cas où il y a insuffisance de dévers, que la Force F_T tend en fait à incliner vers l'extérieur la caisse du véhicule par rapport aux essieux, ce qui revient en somme à diminuer le dévers qui lui est offert, alors que, répétons-le, le dévers précédemment calculé était déjà trop faible. Tout va donc de mal en pis, et l'accélération tranversale a_T se trouve majorée et prend une valeur, supérieure, $a_{T'}$. On arriverait, *mutatis mutandis,* à des conclusions analogues dans le cas où il y a excès de dévers.

On écrit généralement :

$$a_{t'} = a_t (1 + s) \qquad (7)$$

s étant le coefficient de souplesse de la suspension. Il est logique de retomber sur $a_{t'} = a_t$ avec une supension parfaitement rigide s = 0. Le plus souvent, s vaut environ 0,4. La correction de 40 % apportée par la formule (7) est bien sûr, très importante.

Nous posons maintenant la question suivante : est-il possible d'augmenter la vitesse sur des lignes existantes dont les courbes sont de trop faible rayon ? Nous avons signalé plus haut qu'en ce qui concerne les accélérations transversales, la biologie est plus exigeante que la mécanique : cela veut dire qu'il existe un domaine intermédiaire de vitesse où la sécurité mécanique est encore satisfaisante, mais où l'inconfort est déjà intolérable. Ce constat a conduit à l'idée de réaliser des véhicules à assiette variable, où l'accélération transversale est automatiquement annulée.

Examinons d'abord la figure 6 : la caisse du véhicule mobile autour d'un axe passant par 0, prend l'inclinaison correcte β et les passagers ne subissent aucune sollicitation transversale. A l'inclinaison α de la voie s'ajoute l'inclinaison $\beta - \alpha$ de la caisse par rapport au châssis. Il tombe sous le sens que cet angle $\beta - \alpha$ ne peut pas prendre des valeurs très élevées : il semble en pratique limité à 9°. A titre de curiosité, la figure 7 montre comment, le plus simplement de monde, un chemin de fer suspendu à un rail unique prend naturellement la bonne inclinaison. C'est le schéma du célèbre métro suspendu de Wuppertal (RFA), qui ne prétend d'ailleurs pas à la grande vitesse, se contentant de 50 km/h. Il existe des voitures ferroviaires à suspension pendulaire qui oscillent ainsi, quasi librement, l'amplitude des oscillations étant cependant, nous l'avons dit, limitée. Mais, le plus souvent, on préfère construire des véhicules dont l'inclinaison est commandée par des servomécanismes complexes, à partir d'informations fournies par des gyroscopes et des accéléromètres. Ces différents systèmes ont pour but d'augmenter la vitesse sur des lignes classiques sinueuses dont le dévers doit garder des valeurs raisonnables. Supposons par exemple, que nous voulions circuler à la vitesse V = 160 km/h dans une courbe de rayon R = 750 m. Nos formules permettent de montrer que pour assurer aux voyageurs un confort parfait, il faudrait incliner les véhicules d'un angle α = 15,03°. Cela correspondrait pour une voie d'écartement normal, à un dévers inacceptable : h = 389 mm. Une solution consiste à adopter un dévers réaliste de 160 mm, avec α = 6,12°. La différence 15,03 − 6,12 = 8,91° pourra être rattrapée grâce au dispositif d'inclinaison variable.

Le tableau IV donne quelques exemples de réalisations effectives, qui ont d'ailleurs connu des fortunes diverses.

L'APT, (Advanced Passenger Train), destiné à la ligne classique, assez sinueuse, Londres (Euston) – Glasgow, a été abandonné après des années d'essais infructueux qui ont failli tourner à la catastrophe.

Le Talgo pendular (le sigle Talgo veut dire : Tren articulado ligero Goicoechea - Oriol) donne satisfaction et permet au Paris – Madrid – Talgo d'assurer un bon service de nuit entre Paris (Austerlitz) et Madrid (Chamartín) : ce n'est pas un train à grande vitesse, c'est un train à plus grande vitesse que les trains conventionnels.

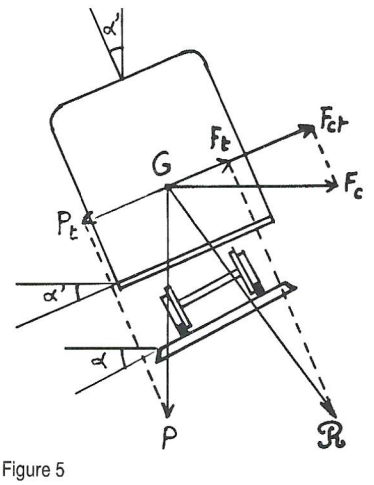


Figure 5

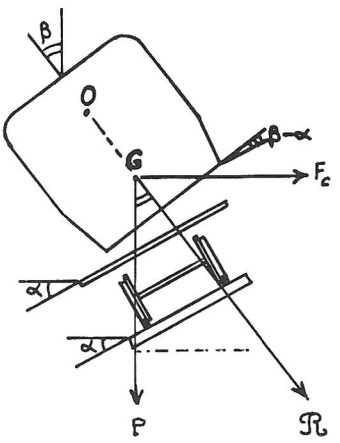
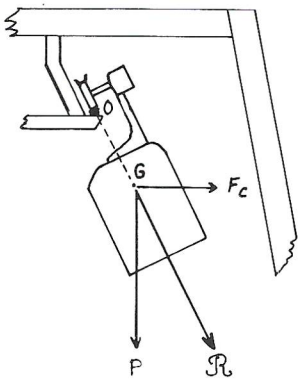


Figure 6

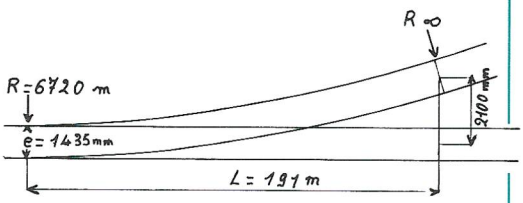


Chemin de fer monorail suspendu

Figure 7

Des essais intéressants ont été faits avec les voitures françaises "Grand confort", et suisses "unifiées type III" (Swiss-Express). Ils n'ont pas été poursuivis, compte tenu des frais très élevés d'achat et d'entretien des dispositifs d'inclinaison.

Le "Pendolino" italien (ETR 400) a permis une expérimentation nécessaire, notamment sur la ligne difficile Rome–Orte–Ancône. Il a donné naissance à l'ETR (Elettrotreno rapido) 450, ou Super pendolino qui assure depuis l'été 1988 des relations sans arrêt Rome – Milan dans le temps remarquable de 3 h 58.



BRANCHEMENT tg 0,0154 (1/65)
V (en déviation) : 220 km/h
Insuffisance de dévers : 81 mm

Figure 8

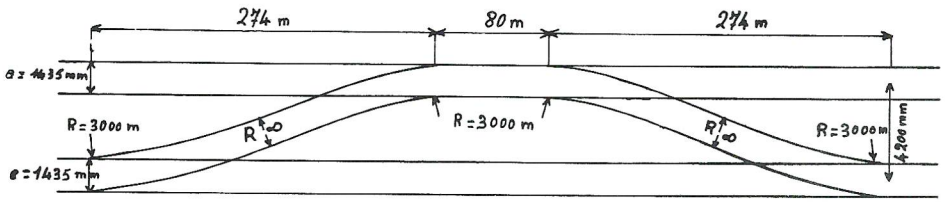
Disons quelques mots des appareils de voie (aiguillages) qui permettent de réaliser les bifurcations, ainsi que les communications entre voies parallèles. Ils sont généralement munis de cœurs mobiles et construits "à plat", donc sans dévers. Comme on désire les franchir, même en voie déviée, à très grande vitesse, il est indispensable de les dessiner avec de très grands rayons.

Les figures 8 et 9 montrent le schéma des appareils du TGV atlantique : bifurcation franchissable en voie déviée à 220 km/h (et bien entendu à 300 km/h en voie directe) et communication franchissable à 160 km/h en voie déviée. On sera frappé par la grande longueur de ces installations.

Le tracé des lignes dans le plan vertical

VÉHICULES A ASSIETTE VARIABLE (Tableau IV)

PAYS	VÉHICULE	ECARTEMENT e (m)	INCLINAISON
JAPON	Electrotrain 381	1,067	commandée, ± 5°
GRANDE-BRETAGNE	APT	1,435	commandée, ± 9°
ESPAGNE	Talgo Pendular	1,676-1,435	libre
FRANCE	Voiture MAUZIN (prototype)	1,435	libre, ± 18°
"	Voiture "Grand confort"	1,435	commandée, ± 5°30'
SUISSE	Voiture unifiée type III	1,435	commandée, ± 6°
ITALIE	ETR 400	1,435	commandée, ± 10°
	ETR 450	1,435	commandée, ± 9°



DOUBLE COMMUNICATION tg 0,0217 (1/46)
V (en déviation) : 160 km/h
Insuffisance de dévers : 96 mm

Figure 9

pose aussi d'intéressants problèmes. Aux sommets et aux points bas, les rampes et les pentes sont raccordées par des courbes de grand rayon (12000 à 25000 m).

Les phénomènes aérodynamiques qui se produisent lorsque deux trains se croisent, lorsqu'un ou deux trains circulent en tunnel, ont été très étudiés. On a été conduit, on s'en doute, à augmenter la distance entre les voies d'une ligne à double voie, et à donner aux tunnels une section généreuse.

LA PROPULSION DES TRAINS

L'équilibre des forces.

L'accélération $\vec{a}$ d'un train de masse M soumis à une force résultante F est donnée par la relation de Newton :

$$\vec{F} = M\vec{a} \qquad (8)$$

les vecteurs étant portés par la direction du mouvement. Cette relation de détaille ainsi :

$$\vec{F}_m + \vec{F}_r + \vec{F}_a + \vec{F}_g + \vec{F}_i = 0 \qquad (9)$$

avec $\vec{F}_m$: force motrice
$\vec{F}_r$: force de résistance au roulement
$\vec{F}_a$: force de résistance aérodynamique
$\vec{F}_g$: force de gravité (composante du poids suivant la direction du mouvement).
$\vec{F}_i = -M\vec{a}$: force d'inertie.

La notation est algébrique. Si $\vec{F}_m$ est dirigé dans le sens du mouvement, et $\vec{F}_r$ et $\vec{F}_a$ en sens inverse, $\vec{F}_g$ et $\vec{F}_i$ peuvent avoir l'un ou l'autre sens, suivant qu'on circule en pente ou en rampe, en décélération ou en accélération.

La relation de Newton constitue l'équation différentielle du mouvement : même avant l'ère des ordinateurs, il était possible de l'intégrer par des méthodes numériques ou par des intégrateurs électromécaniques.

Contentons-nous d'étudier les différents termes de (9) et de tirer les conséquences de cette équation dans le cas du mouvement uniforme

$$\vec{F}_i = 0$$

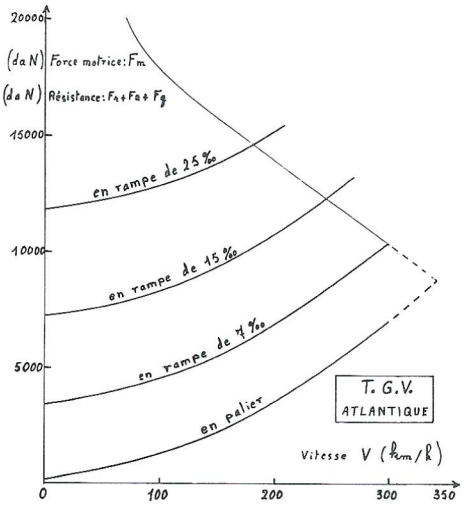


Figure 10

La figure 10 représente $\vec{F_m}$ d'une part, et d'autre part $\vec{F_r} + \vec{F_a} + \vec{F_g}$, en fonction de la vitesse V. Les points d'intersection donnent la vitesse d'équilibre. Ces données, tirées de documents publiés par la SNCF, concernent le train le plus perfectionné de notre époque : le TGV A ("Atlantique"). Les valeurs de $\vec{F_m}$ sont celles de la force motrice produite par les motrices fonctionnant à pleine puissance, mais en régime continu (par opposition au régime unihoraire), la tension à la caténaire ayant sa valeur nominale. Naturellement la figure pourrait être complétée par toute une série de courbes $F_m(V)$, correspondant à des régimes de marche moins poussés.

De toute manière, il ne faut pas lui attribuer une valeur magique. Cependant, les conclusions qu'on peut en tirer paraissent raisonnables. Ainsi, en extrapolant, on voit que notre engin semble pouvoir rouler à 340 km/h, tout en étant capable de soutenir en rampe de 7 ‰ (0,007) sa vitesse nominale de 300 km/h. Par contre, sur les rampes de 25 ‰, les plus fortes de la ligne atlantique, la vitesse d'équilibre tomberait à 180 km/h.

La résistance au roulement – la traînée de roulement – a été étudiée notamment par des ingénieurs de la SNCF, MM. Sauvage et Fortin, qui s'appuient sur des résultats expérimentaux fournis par le TGV PSE (Paris Sud-Est).

La première cause de résistance, c'est, au passage d'un convoi, la déformation de la voie, les frottements dans les attaches des rails et le ballast. Cette résistance croît un peu plus vite que la vitesse, étant en fait proportionnelle à $V^{1,25}$.

La deuxième cause, ce sont les frottements hydrodynamiques dans les roulements à rouleaux, évidemment lubrifiés, des essieux, frottements qui se traduisent par une résistance $AV + B$, donc fonction linéaire de la vitesse.

La troisième cause, c'est la rotation des disques de freinage autoventilés. Fonctionnant comme des ventilateurs, ils consomment de l'énergie, même en l'absence de freinage, et font apparaître une résistance de la forme $CV^2 + DV$. Ce terme n'existe pas dans le TGV A, dont les disques ne sont pas ventilés.

La résistance aérodynamique est de loin la plus importante à grande vitesse. Si les équations de Navier-Stokes (équations du mouvement des fluides visqueux) sont toujours aussi difficiles à résoudre analytiquement, les puissants ordinateurs actuels permettent l'obtention des résultats numériques qu'il faut naturellement compléter par des mesures et des essais en soufflerie et en ligne. Cette résistance F_a est à peu près proportionnelle à V^2, suivant l'ancienne prévision de Newton.

La composante $\vec{F_g}$ dont le module est

$$F_g = M_g \sin \phi \qquad (10)$$

ϕ étant l'angle formé par la voie (vue longitudinalement) et le plan horizontal. On voit sur la figure 10 que ce terme F_g peut être très important. Naturellement, si, pour une vitesse donnée, F_m est inférieur à la valeur d'équilibre, l'équation (9) sera satisfaite par l'apparition d'un terme d'inertie F_i, il y aura ralentissement (décélération). Bien entendu, nous arriverions à une conclusion opposée dans le cas contraire.

En partant de cette donnée géographique que les rampes des lignes françaises à grande vitesse seraient courtes, il a été possible, en acceptant certains ralentissements, de prévoir ces rampes avec un fort pourcentage, de manière à diminuer le nombre et l'importance des tunnels et des viaducs, et partant le prix de construction.

Ainsi, pour le TGV PSE (pas de tunnels), on a adopté un pourcentage maximal de 35 ‰ ($\sin \theta \cong \operatorname{tg} \theta = 0{,}035$). Comme on l'a souvent dit, c'est la voie romaine ! Qu'importe, après tout, si on arrive au sommet du col du Bois Clair (près de Cluny) en se traînant (sic) à 200-220 km/h, puisque bientôt, on accélérera de nouveau !

Il est bon de signaler que ce pourcentage de 35 ‰ est celui de l'embranchement auvergnat Laqueuille-Le Mont-Dore, record de France pour une voie lisse (sans crémaillère), d'écartement normal, à traction autonome. On trouve des rampes plus sévères en traction électrique :

- 40 et 43 ‰ sur les transpyrénéens oriental et occidental ;
- 40 ‰ dans la trémie de la gare de Lyon, et sur la ligne B du RER (St-Michel-Notre-Dame à Luxembourg) ;
- 55 ‰ sur la ligne du Höllental en Forêt noire ;
- 90 ‰ sur la ligne St-Gervais-Le Fayet à Chamonix et Vallorcine (écartement métrique).

Les paisibles campagnes mancelle et tourangelle étant moins effrayantes que les plateaux bourguignons, on s'est contenté de déclivités de 25 ‰ sur les TGV A (qui comporte d'ailleurs d'importants tunnels).

Si nos voisins allemands et italiens ne dépassent pas 12 ‰ et 8 ‰ sur leurs lignes nouvelles, c'est qu'ils veulent y faire circuler, en plus des engins spécialisés à la grande vitesse, des trains de voyageurs modernes, certes, mais conventionnels, et aussi des trains de marchandises.

Dans le calcul ou la mesure des diverses résistances au mouvement, il est vain de chercher une grande précision. Ainsi le vent peut modifier le terme aérodynamique : une vitesse du vent de 80 km/h, par exemple, n'est pas négligeable, même par rapport à 300 km/h. La température influe sur le comportement des boîtes d'essieux. Au moins, les termes de gravité et d'inertie sont-ils bien connus ? Attention ! La masse M est mal déterminée : un train chargé pèse environ 10 % de plus qu'un train vide.

Néanmoins, des essais soignés faits dans des conditions bien définies peuvent être traduits par des formules précises, telle celle-ci, citée par M. Dupuy, qui s'applique au TGV PSE :

$$F_r + F_a = 254 + 3{,}344\,V + 0{,}0572\,V^2 \qquad (11)$$

$F_r + F_a$ en daN ; V en km/h.

Il faudra évidemment patienter un peu avant de disposer d'une formule analogue pour le TGV A.

La force motrice F_m est produite par l'ensemble des moteurs et des organes de transmission. Un point capital est que, sous peine de faire apparaître le patinage toujours redouté, elle doit satisfaire l'inégalité

$$F_m \leqslant k\,P_a \qquad (12)$$

c'est-à-dire qu'elle ne doit pas dépasser le produit du poids adhérent P_a (porté par les essieux moteurs) par le coefficient de frottement k : frottement de glissement au contact des roues motrices et des rails. Or ce coefficient k, mal connu, est très variable suivant les conditions d'exploitation : rail sec, rail humide, rail sablé, rail couvert de feuilles mortes à l'automne ! Valant à peu près 0,16 pour un rail sec, il est presque toujours très inférieur au coefficient de frottement des pneumatiques sur les revêtements routiers : 0,05 à 0,95. Les phénomènes sont en réalité très complexes. Il faut étudier le comportement des véhicules complets, et ne pas se limiter au cas d'une roue isolée. Rappelons aussi que les engins modernes (ferroviaires et routiers) sont munis de dispositifs antipatinage efficaces.

La force motrice étant limitée par le poids adhérent P_a, et donc par la masse adhérente M_a, et devant être, de par la relation de Newton, et toutes choses égales d'ailleurs, proportionnelle à la masse totale M, le concepteur aura en principe intérêt à donner une grande valeur au rapport M_a/M, ce qui revient plus ou moins à veiller à ce que le nombre d'essieux moteurs soit une fraction importante du nombre total d'essieux.

A cet égard, il est, croyons-nous, instructif d'examiner les planches I et II. On constatera d'abord l'adoption généralisée de compositions symétriques (pas de problèmes de tournage).

Certaines rames sont de facture classique : remorques indépendantes encadrées par deux motrices indépendantes. C'est le cas des HST (High speed trains) britanniques, et de l'ICE (Intercity Experimental) allemand.

L'adhérence totale a été recherchée pour notre TGV 001 (turbines à gaz) et pour la rame japonaise du Tokaïdo (très nombreux petits moteurs dans les bogies).

Les TGV français actuels utilisent des bogies JACOBS communs à deux remorques. On notera par ailleurs la réduction de 12 à 8 du nombre d'essieux moteurs en passant du type PSE au type A, alors que la puissance totale est augmentée.

Les bogies italiens de l'ETR 400 (Pendolino) et de l'ETR 450 (Superpendolino) comportent tous un essieu moteur et un essieu porteur.

Puissance et énergie

L'énergie est la plus importante des grandeurs physiques. Au prix, au mieux, d'une division, au pire, d'une dérivation par rapport au temps, on en déduit la puissance. En mécanique, la puissance apparaît généralement comme le produit de la force par la vitesse.

Dans notre exemple du TGV atlantique, il est intéressant d'évaluer (tableau V) la puissance mise en œuvre dans la propulsion :

$$P_m = F_m V \qquad (13)$$

la puissance correspondant au terme de gravité :

$$P_g = F_g V \qquad (14)$$

d'en déduire la puissance dissipée à cause des diverses résistances :

$$P_d = P_m - P_g = P_r + P_a \qquad (15)$$

T.G.V. ATLANTIQUE (Tableau V)

Rampe	V (km/h)	F_m (kN)	P_m (kW)	P_g (kW)	P_d (kW)	P_r (kW)	P_r/P_d	P_a/P_d
0	340	87	8200	0	8200	320	0,039	0,961
0,007	300	104	8700	2800	5900	260	0,044	0,956
0,015	245	123	8400	4900	3500	200	0,057	0,943
0,025	180	146	7300	6000	1300	130	0,10	0,900

enfin, par une évaluation approximative, mais raisonnable de P_r (roulement des roues sur le rail ; boîtes d'essieux) de déterminer la grandeur de P_a (résistance de l'air).

On constate que les puissances P_m respectent bien l'ordre de grandeur indiqué par le constructeur : 8800 kW. On voit aussi la part prépondérante des effets aérodynamiques parmi les différentes causes de dissipation d'énergie : P_a/P_d est égal à 0,956 à 300 km/h, et à 0,900 à 180 km/h.

Dans le cas du TGV PSE, et notamment de la fameuse rame n° 16 (record du monde en 1981), on dispose de quelques chiffres précis (MM. Sauvage et Fortin). On notera par exemple qu'à 380 km/h, la puissance P_r était égale à 460 kW ; (voie : 110 kW ; boîtes d'essieux : 141 kW ; disques de freins : 209 kW).

La puissance motrice des trains à grande vitesse est fournie par des moteurs électriques, à l'exception des HST britanniques propulsés par des moteurs Diesel. L'historique TGV 001, victime du choc pétrolier, utilisait des turbines à gaz.

Le moteur électrique à collecteur, qui était au fond peu différent de la machine de Gramme, a, jusqu'à ces dernières années, régné, presque sans partage, dans le monde de la traction ferroviaire. Sous sa forme de moteur-série (l'induit et l'inducteur étant montés "en série"), il fonctionnait admirablement en courant continu (sous 1500 V en France, 3000 V en Italie). Mieux encore, il acceptait de bonne grâce le courant alternatif de faible fréquence (16⅔ Hz), ce qui a permis le développement du beau réseau unifié (de ce point de vue) de la RFA, de la Suisse, et de l'Autriche (sous 15000 V).

Puis vint l'ère de l'électronique des solides et le triomphe du thyristor. Une évolution très nette se dessine vers l'utilisation de moteurs sans collecteur (le collecteur est source d'ennuis divers : usure etc...). Il faut distinguer deux écoles. Les Allemands et les Italiens choisissent le moteur asynchrone (ICE, BB série 120, ETR 400, ETR 450). Les Français, qui utilisaient encore le moteur à collecteur sur le TGV PSE, donnent maintenant la préférence au moteur synchrone, dit autopiloté (TGV A ; BB universelle, série 26000, dite Sybic). Tous ces moteurs sont alimentés à partir de la caténaire par des circuits très complexes. Etant donné qu'en électricité, la puissance est proportionnelle au produit de la tension par l'intensité, on peut penser, les fortes intensités de courant, qui conduisent à utiliser beaucoup de cuivre et à construire des sous-stations nombreuses et rapprochées, étant à éviter, qu'il y a intérêt à choisir une valeur élevée de la tension. De ce point de vue, la France (courant alternatif 50 Hz, sous 25000 V) semble mieux placée que la RFA (courant alternatif 16⅔ Hz, 15000 V), et surtout que l'Italie (courant continu, 3000 V).

La captation du courant, à des vitesses atteignant près de 85 m/s, n'est pas un problème simple. Le curieux pantographe à deux

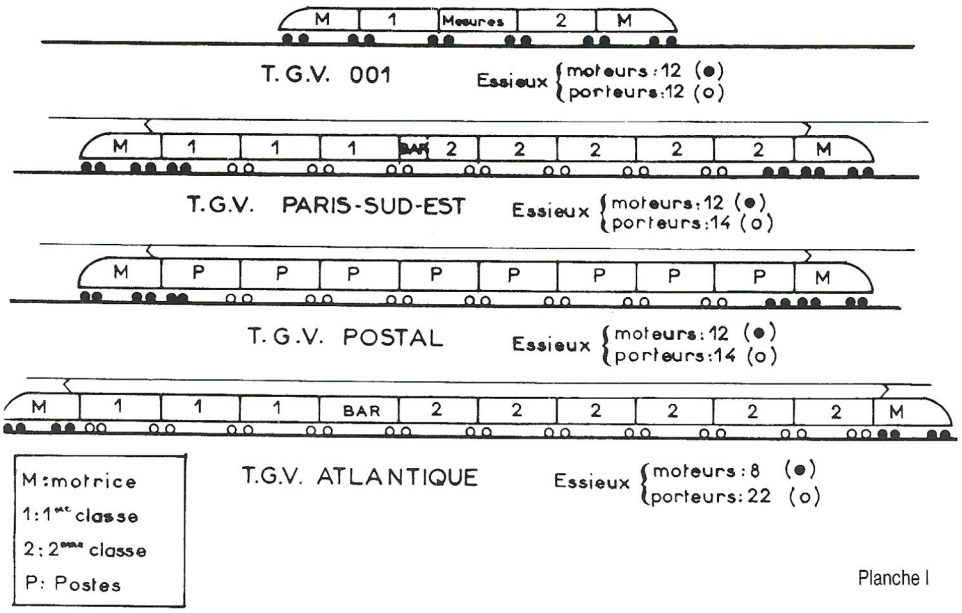


Planche I

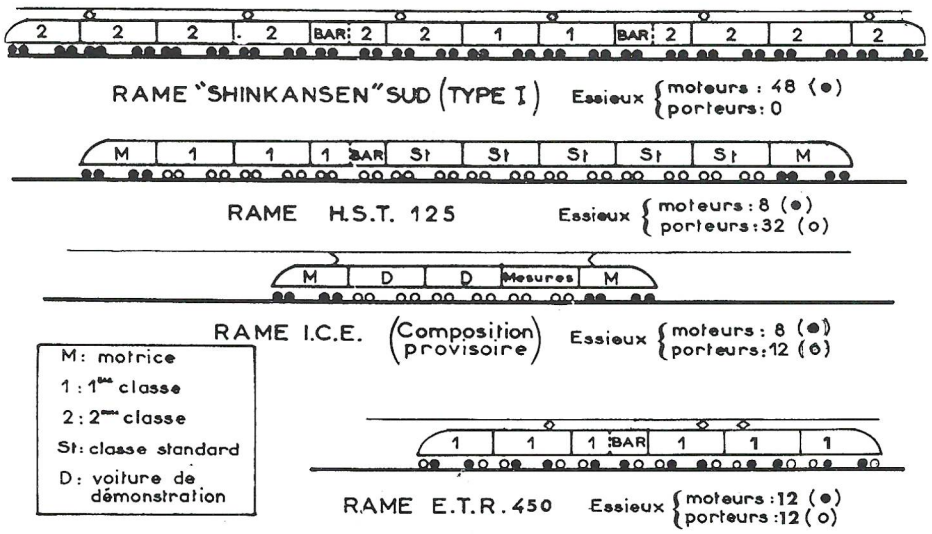


Planche II

étages du TGV PSE va céder la place au GPU (grand plongeur unique) du TGV A. Rappelons pour la petite histoire, qu'au début de l'ère TGV, le vent (encore lui !) des plateaux bourguignons donna quelques soucis aux ingénieurs, qui furent notamment contraints d'augmenter considérablement la tension de la caténaire.

Disons enfin que, la puissance motrice étant une fonction rapidement croissante de la vitesse désirée, et étant d'autre part à peu près proportionnelle à la masse du train, il semble opportun de caractériser les trains par leur puissance massique, et de les classer en conséquence.

Le tableau VI fournit à cet égard des renseignements intéressants. Mais soyons, là encore, prudents, et ne faisons pas de sa lecture un acte de foi. Les masses et les puissances sont souvent mal connues. Et il faut distinguer les vitesses record (nombres **encadrés)** retenues par l'histoire, et les vitesses nominales, qui peuvent être dépassées. On aurait pu faire figurer dans ce tableau telle petite voiture de tourisme produite en grande série, avec 60 kW/t, et une voiture de course de formule 1, avec 1000 kW/t.

Ces derniers chiffres mettent en évidence la pauvreté relative (en puissance) du chemin de fer, dont les engins les plus sophistiqués sont battus, de ce point de vue, même par la petite berline populaire. Il est capital de bien comprendre que cette pauvreté, cette indigence, le chemin de fer **peut,** et **doit,** l'assumer. Il le peut, car, favorisé par une faible traînée de roulement, et bien placé dans la compétition aérodynamique, il se contente effectivement de puissances relativement faibles. Il le doit, car sa modique consommation d'énergie est, dans la lutte économique la cause essentielle de sa supériorité sur les autres moyens de transport.

LE FREINAGE DES TRAINS

Il est superflu, après la tragédie du 27 juin 1988 à la gare de Lyon, d'attirer l'attention sur l'importance des problèmes de freinage.

PUISSANCES MASSIQUES (Tableau VI)

	P_m/M (kW/t)	V (km/h)
HST	7,2	200
TEE "Le Mistral"	7,9	160
ETR 400 (4 éléments)	11,2	
Rame "Tokaïdo" type I	11,3	210
ETR 450 (11 éléments)	12,7	250
TGV PSE (série)	16,1	270
TGV 001	19,6	318
TGV A	20,2	300
TGV PSE n° 16 (5 remorques)	30	380,9
ICE (2 remorques)	46	406,9

L'énergie cinétique d'un train roulant à grande vitesse peut être considérable. Ainsi une rame du TGV atlantique lancée à 300 km/h, cela représente une énergie

$$W = 1/2\,MV^2 = 1/2\ 485\,000\,(83{,}33)^2 = 1{,}684\ GJ$$

de quoi échauffer de 20 à 90° C, 5750 litres d'eau !

Si nous désirons effectuer un freinage d'urgence, pour obtenir l'arrêt en 3500 m, il faudra, en supposant, pour simplifier, que le mouvement soit uniformément décéléré, imprimer au train une décélération

$$a = 0{,}992\ m/s^2$$

pendant le temps t = 84 s.

Naturellement, la relation de Newton est toujours valable. Il suffit de remplacer la force motrice F_m par la force de freinage F_f force retardatrice produite par les freins :

$$\vec{F_f} + \vec{F_r} + \vec{F_a} + \vec{F_g} + \vec{F_i} = 0 \qquad (16)$$

Cela peut paraître une lapalissade de dire qu'au moins l'un des deux termes $\vec{F_m}$ ou $\vec{F_f}$ doit être nul : ou bien on freine, ou bien on "tractionne". Et pourtant l'incompatibilité de la traction et du freinage est un sujet d'actualité depuis l'accident de la gare de l'Est, le 6 août 1988.

Dans notre exemple, la force retardatrice totale est (en palier) :

$$F_f + F_r + F_a = Ma = 485000 \times 0{,}992 = 48000 \quad daN$$

A 300 km/h, la somme $F_r + F_a$ représente à peut près 7000 da N.

La différence :

$$F_f = 48000 - 7000 = 41000\ da\,N$$

devra être produite par les freins, qui mettront en jeu une puissance

$$P_f = F_f V = 41000 \times 83{,}3 = 34153\ kW$$

Pour maintenir la décélération constante, il faudra, au fur et à mesure que le train ralentira, augmenter F_f.

La puissance P_f devra être dissipée, en principe sous forme thermique, par les organes de freinage.

Les systèmes de freins sont de types très divers. Nous en avons dressé une liste, sinon exhaustive, du moins suffisante, en pensant particulièrement aux engins français :

1. Les freins à semelles (on dit aussi : à sabots), modernes descendants de l'antique frein des charrettes. Depuis les travaux de Westinghouse (1870), l'utilisation de l'air comprimé (ou du vide) nous assure des efforts de freinage élevés, une commande centralisée des freins, et leur fonctionnement automatique en cas de rupture d'attelage. Ce système est aujourd'hui complété par des commandes électriques dont la réponse est plus rapide que celle des commandes exclusivement pneumatiques. La fonte, constituant traditionnel des semelles, peut céder la place à des matériaux composites. On considère que ces freins à semelles ne peuvent pas être mis en action à très grande vitesse. Il faut attendre, pour s'en servir, que le convoi roule à une vitesse "raisonnable", soit, pour fixer les idées, 160 km/h environ.

2. Des freins à tambours ont été parfois utilisés, notamment sur les fameux autorails Bugatti, dont tous les organes, d'ailleurs, rappelaient la technique automobile. Rappelons que l'un d'eux a atteint la vitesse de 192 km/h en 1934.

3. Les freins à disques, empruntés eux aussi à l'automobile (et à l'aviation). Efficaces, dissipant bien l'énergie, installés le plus souvent au nombre de quatre par essieu, ils sont assez encombrants : on les monte sur les essieux qui sont simplement porteurs.

Avec les freins précédents, il peut y avoir risque de blocage des roues. Ce blocage est très redouté, ne serait-ce que parce qu'il provoque la formation de "plats" sur les roues. On remédie au danger de blocage par des dispositifs d'anti-enrayage.

4. Le freinage rhéostatique applicable aux essieux moteurs. Les moteurs électriques fonctionnent alors en génératrices, et débitent, soit sur le réseau, soit sur des résistances (ventilées), suivant qu'on a prévu, ou pas prévu, la récupération d'énergie.

5. Les freins rotatifs à courants de Foucault, analogues aux ralentisseurs TELMA des autocars et des camions.

6. Exceptionnellement, l'infortuné APT possédait un frein hydrodynamique sophistiqué rappelant l'expérience historique de Joule.

7. Les freins à patins, agissant directement sur les rails, à l'exclusion de toute intervention des roues.

8. N'oublions pas, enfin, que tous les véhicules ferroviaires doivent être munis d'un frein d'immobilisation.

L'évolution en France des techniques de freinage est tout à fait intéressante.

Le TGV 001 avait été bien équipé, et du freinage classique (à semelles), et du freinage rhéostatique. S'ajoutaient à cela des ralentisseurs type TELMA, et des patins électromagnétiques KNORR à commande pneumatique. Par contre, les disques, essayés, n'avaient pas été retenus.

Sur le TGV PSE, les semelles de fonte sont conservées, mais, dans la phase initiale du freinage, servent essentiellement à nettoyer les surfaces de roulement. Le freinage rhéostatique est maintenu, mais les ralentisseurs TELMA disparaissent. On est étonné d'apprendre qu'on a abandonné les patins parce qu'ils provoquent un échauffement du rail tel qu'il aurait fallu porter à vingt minutes l'intervalle de temps entre deux trains successifs, alors qu'on désirait descendre à six minutes ! Les disques (quatre par essieu porteur) sont adoptés. Ventilés, ils fonctionnent en ventilateurs, et consomment de ce fait, même en l'absence de freinage, une énergie non négli-

geable : par exemple 6,5 kW par disque à 380 km/h, vitesse du record du monde de 1981, soit, pour la glorieuse rame n° 16, possédant huit essieux porteurs, donc trente-deux disques, 208 kW !

La grande différence entre le TGV PSE et le TGV A, c'est, sur les essieux porteurs de ce dernier, la disparition des freins à semelles d'une part, et d'autre part, le montage de disques massifs, non ventilés, faits d'acier allié ; les garnitures sont en métal fritté.

En l'absence de freinage, l'économie d'énergie sera de 350 kW à 300 km/h. En freinage d'urgence, on arrivera à dissiper 150 à 300 kW (sic) par disque, soit pour les 88 disques de la rame (22 essieux porteurs), 13000 à 26000 kW, leur température atteignant 550° C ! Heureusement, cette situation apocalyptique sera de courte durée.

LES PROBLÈMES DE LA SIGNALISATION

Sans bonnes voies, il n'y a pas de chemin de fer rapide, efficace et sûr : il n'en existe pas non plus sans signalisation de haute qualité.

Le rôle de la signalisation est multiple. Elle doit :

1. Régler l'espacement des trains et interdire le rattrapage mutuel de convois circulant dans le même sens et se succédant sur la même voie.

2. Rendre impossibles, en cas de circulation sur une voie banalisée (autorisée dans les deux sens), les affrontements nez à nez, qui entraînent des chocs frontaux dramatiques.

3. Protéger les bifurcations, les entrées et sorties de gares, les entrées et sorties de garages (évitements), les communications entre voies principales, et aussi les entrées et sorties à la limite des lignes nouvelles à grande vitesse et des lignes conventionnelles.

4. Assurer des ralentissements et des passages à la vitesse correcte en des points particuliers.

5. Protéger les chantiers de travaux.

6. Assurer encore, éventuellement, la sécurité aux passages à niveau, points faibles du système ferroviaire, quand ils existent. Bien entendu, ils sont rigoureusement proscrits des lignes nouvelles.

7. Donner des indications propres à la traction électrique

Nous dirons seulement, à titre d'exemple, quelques mots du premier problème, le plus essentiel et le plus caractéristique : l'espacement des trains de même sens. Chacun sait que ce problème est depuis longtemps résolu par le **block.** La voie est divisée en **cantons.** Le respect des signaux installés en tête des cantons a pour conséquence que, normalement, l'un de ces cantons ne peut être que vide, ou occupé par un seul train. Ce principe est commun à tous les blocks, mais dans le détail des installations, il peut y avoir des différences considérables.

Partons, ce n'est pas inutile, du cas relativement très simple du métro de Paris. On voit sur la figure (planche III) qu'un train, arrêté ou non, est protégé par deux signaux successifs présentant l'un et l'autre un feu rouge. Il y a donc toujours au moins un canton tampon, non occupé, en amont de notre train. Par contre, en raison de la faiblesse des vitesses pratiquées et de la puissance du freinage, le métro circule à vue, et il n'y a pas, en général, de signal d'avertissement. Mais tout cela, ce sont les principes théoriques : la réalité est souvent très complexe.

Passons au block automatique lumineux (BAL). La figure montre qu'un train n'est protégé que par un seul feu rouge (sémaphore). L'avertissement, matérialisé par un feu jaune, est obligatoire pour permettre au conducteur de ralentir et de s'arrêter en freinant normalement. Il est donc placé en amont du signal d'arrêt, à une distance au moins égale à la distance d'arrêt dans les plus mauvaises conditions. Cette distance, de l'ordre de 1500 m au minimum, est en même temps la longueur du canton, puisqu'un sémaphore est monté sur la même cible que l'avertissement du sémaphore suivant. Il est évident que, si on désire un fort débit, la longueur des cantons ne doit pas être trop grande : elle est, en fait, limitée à 2800 m à la SNCF.

Un pas vers les grandes vitesses, et nous rencontrons le problème des sections de lignes autorisées à 200 km/h. Il s'agit de tout ou partie des lignes Paris (Austerlitz) – Bordeaux. Les Aubrais-Vierzon, le Mans-Nantes, Valence-Marseille. Cette limite de 200 sera d'ailleurs portée à 220 km/h pour les TGV atlantiques circulant sur Tours-Bordeaux et Le Mans-Nantes. Les distances d'arrêt sont maintenant supérieures à la longueur des cantons. Pour pallier cet inconvénient sans bouleverser la signalisation existante, on a introduit la préannonce, matérialisée par un feu vert clignotant, qui commande au conducteur d'un train roulant à 200 km/h de ralentir à 160 km/h, et qui est sans signification pour les trains ordinaires.

On estime qu'au-delà de 200-220 km/h, l'observation correcte des signaux extérieurs classiques implantés le long de la voie (signalisation **latérale**) est plus que problématique. Le recours s'impose à la signalisation affichée en cabine, qui sera assortie, pour plus de

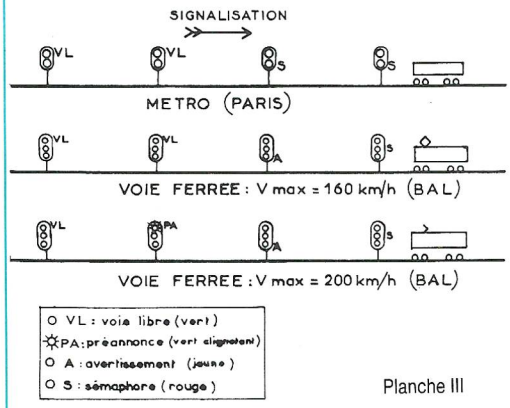


Planche III

sécurité, d'un contrôle impératif de vitesse. De plus, le ralentissement sera fractionné en plusieurs étapes, chacune correspondant à un canton.

La figure (planche IV) montre schématiquement comment s'effectue l'arrêt d'une rame dans le cas du TGV atlantique, dont les cantons ont une longueur d'environ 2000 m.

Si la ligne est libre en aval du train considéré, c'est l'indication VL 300 qui apparaît au poste de conduite sous forme du nombre 300, en chiffres noirs sur fond vert. On peut rouler à la vitesse normale de 300 km/h.

La première manifestation de la présence d'un obstacle en avant, c'est l'apparition de l'indication 300 P : on voit au tableau le signal précédent, mais clignotant. Le conducteur est ainsi averti qu'il peut bientôt se passer quelque chose : il doit se préparer à devoir, éventuellement, ralentir.

A l'étape suivante, l'indication 270 A (270 annonce) est traduite par le nombre 270, les chiffres 2,7,0 apparaissent en noir dans des losanges blancs. Le conducteur ralentit de 300 à 270 km/h.

Encore une étape, et c'est l'indication 220 A, traduite comme la précédente. Le conducteur ralentit de 270 à 220 km/h.

Derechef, encore une étape, pour en venir à 160 A. Le conducteur ralentit de 220 à 160 km/h.

Enfin, c'est l'indication 000 (indication zéro). Les trois zéros apparaissent au tableau en chiffres noirs inscrits dans des losanges

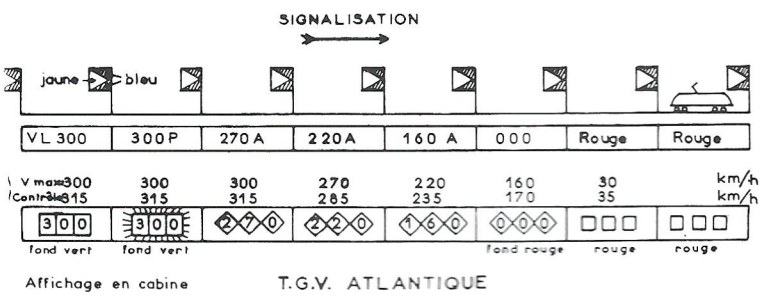


Planche IV

rouges. Il est temps, maintenant, de ralentir de 160 à 0 km/h, et de s'arrêter devant le premier repère rencontré.

Il y a encore un canton tampon. Si on y pénètre, à très faible vitesse, espérons-le, on verra l'indication rouge : trois carrés rouges. De toute manière, il faudra marcher à vue (ne pas dépasser 30 km/h), et s'arrêter avant le premier repère rencontré.

Enfin, si on pénétrait, indûment, dans le canton occupé par le train suivant, on verrait encore, et pour cause, trois carrés rouges.

Le contrôle automatique de vitesse pallie une éventuelle défaillance du conducteur. Ainsi, en marche normale, alors qu'on ne doit pas dépasser 300 km/h, ce contrôle entre en action, et déclenche le freinage, à 315 km/h : une certaine marge d'erreur est donc tolérée. De même, quand la vitesse ne doit pas dépasser 160, le freinage est automatique à 170 km/h, etc.

Ce système perfectionné est une synthèse des idées fondamentales exposées plus haut : on y retrouve les préannonces et les avertissements du chemin de fer, et le canton tampon du métro, complétés par le fractionnement du ralentissement en quatre étapes. Un processus complet, normal, de ralentissement et d'arrêt, se déroule donc sur six cantons, qui représentent à peu près $6 \times 2 = 12$ km. Notons que les trains peuvent se succéder toutes les quatre minutes environ, et sont donc séparés par une distance de l'ordre de 20 km.

Les jalons peints en jaune et bleu sont des signaux fixes intallés le long de la voie. Ils ne sont pas destinés aux conducteurs des trains en marche. Ils indiquent, à tous ceux que cela intéresse, les limites des cantons.

Les éléments essentiels de ce système de signalisation sont les CDV (circuits de voie), constitués par les deux files de rails, et correspondant aux cantons. Chaque CDV est muni d'un émetteur de courant, de fréquence F, à l'aval, et d'un récepteur à l'amont. Les CDV sont alternativement alimentés, le $n^{ième}$ avec $F = 1700$ Hz, le $n+1^{ième}$ avec $F = 2300$ Hz, et ainsi de suite sur la voie impaire ; il en est de même sur la voie paire avec $F = 2000$ Hz et $F = 2600$ Hz. De cette manière, et grâce à des filtres appropriés, le CDV de rang n ne peut pas envoyer de signal dans les CDV de rangs $n-1$ et $n+1$, ni dans ceux de l'autre voie, et réciproquement. Cette installation est parfaitement compatible avec la continuité mécanique assurée sur de longues distances par les LRS (longs rails soudés). De plus, et c'est évidemment essentiel, le "retour" du courant de traction, continu, ou de fréquence industrielle (50 Hz) se fait sans difficulté. Un véhicule occupant un canton "shunte" les rails, et supprime le signal dans le récepteur : sa présence est ainsi détectée. On conçoit aisément qu'il y a aussi possibilité de détecter une rupture de rail, ou encore le shuntage inopiné des rails par un obstacle métallique.

De nombreuses indications différentes peuvent être transmises au train de manière continue. Dans ce but, les signaux sont modulés en fréquence, avec une "excursion" de $\pm$ 10 Hz, à la fréquence f. Autrement dit, la fréquence des signaux varie périodiquement entre $F + 10$ et $F - 10$, et cela à la fréquence f. 14 valeurs de f sont disponibles, de 10,3 à 29 Hz. Les signaux sont reçus par le train grâce à un capteur, sorte d'antenne placée sous l'avant du premier véhicule. Les nombreux échanges d'information nécessaires entre les différents émetteurs et récepteurs, puisque, nous l'avons vu, un processus de ralentissement et d'arrêt intéresse six cantons, sont facilités par leur regroupement, tous les 12 km environ, dans des PRS (postes tout relais à transit souple), ou des CAI (centres d'appareillage intermédiaires), situés en bordure des voies.

En ajoutant à tout cela la détection, ou mieux la prévention des chutes de véhicules sur les voies, la détection des boîtes (d'essieux) chaudes, les liaisons radio permanents sol-train, le suivi et le contrôle des trains depuis un PAR (poste d'aiguillage et de régulation) installé à Paris, on obtient un système qui assure, de l'avis unanime, une sécurité théoriquement parfaite.

CONCLUSION

Le TGV PSE fonctionne parfaitement, depuis sept ans dans sa partie sud, depuis cinq ans sur la totalité de la ligne. L'exploitation du TGV atlantique va débuter dans quelques mois. Le creusement du tunnel sous la Manche est en cours, et on attaquera bientôt les travaux préparatoires du TGV Nord. On peut espérer que les Anglais vont construire, de Londres à la mer, une ligne à grande vitesse, et qu'elle sera terminée avant l'an 2000.

En ce qui concerne le contournement de Paris, et celui de Lyon prolongé jusqu'à Valence, les décisions positives sont prises. On parle aussi du TGV Est, et du prolongement de la ligne sud-est de Valence à Marseille.

L'Allemagne de l'Ouest et l'Italie progressent. Le train suédois à assiette variable sera bientôt opérationnel. L'Espagne s'apprête, dit-on, à choisir les caractéristiques de sa nouvelle liaison Madrid-Andalousie : écartement large ou écartement normal ; rames de type français ou de type allemand (ou de modèle japonais ?).

Il y a peut-être, dans ce foisonnement d'idées et de projets, une part de rêves et d'illusions. Qu'importe ! La réalité est d'ores et déjà assez riche pour susciter un enthousiasme raisonnable et réfléchi.

Formons le vœu que toutes - ou presque toutes - ces liaisons primordiales entrent en service à l'aube du grand marché commun de 1992. Ce serait pour l'Europe, notre patrie, un grand pas vers l'avenir.

BIBLIOGRAPHIE

1. **Jean ALIAS :** *La voie ferrée.* – 2e édit., Eyrolles, 1984.
2. **Jean-François BAZIN :** *Le TGV Atlantique.* Editions Ouest-France, 1988.
3. **Clive LAMMING :** *La grande aventure du TGV.* Larousse, 1987.
4. **Roger RETIVEAU :** *La signalisation ferroviaire.* Presses de l'Ecole Nationale des Ponts-et-Chaussées, 1987.
5. **Numéros spéciaux de la RGCF** (Revue Générale des chemins de fer :
   Le TGV Paris sud-est, Septembre 1981.
   Le TGV Atlantique, Décembre 1986.
6. **Numéro spécial de "Chemins de Fer" :** *Une idée force : le TGV,* 1977, nº 5.
7. **La collection de "La Vie du Rail".**
8. **François BATISSE :** *Les réseaux à grande vitesse dans le Monde* - RGCF, Avril 1988, p. 5.
9. **Michel BOITEUX et Bernard CHRISTIANS :** *Les équipements de freinage des futures rames TGV atlantique* - RGCF, Septembre 1987, p. 7.
10. **Alain CAIRE :** *Le TGV Atlantique*
    I, Chemins de Fer, 1986, nº 2, p. 57.
    II, Chemins de Fer, 1986, nº 3, p. 120.
11. **André COSSIE et Alain BARRAL :** *L'application du moteur synchrone autopiloté à la traction électrique* 3 articles dans RGCF, Mai 1983.
12. **Le matériel ferroviaire destiné à la grande vitesse** *Exposé des opinions de Fernand NOUVION,* Chemins de Fer, 1970, nº 4, p. 119.
13. **André RASSERIE :** *Ouest : des TGV pour un océan ?* Voies Ferrées, Juillet-Août 1982, p. 39.
14. **André RASSERIE :** *Le TGV 001* - Voies ferrées, Mai-Juin 1986, p. 23.

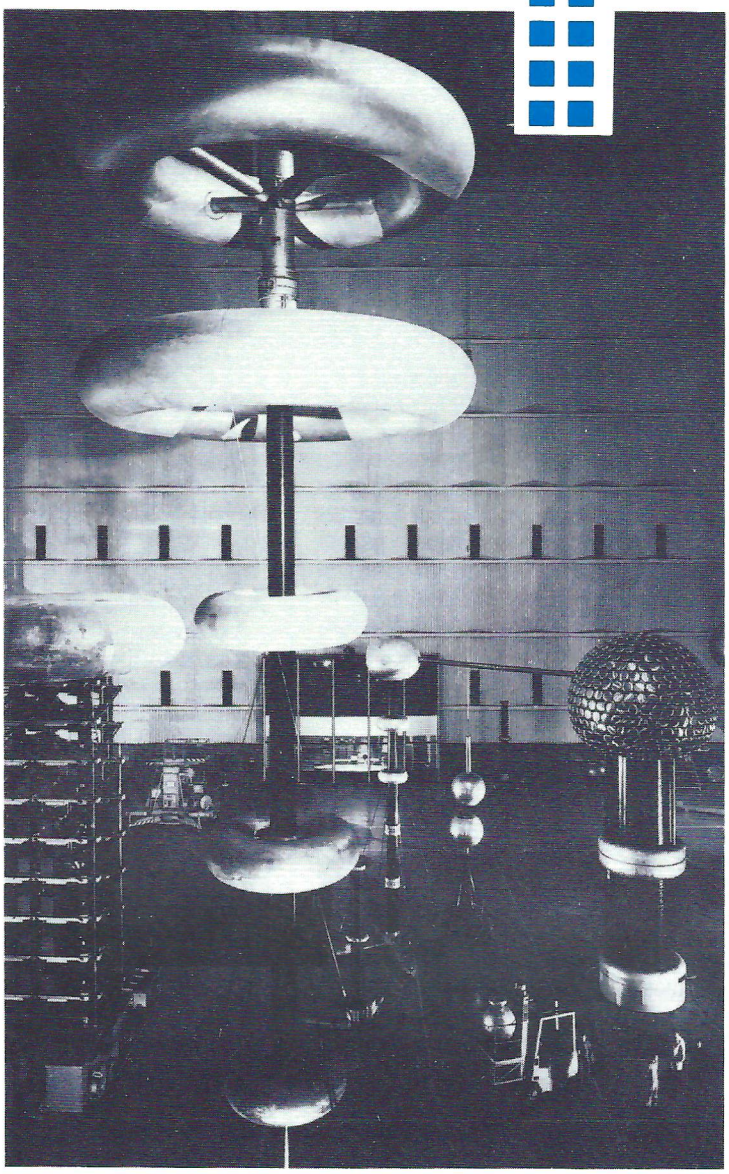
Le 23 décembre 1988, à Madrid, le Conseil des Ministres et le Conseil d'administration de la RENFE (REd Nacional de los Ferrocarriles Españoles) ont décidé d'acheter 24 TGV au groupe français ALSTHOM qui sera chargé par ailleurs du contrôle de deux entreprises de construction ferroviaire : la Maquinista et Ateinsa.

P.S.M.
COMPOSANTS

- Composants électroniques professionnels
- Matériel et outillage
- Appareils de mesure
- Librairie technique

◆

29, place du Changil
63000 CLERMONT-FERRAND
Tél. 73 31 13 76



Les applications de plus en plus larges de l'électricité exigent des recherches poussées. Améliorer les techniques existantes, mettre au point des procédés nouveaux, mais aussi être à l'écoute des utilisateurs pour adapter ces techniques nouvelles aux entreprises, c'est la vie quotidienne des chercheurs à Electricité de France.

Sodel conseil

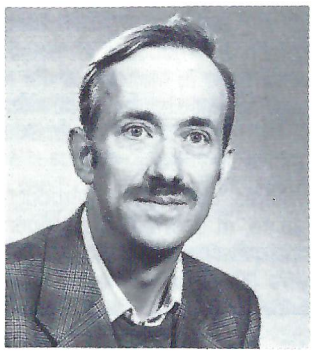
À EDF, DEMAIN COMMENCE AUJOURD'HUI

ELECTRICITE DE FRANCE

LES MINES D'URANIUM EN LIMOUSIN

VISITE DU 21 SEPTEMBRE 1988

par Michel Massaux*



La réalisation du programme de sorties culturelles de l'ADASTA*, annoncées dans le "n° 5 d'Auvergne Sciences", s'est poursuivie, à la rentrée, par une visite des Mines d'Uranium situées dans les monts d'Ambazac, au nord de Limoges.

Rendez-vous fut pris avec les responsables de la COGEMA, Compagnie Générale des Matières Nucléaires, et de sa filiale la S.I.M.O. (Société Industrielle des Minerais de l'Ouest) ; le programme copieux de la visite (mines le matin, usine de concentration l'après-midi) exigeait de partir très tôt, ce qui explique sans doute le petit nombre de participants (11). Cet effectif réduit ne justifiait pas un voyage en car, et c'est dans 3 voitures que nous fîmes le déplacement.

A 8h30, nous étions accueillis à Razès, siège de la COGEMA, par le responsable des relations publiques, M. COIGNAC. Il nous présenta d'abord l'organigramme de la Société (Fig. 1), puis l'ensemble des activités "Recherche et exploitation" des minerais uranifères en Limousin. La division minière de La Crouzille, créée en 1949 par le Commissariat à l'Energie Atomique, est passée en 1976 sous la direction de la COGEMA (filiale à 100% du CEA) au moment de sa création. Elle possède actuellement 23 titres miniers dans le Massif Central, dont 17 en Limousin (Fig. 2).

Ces titres sont de trois types :

1 - Permis Exclusif de Recherche (PER)

Lorsque des indices ont été découverts par prospection scintillométrique ou géochimique de surface et doivent être affinés par prospection géophysique et sondages.

2 - Permis Exclusif d'Exploitation (PEX)

Lorsque ces indices sont suffisamment prometteurs pour justifier des travaux de durée et d'importance limitées.

3 - Concession minière

Lorsqu'un siège d'extraction fixe doit être installé pour une longue durée.

L'activité de ces mines s'exerce surtout autour de **puits d'extraction et de "descenderies"** : les puits, profonds de 300 m environ, donnent accès aux chantiers par des galeries horizontales creusées à des niveaux distants d'environ 40 m ; cette technique traditionnelle a été progressivement remplacée, à partir de 1973-74, par des accès directs aux chantiers, par camions spéciaux, grâce aux "descenderies", véritables routes en tunnel. Ces voies souterraines, qui permettent une mécanisation poussée de l'exploitation, ont abaissé sensiblement son coût et sont systématiquement adoptées sur tous les nouveaux sièges miniers de la COGEMA.

Il existe également des **mines à ciel ouvert** pour l'exploitation en découverte des gisements superficiels isolés ou formant la partie supérieure des gisements profonds. Dans ce cas, de gros engins de carrière extraient de très importants tonnages de matériaux (de l'ordre de 4 millions de tonnes par an en Limousin) avec un personnel réduit. En 1986, par exemple, les 4 sièges miniers proches de Razes, employant 500 agents, ont extrait du minerai aboutissant à environ 700 tonnes d'uranium métal, tandis que les mines à ciel ouvert en ont produit 250 tonnes avec un effectif de 90 personnes.

Après nous avoir présenté, grâce à des transparents, les méthodes d'abattage et de remblayage utilisées, M. Coignac termina son exposé en insistant sur la position forte de la COGEMA parmi les producteurs d'uranium dans le monde ; A l'étranger, elle participe à des missions d'exploration et d'exploitation en Afrique (Niger, Gabon, Sénégal, Zaïre, Zambie), en Amérique du Nord (Canada, Etats-Unis) et en Australie. En 1986, la production en métropole a été d'environ 2500 tonnes ; en y ajoutant les participants de

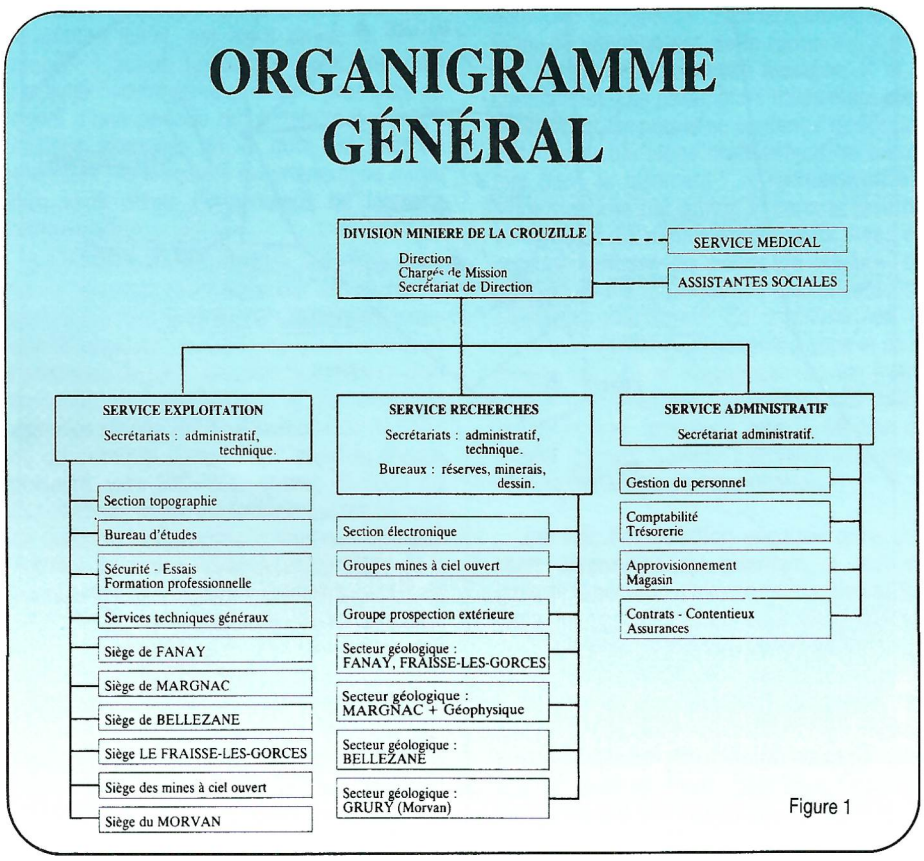


Figure 1

* M. MASSAUX, Maître de Conférences au Département de Physique de l'Université Blaise-Pascal. Spécialisé en Physique des Matériaux, il a enseigné pendant près de 30 ans la Cristallographie et ses applications. Actuellement, il s'intéresse aux propriétés optiques non linéaires des monocristaux dans les domaines infrarouge et hertzien.

l'étranger, c'est près de 8300 tonnes qui ont été produites. Les besoins énergétiques de la France (6400 tonnes en 1986) sont ainsi largement couverts. Il faut remarquer d'ailleurs qu'une surproduction se manifeste actuellement dans le Monde, ce qui a évidemment une incidence sur le prix du métal et nécessite une étude stricte de la rentabilité des exploitations.

Après cet exposé introductif très documenté, et des réponses apportées à toutes nos questions, M. Coignac nous guida à travers la collection minéralogique de l'entreprise, présentant des échantillons recueillis par les prospecteurs et les mineurs, en France bien sûr, mais aussi dans le Monde : il existe en effet à Razès une école technique de prospecteurs, le CIPRA, qui forme de nombreux spécialistes étrangers ; ce sont eux qui, de retour dans leur pays, font parvenir à la COGEMA des minéraux rares, caractéristiques des grands gisements mondiaux. Ainsi, nous avons pu admirer une très grande variété d'espèces minérales d'exceptionnelle qualité. Cette collection nous familiarisa également avec les belles cristallisations des pegmatites limousines : béryl, tourmaline, apatite, lépidolite...

Bien sûr, une large place est accordée aux minéraux uranifères, qui peuvent être répartis en 2 catégories :

1 - Ceux qui contiennent de l'uranium tétravalent.

Ils se forment en milieu réducteur (le plus souvent en profondeur). Les gisements limousins en contiennent, sous forme d'**uraninite,** UO_2, constituant principal de la pechblende, le minerai d'uranium le plus important sur le plan économique ; on rencontre aussi en Limousin la **ianthinite,** oxyde hydraté, et la **coffinite,** silicate uraneux. Les grands gisements canadiens contiennent de la **brannérite,** ferro-titanate d'uranium, de thorium et d'yttrium ; En Norvège et en Finlande, on rencontre également l'**euxénite,** titano-niobotantalate d'uranium, thorium et terres rares. Ces minéraux sont généralement de couleur sombre, noirs ou bruns. Ils sont fortement radioactifs.

2 - Ceux où l'uranium est hexavalent

Ils se forment en milieu oxydant, et sont toujours hydratés. C'est ainsi qu'on les rencontre couramment sur les affleurements des filons de pechblende : l'altération superficielle conduit à la fois à une oxydation et à une hydratation. Ils sont très colorés, les teintes allant du vert au rouge orangé. On trouve ainsi la **curite,** 3 PbO, 8 UO_3, 4 H_2O, jaune ou orange ; les phosphates comme l'**autunite** $Ca\,(UO_2)_2,\,(PO_4)_2,\,n\,H_2O$, verte ou la **parsonsite** $Pb_2\,(UO_2)\,(PO_4)_2,\,n\,H_2O$ (n variant de 8 à 12) ; les arséniates comme la **zeunérite** $Cu\,(UO_2),\,(As\,O_4)_2$, 8-12 $H_2\,O$, vert émeraude ; les vanadates comme la **carnotite** $K_2\,(UO_2)_2$, $(VO_4)_2$, $3\,H_2\,O$, jaune, la **francevillite** $Ba\,(UO_2)_2$ $(VO_4)_2$, $5\,H_2\,O$, jaune pâle ou la **tyuyamunite** $Ca\,(UO_2)_2\,(VO_4)_2$ 5-8 $H_2\,O$, jaune orangé ; et surtout des hydroxydes ou silicates divers (uranotile, cuprosklodowskite, kasolite...) dont le mélange, amorphe, forme les **gummites,** fréquentes en Limousin. Tous ces minéraux attirent l'œil par leurs coloris chatoyants ; ils sont luminescents sous éclairage ultra-violet.

Il était environ 10 heures lorsque M. Coignac nous proposa de vérifier sur le terrain la validité de nos connaissances théoriques toutes fraîches. Il fut décidé de répartir notre petit groupe sur 2 sites miniers proches de Razès : 6 personnes furent affectées à Fanay, les 5 autres au Fraisse. Nous fûmes d'abord équipés de vêtements "ad hoc", de bottes et de casques à éclairage incorporé ; il nous fut aussi confié un équipement de survie en cas d'incendie au fond de la mine. (Heureusement, nous n'en sûmes jamais le fonctionnement !). La visite comportait 2 descentes aux chantiers : l'une, en voiture, par la descenderie ; l'autre par la traditionnelle "cage", dans le puits.

De ces 2 parcours, le plus spectaculaire fut évidemment le premier. On circule, par une succession de plans inclinés assez impressionnants avec des virages à angle droit, sur une chaussée bétonnée, dans un tunnel de section importante (environ 4×4 m²). Des feux de signalisation assurent la protection des véhicules engagés ; il existe bien sûr des garages-refuges, taillés dans le roc, qui permettent le croisement ou le stationnement. Arrivés à proximité d'un chantier, nous avons alors, sous la conduite de chefs-mineurs

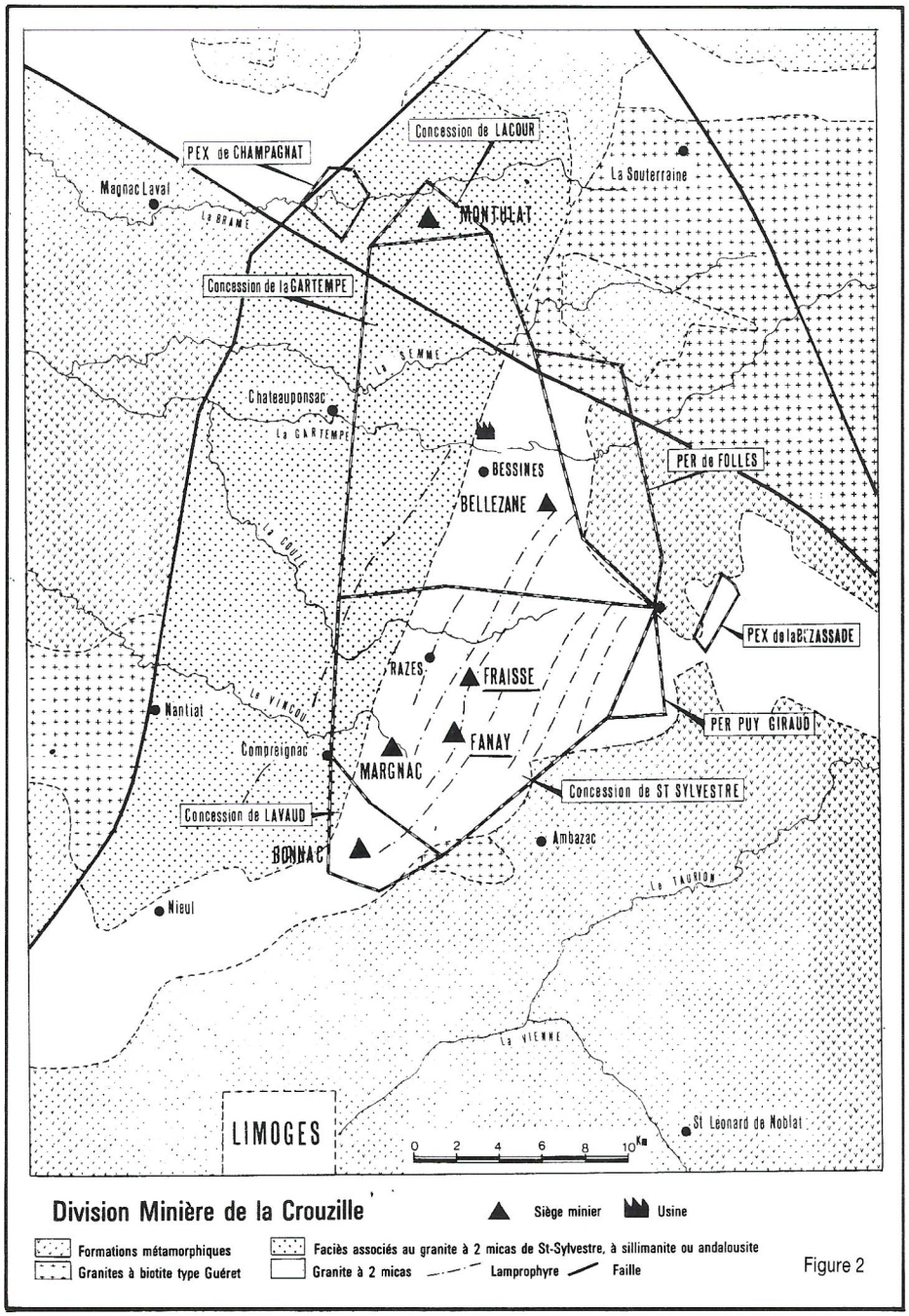


Figure 2

expérimentés, parcouru à pied les galeries et visité plusieurs fronts de taille. L'abattage est réalisé par tir de mines : la fissuration des zones minéralisées permet d'utiliser de faibles quantités d'explosif. Une série de tirs sur un chantier, ou "volée", est la première activité de l'équipe postée. Après une courte période de "stabilisation" du chantier, la même équipe assure le déblaiement du minerai, grâce à des engins à godet frontal, à moteur diesel ou électrique, appelés "SCOOPS". Equipés de bennes à vérins hydrauliques, ces chargeurs peuvent transporter de 2 à 5 tonnes de minerai par voyage ; ils déposent leur chargement sur une aire de stockage, où le minerai est repris pour être évacué vers le carreau de la mine, soit par des camions "dumpers" de grande capacité (de 10 à 20 tonnes) empruntant la descenderie, soit par les wagonnets traditionnels tractés par une petite locomotive électrique vers le puits d'extraction.

Ce qui frappe le visiteur novice arrivant dans la mine est l'importance de la ventilation. Déjà essentielle dans les mines autres que celles d'uranium, pour l'évacuation rapide des gaz toxiques dégagés par les tirs d'explosifs ou l'échappement des moteurs diesel, ainsi que des poussières soulevées par les engins travaillant au fond, elle devient vitale dans les mines d'uranium pour l'élimination rigoureuse de toute trace de radon, gaz radioactif, et de ses produits de filiation, extrêmement dangereux pour le personnel de la mine.

A ce propos, signalons qu'une surveillance constante de l'environnement, avec contrôles systématiques de l'air et de l'eau dans les galeries, est assurée par un service spécialisé de la COGEMA, le groupe de protection des mines d'uranium (GPMU). En outre, chaque agent porte sur lui, durant son poste de travail, un dosimètre de rayonnement, dont les mesures permettent d'établir une fiche mensuelle, individuelle, d'expositions externe (rayonnement γ) et interne (inhalation d'émetteurs α ou β), cumulant les risques radioactifs subis. D'autre part, comme dans d'autres mines, il pourrait exister des risques de silicose ; mais ils sont réduits à néant par le forage à l'eau des trous de mines, et l'arrosage systématique des zones à poussière. L'ensemble des précautions prises permet de travailler largement en dessous des normes internationales, tant sur le plan de la pollution ordinaire (bruit, poussière,...) que sur celui de la radioactivité.

Une deuxième remarque a trait au "minerai". A première vue, on a l'impression que ce sont de vulgaires cailloux à empierrer les routes que l'on extrait ! Pour les minéralogistes amateurs que nous sommes, c'est une petite déception : pas question de ramener au jour les superbes échantillons vus quelques minutes plus tôt dans la collection de Razès !

Une explication sur le gisement et le mécanisme de sa formation nous est alors fournie, qui explique le caractère diffus de la minéralisation. Nous sommes dans le Massif granitique de St-Sylvestre, qui est une "lame" de faible épaisseur (de 2 à 4 km, d'après les données gravimétriques). Il est formé d'un granite grossier, présentant parfois de gros cristaux de feldspath, et recoupé par de nombreux filons de granite à grain plus fin. L'âge estimé de cette formation est 320 millions d'années. On peut remarquer que les granites à grain fin peuvent présenter une sorte de contact visqueux avec le granite grossier (ce qui permet de supposer que les 2 roches se sont mises en place au même moment) ou au contraire le traverser avec des bords nettement délimités. Ceci prouve que les intrusions se sont mises en place pendant un long intervalle de temps. Par ailleurs, le granite principal présente de très nombreuses failles. Elles ont joué un rôle important, comme les filons de granite à grain fin, dans la métallogénie de l'uranium : on constate en effet une teneur élevée de ce métal, tant dans les filons que dans les zones fracturées. On admet actuellement que ces zones ont permis la circulation de fluides, avec transport de matière. Une altération initiale a provoqué la dissolution du quartz, formant ainsi une roche vacuolaire. D'autres minéraux initiaux ont été également affectés : ainsi les feldspaths sont transformés en phengites *(micas blancs),* alors que le mica noir *(biotite)* reste intact. Il en résulte l'apparition de sortes de colonnes de roches poreuses appelées "épisyénites". Chimiquement, cette transformation se traduit par un lessivage du silicum et du sodium, et par un enrichissement en potassium ; l'uranium, présent de manière diffuse et à très faible teneur dans le granite initial, est alors oxydé et rendu mobile. L'action tectonique cassante, puis l'activité hydrothermale se sont produites au cours d'une période qui a débuté il y a 300 millions d'années et a duré 30 millions d'années ; la longévité du phénomène explique sans doute l'importance de la zone concernée.

La minéralisation uranifère, localisée dans les épisyénites, s'explique par la montée, à travers des failles profondes, du magma basique sous-jacent. Sa présence est attestée par l'existence de filons de lamprophyres. La précipitation de pechblende et de minéraux associés résulte de modifications de l'acidité ou du potentiel d'oxydation dans les fluides porteurs, vers 300 - 350° C (eau chargée du CO_2 surtout), et elle est facilitée par les baisses de pression locales dans la traversée des épisyénites, poreuses. Après la cristallisation de la pechblende se déposent successivement de la pyrite, $Fe S_2$, de l'hématite Fe_2O_3 et du quartz, $Si O_2$. On observe alors une silicification des minéraux précédents, la pechblende se transformant partiellement en coffinite. Cet enrichissement en silice se traduit également par l'apparition de minéraux argileux, comme la montmorillonite. Et la phase hydrothermale prend fin avec des dépôts de fluorine $Ca F_2$, de barytine $Ba SO_4$ et de calcite $Ca CO_3$.

Ces minéralisations se sont formées à l'origine entre 4 et 5 km de profondeur. A la suite de l'érosion du massif granitique, elles se sont retrouvées, depuis quelques millions d'années, près de la surface du terrain, subissant alors les effets des eaux météoriques. Dans ces conditions, des minéraux d'oxydation, contenant de l'uranium hexavalent, apparaissent à la surface du gisement, et ont fréquemment servi d'indices révélateurs au début des campagnes de prospection.

Les caractéristiques géologiques du gisement expliquent l'importance d'une très sérieuse étude tectonique locale, associée à des mesures systématiques de la radioactivité γ, par scintillométrie, pour préparer le traçage des galeries. Des "carottes" sont également prélevées pour analyses géochimiques ou géophysiques (mesures de la porosité, de la densité, de la résistivité électrique, etc...). Les mesures de porosité et de densité sont les plus utiles, car elles permettent une localisation précise des zones broyées, des niveaux argileux ou argilisés, des poches d'eau, etc... On les réalise également par émission de neutrons ou de rayonnement γ dans un trou de sondage et mesure de la réponse dans des trous voisins. Le report des indications fournies ("diagraphie") permet de définir la position de repères tectoniques fondamentaux, en coupe et en plan, sur l'ensemble du gisement. L'informatisation systématique des mesures simplifie grandement ce travail fastidieux. Sur les carottes, découpées en tronçons de longueur constante (25 ou 50 cm), la mesure de radioactivité locale permet, moyennant des corrections, de faire une corrélation "radioactivité-teneur" ; la loi de variation est de la forme $\tau = K \rho^n$. (τ : teneur, ρ radioactivité mesurée, K et n constantes). Les paramètres utiles étant bien déterminés, on pourra se contenter de sondages destructifs (sans prélèvement de carottes) dans le gisement : la radioactivité est alors mesurée par sonde γ dans le trou de sondage, à différentes profondeurs. Avec un nombre suffisant de points de mesure, on parvient à une modélisation satisfaisante du gisement, permettant de s'assurer de la continuité des structures géologiques et de la teneur, de repérer soigneusement les éventuelles perturbations : décalages par faille, discontinuités, intrusions, etc...). Le prix de revient de ces travaux intervient largement dans la rentabilité de l'exploitation.

Une fois l'exploitation engagée dans une zone déterminée du gisement, il faut en garantir la sécurité. Comme l'extraction se fait dans des zones fissurées ou fracturées, il est nécessaire de soutenir les voûtes et les parois pour éviter les éboulements. On utilise la technique du **soutènement suspendu,** qui met en œuvre des boulons d'ancrage prenant appui dans des roches éloignées de la galerie, qui ne se sont pas détendues. Ces boulons sont des tiges métalliques de plusieurs mètres de long, placées dans des trous de

mines de petit diamètre, orientés perpendiculairement aux plans de fracturation. Ces tiges sont bloquées dans leur logement par un ancrage de béton injecté dans le trou, ou encore, ponctuellement, par un écrou à expansion qui prend appui sur le rocher massif au fond du trou de forage. Une plaque d'acier est appliquée contre la paroi de la galerie par un écrou vissé sur la tige, qui affleure. On applique parfois un grillage à haute résistance dans les zones susceptibles de présenter des risques de petits éboulements, localisés au toit ou aux parois de la galerie.

L'exploitation est conduite par paliers successifs, dont les planchers sont formés de dalles de béton de forte épaisseur, solidement ancrés aux parois latérales par des armatures métalliques. On peut ainsi reprendre sans risques l'exploitation de niveaux inférieurs. Enfin, les zones définitivement exploitées sont remblayées soit par des roches stériles extraites lors de l'ouverture de galeries d'accès, soit par du béton maigre préparé en surface et acheminé au fond par conduites, et bourré dans les espaces à remblayer par des pompes hydrauliques.

Dernier point essentiel : l'**exhaure,** extraction des eaux de ruissellement à l'intérieur de la mine. Ce n'est pas un très gros problème dans la région de Razès. Ces eaux sont recueillies, aux points bas des galeries, dans des bassins de décantation appelés "albraques". Les débits sont de l'ordre de 20 à 30 m³/h, avec de petites variations saisonnières, liées à la pluviosité. Des pompages successifs assurent le rejet de ces eaux à l'extérieur.

Grâce à la disponibilité de tout le personnel travaillant au fond au moment de notre passage, nous avons pu suivre dans le détail toutes les étapes de l'exploitation et obtenir tous les détails techniques voulus sur l'abattage et l'extraction du minerai, la mise en place des dalles de béton, le remblayage des galeries et tous les travaux annexes.

Il est 12h30 lorsque nous remontons au jour et prenons congé de nos guides, compétents et dévoués. Nous partons déjeuner au Relais de l'Uranium, à Razès, où le groupe se reforme. Tout en nous restaurant agréablement, nous comparons nos impressions : tout le monde est d'accord pour reconnaître l'excellence de l'accueil qui nous a été réservé.

Mais il est temps (nous avons même pris du retard) d'aborder la 2e partie du programme ; suivre le minerai dans les premières étapes de son traitement, à l'usine de concentration de la SIMO, à quelques kilomètres plus au nord, sur la RN 20. Il est presque 15 heures lorsque nous entrons dans l'enceinte de cette très vaste installation. Aussitôt accueillis par un responsable de l'usine, nous assistons d'abord à une présentation générale des activités de la SIMO à Bessines. Mise en service en 1958, exploitée par les établissements Ugine-Kuhlmann jusqu'en 1976, l'usine est depuis cette date propriété de la COGEMA. Elle emploie environ 200 personnes. Sa capacité de traitement est de 1,1 million de tonnes de minerai de teneur 1,5-2 ‰ d'uranium métal. Elle produit de l'uranate d'ammonium, contenant en masse près de 75 % d'uranium métal. En utilisant à plein ses possibilités, l'usine pourrait fournir près de 1600 tonnes d'uranium par an. En raison de la surproduction actuelle, la production est limitée à 1000 tonnes environ. Au cours de l'exposé introductif, le procédé de traitement nous fut présenté, avec des échantillons-témoins pris aux différentes étapes de la concentration. En résumé, ce procédé utilise la méthode des échanges d'ions par solvants organiques ; on concentre ainsi le métal des solutions uranifères provenant d'une attaque acide préalable des minerais broyés à une dimension inférieure à 0,5 mm. La solution organique enrichie en uranium est ensuite dissociée par l'action de sels d'ammonium, qui fait précipiter l'uranate d'ammonium. C'est ce dernier qui, filtré puis séché, est envoyé à l'usine de raffinage COMURHEX de Malvési, dans l'Aude, pour subir un traitement approprié (purification, puis transformation en tétrafluorure d'uranium) ; ce produit, envoyé à Pierrelatte (Drôme) est à son tour transformé en hexafluorure, gazeux, qui subit l'opération d'enrichissement isotopique dans les installations d'EURODIF, filiale du CEA.

Ce schéma, brossé à grands traits, fut suivi d'une visite complète des installations, ce qui nous permit de garder une image détaillée et vivante du processus de traitement du minerai (Fig. 3 et 4).

A leur arrivée, les camions-benne sont pesés et leur contenu contrôlé par des compteurs de radioactivité installés sur un portique. Le minerai est alors déposé sur une aire de stockage, en respectant une pré-classification en foncton de la teneur du lot : riche, moyenne ou pauvre. Ceci permettra d'envoyer à l'usine de traitement un minerai à teneur à peu près uniforme, ce qui évite des fluctuations de rendement. En moyenne, la teneur du minerai traité doit être comprise entre 1,5 et 2 kg d'uranium par tonne de minerai brut. Comme nous l'avons vu, l'uranium est presque toujours dispersé dans la roche, ce qui rend inopérantes les méthodes physiques d'enrichissement telles que la flottation, très employées pour d'autres minerais (Cu, Pb, Zn, Au...). Après avoir concassé, puis broyé le minerai, ce qui l'amène à l'état de particules dont la plus grande dimension est de l'ordre de 0,2 mm, on procède à une attaque à l'acide sulfurique en solution aqueuse. (L'acide sulfurique est produit sur place, à partir de soufre en provenance de Lacq ou de l'étranger). L'opération d'attaque se fait à chaud, en présence d'un agent oxydant, le chlorate de sodium, $NaClO_3$.

L'acide attaque peu la gangue siliceuse ; les minéraux uranifères sont dissous, et l'uranium donne, selon le pH de la solution, soit l'anion complexe $[U(SO_4)_5]^{4-}$, soit le cation $[UO_2]^{2+}$ dans lesquels il est hexavalent.

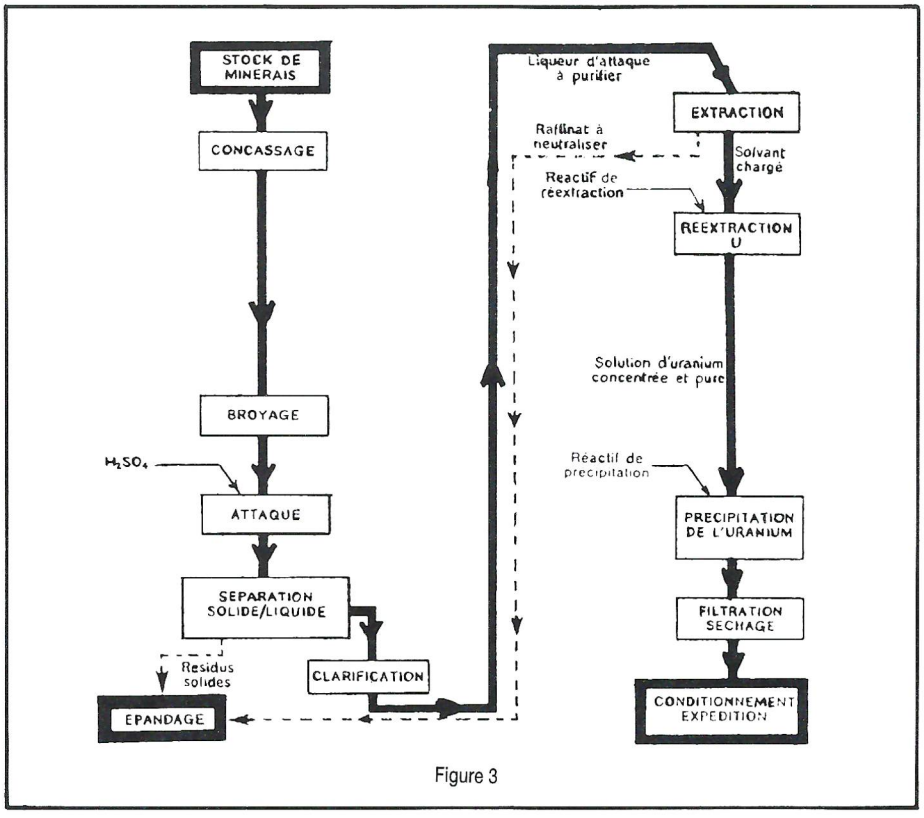


Figure 3

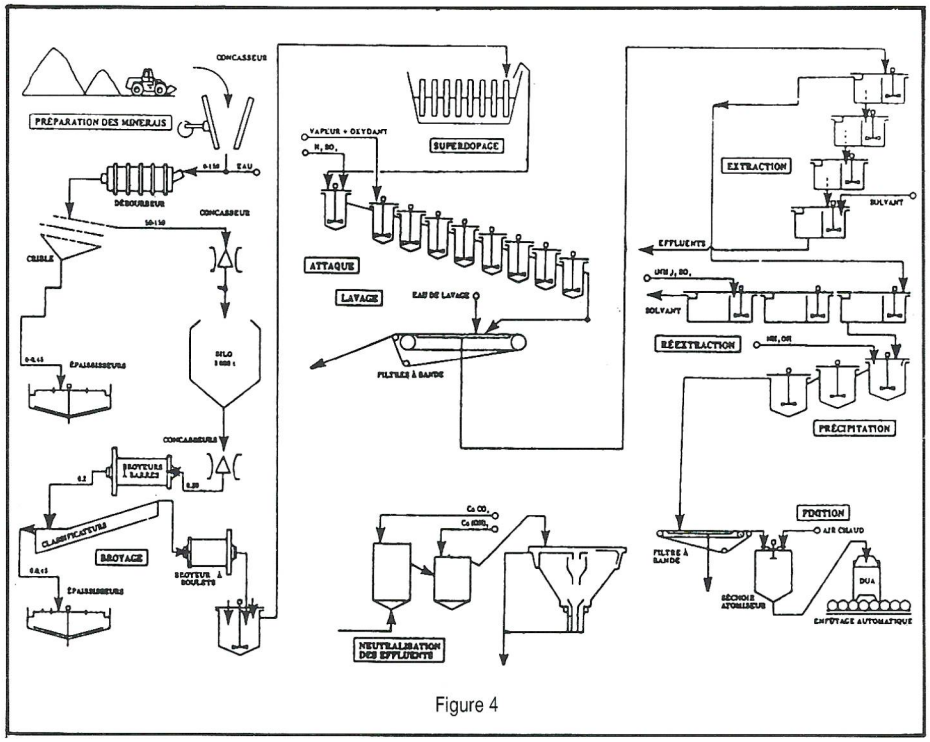


Figure 4

On sépare alors la liqueur uranifère du résidu solide stérile par une série de décantations-lavages à contre-courant. Puis on filtre la liqueur obtenue sur un filtre à bande ; le résidu est lavé une dernière fois avant d'être neutralisé et stocké. C'est alors qu'intervient l'extraction proprement dite : l'uranium est extrait **de façon sélective** de la liqueur précédente par un solvant organique aminé contenu dans du kérosène : cette solution, enrichie par une succession de passages à contre-courant, est facilement séparée en deux phases, car le kérosène contenant le complexe organique riche en uranium flotte sur l'eau, qui contient le reste des ions sans intérêt économique. Après décantation des effluents sont conduits à une unité de neutralisation, qui utilise du carbonate de calcium et de la chaux. Contrôlés, ils sont mis en réserve dans un bassin de décantation, puis rejetés à la rivière, la Gartempe, après vérification de leur inocuité biologique. Quant à la solution organique kérosène-solvant organique uranifère, elle subit une opération appelée **Réextraction :** c'est la précipitation de l'uranium contenu par neutralisation ammoniacale, qui restitue le solvant dans l'état initial et permet son recyclage. Il se forme un dépôt de diuranate d'ammonium, $(NH_4)_2\ U_2\ O_7$, solide jaune, qu'il suffit de décanter, filtrer, laver, sécher, et conditionner en fûts métalliques. C'est ce concentré, appelé "yellow-cake", qui, par décomposition thermique, fournira ensuite l'oxyde UO_3, lui-même de couleur orange. Ce sel, tel qu'il sort de l'usine de Bessines, devra être purifié, car il contient divers éléments (du fer en particulier) qu'il faut éliminer avant l'enrichissement isotopique. Pour l'ensemble des opérations de concentration, le rendement atteint 95 %.

La visite, fort détaillée, des installations de Bessines se termina peu avant 18 heures. Après avoir remercié tous ceux et celles qui nous avaient patiemment expliqué et montré les différentes étapes de la concentration de l'uranium, nous prenions congé et regagnions Clermont, très heureux d'avoir participé à une visite instructive, riche de découverte, au cours de laquelle rien ne fut laissé dans l'ombre.

Et le rêve de signataire de ces lignes serait de pouvoir reprendre, un jour prochain, le concentré d'uranium là où nous l'avons laissé, pour suivre les nouvelles étapes de sa transformation vers le combustible nucléaire final. Malheureusement, les lieux de traitement (Malvesi, puis Pierrelatte) supposent un voyage moins simple que celui que nous venions d'effectuer, dans les meilleures conditions.

Propriétés physico-chimiques de l'uranium.

L'uranium est un métal d'aspect analogue à celui du fer ; à l'air, il ternit et devient gris.

A 20° C, sa masse volumique est $1{,}90 \times 10^4$ kg.m^{-3}. Il cristallise, en fonction de la température, sous trois formes distinctes :

- **La forme α**, stable jusqu'à 649° C. La maille est orthorhombique et contient 4 atomes. Les paramètres sont a = 285,4 pm ;
- **La forme β,** stable entre 649° C et 871° C. Sa maille est quadratique et contient 30 atomes. Ramenés à la température ambiante, les paramètres sont a = 1059,0 pm ; c = 563,4 pm.
- **La forme γ,** stable au-dessus de 871° C. La maille est cubique à faces centrées (mode F) et contient 4 atomes. Le paramètre de maille, à la température ambiante, est a = 347,4 pm.

A la pression normale, l'uranium fond à 1132° C et bout à 3818° C. Le caractère métallique est attesté par les valeurs élevées des conductivités électriques (à température ambiante, $\sigma = 3{,}7 \times 10^6$ S.m^{-1}, comparable au plomb) et thermique (K = 28 W.m^{-1} K^{-1}). Il est paramagnétique.

Les propriétés chimiques de l'uranium sont le reflet de sa structure électronique : c'est un élément de transition du groupe VI. **La valence 6** correspondant au groupe conduit à des composés très stables, comme l'oxyde UO_3, le cation $(UO_2)^{2+}$, formant la grande famille des sels d'uranyle, ou les anions $(UO_4)^{2-}$ ou $(U_2O_7)^{2-}$. Ces derniers conduisent respectivement à des uranates ou des diuranates : ainsi c'est la diuranate d'ammonium qui est produit à la fin du processus de traitement du minerai à l'usine de Bessines.

Le composé le plus important de l'uranium VI est sans doute l'hexafluorure, UF_6. La molécule UF_6 est octaédrique. A la température ambiante, UF_6 se présente sous forme de cristaux jaune pâle. Le point triple est à 65° C sous une pression de 1,65 bar. On met à profit cette propriété pour réaliser la séparation isotopique par diffusion gazeuse à travers des parois poreuses (usine EURODIF de Pierrelatte).

La préparation industrielle de UF_6 est assurée par la société COMURHEX, qui, avec une capacité de production de 12 500 tonnes par an, sert 30 % du marché mondial.

Il existe des valences inférieures à 6 :

- **La valence 3,** rare, est connue comme terme ultime de la réduction par l'hydrogène des sels de U(VI). Elle conduit à des dérivés très réducteurs, instables en milieu aqueux. Ces composés sont ioniques (exemple : $UC1_3$).
- **La valence 4,** est courante. On la rencontre par exemple dans l'oxyde noir UO_2. Le cation correspondant, U^{4+}, conduit à des solutions vertes. Les composés ioniques sont stables : le chlorure $UC1_4$ est soluble dans l'eau ; le sulfate, $(SO_4)_2$ U, cristallise avec 4 ou 8 molécules d'eau. Ils s'oxydent lentement à l'air.
  Cette valence 4 apparaît aussi dans le cation $(UO)^{2+}$, mis en évidence dans le sulfate (SO_4) (UO1, 2 H_2O, obtenu dans ces solutions.
  L'oxyde d'uranium le plus stable, U_3O_8, vert, est un uranate de U^{4+}, $(UO_4)_2U$.
- **La valence 5** est observée dans $UC1_5$ par exemple. Elle n'est pas stable.

Les sels d'uranium sont fréquemment photosensibles et luminescents. Ils sont fortement toxiques, en dehors des effets radioactifs : dans l'air, la concentration limite admise en composés solubles de l'uranium est estimée à 50 ug.m^{-3}.

Enfin, l'uranium, comme tous les éléments de transition, forme facilement des complexes de coordination avec des ligands organiques, comme dans le tétrakisacétylacétanato-uranium U (acac)$_4$; de même les ß dicétones complexent le dérivé uranyle UO_2. Ces complexes peuvent permettre l'extraction et la purification de l'uranium.

M. MASSAUX.

P.S.

Ce rêve pourrait devenir réalité si un nombre suffisant de personnes intéressées par la visite des usines de traitement et d'enrichissement se manifestaient.

Si vous êtes personnellement attiré(e) par ce projet, veuillez prendre contact (Tél. 73 26 41 10, poste 32-22).

La date retenue et les conditions matérielles du voyage seraient alors établies en fonction des souhaits des participants.

Les personnes intéressées par une visite des usines conduisant à l'élaboration du combustible nucléaire, situées dans la Drôme (Tricastin et Pierrelatte) peuvent prendre contact avec M. MASSAUX, aux Cézeaux - Tél. 73 26 41 10, poste 32-22).

L'ADASTA envisage, si le nombre de ces personnes est suffisant, d'organiser cette visite, qui permettrait aux participants d'avoir suivi l'uranium du gisement à l'utilisation.

STRUCTURE ATOMIQUE ET NUCLÉAIRE DE L'URANIUM

L'uranium (U, $Z = 92$) fait partie de la famille des **actinides,** dont le "chef de file" est le thorium, Th ($Z = 90$). Mis en évidence pour la première fois par Klaproth en 1789, il a été isolé et étudié à l'état pur par Peligot en 1841.

Le **cortège électronique de l'atome d'uranium** comporte les couches K, L, M, N pleines, soit $2+8+18+32 = 60$ électrons. Dans la couche 0, les orbitales 5s, 5p, 5d sont pleines, ce qui représente $2+6+18$ électrons ; l'orbitale 5f est occupée par 3 électrons célibataires. Dans la couche P, on trouve les orbitales 6s et 6p pleines, soit 8 électrons ; 6d présente un seul électron ; enfin, dans la couche Q, l'orbitale 7s est pleine, avec 2 électrons.

La masse atomique de l'uranium naturel est M = 238,03 g.

Le **noyau de l'atome U** comporte plusieurs isotopes. On a identifié les noyaux de nombres de masse 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239 et 240. Seuls les isotopes 234, 235 et 238 sont présents dans l'uranium naturel. Le dernier prédomine largement, l'uranium 235 représente seulement 7‰ du total, et l'isotope 234 existe à l'état de traces (environ 8×10^{-5}). Tous sont **radioactifs,** émetteurs α.

Les demi-vies $T_{1/2}$ sont respectivement :

$$T_{1/2}(234) = 2{,}5 \times 10^5 \text{ ans}$$
$$T_{1/2}(235) = 7{,}1 \times 10^8 \text{ ans}$$
$$T_{1/2}(238) = 4{,}8 \times 10^9 \text{ ans}$$

Le noyau de l'isotope 235 est **fissile** : sa section efficace est maximale pour des neutrons de faible énergie ($2{,}5 \times 10^{-2}$ eV) appelés neutrons thermiques : elle est de l'ordre de 600 barns. Le choc provoque la fission de l'atome avec dégagement d'énergie (170 MeV). Dans les produits de fission se trouvent des neutrons, qui, ralentis, deviennent capables d'induire de nouvelles fissions par un processus de réaction en chaîne.

Par ailleurs, le noyau d'uranium 235 donne lieu à **capture** de neutrons, pour former de l'uranium 236, lui-même fissile. Pour les neutrons thermiques, la section efficace de capture est d'environ 100 barns.

Le noyau d'uranium 238 est difficilement fissile : la section efficace est inférieure à 1 barn pour des neutrons rapides, et pratiquement nulle pour les neutrons thermiques.

En revanche, il y a une probabilité non négligeable de capture, conduisant à l'isotope 239. Ce dernier, par deux émissions ß en cascade, donne du plutonium (Pu, $Z = 94$), fissile.

De ce fait, l'uranium 238 est dit **fertile.** Sa section efficace de capture des neutrons dépend beaucoup de leur énergie : elle varie de 10 à près de 10^4 barns. En particulier, elle est de 7000 barns pour des neutrons d'énergie 7 eV.



Le CRDP et l'ADASTA

présentent

les insectes

mi-démons, mi-merveilles

au **CRDP**
15, rue d'Amboise
63000 Clermont-Fd

Téléphone : 73 91 86 90

du 20 Février
au 19 Mars (inclus)

ATELIERS

Mercredi 22 Février, 1er et 8 Mars à 14h30 :
- "L'Apiculture"
animé par M. Jean-François ANDRÉ et les élèves du Collège de Besse-en-Chandesse.

Jeudi 23 Février et 9 Mars à 14h30 :
- Techniques de chasse, piègeage, mimétisme"
animé par M. Jean-Jacques BIGNON, Agro-écologue et M. André-Jean FRANCEZ, Ingénieur écologue CEREMCA - Aydat.

Mardi 28 Février et 14 Mars à 14h30
- "La génétique"
animé par Mlle FLEURIET, MM. LAVIGE et PICARD de l'Université Blaise-Pascal, Clermont-Ferrand.

Samedi 4 et Mercredi 15 Mars à 14h30
- "Elevage de drosophiles - les chromosomes géants chez la drosophile et leur intérêt en génétique"
animé par M. Claude PERRIN-WALDEMER, Professeur à l'Université Blaise-Pascal - Clermont-Ferrand.

Vendredi 10 et 17 Mars à 14h30
- "Elevage de mouches"
animé par M. ALATIENNE, Ingénieur au laboratoire d'analyse vétérinaire et biologique du département du Puy-de-Dôme.

Samedi 11 et 18 Mars à 14h30
- "Présentation de coléoptères du monde entier"
animé par M. GOURVES, Professeur de Sciences Naturelles à Issoire.

Mardi 7 Mars et Jeudi 16 Mars à 14h30
- "La protection phytosanitaire en Forêt"
animé par Mlle MONESTIER de Bio Assistance Forêts Limousines ; M. DEMARCQ, Ingénieur à l'ONF ; M. LEGRAND, Ingénieur et M. BOUTTE, Technicien (Ministère de l'Agriculture et de la Forêt).

CONFÉRENCES AU CRDP

Mercredi 22 Février à 18h00 :
- "Ces insectes qui nous importunent et menacent notre santé"
animée par M. BRUNHES, Directeur de Recherche ORSTOM à l'Université Blaise-Pascal.

Samedi 25 Février à 15h00 :
- "Les techniques de chasse et l'élevage de Papillons"
animée par M. VIGNAL, Professeur au Lycée d'Egletons.

Mercredi 1er Mars à 15h00 :
- "Abeilles et Agriculture" (la colonie d'Abeilles - leur rôle par la pollinisation en région Auvergne)"
animée par M. J.-F. ANDRÉ, Président des Apiculteurs du Puy-de-Dôme.

Mercredi 8 Mars à 17h30 :
- La lutte biologique par les insectes entomophages"
animée par Mlle HAWLITZKY, Directeur de Recherche à l'INRA de Versailles.

Mercredi 15 Mars à 18h00 :
- "Les insectes et les entomologistes : 2 mondes encore méconnus"
animée par M. MARTINEZ, Entomologiste à l'INRA de Versailles.



DOCUMENTS SUR LES INSECTES

A l'occasion de la venue au CRDP de Clermont-Fd de l'exposition : **" Les insectes, mi-démons, mi-merveilles"**, l'ADASTA et le CRDP ont édité divers documents destinés aux enseignants :

1 - **Guide pédagogique de l'exposition**

Un exemplaire est envoyé gratuitement aux établissements qui en font la demande ; les autres exemplaires sont vendus 10 F.

2 - **Elevage d'insectes et renseignements pratiques. (10 F le numéro).**

3 - **Les insectes.** Numéro spécial du MULOT, revue d'Auvergne et Nature (9 F).

Ces documents seront disponibles au CRDP pendant l'exposition ; ils peuvent être expédiés par la poste (joindre un chèque en majorant la somme de 3 F par document pour frais d'envoi). S'adresser à l'ADASTA.

Ces stages peuvent vous intéresser :

Stage européen d'information sur les Sciences et Techniques Spatiales :

du 25 au 31 août 1989 à l'Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications de Bretagne à BREST.

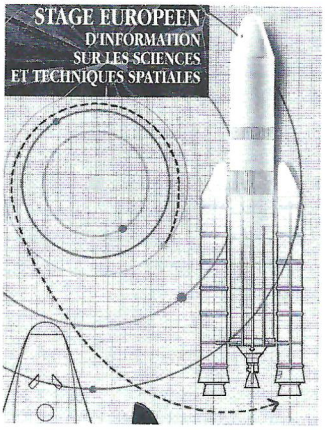
Thèmes abordés : L'Homme dans l'Espace, Observation de la Terre, Orbitologie, Localisation, Les Ballons, L'exploration du Système Solaire, Mécanique Spatiale, Télédétection, C.A.O.

Conférences, Travaux Pratiques, Visites, Loisirs...

S'adresse en particulier aux professeurs de Sciences Physiques et de Géographie.

Nombre de places limité à 180.

Renseignements et inscriptions au CNES : Département des Affaires Universitaires, 18, avenue E. Belin, 31055 Toulouse Cédex. Tél. 61 27 40 18.



ANTHENA 89 : "Le transfert des connaissances en Sciences et Techniques".

du 4 au 7 septembre 1989 à l'Université des Sciences et Techniques du Languedoc (USTL) à Montpellier.

Ce colloque international est organisé à l'occasion du septième centenaire des Universités de l'Académie de Montpellier.

S'adresse à tous ceux qui sont confrontés à la transmission d'un savoir, d'un savoir-faire, d'une technologie,... : enseignants, formateurs, chercheurs, ingénieurs, journalistes, vulgarisateurs.

Les sessions prévues traiteront :
- de la formation initiale de l'Ecole élémentaire à l'Enseignement supérieur : apports de la recherche en Didactique, impact des nouveaux outils (EAO, audiovisuel, systèmes experts,...).
- de la formation permanente et l'actualisation des connaissances : problèmes spécifiques, rôles des organismes et des entreprises.
- de la vulgarisation scientifique : rôles des musées, journaux, expositions scientifiques,...
- des échanges d'informations entre Enseignants, Chercheurs et Industriels :
Problème des relais (lieux, statuts, fonctions, Technopôles,...), recherche d'un langage commun, rôle des publications et ouvrages spécialisés, compétitivité et transfert des connaissances, adéquation des moyens aux besoins des PME et PMI, seuils critiques pour le volume d'informations échangées.

LAMES MINCES ET BULLES DE SAVONS
(3ème partie)

Dans deux articles précédents (voir Auvergne Sciences n° 6 et 7), j'ai décrit quelques expériences très faciles à réaliser qui mettent en évidence les forces de tension superficielle et qui permettent de comprendre les propriétés des bulles de savon. Nous pouvons désormais continuer à jouer avec les bulles...

Déformation des bulles

On s'arrange pour souffler une bulle entre deux anneaux maintenus horizontalement. A l'aide d'un petit tube de verre (une pipette) dont on introduit une extrémité dans la bulle (Fig. 17), on peut souffler ou aspirer de l'air et ainsi modifier la pression à l'intérieur. On obtient divers volumes limités par des surfaces géométriques particulières représentées dans le tableau de la figure 18.

Le modèle n° 6, appelé *caténoïde*, est tel que la pression est la même à l'intérieur et l'extérieur du volume, ce que l'on constate par l'existence de faces planes. Les surfaces verticales ne sont pas planes mais leur courbure moyenne est nulle. En effet, en un point A de la surface, on appelle courbure la quantité : $\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

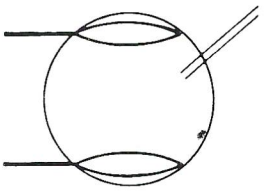


Figure 17

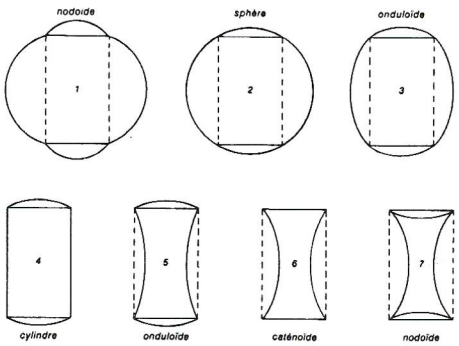


Figure 18

R_1 étant le rayon de coubure dans le plan de la figure et R_2 le rayon de courbure dans le plan perpendiculaire (Fig. 19) ; les centres de courbure C_1 et C_2 étant de part et d'autre de la surface, les courbures sont de signes contraires. Leur somme est nulle car $R_1 = -R_2$. Les modèles 6 et 7 ne peuvent être obtenus que si la distance entre les anneaux n'est pas trop grande.

Assemblages de bulles

Quand deux bulles, de rayon R_1 et R_2 ($R_1 > R_2$), s'assemblent, elles sont séparées par une calotte sphérique de rayon R_3 (Fig. 20).

On montre que la surpression dans la bulle s'exprime par : $P = \frac{4A}{R}$

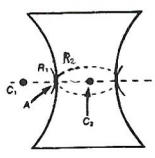


Figure 19

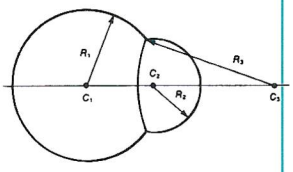


Figure 20

A étant la tension superficielle du liquide et R le rayon de la bulle. Dans les bulles 1 et 2 les surpressions valent :

$$P_1 = \frac{4A}{R_1} \quad \text{et} \quad P_2 = \frac{4A}{R_2}$$

et la calotte est soumise à la pression :

$$P_2 - P_1 = 4A \left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}\right)$$

Si les deux bulles sont identiques ($R_1 = R_2$) la surface de séparation est plane, car la même pression régne des 2 côtés, ce qu'il est facile de vérifier, en particulier si on opère avec des demi-bulles posées sur une plaque de verre, comme on l'a vu précédemment (Fig. 21).

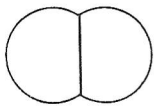


Figure 21

Lorsque trois surfaces se raccordent sur une arête commune, les forces qui agissent sur cette arête sont égales et font entre elles des angles de 120°. S'il n'en était pas ainsi, l'équilibre serait impossible (Fig. 22).

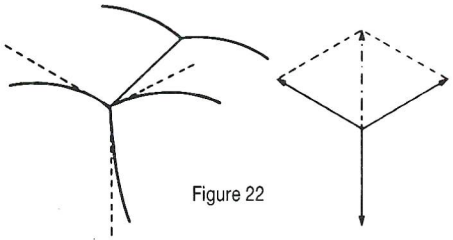


Figure 22

Pour observer à loisir des systèmes laminaires on souffle des bulles sur une plaque de verre mouillée puis on retourne la plaque pour examiner les figures qui sont dans ce plan. (Fig. 23).

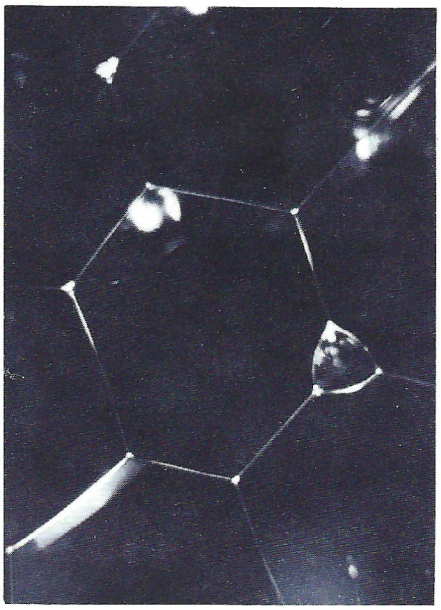


Figure 23

On peut également les photographier ou les observer grâce à une rétroprojecteur.

On pourra vérifier les résultats suivants :

- A la même arête liquide aboutissent toujours trois lamelles planes ou courbes, faisant entre elles des angles de 120°.
- Au même sommet liquide aboutissent toujours quatre arêtes formées par six lames planes ou courbes. Les arêtes se coupent sous des angles égaux à 109°.

Un modèle sur lequel on pourra faire une vérification des lois précédentes est obtenu simplement à l'aide d'un tétraèdre régulier (Fig. 24). En le plongeant dans le liquide glycérique on obtient quatre lames minces qui se coupent au centre O. Le tétraèdre sera réalisé avec six fils métalliques d'environ 5 cm de long collés aux extrémités (par exemple à l'araldite).

En s'inspirant de la technique précédente on construira d'autres modèles servant de support aux systèmes laminaires et notamment un cube, un prisme, etc...

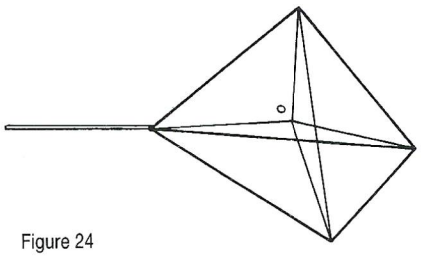


Figure 24

III - LIQUIDES EN IMPESANTEUR

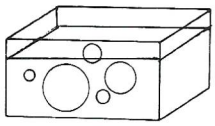
Comment réaliser un milieu "sans pesanteur"

Nous avons déjà évoqué le problème des gouttes de liquide qui sont d'autant mieux sphériques qu'elles sont plus petites. Par exemple, des gouttelettes de mercure de 1 mm de diamètre roulent comme des billes sur une plaque de verre.

Il est possible d'équilibrer complètement les forces de pesanteur grâce à la poussée d'Archimède et d'observer ainsi le comportement des liquides en impesanteur. La méthode consiste à obtenir deux liquides non miscibles et de même densité.

La densité de l'alcool ordinaire (alcool à brûler) est 0,8 ; celle de l'huile d'olive 0,92. En mélangeant en proportions convenables de l'eau (densité 1) et de l'alcool on obtient un liquide homogène de densité égale à celle de l'huile.

Pour faire l'expérience on prendra un petit aquarium ou a défaut un bocal en verre. Le mélange convenable est obtenu par tâtonnement (il faut environ 100 cm^3 d'alcool à 95° pour 70 cm^3 d'eau). On ajoute progressivement l'eau à l'alcool et on fait des essais en laissant tomber une goutte d'huile à l'aide d'une seringue. Dans un mélange bien homogène de densité égale à celle de l'huile, toutes les gouttes, quelles que soient leurs dimensions, sont parfaitement sphériques. Elles sont en équilibre en tout point du mélange (Fig. 25).



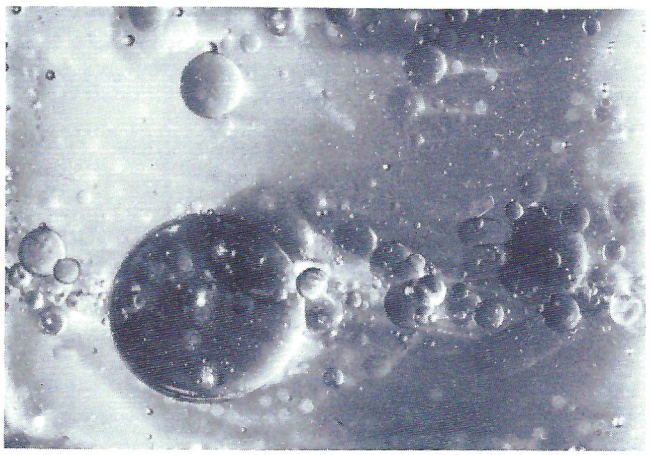


Figure 25

Lentilles d'huile :

On peut alors procéder, sur les sphères d'huile, à des expériences analogues à celles réalisées sur les bulles de savon. Par exemple, on peut capter une sphère avec un anneau en fer de diamètre inférieur à celui de la sphère d'huile. L'anneau aura au préalable été frotté avec de l'huile ; il sera maintenu fixe sur un support. A l'aide d'une seringue médicale on prélèvera du liquide comme l'indique la figure 26.

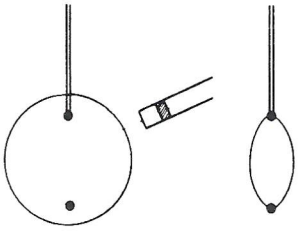


Figure 26

On obtient ainsi des lentilles biconvexes de liquide qui ont toutes les propriétés des lentilles convergentes ordinaires.

A l'aide d'un anneau large obtenu en découpant un morceau de tube (Fig. 27) on pourra obtenir des lentilles à bords épais (ou divergentes).

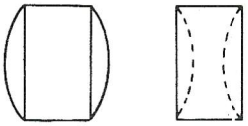
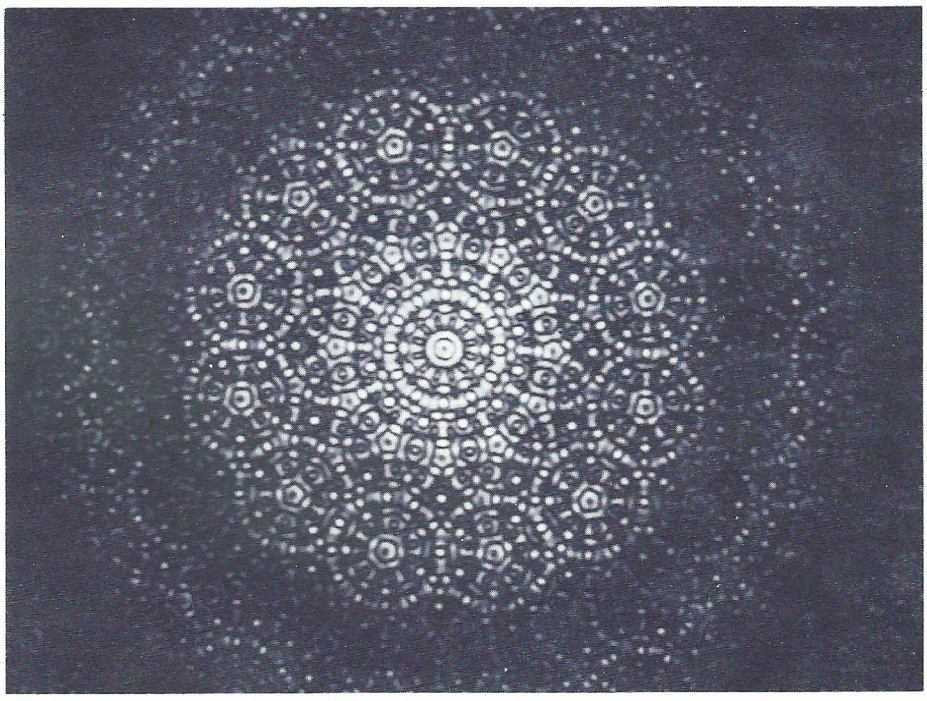


Figure 27

En emprisonnant une sphère d'huile entre deux anneaux on pourra procéder à des expériences analogues à celles décrites sur les bulles. On peut aussi obtenir des polyèdres entièrement liquides (à l'exception des arêtes).

R.J.



IMAGES DE LA SCIENCE

FIGURES DE DIFFRACTION

La photographie ci-dessus représente la figure de diffraction dite de Fraunhöfer d'une structure périodique comprenant 12 ouvertures circulaires disposées en couronne.

Seul un laser, source de lumière très cohérente, permet d'obtenir aisément les figures de diffraction de n'importe quel type d'ouvertures. Certaines structures périodiques permettent de créer des images remarquables.

Photo : R. JOUANISSON

LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE

COMPTE-RENDU DE CONFÉRENCES

par S. Gély*

Il n'est pas de semaine que, dans les journaux, on ne parle de problèmes liés à la pollution de l'air et de l'eau.

C'est un cargo qui sillonne les mers, ne sachant où déposer les fûts toxiques qu'il transporte ; c'est une grande usine de produits pharmaceutiques qui, soudain, lâche par erreur dans un des plus grands fleuves d'Europe une telle quantité de produits nocifs que les poissons sont anéantis par milliers ; ce sont les riverains d'une décharge régionale contrôlée de déchets ménagers et urbains qui réclament l'arrêt du dépôt de ces ordures près de leurs terres, de leurs champs, de leurs sources, de leurs maisons ; ce sont les habitants d'une région choisie pour l'installation d'une nouvelle décharge qui protestent, s'unissent, fondent une association et font vaciller la décision des pouvoirs publics en obtenant l'annulation d'un arrêté préfectoral autorisant l'implantation de cette décharge ; c'est une boulangerie industrielle installée au cœur de la ville dont la cheminée pollue tellement l'atmosphère que les voisins se plaignent aux autorités municipales ; c'est l'incinérateur d'un hôpital qui lâche dans l'air des produits malodorants... et sans doute toxiques ; ce sont les pluies acides qui ravagent des forêts centenaires ; ce sont les déchets qui jonchent les plages d'Europe... C'est un phénomène de société.

Ce n'est pas un problème seulement communal ; il est devenu régional, national, européen, et même international pour deux raisons différentes :

- l'une liée à la source : on parle de pollution atmosphérique "transfrontière", de même la pollution marine nécessite des conventions internationales sur un code de conduite en haute mer et d'évacuation des déchets à bord des navires ;
- l'autre liée au traitement des déchets : tandis qu'on parle de faire traverser l'océan à des résidus ménagers et industriels, de leur côté les élus et les scientifiques concernés se concertent et unissent leurs efforts pour dégager une solution valable pour tous car "l'environnement se gère désormais à l'échelle de la planète".

C'est ainsi que la conscience individuelle et collective s'est éveillée à ce problème. De nombreux organismes publics et privés sont nés, sur le plan national, de cette prise de conscience :

- le Ministère de l'Environnement, créé en 1971,
- l'Agence pour la Qualité de l'Air, établissement public de l'Etat, créé en 1980,
- le Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique (CITEPA), Association regroupant les industriels et ayant pour mission de "connaître, coordonner, promouvoir, réaliser et diffuser des études, essais et recherches scientifiques et techniques concernant la pollution atmosphérique" ; le CITEPA a été créé en 1961,
- l'Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique (APPA) fondée en 1958, reconnue d'Utilité Publique en 1962, agréée par le Ministère de l'Environnement en 1978.

L'APPA a donc été un pionner de l'Environnement ; dès sa fondation, il y a 30 ans, elle a créé dans les régions des réseaux de mesures, installant et gérant des appareils. Actuellement, dans la plupart des régions, les appareils appartenant à l'APPA ont été repris par les laboratoires municipaux et les réseaux de mesures ont été modernisés mais l'APPA continue à travailler sur le plan national et régional avec les autres partenaires qui se préoccupent d'Environnement :

- Direction Régionale à l'Industrie et à la Recherche ;
- Délégation Régionale à l'Architecture et à l'Environnement ;
- Service d'Hygiène ;
- Observatoire Météorologique ;

Ainsi que les différentes Associations relatives à la Santé :

- Comité National et Comité Départementaux contre les Maladies respiratoires ;
- Comité Français d'Education pour la Santé ;
- Observatoire Régional de la Santé.

La lutte contre la pollution se fait désormais sur plusieurs plans :

- information, éducation du public,
- recherche scientifique et industrielle pour limiter ou même supprimer les pollutions,
- législation et règlementation par les pouvoirs publics ainsi que sanctions des contrevenants.

Pour illustrer l'importance et la complexité des problèmes de Pollution Atmosphérique, on peut envisager brièvement le cas de l'**Ozone** qui présente actuellement une résonance médiatique et internationale.

Cet article a pour but de résumer quelques notions simples et accessibles tirées de plusieurs conférences faites au cours de :

- la Journée d'Etude du CITEPA, à Paris, le 3 novembre 1988,
- la Journée Scientifique de l'APPA, à Lyon, le 25 novembre 1988.

L'ozone O_3 est un constituant naturel de l'Atmosphère mais il n'existe pas d'émetteur direct d'ozone (sauf quelques cas particuliers de moteurs et machines électriques) ; il se forme par action de la lumière sur des composés existant naturellement en faible quantité dans l'atmosphère (CO, CH_4, NO_X) – (on désigne par NO_X : NO + NO_2) ; c'est donc un composé "secondaire" mais il est très réactif.

La présence d'ozone dans l'atmosphère est essentielle pour l'équilibre biogéochimique et climatique de la planète principalement parce qu'il absorbe dans la haute atmosphère une grande partie du flux solaire ultraviolet nocif pour la santé.

C'est vers 1970 que des inquiétudes nées de la possibilité de vols d'avions supersoniques dans la stratosphère ont fait prendre conscience des risques de destruction de cet ozone protecteur. C'est alors qu'on s'est aperçu que la croissance rapide des activités humaines (agricoles et industrielles) pouvait présenter une menace pour l'équilibre de l'environnement si les émissions croissantes de dérivés nitrés intervenant dans le cycle photochimique de l'ozone n'étaient pas contrôlés. Il est apparu nécessaire d'étudier l'équilibre naturel de la couche d'ozone, de cerner et de mesurer les effets de l'activité anthropogénique. La communauté scientifique a mis en place un réseau mondial de surveillance :

En France :

1°) par des observations à partir du sol et dans la basse atmosphère : mesures effectuée par M. le Professeur Toupance et son équipe du Laboratoire de Physico-Chimie de l'Environnement (Université Paris XII, Créteil) dans le Bassin parisien et à Fos-Berre dans le cadre d'une campagne européenne de mesures.

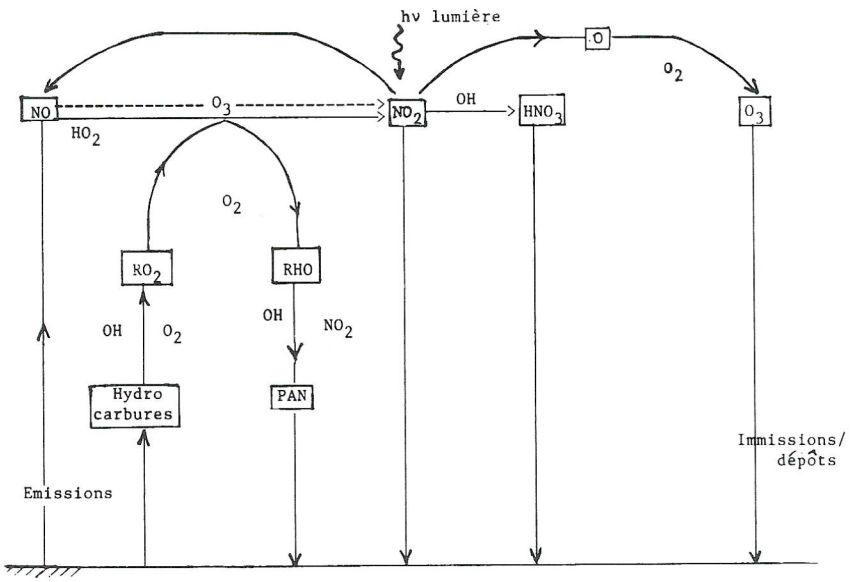
2)°) par des mesures en satellites.

L'étude de la couche d'ozone nécessite une action pluridisciplinaire impliquant la physicochimie et la dynamique de l'atmosphère car on observe deux phénomènes opposés :

- augmentation de la concentration de l'ozone dans la **troposphère** (altitude comprise aux pôles entre 0 et 8 km, à l'équateur entre 0 et 18 km), cette augmentation est

* S. GELY, Professeur agrégé de Sciences Physiques, Secrétaire Général du Comité Régional APPA Auvergne.

FORMATION DES OXYDANTS PHOTOCHIMIQUES ET DE L'OZONE (O_3) EN PARTICULIER



P AN = peroxyacétylnitrate

due principalement à la croissance des émissions d'oxydes d'azote (NO_x), de monoxyde de carbone (CO) et d'hydrocarbures représentés schématiquement par HC (gaz d'échappement des voitures).

- diminution de la concentration d'ozone dans la haute atmosphère **(stratosphère)** dues principalement à la présence de chlorofluorocarbones (CFC) dont la photodissociation produit du chlore actif destructeur d'ozone. Ces chlorofluorocarbones CFC sont utilisés dans les réfrigérateurs et les bombes aérosols. Cette destruction d'ozone est maximale vers 40 km d'altitude et dans la zone antarctique.

Les causes n'en sont pas encore expliquées d'une façon indiscutable : la campagne de mesures affectuées en 1986 près du pôle sud a permis de vérifier que le contenu en chlore était assez élevé mais il était cependant insuffisant pour justifier par des processus photochimiques classiques la diminution d'ozone ; par ailleurs les conditions météorologiques en Antarctique sont particulières (les cristaux de glace atmosphérique seraient-ils un catalyseur de la réaction de destruction ?).

Quoi qu'il en soit, l'effet des CFC – même si ceux-ci ne sont pas les seuls responsables de la destruction de l'ozone – est d'autant plus nocif qu'il est à long terme et que la quantité de CFC déjà accumulée est importante. Aussi 24 Nations ont déjà ratifié la convention de Vienne (1985) puis celle de Montréal (1987) qui tendent à limiter l'émission de CFC, c'est-à-dire conserver le niveau actuel d'émission jusqu'en 1989 puis s'engager à réduire de moitié la production de CFC entre 1989 et 1999. Mais il faut trouver des produits de remplacement des CFC ! La diminution d'Ozone dans la stratosphère laisserait passer les rayons UV nocifs sur la santé : cancer de la peau, affaiblissement du système immunitaire qui nous protège des infections virales et microbiennes.

Dans la **Troposphère,** l'augmentation d'ozone, signalée ci-dessus, est d'environ 1% par an et elle est aussi très nocive car l'ozone est un oxydant puissant qui détruit les matériaux organiques et les cellules vivantes : effet pernicieux :

- pour l'homme sur les bronches et les poumons analogues à la fumée de tabac ; à court terme sensibilité aux infections, à long terme apparition de l'emphysème.
- pour les plantes, nécrose des végétaux, contributions aux pluies acides entraînant le dépérissement des forêts, baisse de la production agricole.

Cependant les mécanismes conduisant à l'augmentation d'ozone dans la troposphère sont mieux connus que ceux provoquant la diminution d'ozone dans la stratosphère ; ils sont cependant très complexes car les taux d'ozone varient :

dans le temps (jour et nuit)
avec les saisons
avec le lieu (plaine ou montagne)
avec la météorologie et avec la direction des vents.

L'ozone O_3 se forme par action d'un atome d'oxygène O sur une molécule de dioxygène O_2 ; la seule source d'atomes d'oxygène O réactifs, dans la troposphère, est la protolyse de NO_2 à **h** ‹ 400 nm

$$NO_2 + h\nu \longrightarrow NO + O$$

puis $O_2 + O \longrightarrow O_3$

mais $O_3 + NO \longrightarrow O_2 + NO_2$

en situation normale, NO, NO_2 et O_3 sont en équilibre photostationnaire et la concentration d'ozone reste modérée car s'établit l'équilibre :

$$NO_2 + O_2 \rightleftharpoons NO + O_3 \quad (1).$$

En milieu pollué (gaz d'échappement des voitures par exemple) des radicaux OH présents dans l'atmosphère attaquent les hydrocarbures HC pour donner naissance à des radicaux alcoyles R qui, par une suite de réactions rapides avec l'oxygène de l'air conduisent à des radicaux peroxydes RO_2 et HO_2, lesquels, à leur tour, oxydent NO en NO_2 avec régénération du radical OH :

$$RH + OH + O_2 \longrightarrow RO_2 + H_2O$$
$$RO_2 + NO \longrightarrow RO + NO_2$$
$$RO + O_2 \longrightarrow \text{aldéhyde} + HO_2$$
$$HO_2 + NO \longrightarrow OH + NO_2$$

cette dernière réaction, oxydation de NO par les peroxydes court-circuite ainsi l'oxydation de NO par O_3, l'équilibre photostationnaire (1) est déplacé vers la droite et l'ozone peut ainsi s'accumuler.

Le rôle des aldéhydes est aussi très important car leur photolyse (action de la lumière) est une source de radicaux (H, HO_2 puis OH) et une voie d'autocatalyse du processus de dégradation des hydrocarbures entraînant une production d'ozone associée. (voir tableau).

Mais l'Ozone n'apparaît pas en général immédiatement sur le site d'émission des polluants primaires mais plutôt après un temps de réaction (10 minutes à une heure) et à quelques dizaines de kilomètres en aval de la source primaire à cause de l'entraînement des vents (vitesse : quelques mètres par seconde) ; ainsi on pourrait dire que l'ozone est un composé "tertiaire"...

Il faut remarquer aussi que la production d'ozone est favorisée par :

- une forte irradiation solaire.
- des sources intenses de polluants précurseurs (surtout HC).

en période anticyclonique permettant l'accumulation des précurseurs et des produits sans possibilité de dispersion et de diffusion.

C'est ainsi que les taux d'ozone dans la troposphère dépendent de nombreux facteurs et sont variables dans le temps et dans l'espace ; en général inférieurs à 40 ppb, ils peuvent cependant présenter des pics à 150 ou 200 ppb dans certaines régions industrielles comme Fos-Berre ou Rotterdam ; on peut noter cependant de façon certaine que le taux d'ozone augmente régulièrement en Hémisphère Nord dans la troposphère mais cette évolution n'est pas linéaire...

Le problème est donc très complexe et seule la recherche et la coopération internationales permettront de cerner les mécanismes et de diminuer la pollution oxydante. La communauté française apporte une contribution de haut niveau à cette cause par la mise au point de nouvelles techniques de mesure et de nouvelles méthodes de modélisation, en particulier au Laboratoire de Physicochimie de l'Environnement (Université Paris XII Créteil).

Mais il appartient aussi à chacun de nous de vivre l'antipollution au quotidien afin de protéger l'environnement...

ASSOCIATION DES ASTRONOMES AMATEURS D'AUVERGNE (A.A.A.A.)



Photographie réalisée dans le cadre des "Activités de l'A.A.A.A.", *par Jean Chapelle.*

Régie par la loi de 1901 et déclarée en Préfecture du Puy-de-Dôme le 24 juin 1983, cette Association a succédé, à cette date, à l'Association des Amis de l'Astronomie en Auvergne, conservant le même sigle A.A.A.A.

Buts :

- permettre à chacun la pratique de l'observation astronomique et de l'astrophotographie en donnant accès à tout le matériel nécessaire ;
- initier les débutants à la pratique instrumentale en Astronomie et donner les connaissances théoriques indispensables.

Activités :

Du 1er octobre au 30 juin suivant.

Un calendrier des activités est diffusé chaque trimestre et comprend :

- environ 3 séances d'observation par mois accompagnées de la pratique de l'astrophotographie. Ces séances sont animées par un membre expérimenté de l'Association ;
- des réunions d'initiation et d'information sur la connaissance et la pratique de l'Astronomie ;
- des exposés divers ;
- l'utilisation d'un planétarium GOTO EX3 ;
- la taille de miroirs de télescopes.

D'autre part chacun peut accéder à l'observatoire au moment de son choix en prévenant l'un des responsables.

Matériel :

L'Association a construit un observatoire dans le Complexe universitaire des Cézeaux près de Clermont-Ferrand. Il est équipé d'un télescope de 250 mm sur monture équatoriale entraînée électriquement, de deux lunettes de 100 mm et 75 mm, instruments accompagnés des accessoires indispensables. On peut, en particulier, adapter sur le télescope la plupart des boitiers photographiques courants. Le système d'entraînement permet les poses photographiques de longue durée, un filtre spécial atténuant l'effet des lumières de l'environnement, un oculaire réticulé éclairé et une raquette de commandes permettant à l'opérateur d'assurer un suivi de haute précision. L'Association assure elle-même le traitement d'hypersensibilisation des films.

Renseignements, adhésions :

Association
des Astronomes Amateurs d'Auvergne
Complexe Universitaire des Cézeaux, BP 45
63177 Aubière Cédex

L'Association compte actuellement 70 membres environ.

La cotisation est de :

A partir de 100 F : COTISATION + MEMBRE BIENFAITEUR
A partir de 80 F : COTISATION NORMALE.
A partir de 40 F : COTISATION POUR LES ADHÉRENTS SANS REVENU (scolaires, étudiants, chômeurs).

CENTRE D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES SUR LES ÉCOSYSTÈMES DU MASSIF CENTRAL ET LEUR AMENAGEMENT (CEREMCA)

Le Centre d'Etudes et de Recherches sur les Ecosystèmes du Massif Central et leur Aménagement, géré en Association selon la loi 1901, a pour but de promouvoir la connaissance des milieux naturels et aménagés (fonctionnement et évolution) et de contribuer à la gestion rationnelle du patrimoine naturel.

Le CEREMCA effectue des études et des recherches en écologie appliquée et théorique, participe à l'élaboration de documents de références (diagnostic, suivis de bilan écologiques) et diffuse les résultats obtenus au moyen de publications scientifiques et grand public, de conférences...

Le CEREMCA est dirigé par des chercheurs, spécialistes de l'Environnement (Université, CNRS, INRA) et s'est également doté d'un organe indépendant de décision et de validation des études effectuées : le Conseil scientifique composé de personnalités scientifiques ou gestionnaires de l'Environnement, extérieures à l'Association.

Les Chargés d'études (J.-Jacques BIGNON et André-Jean FRANCEZ, ingénieurs écologues) sont responsables du bon développement des programmes ; ils s'attachent actuellement aux réalisations suivantes : recherche sur les tourbières du Forez (contrat avec le Ministère de l'Environnement) ; recherche sur les relations groupements végétaux-entomofaune des ruisseaux d'altitude. Ils contribuent également aux programmes d'inventaires nationaux du Museum Nationale d'Histoire Naturelle (Odonates du Massif Central, Rotifères de France).

Le CEREMCA travaille aussi pour les Parcs naturels régionaux, les Directions Régionales à l'Architecture et à l'Environnement, les bureaux d'études ou les Mairies.

Toutes les personnes ou organismes intéressés peuvent prendre connaissance du rapport d'activité détaillé de l'Association en s'adressant à :

CEREMCA, rue du Tisserand, Rouillas-Bas
63970 AYDAT - Tél. 73 79 33 66

P.B. MESURES

APPAREILS DE MESURES ELECTRONIQUES
RÉPARATIONS - MAINTENANCE
ÉTALONNAGE
Toutes marques

- CONTROLEURS - MULTIMETRES
- OSCILLOSCOPES
- ENREGISTREURS
- GENERATEURS BF
- ALIMENTATIONS
- APPAREILS DE LABORATOIRES

DISTRIBUTEUR A.O.I.P. Mesures

64, av. Jean-Noëllet - 63170 AUBIÈRE
Tél. 73 27 61 31

S.A.V. agréé : A.O.I.P. Mesures
AVANTEC/BIOBLOCK SCIENTIFIC

NOUVELLES DE L'ADASTA*

AUVERGNE-SCIENCES publiera, dans son prochain numéro, un compte-rendu détaillé de la visite de l'Usine ROUSSEL-UCLAF de Vertolaye. Cette visite, effectuée dans l'après-midi du 16 novembre 1988, a recueilli un succès considérable.

La liste des participants dut être prématurément close, car l'entreprise avait fixé une limite, compte-tenu de ses possibilités d'encadrement. Cinq groupes d'environ 10 personnes, "pilotés" chacun par un cadre supérieur de l'Entreprise (dont le Directeur général), parcoururent les ateliers de fabrication, les laboratoires de contrôle, les services de conditionnement, ainsi que la remarquable intallation de dépollution des eaux usées.

Une bonne nouvelle pour ceux qui n'ont pas pu participer à cette visite : le Directeur a accepté que l'ADASTA organise un nouveau déplacement à Vertolaye, dans les mêmes conditions que la première fois, en mars prochain. Les personnes intéressées peuvent prendre contact dès maintenant avec M. Massaux, aux Cézeaux (Tél. 73 26 41 10), Poste 32-22). Le jour retenu sera, soit un mercredi, soit un vendredi (toujours l'après-midi).

L'ADASTA tient, à cette occasion, à exprimer à la Direction de l'Usine ROUSSEL-UCLAF de Vertolaye toute sa gratitude pour la qualité de l'accueil réservé à ses membres, malgré la gêne qu'apporte inévitablement la présence de visiteurs dans des ateliers où la précision des opérations et la sécurité jouent un rôle capital.

Un accord de principe a été obtenu pour la visite de la Verrerie de Puy-Guillaume. Il reste à préciser la date. Ce sera un mercredi après-midi. La participation est limitée à 20 personnes. Si vous êtes intéressé(e), faites le savoir dès maintenant.

En revanche, il n'est pas possible pour l'instant de visiter l'usine ROCKWOOL-Isolation à St-Eloy-les-Mines, car l'entreprise réalise actuellement des travaux importants pour le doublement de la chaîne de production. Le projet est repoussé à plus tard.

CONFÉRENCE DE L'ADASTA ET DE L'APPA

Monsieur Joseph Jacquet, Conseiller Scientifique à la Direction des Etudes et Recherches d'EDF et Vice-Président de l'Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique prononcera une conférence le **jeudi 20 avril 1989 à 18h** dans le grand Auditorium du CRDP de Clermont-Ferrand sur le sujet suivant :

L'HOMME ET LE CLIMAT

Influence potentielle de l'homme sur le climat planétaire, vue à travers l'effet de serre : faits et interrogations.

LE PROFESSEUR ETIENNE GUYON

NOUVEAU DIRECTEUR DU PALAIS DE LA DÉCOUVERTE

Le professeur Etienne Guyon vient d'être nommé Directeur du Palais de la Découverte en remplacement du Professeur Hulin, décédé. Il a pris ses fonctions le 11 février dernier.

Né en 1935, ancien élève de l'Ecole Normale Supérieure, agrégé des Sciences physiques et Docteur ès Sciences, Monsieur Guyon est professeur de Physique à l'Université de Paris-Sud-Orsay depuis 1971 et à l'Ecole Supérieure de Physique et Chimie de Paris depuis 1977.

Il est également Directeur du laboratoire de physique de la matière hétérogène du CNRS de Paris. Il a obtenu le prix Jean-Ricard de Physique.

Le Professeur GUYON s'est toujours intéressé à la diffusion des connaissances scientifiques et techniques ; il a participé notamment à la création d'actions de popularisation de la science dans la rue et a écrit de nombreux articles de vulgarisation. Depuis 1986, il est Président du Comité d'orientation de la Cité des Sciences et de l'Industrie de la Villette.

UN MUSÉE A VISITER : LE GITE A FOSSILES DE MENAT

Le gisement fossilifère de Menat, dont les scientifiques et les paléontologues s'accordent à reconnaître le caractère exceptionnel, était outrageusement pillé. Armés de pelles et de pioches, des peudo-géologues, français, mais aussi étrangers, arrivaient par cars entiers pour récolter des "fossiles de Menat".

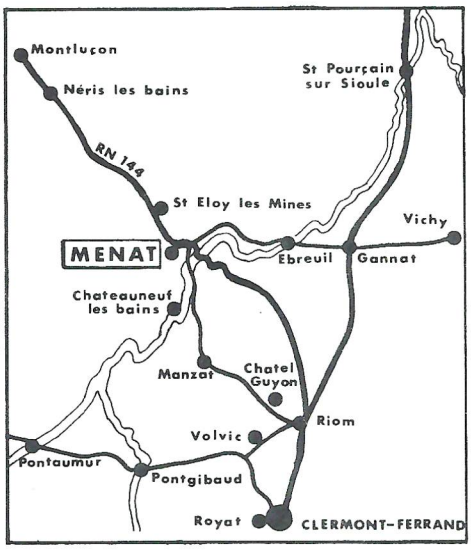
La situation devenait préoccupante, car après l'exploitation industrielle des schistes qui eut lieu de 1825 à 1950, et qui avait déjà largement contribué au massacre du Gisement, des chercheurs de fossiles allaient en achever la destruction.

Devant l'accroissement de ce pillage et les abus dans la commercialisation des fossiles, une Association à but non lucratif (loi de 1901) a pris en charge depuis 1979 le destin paléontologique de ce site :

Le Cercle de Paléontologie Bernard Palissy (CPBP) présidé par Henri Vallet.

Le 21 juin 1979, un arrêté municipal interdit toute collecte de fossiles sur le territoire de la commune. Des pancartes sont posées. Le Gisement est maintenant sauvé et efficacement protégé, grâce aussi à la surveillance vigilente de tous les habitants de Menat.

Un an plus tard, le 21 juin 1980, le Musée Paléontologique de Menat (appelé "Gîte à Fossiles") ouvre ses portes dans une petite salle de l'Abbaye, entièrement rénovée pour la circonstance.



LE GITE A FOSSILES DE MENAT

est ouvert tous les jours (sauf les mardis)
du 26 avril au 11 octobre
de 10h30 à 12h
et de 14h30 à 19h.

Pour les visites de groupe, prendre rendez-vous en téléphonant

au **73 85 54 22**
ou au **73 85 50 29**

MAISON DE L'INNOVATION à Clermont-Fd.

Calendrier des manifestations au cours de l'année 1989.

- du 14 février au 30 mars :
  "Communes communiquez".
- du 10 avril au 29 avril :
  "Vidéoformes".
- du 6 juin au 19 octobre :
  "Sciences et révolution".
- octobre :
  "Les Etats Généraux de l'Information Scientifique, Technique et Industrielle".
- du 6 novembre au 31 décembre :
  "Les Etrusques".

MUSÉE LECOQ à Clermont-Fd.

LES EXPOSITIONS :

Après l'exposition consacrée à "la bionique" créée par le Muséum d'Histoire Naturelle, et qui traite de l'innovation industrielle en liaison avec les "inventions" de la nature, le musée présentera à partir de la fin mai jusqu'en septembre

"Voyage au fil de l'eau"

Cette exposition vise à faire comprendre – au jeune public en particulier – le cycle urbain de l'eau, cet élément essentiel à la vie.

VISITES COMMENTÉES ET ANIMATIONS SCIENTIFIQUES

Des visites commentées peuvent être assurées aux heures d'ouverture du Musée :

- Visites des collections du Musée.
- Visites thématiques, en accord avec l'enseignant ou l'animateur du groupe.
- Des animations scientifiques sur un thème suggéré par l'enseignant sont également proposées.

Prière, seulement, de téléphoner à l'avance ou d'écrire.

PROJECTIONS DE FILMS SCIENTIFIQUES ET DIAPOSITIVES.

Le Musée propose :

- D'excellents films 16mm de la Recherche Scientifique, sur la vie, l'habitat, les mœurs des animaux, les volcans en activité ou les phénomènes géologiques les plus divers, et même les plantes. Le programme annuel peut en être donné sur simple demande.
- Des projections de films 8mm ou de diapositives sur divers thèmes de l'Histoire Naturelle, accompagnées d'un commentaire.
- Une vidéo-cassette "TERRE D'AUTREFOIS, MYSTERE D'AUJOURD'HUI" présentant la géologie des environs de Clermont-Fd, réalisée par le Service Communication de la Ville.

DOCUMENTATION ET PRETS.

La salle de Botanique est mise à la disposition du public quel qu'il soit pour consulter tout document de la Bibliothèque du Musée, et, observer de plus près animaux et minéraux que le personnel se propose de lui sortir.

Des éléments de la faune régionale, pris parmi les doubles du Musée, peuvent être prêtés aux enseignants intéressés, de même que des minéraux, roches ou autres éléments des collections. Toutefois, une demande préalable doit être faite à la Mairie.

MALLETTES PEDAGOGIQUES

Un autre service de prêt fonctionne, également, sous le nom "La Nature à l'Ecole" au bénéfice de tous les établissements scolaires ; il s'agit d'animaux présentés sous boîtes transparentes, dans une reconstitution sommaire de leur milieu naturel (dioramas), assortis de très intéressantes fiches pédagogiques, d'illustrations et de disques (chaque fois que possible), le tout étant prêté gratuitement aux écoles clermontoises, payant pour les écoles de l'extérieur.

Une liste de ces mini-dioramas peut-être fournie sur demande.

INITIATION AUX SCIENCES NATURELLES POUR LES ENFANTS.

Des séances gratuites d'observation et d'initiation aux Sciences Naturelles sont organisées tous les mercredis de 10h à 11h30 et de 14h30 à 16h, sauf pendant les vacances scolaires, pour les enfants de 7 à 12 ans.

Celles-ci consistent en l'étude d'animaux, de plantes ou de roches, suivie de dessins ou de travaux manuels.

Des sorties sur le terrain, en collaboration avec le Parc des Volcans, complètent le programme qui est annoncé chaque semaine dans la Presse. Elles ont lieu une fois par mois environ de 14h à 17h ou 18h selon la saison.

ATELIER DE DESSIN POUR ADULTES

Le Musée Lecoq organise à partir de ses collections des séances de dessin pour adultes. Des animaux et des plantes peuvent y être dessinés ou peints. Des travaux manuels sont également réalisés à partir d'éléments naturels.

Ces séances, sous la conduite d'un professeur de dessin, sont ouvertes à tous, même à ceux qui n'ont jamais dessiné. Elles ont lieu tous les mardis de 14h à 17h.

Une cotisation annuelle leur est demandée.

Pour tout renseignement, s'adresser au Musée, 15, rue Bardoux à Clermont-Ferrand, Tél. 73 91 93 78.

AU MUSÉE CROZATIER au Puy-en-Velay.

L'exposition sur la lentille verte du Puy-en-Velay, présentée dans le hall d'entrée du Musée Crozatier a connu un très grand succès (15000 visiteurs !).

Une exposition itinérante qui sera disponible sous plusieurs formes (20, 14 et 3 panneaux) est en préparation.

Les personnes intéressées peuvent s'adresser au Musée.

Parmi les principales manifestations programmées au cours de l'année 1989, signalons :

– **"Espace gaz, CH4 le gaz naturel".**
Une exposition réalisée par Gaz de France, en liaison avec l'OCIM, qui traite de tous les aspects du gaz, depuis sa formation jusqu'à sa distribution.

– **"150ème anniversaire de l'invention de la photographie".**
Un inventaire des collections photographiques du Musée Crozatier.

Musée Crozatier, Jardin Henri Vinay,
43000 Le Puy-en-Velay - Tél. 71 09 38 90.

ECOLE D'ÉTÉ DE CALCUL DES PROBABILITÉS A ST-FLOUR
(du 16 août au 2 septembre 1989)

Cette école est organisée chaque année depuis 19 ans par le Groupe de Recherche de Mathématiques Appliquées de l'Université Blaise-Pascal avec le soutien du CNRS.

Elle poursuit un triple but :

1) présenter dans trois cours de haut niveau, d'une durée de quinze heures chacun, une synthèse des recherches effectuées dans un domaine avancé.
2) permettre aux chercheurs et utilisateurs du calcul des probabilités et de la statistique français et étrangers de se rencontrer et de confronter leurs travaux ou leurs expériences, au cours d'exposés (une trentaine durant l'école) en français ou en anglais).
3) en dehors des cours et des exposés, faciliter les rencontres par petits groupes de chercheurs et ingénieurs français et étrangers.

Cette école peut donc intéresser à la fois les professeurs de calcul des probabilités et de statistique mathématique mais aussi les chercheurs amenés à utiliser le calcul des probabilités et la statistique mathématique dans leurs propres travaux ainsi que les ingénieurs concernés par exemple par des problèmes de fiabilité, de files d'attente, etc...

Renseignements
auprès du Professeur P.-L. Hennequin,
Groupe de Recherche de Mathématiques Appliquées - 63177 Aubière Cédex, France.

UNE MESURE RÉVOLUTIONNAIRE : LE MÈTRE (en 36 pages)

1) Une brochure illustrée raconte pourquoi deux astronomes arpenteurs furent lancés sur les routes de France, entre Dunkerque et Barcelonne pendant la Révolution ; comment les deux savants travaillèrent dans ces temps troublés ; et aussi ce qu'il est advenu de leurs travaux.
2) Un ensemble de 20 documents format 21×29,7 livrés en kit et que vous pouvez présenter dans votre établissement.

Ces documents réalisés par l'Observatoire de Paris, sont en vente, 61, avenue de l'Observatoire, 75014 Paris. L'ADASTA peut vous prêter un exemplaire pour consultation.

L'ADASTA VOUS PROPOSE UNE EXPOSITION ITINÉRANTE

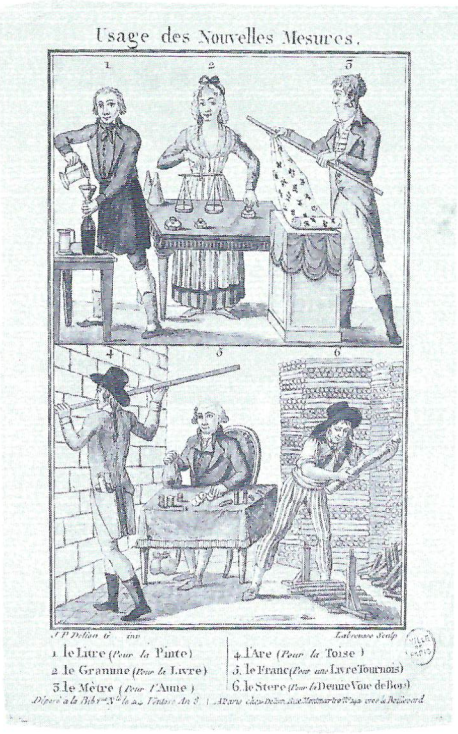
LE ROLE DES SCIENTIFIQUES PENDANT LA RÉVOLUTION FRANÇAISE

Cette exposition comprend 35 posters (65cm × 90cm) en quadrichromie. Elle a été réalisée par le Comité d'Action et d'Entraide Sociales du CNRS.

Parmi les thèmes traités :

- Les savants (Condorcet, Lavoisier, Bailly, Monge, etc...).
- Le Muséum d'Histoire Naturelle, le Conservatoire National des Arts et Métiers.
- L'Ecole Normale supérieure, l'Ecole Polytechnique, le Collège de France.
- Enseignement et instruction publique.
- La médecine.
- Le système métrique, les aérostats, le Télégraphe de Chappe, la Méridienne, etc...

Cette exposition pourra être prêtée aux Etablissements qui en feront la demande. S'adresser à l'ADASTA.



LA TÉLÉDÉTECTION UNIVERSITÉ D'ÉTÉ A AURILLAC :

La télédétection : des images pour mieux connaître la Terre. Un exemple d'approche du milieu régional : applications pédagogiques en collège et lycée.

Organisée par le Musée d'Aurillac, l'ADASTA, le CNES et le CNRS. Cette Université d'été qui se déroulera du 4 au 13 juillet 1989 au Musée d'Aurillac est destinée notamment aux professeurs de lycées et collèges, aux animateurs scientifiques et culturels, aux techniciens du monde agricole. L'objectif est de renforcer le réseau de formateurs régionaux. (Nombre maximum de candidats retenus : 30).

Responsable pédagogique :
M. VAUZELLE,
Professeur de Géographie au Lycée de Saint-Germain-en-Laye.

Responsable Scientifique :
M. LEYMARIE,
Directeur de Recherche au CNRS à Nice.

Renseignements :
Pierre WATELET, Musée
8, place de la Paix, 15012 aurillac Cedex
Tél. 71 48 42 56.

Les frais de déplacement et de séjour des candidats retenus seront pris en charge par les organisateurs.

SÉMINAIRE SUR LA VACHE LAITIÈRE

INRA de THEIX du 11 au 14 septembre 1989

Le laboratoire d'Eco-Pathologie organise en Septembre 89, un séminaire faisant le point des recherches sur la vache laitière au Centre de l'INRA de Theix. Ce séminaire est réservé aux éleveurs et praticiens vétérinaires, partenaires de l'étude Eco-Pathologique Bretagne dont le laboratoire est le maître d'œuvre depuis 1986. Les participants (48 éleveurs, 22 vétérinaires et 9 techniciens des Services Vétérinaires) sont tous originaires du Finistère, du Morbihan et d'Ille-et-Vilaine et passeront deux journées dans notre région : une consacrée aux travaux réalisés sur le Centre dans le domaine de la vache laitière, une seconde consacrée à une visite des stations expérimentales de l'INRA (Orcival, Laqueuille) et à une approche de la problématique de l'élevage dans la région (en collaboration avec le Parc des Volcans).

1ère journée :
11 septembre 1989

- Voyage en car.
- Accueil des visiteurs à Clermont-Ferrand.

2ème journée :
12 septembre 1989

- Accueil des participants sur le Centre de Theix par le Président du Centre.
- Présentation du Centre (diaporama).
- Conférences :
  - Les nouvelles tables de l'INRA (C. Demarquilly)
  - L'hormone de croissance (Y. Chilliard)
  - La qualité du lait (J.B. Coulon)
  - Les maladies métaboliques. (A. Mazur)
  - Le rumen artificiel (J.P. Jouany)
  - La rétention placentaire (M. Chassagne)
  - Système-expert en pathologie animale (J.C. Fayet)
- Visite de quelques installations du Centre de Theix.
- Présentation du laboratoire d'Eco-Pathologie (diaporama).

3ème journée :
13 septembre 1989

- Visite d'une station expérimentale de l'INRA (domaine d'Orcival).
- Visite du Parc des Volcans
  - Soirée culturelle "Auvergne".

4ème journée :
14 septembre 1989

- Retour en car.

MATÉRIEL PÉDAGOGIQUE

adapté aux programmes de la 6e aux classes préparatoires

Application Développement Electronique Voreyzien
B.P.1 - Route du Puy
43800 VOREY-SUR-ARZON
Tél. 71 03 73 16
Télex : 392562 - Télécopie : 71 03 74 45

Référence	Désignation
87011	Platine Logique ADASTA (Programme 5e).
87012	Platine Ampli-Op ADASTA (avec l'équipement pour le programme de seconde).
88020	Alimentation continue stabilisée 6V, 1A.
88021	Alimentation continue stabilisée réglable (−15V, +15V).
88049	Boitier alimentation 6V, IA.
88050	Plaquette circuit redresseur.
88050A	Ensemble 88049 et 88050 permettant l'étude d'une alimentation stabilisée (4e et 1e).
88051	Adaptation pour la platine logique (5e et 4e) comprenant divers montages utilisant LED, LDR, CTN, FET.
88052	Plaquette permettant l'étude d'un générateur de courant-ainsi que la charge et la décharge d'un condensateur (adaptable sur la platine Ampli-Op 87012).
88053	Lot de 2 composants pour l'étude des circuits intégrateur et différentiateur (adaptables sur la platine 87012).
88054	Sonde thermométrique (adaptable sur 87012).
88055	Jeu de 5 cavaliers et 10 bornes (en kit) pour d'autres équipements de la platine ADASTA 87012.

ENVOI DU CATALOGUE AVEC PRIX SUR DEMANDE

IMAGES DE LA RECHERCHE EN AUVERGNE

Le 1er février dernier, s'est tenu, au Puy-en-Velay, l'Assemblée Générale du CART, comité consultatif chargé d'informer la Région en matière de Recherche. Pour la Première fois, cette assemblée se tenait loin de ses bases (si l'on ne tient pas compte d'un déplacement à Riom en 1987).



Conférence au Centre Pierre Cardinal au Puy-en-Velay - *Photo :* "L'EVEIL DE LA HAUTE-LOIRE"

Un car avait été mis à la disposition des participants par le Conseil Régional. Saluons ici, en la personne de Mme Chossier, l'organisation souriante et efficace de cette journée.

L'ensemble des manifestations s'est déroulé au Centre Pierre Cardinal, vaste bâtisse du 17e siècle aménagée par la municipalité du Puy en Centre Culturel, en présence de M. Robert Couvaud, Conseiller Régional, chargé des problèmes de la Recherche.

La matinée a été consacrée à l'examen des différents dossiers. Un "suivi" des opérations financées par le Conseil Régional en 1986 a été présenté par les rapporteurs désignés à cet effet : l'aide apportée à la recherche dans les différents domaines a été bien utilisée selon les prévisions.

Le président du CART, M. Le Buanec, a rappelé que les financements étant nécessairement limités (signalons au passage que le financement de la recherche publique doit être assuré par l'Etat), il est nécessaire de fixer des priorités afin d'éviter un saupoudrage des crédits qui nuirait à l'efficacité.

LES AXES MOBILISATEURS

Pour retenir les actions qui seront subventionnées le CART s'assure qu'il existe dans la région à la fois un secteur de recherche et une industrie capables de valoriser un produit ; par exemple l'exploitation d'un brevet.

C'est pourquoi les choix opérés n'impliquent pas de jugement de valeur sur l'ensemble de la recherche en Auvergne. Afin qu'aucune ambiguïté ne subsiste à ce sujet, on n'emploiera plus l'expression "pôles d'excellence" ; on privilégiera désormais les **"axes mobilisateurs"** !

Parmi les axes mobilisateurs : la nutrition, la viande, les semences, les matériaux...

– Le Professeur B. Dastugue de la Faculté de Médecine indique les principales lignes de recherche dans le domaine de la nutrition : à notre époque, on ne sait pas comment nourrir les enfants, les sportifs, les personnes âgées... On connaît encore très mal les relations qui existent entre la nutrition et certaines maladies...

M. Geay, Directeur de Recherches à l'INRA, explique que l'Auvergne a développé le secteur "viande" au cours des 10 dernières années, profitant d'une conjonction de facteurs économiques et d'activités pluridisciplinaires. 51 % du produit agricole brut de l'Auvergne provient de la viande. Sait-on que 6,5 % du saucisson français est fabriqué en Auvergne (avec des porcs néerlandais, il est vrai) ? En 1974 était créé un Institut de la viande en liaison avec l'INRA, les Universités de Clermont et le CEMAGREF. L'ENITA est venue se joindre à cet institut en 1986. A l'heure actuelle une centaine de personnes, dont 47 chercheurs, sont au service de la filière viande et une telle structure n'a pas d'équivalent dans les autres régions.

M. Le Buanec, Directeur de la Société Limagrain et Président du CART, expose les raisons qui ont permis un développement du secteur "Semences et plants" avec les Entreprises Delbard (fruitiers, rosiers,...) à Commentry, la Société LIMAGRAIN (espèces non ligneuses, maraîchères et de grande culture) et la Manufacture MICHELIN qui s'intéresse au développement de l'hévéa.

L'INRA et plusieurs laboratoires universitaires sont concernés.

M. Coutière de la Société AUBER et DUVAL des Ancizes fait le point sur l'état des recherches menées dans le secteur des polymères. Notre région bénéficie dans ce domaine d'une structure exceptionnelle : le laboratoire de photochimie associé au CNRS, à laquelle il faut associer le CNEP et le pôle technologique Casimir.

Après le repas pris au Centre Cardinal les congressistes se sont retrouvés à 14 heures dans la grande salle de réunion à l'invitation de M. Bernard Jammes, maire du Puy-en-Velay et Vice-Président du Conseil Régional. Cette séance de l'après-midi était consacrée à la présentation au public de cinq thèmes significatifs constituant une vitrine de l'Auvergne en matière de recherche. Ces thèmes ont fait l'objet de cinq exposés très appréciés du public :

– **Le Centre Régional de Mesures Physiques,** par M. Georges Jeminet, Directeur du Centre, et Professeur à l'Université Blaise-Pascal.

– **Les nouveaux matériaux semi-conducteurs pour l'électronique et les télécommunications du futur** par M. Christian Pariset, Professeur au Laboratoire des Milieux Condensés (Université Blaise-Pascal).

– **Les huiles essentielles** par M. R.-Ph.-Garry, Maître de Conférences, Laboratoire de Chimie Organique (Université Blaise-Pascal).

– **Produire du lait en montagne** par M. J.-B. Coulon, Ingénieur de Recherches à l'INRA de Theix.

– **Thermoroute : un outil au service de la sécurité routière** par M. J.-L. Paumier, Chef de la section recherche du Laboratoire régional des Ponts-et-Chaussées de Clermont-Ferrand.

Ainsi le public a pu mesurer, à travers ces quelques "Images de la Recherche", le dynamisme de nos laboratoires et la volonté des élus de leur venir en aide. Le Conseil Régional d'Auvergne consacrera 4,5 millions de francs en 1989 à l'aide à la Recherche et à l'innovation technologique dans notre Région.

UNE DISTILLERIE D'HUILES ESSENTIELLES AU MAYET DE MONTAGNE

Le 23 novembre 1988 a été inaugurée au Mayet de Montagne (Allier) la première unité de distillation d'huiles essentielles de la Région d'Auvergne, avec l'appui du Conseil Général de l'Allier et du Conseil Régional d'Auvergne. La première campagne a été la distillation de l'huile essentielle de menthe. Obtenue en petite quantité en cette année de démarrage elle s'est avérée, aux analyses, d'excellente qualité.

D'autres espèces végétales distillables à la vapeur sont à l'étude (camomille, livèche...).

Cette réalisation est le résultat d'une étroite collaboration entre les agriculteurs du Mayet et la Chambre d'Agriculture de l'Allier d'une part et l'Association régionale des producteurs de plantes aromatiques et médicinales (ARAPPAM) et l'équipe de Chimie des Huiles essentielles (Groupes de Chimie Organique 2, Université Blaise-Pascal) d'autre part.

Cette réalisation montre que l'Université peut apporter au monde agricole la plus-value scientifique nécessaire à une diversification de ses activités vers des produits plus élaborés, fournissant ainsi un revenu complémentaire aux agriculteurs.

L'équipe de Chimie des huiles essentielles, créée en 1981 au sein du laboratoire du Professeur VESSIERE, et animée par Ph. GARRY, oriente ses recherches fondamentales et appliquées vers l'obtention, l'analyse, la transformation chimique et l'activité antimicrobienne d'huiles essentielles, de fractions d'huiles et de leurs constituants. Dans ce cadre, elle joue le rôle de conseil scientifique et technologique pour l'implantation d'unités de distillation.