AUVERGNE SCIENCES

BULLETIN DE L'ADASTA

Juin 97 N° 39

Les Rayons Gamma dans l'Univers

La Créativité

Henri Becquerel et les spectres d'absorption du didyme

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

SOMMAIRE

N° 39

- Le dossier
  Pour l'exploration du Cosmos : une voie nouvelle :
  la radioactivité.....p. 3

- Le dossier
  La créativité (2e suite) p. 13

- Histoire des Sciences
  Examen du pli cacheté n° 4148 ..... p. 22

- Histoire des Sciences
  Le mètre en marbre a 200 ans ..... p. 25

- Activités diverses
  Limoges capitale des émaux et de la porcelaine ..... p. 27

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

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

Photo de couverture :
Pigments minéraux utilisés pour la coloration des émaux et verres
Photo CERDEC FRANCE SA
(Voir article p. 27)

Dépôt légal JUIN 1997

REIX Clermont-Ferrand

AUVERGNE
CONSEIL RÉGIONAL D'AUVERGNE
Le Conseil Régional d'Auvergne soutient l'ADASTA en 1997

EDITORIAL

Chers Amis,

L'ADASTA est repartie en avant grâce à vous tous qui nous soutenez par vos abonnements, vos encouragements, votre fidélité.

Le Conseil Régional d'Auvergne, le Ministère de l'Education, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, les différents laboratoires de l'Université Blaise Pascal, EDF, la manufacture Michelin ont renouvelé leur confiance à notre Association.

En attribuant gracieusement une valise pédagogique Becquerel-Curie à l'ADASTA, l'Association Curie et Joliot-Curie (11 rue Pierre et Marie Curie 75248 PARIS Cedex 05) nous permet d'organiser dès la rentrée un stage d'initiation à la radioactivité afin de prêter aux établissements scolaires cette valise pour démonstration.

Par ailleurs en participant à Expo Sciences les 28-29-30-31 Mai à Cournon puis à "Science en Fête" au mois d'octobre l'ADASTA montre sa volonté de poursuivre sa mission de développement scientifique en Auvergne.

La visite prévue à Limoges le 30 Avril (17 participants) a été un plein succès. De prochaines visites seront organisées dès la rentrée scolaire prochaine. En principe, une visite est prévue fin Septembre : Mine d'Uranium COGEMA du Bernardan près Lussac-lès-Eglise (87).

Monsieur Michel Dhome du LASMEA donnera pour l'ADASTA une conférence sur "la vision artificielle" le Mercredi 1er Octobre 1997 à 17H30, Amphi de Physique 107 à la Faculté des Sciences à Aubiere.

Bonnes vacances à tous. Merci de votre soutien chaleureux. En toute amitié.

S. GELY

Adhésions et Abonnements

Adhésions à titre individuel	150 F
Adhésions à titre collectif	500 F
Membre bienfaiteur	1 000 F

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, 19, rue de Bien-Assis - 63100 Clermont-Ferrand**
Tél. 04 73 92 12 24 - Fax 04 73 92 11 04

Pour l'exploration du Cosmos
Une voie nouvelle : La Radioactivité

1- PRÉHISTOIRE ET NARTHEX DE L'ASTRONOMIE MODERNE

Si, quelquefois par une nuit sereine, fixant les yeux sur la beauté des astres, tu t'es demandé qui, de ces fleurs a brodé le firmament et comment, dans le monde visible, l'agrément cède le pas à la nécessité..... Tu viens en auditeur préparé.
Basile de Césarée demandant à son lecteur s'il a effectivement contemplé la coupole céleste, fait écho au prince des poètes et des philosophes antiques. Homère retrace la création du monde : "le destin qui préside à la genèse du monde martèle tout d'abord la partie fondamentale, la terre; sur elle le destin place un toit divin, le CIEL.

Un cliché du ciel profond.
(Photo A.A.A.A)

Et dans les sinuosités qu'offre son relief, il déverse, tout d'une masse, la MER. Et aussitôt, avec le Soleil et la Lune, il éclaire les éléments séparés

Louis AVAN,
Monsieur Louis AVAN
a été professeur à l'Université
de Clermont-Ferrand de 1957 à 1972,
et professeur au Conservatoire
National des Arts et Métiers
de 1972 à 1993.

février 1997, S.F.E.N.
Clermont-Ferrand

de l'antique chaos... et les astres, tous ceux dont le ciel se couronne
(ILIADE. XVIII. 485)
D'Héraclite.
"Il (Héphaïstos) fit d'abord un bouclier, grand, robuste... bien ouvré en tout sens. Autour, il jeta une bordure brillante, triple, éclatante, et il y suspendit un baudrier d'argent. Il y avait cinq plaques au bouclier lui-même; et Héphaïstos y fit maint ornement bien ouvré, avec un art savant. Il y représenta la terre, et le ciel, et la mer, le soleil infatigable et la lune pleine, et tous les astres qui couronnent le ciel, les Pléiades, les Hyades, sa force ORION, et l'OURSE, appelée aussi CHARIOT, qui tourne sur place, épie ORION, et seule, est privée des bains de l'Océan" (chant XVIII. 479-489).
("De même que la couronne est pour la tête une parure circulaire, de même les astres, qui ceignent la voûte céleste, dispersés dans l'espace en forme de sphère, sont nommés très justement : COURONNE du CIEL"
Réf. "ALLEGORIES D'HOMERE" HERACLITE PONTIQUE, Contemporain d'Auguste ?)

Le soleil, pour Homère, plonge chaque soir, dans l'océan et revient, chaque matin "éclairer les dieux au firmament de bronze." (ODYSSEE, III, 1).
Il n'empêche : Homère, en astronomie, a des connaissances aussi exactes qu'étendues. Il ne se trompe ni sur l'OURSE, ni sur les Pléiades, ni sur la nature et la taille du soleil.
Les premiers héros de la science ne manqueront pas de reconnaître leur dette à l'égard d'Homère.

- L'affirmation suivant laquelle Thalès prédit l'éclipse solaire qui mit fin à la bataille entre Alyatte, roi de Lydie, et Cyaxarès, roi des Mèdes (bataille qui eut bien lieu en 585 avant Jésus-Christ) est généralement reconnue comme authentique.

"Lydiens et Mèdes, en voyant la nuit remplacer le jour, cessèrent le combat" (Hérodote "L'enquête" I.74.)

- Vers 500 av. J.C. Anaximène semble affirmer que les étoiles sont fixées comme des diamants au firmament.
Pour Pythagore de Samos né en 580 "Tout est nombre" : l'ordonnancement des nombres est responsable des beautés harmonieuses de la musique (octave, quinte, quarte), tandis que le ciel tout entier est une gamme musicale ("dont seule son ouïe pouvait entendre la musique.")

- Vers 450, Anaxagore de Clazomène fut poursuivi pour crime d'impiété pour avoir prétendu que le soleil est une boule de feu plus grande que le Péloponnèse... Deux cents ans plus tard, Aristarque de Samos eut le premier l'idée de la rotation de la terre sur elle-même et autour du soleil; pour cette opinion il fut accusé de troubler le repos des dieux.

Mais l'astronomie voit naître les premières mesures précises avec HIPPARQUE, Mathématicien grec, observateur méthodique et rigoureux, qui réalisa le premier catalogue d'étoiles (800) dont il détermina la position (déclinaison, ascension droite), anticipation prophétique.

Hipparque classe les étoiles visibles suivant leur luminosité apparente (ou "magnitude apparente") sur une échelle de 1 à 6.

La suite vous est familière : "L'Almageste" de Ptolémée 140 A.D. (Astronome et Mathématicien d'Alexandrie), l'oeuvre majeure de Copernic "De révolutionibus Orbium Coelestium" (1543) combattue par Martin Luther tandis que Paul III demeure plus prudent... Les observations de Tycho-Brahe (1546-1601), à l'oeil nu, dans son "Château Céleste" de Stjerneborg, observations léguées à son jeune collaborateur Johannes KEPLER (1571-1630). Dans le système Copernicien le soleil, bien placé au centre de l'univers a une fonction d'éclairage : c'est lui qui illumine les planètes; il n'est pas la cause de leur mouvement.

Képler, ayant découvert les trois lois du mouvement des planètes, nous livre une remarque capitale "Mon système céleste reste d'une parfaite cohérence si l'on remplace le mot "âme" par celui de force". Sa troisième loi lui procure une joie qui le plonge "dans une extase" qui n'est pas sans rappeler celle des grands prophètes. (Dialogues sur les grands systèmes d'explication du Monde).

Entre temps GALILEE (GALILEO GALILEI) bénéficie dès 1609 de l'invention d'un obscur opticien hollandais de Middleburg : Hans LIPPERSHEY (à moins que ce ne soit une découverte de Jacob METIUS, d'Alkmaar). Grâce à "un télescope optique", il observe les cratères de la lune, les taches solaires, les phases de Mercure et les quatre premiers satellites de Jupiter. Il montre le premier que la voie lactée est faite d'étoiles. On peut dire de plus que "GALILEE plante le premier piquet de séparation entre Science et Foi".

Galilée meurt en 1642, année de la naissance de Newton. "GALILEE représente l'Assaut, Newton, La Victoire" : Principe Fondamental de la Dynamique, loi de la gravitation universelle... Optique.

Après Copernic, Tycho-Brahé, Képler, Galilée, Newton... l'astronomie optique va se développer brillamment, jusqu'à une nouvelle croisée des chemins : en fait les XVIème et XVIIème siècles occidentaux nous ont tout juste fait pénétrer dans le NARTHEX de l'astronomie moderne. A partir de la découverte des premiers spectres atomiques par KIRCHHOFF et BUNSEN (1859) et des travaux de Johann Jacob BALMER sur les raies de l'hydrogène atomique, l'astronomie croise une discipline dont elle ne va plus se séparer : "La Physique Atomique Moderne", d'autant plus que dès 1863 Anders Jonas ANGSTROM a découvert dans le spectre solaire une raie rouge intense, la raie à 656 nanomètres, celle-là même qui sera dédoublée par MICHELSON en 1892. ($\Delta\lambda$ = 0,014 nanomètre).

ENIGME

Mais comment les observateurs européens et arabes ont-ils pu négliger la contemplation du ciel au point d'ignorer l'événement, le cataclysme, "survenu" le 4 juillet 1054.

"Le ciel était rougeoyant, tandis que Yang Wei T'e attendait patiemment le lever du soleil". Comme astronome, mathématicien, théologien impérial de la cour de Chine durant la dynastie Sung, Yang avait acquis une certaine familiarité avec les constellations. Il eut l'impression que quelque chose d'extraordinaire s'était produit cette nuit-là !

Précédant le soleil de quelques minutes seulement, un objet éblouissant montait de l'horizon, à l'orient. Il était de loin plus brillant que VENUS, et bien plus resplendissant que toute étoile jamais observée.

Yang nota soigneusement ses observations, et ses pensées au sujet de cet événement céleste extraordinaire. "Je me suis prosterné. J'ai observé le phénomène d'une étoile invitée. Sa couleur était légèrement irisée. Conformément à un ordre de l'Empereur, j'ai fait la prédiction, respectueusement, que l'étoile invitée (dans la constellation du TAUREAU), n'allait pas perturber Aldébaran. Ce qui indiquait que la puissance de l'Empire irait croissant. Je demande à conserver cette prédiction dans le Département d'Histoire... "L'étoile invitée était visible dans la journée "comme Vénus" : des rayons brillants en partaient dans toutes les directions". La date officielle de son apparition est le jour de CH'IH CH'IU, dans la première lune de la cinquième année de l'ère de SHIH-HUO (donc le 4 juillet 1054).

"L'étoile invitée était si brillante, qu'elle restait visible à la pleine lumière du jour, et qu'elle le demeura pendant 23 jours en tout". Après une année cependant, elle devint plus pâle, puis s'effaça.

(Des chroniques japonaises rapportent des observations analogues).

YANG WEI-T'E avait noté avec précision la position de l'étoile invitée, nommée par Fritz ZWICKY et Walter BAADE "SUPERNOVA" (1932). Aujourd'hui, lorsque nous orientons un télescope dans cette direction de la constellation du TAUREAU, nous pouvons observer la Nébuleuse du Crabe. Cette nébuleuse n'est autre que le "Rémanent" de la Supernova de YANG WEI-T'E.

En réalité, près de sept siècles après YANG WEI T'E, c'est JOHN BEVIS, médecin et astronome anglais, qui découvrit avec son petit télescope un objet flou et opaque à l'endroit précis repéré en 1054. Mais cela, BEVIS ne le savait pas. L'astronome MESSIER mentionne, lui aussi, cet objet dans son catalogue.

Une étoile agonisante avait explosé, laissant "derrière elle" un "linceul funéraire magnifique de gaz embrasés, projetés violemment dans l'espace". En fait ces gaz se meuvent encore à une vitesse voisine de 1000 km s^{-1}. La Nébuleuse du Crabe se trouve à 6 300 années de lumière de la Terre. Ses

La comète Hale-Bopp.
(Photo A.A.A.A)

dimensions? 10 sur 7 années de lumière.
A partir de la distance et des renseignements fournis par YANG WEI T'E sur la "luminosité" de l'étoile invitée, on peut estimer que la supernova a eu en cours d'explosion un éclat maximal 10 milliards de fois plus grand que celui du Soleil. Pour un observateur situé en dehors de notre galaxie, elle aurait brillé plus que la galaxie tout entière.

2- LES PULSARS, RELIQUES RAYONNANTES DE SUPERNOVAE

En 1968, des techniques d'interférométrie permettent à 2 astronomes anglais, Sir Martin RYLE et Antony HEWISH de découvrir des radiosources baptisées "PULSARS". ("Pulsating star" = Etoile pulsante). HEWISH propose en même temps un modèle qui semble toujours correct : les pulsars sont des étoiles extrêmement denses (quelques masses solaires pour un rayon de l'ordre de 10 km, soit 4.10^{17} kg.m^{-3}). Ces étoiles sont constituées essentiellement de neutrons. A très haute pression :
$p + e^- \rightarrow n + \nu_e$
Dès la fin de 1968, A. HEWISH et Jocelyn BELL repèrent la présence d'un pulsar au coeur de la Nébuleuse du Crabe. Sa période est de 33 millisecondes : Le pulsar, résidu de la Supernova, émet 30 flashes radio par seconde. Peu après, John COCKE observe que la nébuleuse contient aussi une source lumineuse clignotante dont la période coïncide avec celle du pulsar. LYNDS et MARAN, quant à eux, déterminèrent la position de l'étoile clignotante : elle coïncide très exactement avec la composante radio. On ne peut plus mettre en doute le lien profond "Supernova-Pulsar".
En 1969, Peter GOLDREICH (Caltech) modélise le fonctionnement des pulsars par la combinaison d'un champ magnétique puissant (10^{12} gauss = 10^8 teslas) et d'une rotation rapide autour d'un axe qui ne coïncide pas avec la ligne des pôles. Cette combinaison engendre un générateur électrique géant, créant des champs électriques intenses au voisinage de la surface de l'étoile à neutrons. ($p + e^- \rightarrow n + \nu_e$ seulement dans le coeur). La surface est faite d'une "mince" pellicule remplie de protons et d'électrons, pour lesquels les pressions sont trop faibles : la combinaison proton + électron en neutron est alors impossible. Les champs électriques puissants expulsent les particules chargées en dehors des régions polaires. Elles sont alors courbées suivant les lignes de champ magnétique. Accélérées, elles émettent de l'énergie. Le résultat est la production de deux faisceaux de radiation déversés suivant l'axe Nord -Sud. Lorsque l'étoile tourne, le faisceau balaie le ciel. Lorsque la Terre est localisée dans la bonne direction, un flash bref est observé chaque fois que le faisceau traverse notre ligne de vision (30 fois par seconde pour le pulsar du CRABE).

REMARQUE :
La partie "diffuse" de la Nébuleuse du CRABE, pas les "filaments", a été identifiée à une radiation dite Synchrotron (précisément celle émise par la General Electric Company de SCHENECTADY, New-York. Référence IOSIF SHKLOVSKII). L'énergie perdue par radiation synchrotron, rayonnée par des électrons relativistes "spiralants", a été estimée, pour la Nébuleuse du Crabe, à 3.10^{31} joules par seconde, au lieu de 4.10^{26} watts pour le Soleil. La Nébuleuse du Crabe est donc 75 000 fois plus lumineuse que le Soleil !
En 1966, deux ans avant la découverte des pulsars, John A. WHEELER, de l'Université de PRINCETON, et Franco PACINI (Italie) avaient déjà spéculé que la source ultime de cette prodigieuse énergie rayonnée par rayonnement synchrotron était l'étoile à neutrons en rotation. Cette idée prophétique fut confirmée par le léger ralentissement du pulsar du CRABE!. (Seuls les Pulsars jeunes peuvent rayonner simultanément dans le domaine radio et dans le domaine optique.)

3- CLASSIFICATION DES SUPERNOVAE

Au moins trois Supernovae se sont produites dans notre galaxie durant la "période historique".
- La Supernova de "Tycho-Brahé" (1572) - Constellation de Cassiopée, publication "De Nova Stella" 1574.
- La Supernova de KEPLER (1604) - Constellation d'Ophicus ou Serpentaire, ciel boréal.
- La Supernova de YANG WEI T'E (1054) - Constellation du Taureau.
D'autres événements reportés avant cette période concernent probablement des Supernovae.

De 1885 à 1960, 230 Supernovae avaient été détectées dans les galaxies extérieures.

Aujourd'hui la fréquence de telles découvertes dans les galaxies éloignées suggère qu'une galaxie typique, telle que notre Voie Lactée, "abrite" une Supernova tous les 20 à 50 ans. Malheureusement le gaz interstellaire et les poussières très obscures de notre galaxie les occultent le plus souvent, de sorte que la majorité des Supernovae locales échappe à l'observation.

Quand les astronomes ont commencé à découvrir des Supernovae dans les galaxies distantes, ils les ont classées en deux catégories, désignées de type I ou de type II, suivant leurs spectres : Les raies de l'hydrogène sont dominantes dans les Supernovae de type II, absentes dans les Supernovae de type I. Cette classification nous indique simplement si l'étoile disparue avait (ou non) de l'hydrogène dans ses couches extérieures. Les Supernovae de type II proviennent de la mort d'étoiles massives (sans doute supérieures à 4M$\odot$ qui ont encore beaucoup d'hydrogène dans leurs atmosphères quand elles explosent. L'absence de raies d'hydrogène dans le spectre d'une Supernova de type I signifie que son étoile progénitrice avait perdu toutes les couches extérieures riches en hydrogène avant l'explosion.

Les astronomes ont récemment subdivisé les Supernovae en deux sous-classes : Celles de types Ia, qui n'ont pas de raies d'hélium dans leur spectre; les Supernovae de type Ib, qui sont riches en hélium.

Beaucoup d'astronomes suspectent les supernovae de type Ib d'être provoquées par la mort d'étoiles massives dépouillées de leurs couches extérieures avant qu'elles n'explosent : une étoile peut perdre ses couches extérieures sous l'action d'un vent stellaire violent. Tel est le cas des étoiles de WOLF-RAYET (étoiles géantes de 30 à 50 M$\odot$). Beaucoup d'étoiles de WOLF-RAYET ont un compagnon proche dont la gravité joue un rôle important, arrachant violemment des gaz aux atmosphères extérieures.

On a suggéré qu'une Supernova se produisant à quelques centaines d'années de lumière du système solaire pourrait émettre assez de rayons cosmiques pour tuer ou stériliser une partie importante de la vie animale sur Terre. De tels événements, survenant par intervalles de dizaines ou de centaines d'années de lumière, pourraient influencer profondément le cours de l'évolution. Enfin, là où les étoiles sont très proches, comme dans le coeur d'une galaxie, une réaction en chaîne de galaxies, propagée par ondes de radiation, pourrait se produire.

4- NOUVEAUX REGARDS SUR LE CIEL : L'ASTRONOMIE GAMMA

Lorsque nous regardons le ciel, nous sommes frappés par plusieurs choses. Certaines nous sont communes avec Homère, Basile de Césarée et Tycho-Brahé (si du moins nous prenons la précaution et le temps de quitter les lumières et la pollution urbaines) : l'obscurité du ciel nocturne, sa ponctuation occasionnelle par des spots lumineux, et la constance des étoiles elles-mêmes. Ces étoiles dont nous captons la lumière visible ($0,4\ \mu m < \lambda < 0,8\ \mu m$).

Un spectacle totalement renouvelé nous est proposé par la radio-astronomie, l'astronomie infrarouge, ultraviolette, l'astronomie X... toutes techniques redevables, pour l'essentiel, à la physique atomique... Mais si nous imaginons la situation aux grandes profondeurs stellaires, nous savons aujourd'hui que les hautes températures et des pressions énormes provoquent l'apparition d'un processus continu que nous appelons nucléosynthèse. Au cours de ce processus, les éléments légers, et tout d'abord l'hydrogène et l'hélium, fusionnent pour donner des éléments plus lourds, libérant des quantités énormes d'énergie. Ces réactions de fusion entretenues dans les fournaises nucléaires libèrent leur énergie sous la forme d'une radiation que l'oeil humain ne peut voir : Ce sont des photons très énergétiques ou "paquets d'énergie électromagnétiques", appelés rayons gamma. Comme ces rayons gamma traversent des centaines de milliers de kilomètres ou plus, avant d'atteindre la surface, ils effectuent pendant leur transit un très grand nombre d'interactions, perdent de l'énergie, et en définitive quittent les étoiles sous la forme de lumière visible.

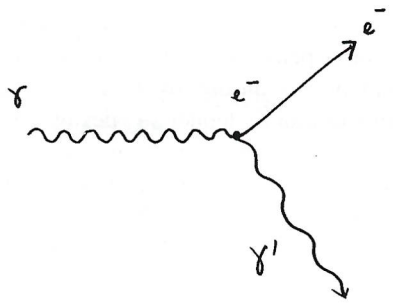
Que l'Univers puisse être grouillant de rayons gamma, grâce à des sources autres que les étoiles ordinaires, a été suggéré dès l'aube de l'ère nucléaire. Cependant leur étude, en tant qu'outils de la recherche astronomique, n'a commencé que dans les années 1990... Lorsque les "astronomes gamma" ont entrepris d'explorer les propriétés énergétiques violentes et largement variables des pulsars , des supernovae, des quasars, espérant même découvrir des objets plus exotiques... [Les quasars sont des radio-sources quasi-stellaires dont le décalage spectral $\frac{\Delta\lambda}{\lambda}$ varie de 0,06 à 4,9 !] L'observation du ciel à partir de diverses formes de radiations invisibles, les ondes radio des années 1950, les rayons X des années 1960, les rayons infrarouges des années 1980, sans oublier l'astronomie ultraviolette des années 1970... a largement approfondi notre compréhension du cosmos.

Aujourd'hui l'astronomie gamma est en voie d'enrichir notre horizon cosmique.

RAPPELS : Les rayons gamma furent ainsi nommés par le physicien britannique Ernest Rutherford en 1903. Les toutes premières expériences de physique nucléaire, immédiatement après la découverte de la Radioactivité, avaient montré que les rayons gamma différaient par leur nature des rayons alpha (noyaux d'hélium) des rayons bêta (électrons). Les 3 types de rayonnements se séparent sous l'action d'un champ magnétique. Emis comme les particules alpha et bêta lors de la désintégration de noyaux atomiques instables, les rayons gamma sont des ondes électromagnétiques. Les photons associés à ces ondes ont des énergies supérieures à celles des rayons X. La longueur d'onde des ondes électromagnétiques correspondantes est inférieure $0,2.10^{-10}$ mètre (limite conventionnelle des rayons X). Les photons gamma sont si énergétiques qu'ils peuvent agir en tant que particules.

En particulier lorsqu'un photon gamma de haute énergie heurte un électron, l'interaction provoque un

recul de l'électron analogue à celui qui serait provoqué par une particule de matière. Le phénomène fut découvert en 1923 par le physicien Américain Arthur Holly COMPTON. (Pour cette découverte et pour l'explication qu'il donna de ce qu'on appelle aujourd'hui "Effet Compton" ou "Diffusion Compton", Compton reçut le Prix Nobel de Physique en 1927)



Pour la suite de l'exposé, rappelons quelques découvertes majeures des années 1930.

● Le positon, anti particule de l'électron, en 1932 (Anderson. Rayonnement Cosmique).

● Le neutron, partenaire nucléaire du proton, en 1932 (Chadwick).

● La radioactivité artificielle bêta plus, en 1934, (Irène et Frédéric JOLIOT-CURIE) grâce aux réactions nucléaires de type :

$^{27}_{13}Al + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{30}_{15}P + {}^{1}_{0}n$

puis, $^{30}_{15}P \rightarrow {}^{30}_{14}Si + {}^{1}_{0}e^{+} \ (+ \nu_e)$

● Matérialisation des photons gamma dans le champ des noyaux atomiques (si $E_\gamma > 2m_e c^2$)

I. et F. JOLIOT-CURIE, 1933, BLACKETT - OCCHIALINI

$\gamma + n \rightarrow e^+ + e^- + n$

● Annihilation (e^+e^-)

$e^+ + e^- \rightarrow 2\gamma$

● Introduction du "neutrino" théorique (1931 : PAULI, FERMI) afin de satisfaire à la loi de conservation de l'énergie dans la désintégration bêta±.
Exemple : désintégration bêta du neutron. $n \rightarrow p + e^- + \overline{\nu_e}$

(Découverte expérimentale du neutrino - 1957. $\overline{\nu_e} + p \rightarrow n + e^+$ REINES et COWAN).

● Découverte (Identification) du muon, électron lourd présent dans le rayonnement cosmique (ANDERSON - 1938).
C'est également dans les années 30, qu'Hans BETHE a expliqué l'origine thermonucléaire de l'énergie des étoiles.

● Dans les étoiles dites de la "Séquence principale" dont la masse est supérieure à environ 1,5 M⊙ et la température supérieure à 15.10^6 K, le cycle dominant est bien celui de Bethe.

$^{12}_{6}C + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{13}_{7}N + \gamma$

$^{13}_{7}N \rightarrow {}^{13}_{6}C + e^+ + \nu_e$

$^{13}_{6}C + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{14}_{7}N + \gamma$

$^{14}_{7}N + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{15}_{8}O + \gamma$

$^{15}_{8}O \rightarrow {}^{15}_{7}N + e^+ + \nu_e$

$^{15}_{7}N + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{12}_{6}C + {}^{4}_{2}He$

Le Carbone 12 ne "brûle pas". Il sert de catalyseur. L'hélium 4 est la cendre de ce feu stellaire.
Dans le cas du Soleil et des étoiles de masse inférieure à 1,5 M⊙, le cycle proton-proton domine la scène.
(réf. H. FOWLER et S. CHANDRASE KHAR Prix Nobel 1983.)
La chaîne proton-proton a quatre branches.

● La branche primaire fournit 85% de l'énergie du Soleil.

$^{1}_{1}H + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{2}_{1}H + e^+ + \nu$
(Spectre ν de 0 à 420 keV).

$^{2}_{1}H + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{3}_{2}H + \gamma$

$^{3}_{2}H + {}^{3}_{2}H \rightarrow {}^{4}_{2}H + {}^{1}_{1}H + {}^{1}_{1}H$

● Dans 15% des cas l'hélium 3 issu de la 2ème réaction fusionne avec $^{4}_{2}H$ suivant la réaction

$^{3}_{2}H + {}^{4}_{2}H \rightarrow {}^{7}_{4}Be + \gamma$

Deux alternatives se présentent ensuite :

1) Le plus souvent 1 capture et 1 fusion, soit $^{7}_{4}Be + e^- \rightarrow {}^{7}_{3}Li + \nu_e$
Dans cette réaction à "2 corps", 2 raies de neutrinos peuvent être obtenues : l'une à 861 keV; l'autre, dans 10% des cas, à 383 keV. En définitive, le noyau de lithium capture un proton et se brise en 2 noyaux d'hélium.

$^{7}_{3}Li + {}^{1}_{1}H \rightarrow 2\ {}^{4}_{2}He$

2) L'autre alternative, très rare (0,02%) associe trois séquences, après la fusion $^3He + {}^4He$, soit :

$^{7}_{4}Be + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{8}_{5}Be + \gamma$

$^{8}_{5}Be \rightarrow {}^{8}_{4}Be^* + e^+ + \nu_e$

puis

$^{8}_{4}Be^* \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{4}_{2}He$

Bien que cette alternative produise seulement 0,02% de l'énergie solaire, elle est intéressante, tout comme l'alternative 1, parce qu'elle est génératrice de neutrinos, et qu'il s'agit là, nous le verrons, d'un problème crucial.
Quoi qu'il en soit, le Soleil, étoile moyenne G2, est une "arène dramatique", "laboratoire abstrait", où nous pouvons observer l'interaction compliquée et fascinante de la matière et de l'énergie sur une échelle colossale. (Son énergie potentielle gravitationnelle vaut

$\frac{2}{5} G \frac{M_\odot^2}{R_\odot}$ soit 10^{41} Joules....

Or le Soleil rayonne $3{,}86.10^{26}$ joules par seconde... Sans autre source d'énergie, il ne pourrait rayonner que pendant

$T \approx \frac{10^{41}}{4.10^{26}} \approx 10^7$ Années)... Les rayons gamma produits dans les coeurs stellaires ne peuvent être détectés directement, en raison de "l'opacité épaisse" des étoiles, sites d'interactions importantes.
C'est après la seconde guerre mondiale que les Scientifiques ont commencé à réaliser que d'autres processus, dans le Cosmos, en dehors des étoiles classiques, étaient susceptibles de produire des rayons gamma : par exemple, dans les régions plus diffuses de l'espace, par interaction des rayons cosmiques très énergétiques avec les gaz interstellaires et les champs magnétiques. En 1958, Philip MORRISSON Université Cornell, ITHACA, New-York écrivit l'article fondamental de l'astronomie gamma :

les rayons gamma peuvent être utilisés comme sondes des phénomènes de très haute énergie dans l'Univers.
La compréhension de la portée de l'astronomie gamma requiert la connaissance de leurs propriétés de base : les radiations électromagnétiques peuvent se comporter, soit comme des ondes caractérisées par leur fréquence et leur longueur d'onde, soit comme des particules (photons) possédant une énergie individuelle discrète

$$E = h.v = \frac{h.c}{\lambda}$$

Le spectre en énergie des photons va d'une fraction de microélectron volt (ondes radio), à une valeur comprise entre 1 μeV et 1 meV pour les micro-ondes.
Viennent ensuite les énergies caractéristiques de l'infrarouge, du visible (de l'ordre de 1 eV) de l'ultraviolet, du rayonnement X (depuis 1 000 eV = 1 keV jusqu'à quelques centaines de keV.
Les rayons gamma constituent la forme la plus énergétique de radiation électromagnétique. Il n'existe pas de limite stricte entre rayons X et rayons gamma. (sauf par rapport à l'origine : atomique ou nucléaire). Les photons sont appelés "gamma" à partir de la zone de 50 à 100 keV... Puis nous trouvons le mégaélectron-volt (1 MeV = 10^6 eV), le gigaélectron-volt (1 GeV = 10^9 eV), le teraélectron-volt (1 TeV = 10^{12} eV). Les rayons gamma les plus énergétiques détectés à ce jour (1997) atteignent 10^{16} eV = 10 000 TeV (sauf une exception à 10^{20} eV). Pour mettre une telle énergie en perspective, il suffit de se rappeler qu'un photon γ de 1 TeV transporte autant d'énergie qu'une petite bille de marbre (contenant 10^{23} atomes) roulant sur une table, transporte d'énergie cinétique.

5- PRODUCTION DE RAYONS GAMMA

Les rayons gamma peuvent être produits à partir de mécanismes variés :

● Au coeur des étoiles ordinaires

● Dans les conditions extrêmes de température, de pression, de champ magnétiques puissants (cf formule de Schwinger

$$W = \frac{1}{3\varepsilon_0}\frac{q^2}{R}\left(\frac{K}{E_0}\right)^4$$

où R est commandé par la formule de Laplace $R = \frac{p}{qB}$).

● Dans les cas de densités d'énergie de radiation très élaborée : Supernovae, Pulsars, Trous noirs, Quasars, on peut résumer en disant que les rayons gamma constituent un outil de diagnostic en vue de la compréhension des processus physiques mis en jeu dans les phénomènes les plus violents et les plus cataclysmiques du COSMOS.
La Radioactivité, au sens le plus classique du terme, nous fournit des sources gamma. Les rayons γ ont d'abord été découverts en Radioactivité Naturelle. Sauf cas exceptionnels (Polonium), la désintégration α ou β d'un noyau radioactif est suivie "très rapidement" par l'émission d'un ou plusieurs rayons γ marquant la transition du noyau résiduel d'un état excité vers le niveau fondamental.
Les rayons gamma ainsi émis sont spécifiques des noyaux radioactifs.

● Par exemple la désintégration du Cobalt 56, isotope radioactif de l'élément Cobalt, suivant le schéma,

$$^{56}_{27}Co \rightarrow {}^{56}_{26}Fe^* + e^+ + \nu_e$$
$$\downarrow$$
$$^{56}_{26}Fe + \gamma_1 + \gamma_2$$

libère 2 rayons gamma d'énergies caractéristiques 0,85 et 1,24 MeV.

NUCLÉOSYNTHÈSE D'ÉLÉMENTS LÉGERS.

● Les rayons gamma peuvent aussi être émis lors de la nucléosynthèse d'éléments légers au coeur des étoiles ordinaires,
- lors de l'explosion de Supernovae, où des éléments plus lourds sont créés.
- dans les interactions de rayons cosmiques individuels (protons rapides, neutrons, ou particules plus lourdes) avec des atomes.
Exemple : Lorsqu'un proton se combine avec un neutron pour former un noyau de deutérium, cette fusion s'accompagne de l'émission d'un photon gamma de 2,22 MeV.
A l'électron négativement chargé, d'énergie au repos $m_e c^2$ = 0,511 MeV, correspond nous l'avons vu le positon, de même masse, et de charge opposée. Lorsque positon et électron se rencontrent, ils s'annihilent, transformant totalement l'énergie de masse en énergie rayonnante. Le plus souvent cette énergie rayonnante prend la forme de 2 photons γ aux lignes de vol opposées. (Cependant un électron et un positon peuvent constituer temporairement un atome exotique appelé "positronium", lequel se "désintégrera" très rapidement en 2 ou 3 γ.
De la même manière quand un proton et un antiproton s'annihilent, 2 photons gamma de 938 MeV sont émis à 180°.
Un des grands mystères de la Science est la faible présence apparente d'antimatière dans l'Univers. La détection des rayons gamma d'annihilation est un moyen privilégié de sonder l'antimatière du Cosmos.
Les collisions de protons entre eux (ou de noyaux avec d'autres noyaux), peuvent, à très haute énergie (de l'ordre de 1 GeV par nucléon) produire une grande variété de particules subatomiques. La production de pions neutres par exemple

$$(m_{\pi^0}.c^2 \approx 135 \text{ MeV } \tau \approx 8{,}3.10^{-17}\text{s})$$

Etant instables ces pions se désintègrent en deux photons d'énergie voisine de 70 MeV). En fait, dans les situations astronomiques, les pions neutres ou chargés produits par les protons cosmiques ont un large spectre d'énergie cinétique. Dans le cas des pions neutres, les rayons gamma possèdent également un large spectre d'énergie.
Les rayons gamma peuvent aussi être produits par émission synchrotron, par rayonnement de freinage, et par diffusion Compton inverse.

L'émission synchrotron est une radiation produite par des particules chargées rapides, - des électrons par exemple - lorsque leurs trajectoires sont courbées par des champs magnétiques puissants.

Le Bremsstrahlung (Rayonnement de freinage), résulte de la décélération d'électrons rapides traversant la

matière, en étant diffusés par le champ électrique des noyaux atomiques. La diffusion Compton inverse produit des rayons gamma lorsque les électrons ultra-relativistes (V≈C) interagissent avec des photons de basse énergie. Une partie de l'énergie des électrons est ainsi transférée aux photons, dont l'énergie est "promue" dans le spectre gamma.

6- LES PREMIERS JOURS DE L'ASTRONOMIE GAMMA

Malgré le haut pouvoir de pénétration des rayons gamma, après avoir traversé presque sans encombre les gaz de faible densité qui remplissent les espaces interstellaires, ils sont rapidement absorbés dans l'atmosphère. D'où l'usage nécessaire de ballons, de fusées, de satellites. Seuls les rayons gamma les plus énergétiques (Eγ > 1 TeV) peuvent être détectés au moyen d'une grande batterie de détecteurs qui étudient les "grandes gerbes de rayons cosmiques". Les premières observations gamma concernaient le Soleil. Le premier détecteur de rayons γ de haute énergie fut lancé en 1961 sur Explorer 11. Il fut suivi en 1967 par 0S03 qui observait les rayons gamma venant du voisinage du centre de la Voie Lactée. SAS 2 fut lancé en 1972, suivi par le Satellite COS B de l'Agence Spatiale Européenne. (1975).
Trois satellites emportent ensuite des télescopes gamma :
HEAO 3 (1979).
SOLAR MAXIMUM MISSION (1980).
GRANAT (Mission Franco-Soviétique 1990).
Des raies γ à 0,511 MeV ont été repérées, émanant du Centre Galactique. De même les pulsars du CRABE et VOILES ("pulsar des Voiles"). Egalement : grand nuage moléculaire ("Rho OPHIUCI"), un autre nuage géant avec l'un des quasars proches de la Terre (3C-273).

7- L'UNIVERS DANS LA TOURMENTE

L'OBSERVATOIRE COMPTON DE RAYONS GAMMA

Gamma Ray Observatory G.R.O., puis Arthur Holly Compton Gamma Ray Observatory.

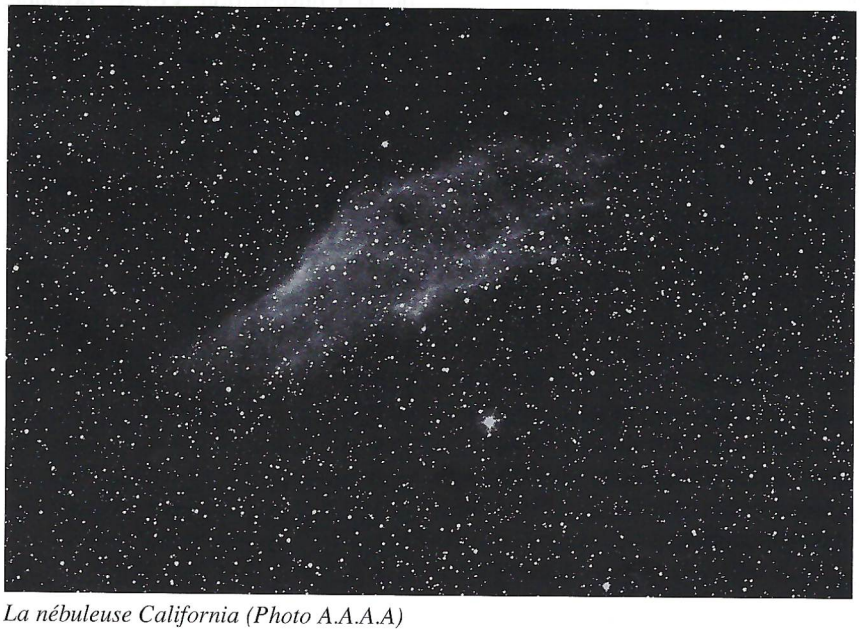
Lancé par la navette spatiale ATLANTIS le 7 avril 1991, le G.R.O décrit une orbite circulaire à 457 kilomètres d'altitude, il effectue sa révolution en 92 minutes, ce qui lui donne une vision totale d'une moitié du ciel.
Son poids : plus de seize tonnes. C'est le plus grand laboratoire astronomique jamais déployé par une navette spatiale. Il comporte 4 blocs expérimentaux indépendants destinés à la détection des rayons X durs et des rayons γ. Surtout, sa sensibilité aux rayons gamma est 10 fois plus grande que celle de la première génération. Ces nouveaux instruments couvrent un champ énergétique énorme : de 20 keV (0,02 MeV) à environ 30 GeV.
"Vu par l'Observatoire Compton, l'Univers est dans la tourmente, balayé par les souffles des Supernovae, par les jets de gaz des quasars qui bien qu'éloignés, éclipsent des galaxies entières, et par des sursauts gamma, dont l'origine demeure mystérieuse "
En fait, le satellite explore un domaine presque vierge.

Description des quatre télescopes.

- Le BATSE (Burst and Transient Source Experiment).est un détecteur "ciel entier" de sources transitoires, tels les sursauts gamma. "Bande passante" 20 keV à 100 MeV.
Objets potentiels : Pulsars, flammes solaires, sources spatialement discrètes de haute énergie.
Huit détecteurs : cristaux d'Iodure de Sodium, pas de collimation.

- Le COMPTEL (Imaging Compton Telescope) est sensible aux photons gamma de 0,8 à 30 MeV. Ces photons, pénétrant dans la rangée supérieure de détecteurs liquides, induisent une diffusion Compton et émettent de la lumière (pour tout photon capturé par effet photoélectrique, ou par ionisation due à l'électron Compton). Les photons diffusés atteignent alors le réseau inférieur de détecteurs à Iodure de Sodium où ils sont absorbés. COMPTEL produit des images d'objets discrets aussi bien que de sources diffuses couvrant 10 % du ciel avec une résolution de 1 à 2 degrés d'arc, suivant l'énergie.

Bien que de pouvoir de résolution inférieur aux télescopes optiques, COMPTEL est le premier télescope qui forme des "images gamma" et enregistre les spectres des sources de rayons gamma de moyenne énergie (domaine du MeV). COMPTEL a permis de dresser la première carte de l'Al 26 dans la Galaxie :



La nébuleuse California (Photo A.A.A.A)

$$^{26}_{13}Al \rightarrow {}^{26}_{12}Mg^{*} + e^{+} + \nu_e$$
$$\downarrow \gamma \quad (E\gamma = 1{,}809 \text{ MeV})$$
$$^{26}_{12}Mg$$

Les deux raies gamma, celle de désexcitation du magnésium (1,809 MeV), et l'une des raies d'annihilation du positon de désintégration (0,511 MeV) du noyau Al 26... permettent une bonne localisation des sources dans le plan de la Voie Lactée. Les photons γ sont si pénétrants qu'ils traversent facilement les gaz et les poussières de la Galaxie, d'où une très bonne transparence gamma (Noter que la période de Al 26 est de 740 000 années).
Le télescope COMPTEL a même comblé une lacune du "paysage galactique" en enregistrant les rayons gamma de CASSIOPEE A., le reste d'une supernova de 1668 : plus précisément, COMPTEL détecta les photons gamma (0,79 et 0,70 MeV) caractéristiques de la désintégration par capture électronique du Titane 44, dont la période est de 54 ans. Ainsi, en détectant les photons gamma du Titane 44, COMPTEL pourrait retrouver d'autres supernovae récentes qui auraient été masquées par des nuages de gaz et de poussières.
De Cassiopée A, rémanent d'une supernova explosée il y a 300 ans, à 10 000 années de lumière de la Terre, on ne décelait, optiquement dans cette partie du ciel qu'une "chevelure" évanescente. Les premières images furent obtenues en rayonnement X, très intense, grâce à l'Observatoire Einstein et en radio ("Very Large Array").
Remarque : En 1994 on n'avait repéré, sur plaques photographiques que 24 "reliques" de Supernovae "optiques" pour plus de 100 images "radio".

● EGRET (Energetic Gamma Ray Experiment) utilise un dispositif de chambre à étincelles pour détecter des rayons gamma de 20 MeV à 30 GeV.

● Lorsque de tels photons pénètrent dans la chambre, ils produisent fréquemment des paires e^+e^-, dont les traces sont enregistrées, ce qui donne une information précieuse quant à la direction de la source et quant à l'énergie des rayons gamma. EGRET, comme COMPTEL, peut fournir des images. Son champ couvre 4 % du ciel. Il peut localiser une source de rayons gamma puissante à 0,1 degré d'arc près.

● Enfin OSSE (Oriented Scintillation Spectrometer Experiment) comprend 4 détecteurs d'iodure de sodium identiques, chacun collimaté pour un champ de vision de 4° x 11°, sensibles de 50 keV à 10 MeV.

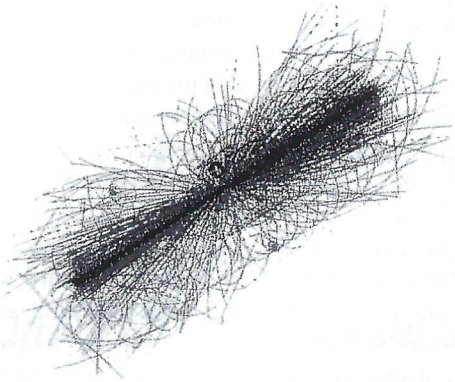
● Ce spectromètre orienté permet de mesurer l'intensité et le spectre des sources gamma détectées.
A l'actif du "télescope" OSSE : le flux intense de rayons gamma de 0,511 MeV issus du centre de la Galaxie : Eléments radioactifs provenant d'éléments radioactifs synthétisés, Trous noirs de masse stellaire...?

8- PREMIÈRE PROMENADE DANS L'UNIVERS GAMMA

● Le Soleil n'est pas généralement considéré comme un objet astronomique à "haute-énergie".
Cependant, pendant les flammes solaires, des particules de haute énergie sont produites : électrons, protons, noyaux lourds, photons gamma. OSSE a observé plusieurs flammes solaires, mettant en évidence, pour la première fois, la présence de neutrons, et relevant la présence des rayons gamma caractéristiques du deutérium, du carbone et de l'oxygène. COMPTEL a détecté des flammes solaires majeures les 9 et 11 Juin 1991. En particulier les rayons gamma spécifiques de la formation du deutérium (2,22 MeV) étaient présents dans les 2 événements. De plus le signal gamma à 0,511 MeV, témoin d'annihilations e^+e^-, est bien là! Bien que le mécanisme par lequel les particules chargées sont accélérées dans les flammes solaires ne soit pas bien compris, les mesures de l'Observatoire Compton contribuent à affiner les plus anciennes théories.

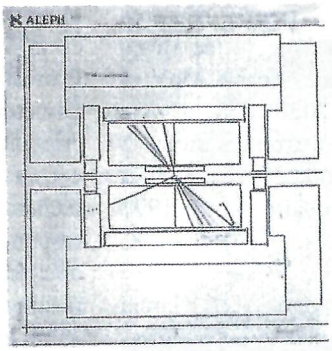
● Etoiles à Neutrons et Pulsars
Nous connaissons la position des astrophysiciens : lorsqu'une étoile d'une certaine masse atteint le terme de sa carrière thermonucléaire, son centre s'effondre si violemment que la matière nucléaire se comprime en un minuscule coeur très dense de neutrons ($p + e^- \rightarrow n + \nu_e$)
Tandis que les couches extérieures de l'étoile sont soufflées dans l'espace, le coeur reste dans sa position première, tournant très rapidement (Conservation du moment cinétique)
Ce coeur est très fortement magnétisé. On l'appelle "Etoile à neutrons".
Au moins dans certains cas, le champ magnétique intense qui entoure l'étoile à neutrons donne lieu à un faisceau étroit de radiation électromagnétique qui balaie l'espace comme la lumière d'un phare.
Lorsque la Terre se trouve sur la trajectoire du faisceau, les observateurs détectent un signal bref, de durée précise qui a conduit à donner à l'étoile effondrée le nom de PULSAR.

Les premiers pulsars repérés par les astronomes étaient des "sources pulsantes" d'émission radio... Mais sur les quelques cinq cents pulsars détectés en 1994, plusieurs rayonnaient dans le visible, dans l'infrarouge et le domaine X.
Fin 1994, six pulsars étaient connus pour émettre des rayons gamma. Le plus fameux se trouve, nous l'avons vu, au centre de la Nébuleuse du Crabe. Il pulse dans les domaines : radio, visible, X et avec une période de 33 millisecondes. Un autre pulsar, de la Constellation VELA, rayonne dans les mêmes longueurs d'onde, mais un peu plus lentement (89 millisecondes). Les rayons gamma détectés par OSSE permettent de localiser la Source en parfaite coïncidence avec les impulsions radio géantes du pulsar du Crabe.
COMPTEL a déterminé le spectre du même pulsar, entre 1 et 10 MeV, avec une précision sans précédent. Bien que des théories existent quant à l'accélération des particules dans les champs magnétiques puissants, pour une rotation rapide des pulsars, une compréhension détaillée de l'émission gamma des pulsars reste en suspens.
Au début des années 1970, le vaisseau spatial SAS 2 a repéré une source



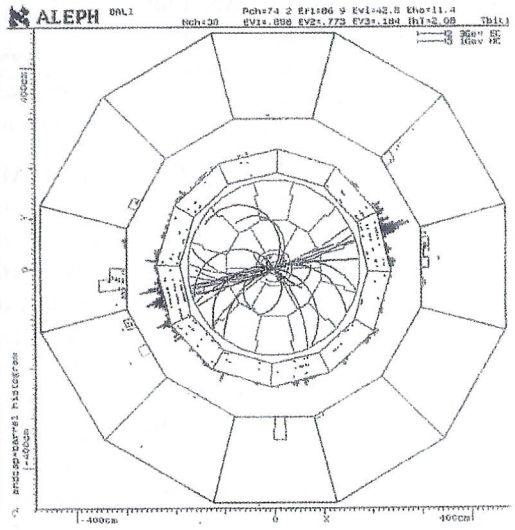
CERN PHOTO

CERN
Laboratoire de Physique
Corpusculaire
Clermont-Ferrand



Pouponnière d'étoiles

Agonie d'une étoile
PHOTO CAL/TECH



brillante gamma sans contrepartie visible. Cette observation reste une énigme, pour deux décennies d'astronomie gamma fructueuse.

Bien qu'elle fût la seconde plus brillante source gamma du ciel, elle était initialement indétectable à toute autre longueur d'onde. Cette source fut appelée GEMINGA par ses découvreurs, à partir d'une expression du dialecte milanais qui signifie "N'est pas là".

En 1992, l'observatoire COMPTON et le détecteur X du Satellite ROSAT (Allemagne, Grande Bretagne, NASA), levèrent un coin du voile. Les 2 satellites détectèrent des pulsations de GEMINGA (T = 237 millisecondes) démontrant qu'il s'agit bien d'un pulsar. Mais pourquoi émet-il l'essentiel de son rayonnement sous forme gamma, propriété qui lui reste spécifique ? Ceci reste une question ouverte. En février 1992, une équipe d'astronomes Italiens a découvert la contrepartie optique du Pulsar GEMINGA, une étoile très faible de mouvement propre important. Compte tenu de la grande vitesse avec laquelle ce pulsar se déplace dans le "bruit de fond" des étoiles, il doit être proche, probablement à moins de 300 années-lumière.

D'autre part la période du pulsar s'allonge à un rythme tel qu'il ne peut s'agir d'un pulsar relativement jeune : 300 à 350 000 années. Les calculs relatifs à une Supernovae de type II donneraient une énergie suffisante pour "libérer" une cavité du milieu interstellaire. Cette cavité, nous l'appelons "BULBE LOCAL".

Le Soleil et le Système Solaire "résident" dans cette zone "chaude" et raréfiée de l'espace interstellaire. Une postface de l'histoire de Geminga concerne l'influence de la Supernova (de son explosion) sur la Terre. Cette Supernova a pu s'approcher tellement que sa magnitude a pu atteindre - 15 (ce qui signifie qu'elle a pu paraître plus brillante que la pleine lune). Il n'est pas exclu que les radiations de haute énergie de la Supernova Geminga aient pu briser jusqu'à 10% des molécules d'ozone de l'atmosphère supérieure. Cette perte ayant réduit

la protection contre les rayons ultra violets, nos ancêtres du Néanderthal en ont été quittes.
Les dernières missions spatiales ont évalué les dimensions transversales du Bulbe Local : environ 300 années-lumières, mais il va jusqu'à 1 000 années-lumières dans la direction de l'étoile du Grand Chien (CANIS MAJORI). Des mesures plus précises sont en cours grâce au Satellite EUVE (Extreme-Ultraviolet Explorer) de la NASA.

SUPERNOVAE RECENTES

La Supernova 1987 A (SN 1987 A) est la plus brillante observée à partir de la Terre depuis celle observée par Johannes KEPLER en 1604.
Cet événement spectaculaire, visible à l'oeil nu dans la nuit du 23 au 24 février 1987, représentait la mort d'une étoile massive supergéante, bleue, dans le proche voisinage du Grand Nuage de MAGELLAN, l'une des Galaxies "Compagnons" de la Voie Lactée. L'étoile progénitrice de la Supernova, Sanduleak, se trouve à 160 000 Années de lumière, près d'un énorme nuage d'hydrogène ionisé (La Nébuleuse de la Tarentule).
L'essentiel de l'énergie de la Supernova est transportée par les neutrinos produits à profusion pendant l'effondrement de Sanduleak.
Pendant les dix premières secondes de l'effondrement, la Supernova 1987A a émis une bouffée de neutrinos de luminosité $L_\nu = 10^{46}$ watts. A titre de comparaison la luminosité optique totale des étoiles et galaxies de l'Univers observable est de 10^{45} watts. Ainsi, pendant une fraction de seconde, SN 1987A a brillé plus que tout le reste de l'Univers... Pendant dix secondes, des milliards de neutrinos ont traversé la terre.
Trois heures avant l'éclat de lumière, 19 neutrinos "anormaux ont été détectés à KAMIOKA (Japon) et près de CLEVELAND (U.S.A.). Les neutrinos ont atteint la Terre avant les photons.
Depuis 1988 SN 1987A est explorée en rayonnements X et γ, raies γ caractéristiques 0,85 MeV et 1,24 MeV (raies de désintégration du Cobalt 56). L'intensité détectée est en bon accord avec les théories qui suggèrent que de tels produits de nucléosynthèse augmentent la puissance visible de l'émission de la Supernova dans les mois qui suivent l'explosion initiale.
Six ans plus tard OSSE détecte la raie γ à 0,122 MeV (Cobalt 57). Le rapport d'émission Co 56/Co 57 permet de déterminer le rapport des abondances isotopiques. (comparable au rapport évalué pour le Soleil).
Ces émissions gamma apportent la première preuve directe de la synthèse et de la dispersion d'éléments lourds dans des explosions stellaires.
Cette synthèse et cette dispersion ont été confirmées pour d'autres Supernovae de la voie lactée (avec observation des raies de 1,8 MeV et de 0,511 MeV de Al26).
Prévisions des astrophysiciens : Collision entre matière éjectée et anneaux circumstellaires entre 1997 et 2004, avec émissions copieuses X, U-V et visibles.
1993 (28 mars) SN 1993 J (F. Garcia Diez, astronome amateur espagnol)
$L = 10^9 L\odot$
Il s'agit d'une supernova de type II normale (explosion d'une étoile supergéante rouge → Messier 81.)

SURSAUTS GAMMA

Le 31 janvier 1991, pendant un match décisif du Super Bowl Américain, une formidable bouffée de rayons gamma d'énergie supérieure à 5 GeV était détectée par le détecteur BATSE. Elle était cent fois plus "lumineuse" que le Pulsar gamma le plus rayonnant (GEMINGA). En fait le premier "Sursaut Gamma" fut repéré à Los Alamos grâce à un détecteur orbital chargé de traquer les explosions d'armes nucléaires clandestines à partir des rayons gammas émis par les radioéléments de fission. C'était en 1973. De 1973 à 1994, neuf cents sursauts gammas ont été repérés, uniformément répartis dans le ciel.

HYPOTHÈSES PLAUSIBLES :

- Collisions à grande vitesse entre deux étoiles à neutrons
- Collisions étoiles à neutrons, trous noirs (Explication Cosmologique)

(Pas d'identification définitive fin 1994).
Interprétation de la moitié des astrophysiciens. Halo Galactique Concentrique à la Voie Lactée
L'autre moitié : Galaxies Eloignées (Horizon cosmologique)
L'Univers, une Eprouvette ? N'en sommes nous pas aux premiers balbutiements d'un voyage cosmique, riche de promesses, et déjà balisé par d'éblouissantes découvertes ? Ce que nous savons n'est sans doute rien, en face "de ce que nos yeux n'ont pas encore vu, de ce que nos oreilles n'ont pas encore entendu". Telle est la beauté de l'aventure scientifique. Elle mérite que des Savants de tous les temps et de tous les pays, que tous les chercheurs, ingénieurs, techniciens, la servent avec passion et lui consacrent leur vie. Victor Weisskopf, Professeur au M.I.T., ancien Directeur Général du CERN, avait "rigoureusement évalué" les sommes consacrées depuis Archimède à la recherche fondamentale : "Elles correspondent, au total, à un jour de production industrielle des U.S.A." Le résultat de cette science pure n'est autre, en priorité, que la "beauté de la connaissance", et l'accès à la "musique du cosmos", qui fascinaient Pythagore, aussi bien qu'Albert Camus et les Rois David et Salomon. "La sagesse n'appelle t-elle pas ? L'intelligence n'élève t-elle pas la voix ? Sagesse et connaissance valent mieux que les perles les plus précieuses (deuxième prosopopée de la sagesse). Puissent de nouveaux "Petits Princes" nous faire goûter toujours plus la poésie du monde ! De la plus humble fleur, cathédrale de molécules, aux plus lointaines galaxies...

BIBLIOGRAPHIE

"La Recherche"
"Pour la Science"
"New Eyes on the Gamma-Ray Sky" Kenneth BRECHER

in "Science and the Future" year book. Encyclopedia Britannica 1995.

NOTE DE LA RÉDACTION

Deux récents articles du Quotidien Le Monde évoquent le sujet traité par Monsieur Louis AVAN :

- Sur la trace des phénomènes les plus violents de l'Univers (25 avril 1997).

- Une fontaine d'antimatière s'écoule près du centre de notre Galaxie (2 mai 1997).

La créativité (2e suite)*

Ou comment maitriser l'art et la manière de trouver les meilleures idées de solutions à nos problèmes.

Je rappelle, en guise de résumé de mon dernier article de mars 1996, ses titres de chapitres :
- A défaut de mieux, un modèle semi empirique de notre cerveau.
- Protégeons "l'enfant créateur" du "parent critique".
- Caractère actif, souple, large et allocentrique : créativité facilitée.
- Des images mentales audio-visio-scripto-kinesthésiques.
- Aujourd'hui, Léonard de VINCI ne serait pas bachelier !
- Comment devenir meilleurs en créativité.

Et je répète, que l'éclosion des idées est favorisée par l'usage des techniques de créativité, **la créatique**, presque toutes formulées aux U.S.A., il y a un demi siècle. Celles-ci peuvent s'appliquer dans tous les domaines de conception, de fabrication, d'amélioration, de distribution, d'utilisation, et de récupération de produits, de services, de procédés, de procédures, de ressources, de machines, de matériaux...

Aujourd'hui, je vais prendre encore plus de risques, à l'image de la créativité et de l'innovation : **Je vais m'aventurer sur le terrain des problèmes actuels (et futurs) des Français.** Non pas sur les idées de solutions - seul, cela n'irait pas loin - mais en amont de celles-ci, sur leur PREPARATION et sur notre INCUBATION.

Nous sommes entrés dans l'ère de la survie, et pour moi, la clé du futur se trouve dans l'esprit humain. J'approuve complètement Guy SORMAN, qui a écrit :

Jean SIMON
Ingénieur Arts et Métiers, en retraite.
A effectué toute sa carrière chez Michelin. D'abord comme chercheur en élaboration de matériaux, puis comme concepteur-développeur de produits, enfin comme formateur en connaissances sur les pneus et les véhicules, ainsi que sur l'efficacité personnelle et collective. C'est cette pratique qui l'a conduit sur les traces de la créativité.

"NOTRE NATION N'EST MALADE QUE D'IGNORANCE, ET POURRAIT GUÉRIR PAR LA CONNAISSANCE".

C'est pour cela que je m'accroche tant à notre cerveau et à notre formation. **Je vais me recentrer sur le besoin vital et urgent de créativité pour la France. Mais la créativité et l'innovation, son enfant, ne s'improvisent pas. Cela s'apprend et se gère. Cela se pense. Cela se communique. Cela s'exploite pour la survie de l'homme et de son environnement. Cela se partage.**

1- NOTRE VÉRITABLE CAPITAL HUMAIN, SOUS EXPLOITÉ : NOTRE CERVEAU

Afin d'enrichir nos manières de voir nos différentes aptitudes cérébrales, je vous propose de situer 3 "chantiers" récents sur la grille des dominances cérébrales :
- Celui des 7 formes d'intelligence, de H. GARDNER
- Celui des 7 habitudes à prendre pour gagner, de S. COVEY
- Celui des 6 paires de chaussures pour agir, de E. de BONO.

Toutes ces approches sont américaines...ainsi que la grille à 4 quadrants de N. HERRMANN !

H. Gauche	H. Droit
(A) C.G. Logico-mathématique Langagière	C.D. (D) (Créative) Visio-spatiale
Intrapersonnelle (B) L.G.	Musicale Interpersonnelle Kinesthésique L.D. (C)

CORTICAL LIMBIQUE

Voici d'abord les 7 formes d'intelligences détectées par GARDNER et son équipe.
Voir le livre [66] :
"Les intelligences multiples. Pour

** Cet article fait suite à ceux du N°34 de juin 95 et du N°37 de mars 96, d'Auvergne-Sciences.*

changer l'école : la prise en compte des différentes formes d'intelligences".
(Les nombres entre [ ] renvoient à la bibliographie en fin de texte, et le lecteur est invité à revoir les dominances cérébrales dans mon article de mars 96).
Je me suis permis d'en ajouter une huitième, la créative. Et je pense qu'il en existe encore d'autres. Mais je ne me sens pas capable de faire des distinctions nettes entre évocations sensorielles, intelligences, aptitudes et compétences.

Chaque individu possède un profil d'intelligences plus ou moins ample et varié. Et pour acquérir avec efficacité une compétence donnée, il est souhaitable de s'appuyer sur ce potentiel personnel.
Or l'école occidentale favorise plus particulièrement les intelligences langagière et logico-mathématique, ce que GARDNER appelle la "pensée Q.I." (Quotient Intellectuel). Les résultats aux tests de Q.I. sont corrélés aux réussites scolaires... Mais ces dernières ne sont plus corrélées aux réussites sociales. D'où l'idée d'un apprentissage personnalisé s'appuyant sur toutes les formes d'intelligences, au lieu d'un enseignement standard bipolarisé et bien trop détaillé. L'expérimentation de telles méthodes, portant sur des classes entières à partir de l'age de 4 ans, a démarré aux U.S.A. en 1986.

Pour GARDNER, la société américaine souffre de 3 déformations : "l'occidentomanie", la "testomanie" et "l'élitomanie".
"L'occidentomanie", héritée de Socrate, consiste à mettre sur un piédestal la pensée logico-mathématique, qui conduit souvent à une approche unique, fermée. La "testomanie" reflète la tendance à privilégier les compétences ou les manières de faire facilement quantifiables. Et "l'élitomanie" parle d'elle-même.
Pour la société française, j'ajoute la "créaticidité" et le "pinaillage". **Tous ces excès concernent nos cerveaux gauches.**

L'intelligence intrapersonnelle est celle du MOI, de l'EGO, de la connaissance et de la gestion de soi. L'interpersonnelle est celle des autres, de l'EGO, de la communion avec l'extérieur de soi. La première, parfois considérée comme un tabou, me semble plus développée en Occident qu'en Orient. Et inversement pour la seconde. Ces 2 aspects peuvent s'apprendre et se développer ensemble, seul ou mieux en groupe : mieux se connaître, c'est aussi mieux connaître les autres. L'affirmation de soi (voir par exemple [60]), est une dimension assez récente, de plus en plus prise en compte par les entreprises.

La kinesthésique est celle du corps, du mouvement, dans ses composantes physiques mais aussi émotionnelles. En créativité, cette approche amène souvent des idées de solutions très particulières, très originales : il s'agit de s'imaginer à la place d'un élément du problème. C'est la technique du voyage imaginaire, du rêve éveillé...

L'intelligence visio-spatiale me semble couvrir un territoire très vaste, du concret à l'abstrait, en 2 dimensions (surfaces), ou 3 (volumes). Elle joue un rôle très important en créativité, probablement, à cause de la densité et de la simultanéité des items d'informations. Enfin, j'ai peu de choses à dire sur la musicale, autre spécificité de notre hémisphère droit.

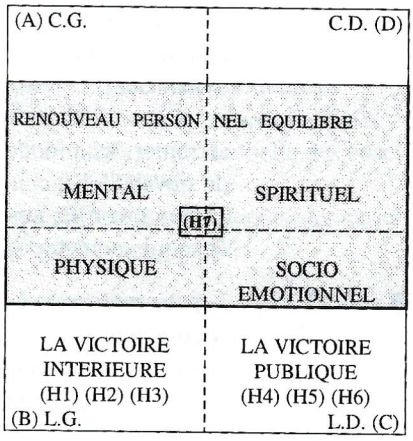
La créativité peut s'exprimer pleinement dans la richesse des combinaisons entre toutes ces formes d'intelligences, en particulier dans le domaine de la communication. Un exemple dans une usine africaine : les ouvriers ne retenaient pas (certains ne savaient pas lire) ou pas bien les consignes de fabrication langagières et logico mathématiques conçues en Europe. La mise en musique du texte, sur un air de danse à la mode, a permis à l'usine de faire un progrès considérable en qualité de production. Il suffisait de solliciter des intelligences spécifiques locales, à savoir les musicales et les kinesthésiques !

Les "Sept façons d'être plus intelligent" d'ARMSTRONG [58] peuvent renforcer utilement la lecture de [66] de GARDNER.

Mon intelligence langagière laisse à désirer, surtout à l'écoute si on me parle trop vite : on ne me laisse pas le temps de former mes images mentales visiospatiales et kinesthésiques. Je suis probablement dans les 40% de Français qui, d'après l'OCDE, ne comprennent pas (ou pas bien) un texte mixte parlé-écrit. Dans cette enquête sur la "littéracie", nous serions avant derniers devant les Polonais (42,6%), mais très loin derrière les Etats Unis (20,7%), le Canada (16,6%), l'Allemagne (14,4%), les Pays Bas (10,5%), et la Suède (7,5%). Et pourtant, j'aime beaucoup parler, lire et écrire : en fait, je m'appuie surtout sur des images mentales visuelles et kinesthésiques. Pendant mes études, rares sont les fois où j'ai pu prendre des notes correctes, tout en comprenant ce que j'écrivais. Et en Allemand (que l'on m'a imposé parce que j'étais l'un des derniers par ordre alphabétique), j'ai eu 17 professeurs en 11 ans : je ne sais toujours pas conjuguer le verbe être !

Ceci m'amène tout naturellement à porter un jugement très sévère sur le manque de pertinence et d'efficacité de notre système éducatif. Par exemple, j'approuve à 95 % les critiques formulées par François de CLOSETS dans son livre [62]. J'ai 59 ans, et je constate que nos étudiants ont beaucoup plus de choses à apprendre qu'en 1950. Mais ce qui est grave, c'est que les mêmes choses sont enseignées de manière plus abstraite, plus longue et plus compliquée. Cela va à contre sens de la créativité... qui recherche les solutions les plus simples. Un exemple, pendant les grèves de DEC. 95 : un jeune étudiant m'a demandé de l'aider en mathématiques, pour compenser l'absence de son professeur. Le cours portait sur les vecteurs colinéaires. Et j'ai fait plusieurs erreurs :
- ne pas lire d'abord les deux pages du livre (elles étaient rebutantes, pleines de signes ésotériques, sans dessins...) et les deux ou trois pages de prises de notes (elles étaient encore plus rebutantes, avec de nombreuses fautes d'orthographe...).
- commencer à expliquer, en moins de dix minutes, avec des objets et des

images familières ce que je croyais être des vecteurs colinéaires, (ayant la même droite support). Avec définition du Petit Larousse 1983 à l'appui (Colinéaire : adj. Math. Se dit de points situés sur la même droite).
- devant le trouble de l'étudiant, commencer à lire son cours pour découvrir que des vecteurs colinéaires sont des vecteurs qui ont même direction.
- enfin, confondre direction et sens. En mathématique, deux droites qui ont la même direction sont parallèles. Ainsi les vitesses d'un train sous la Manche, allant de Paris à Londres et d'un avion allant de Paris à Marseille sont-elles colinéaires : elles ont la même direction. Et celle d'une voiture se rendant de Nantes à Bordeaux est colinéaire aux deux précédentes. Elle roule sur la même direction que les deux autres.



Voici maintenant **"les Sept Habitudes de ceux qui réalisent tout ce qu'ils entreprennent"** de S. COVEY [63]

Les trois premières (la Victoire Intérieure) concernent plutôt le mode limbique gauche (pilotage - gestion - sécurité) et concernent l'intelligence intrapersonnelle.

Les trois suivantes (la Victoire Publique) sont relatives plutôt au mode limbique droit (communication - convivialité - négociation) et sollicitent l'intelligence interpersonnelle.

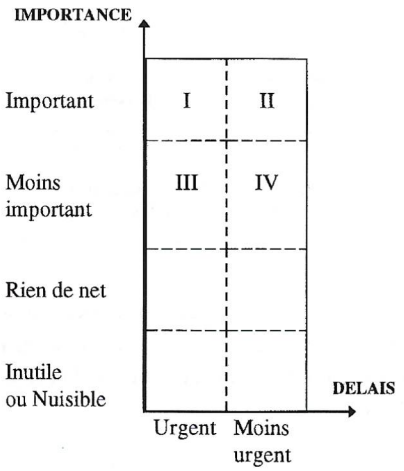
Et la septième (Renouveau Personnel Equilibré) me suggère une approche à "cerveau total".

(H1) Soyez pro-actifs. Principes de perception individuelle. Etre pro-actif, c'est être moteur, aller de l'avant.

Inversement, une attitude re-active est freineuse, assez souvent, négative. J'ajoute à la pro-activité la contre re-activité, nécessaire pour lutter contre les perturbations et pour aboutir à ses objectifs. (Revoir, par exemple, mon schéma de boucle cybernétique fermée page 13 de Mars 96).

(H2) Commencez par déterminer un OBJECTIF. Principes de direction interne.
J'ai bien aimé la notion d'ordre de mission personnel donné par soi-même pour soi-même. Sinon, j'ai trouvé ce passage trop rigide et trop austère.

(H3) Commencez par le début. Principes de gestion individuelle.



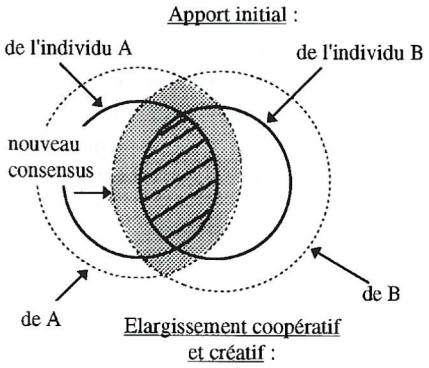
Il s'agit essentiellement de la gestion de l'usage de son temps.

I II III et IV, cadres de COVEY

Je suis allé plus loin que COVEY.
Je suggère, chronologiquement :
a) situer dans la grille toute nouvelle activité qui se présente.
b) agir pour réduire les volumes dans I et III.
c) réaliser I
d) réaliser III.
e) réaliser II puis IV s'il reste du temps.

(H4) Pensez gagnant/gagnant. Principes directifs interactifs (dans les négociations).

(H5) Cherchez à comprendre avant de vous faire comprendre. Principes de communication et d'écoute par empathie.



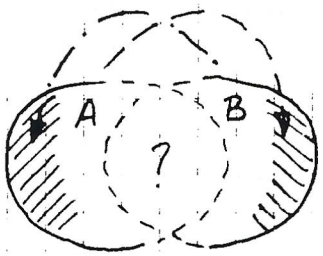
(H6) Développez votre force de synergie. Principes pour une coopération créative.

Je suis d'accord avec COVEY, et j'interprète les choses à ma manière en prenant beaucoup de risques.

En politique (surtout française ?), (1+1) est inférieur à 1.
En effet, l'homme dans l'opposition utilise une grosse partie de son énergie à combattre celui qui est au pouvoir. Et celui-ci passe, lui aussi, du temps à se défendre et à contre attaquer.

Quel gachis de compétences !

Les systèmes performants obtiennent (1+1) supérieur à 2 en pratiquant la négociation gagnant/gagnant, coopérative et créative.



Un débat politique (une joute oratoire pseudo logico-mathématique) me frustre : la zone des idées communes me paraît très floue. Dès que l'un entre dedans, l'autre veut se l'approprier. Et le combat offensif et défensif porte souvent sur des détails relatifs aux différences au lieu de se porter sur le plus important. La démarche consensuelle est extrêmement rare.

Notre cerveau gauche, dissociatif, examine plutôt nos différences. S'il est créaticide et pinailleur, il n'y aura pas de consensus, **c'est l'impasse énergivore**. (1+1) inférieur à 1.
Notre cerveau droit voit plutôt nos ressemblances. Il est associatif. S'il est sociable et créatif, et s'il est aidé

par notre cerveau gauche, il y a élargissement coopératif et original. Non seulement ce n'est pas l'impasse, mais **c'est un consensus amplifié** (1+1) supérieur à 2. C'est l'un des principes du TETRATHLON CEREBRAL présenté plus loin.

A	Z
A	Z
A	Z
A	Z
A	Z
AAAA	ZZZZ

Ces deux ensembles sont-ils différents ou semblables ?
Cerveau gauche : "Quelle question ! Vous ne savez pas lire ? Leur différence est évidente!"
Cerveau droit : "Ils ont beaucoup de points communs : ils sont sur la même page, ce sont deux L, ils ont les mêmes dimensions, ils sont noirs tous les deux, ils ont le même nombre d'éléments, qui sont des lettres de l'alphabet, ce sont des majuscules, ils sont au même niveau, ils ont la même orientation, ils utilisent les extrémités de l'alphabet, ils ont été écrits par le même outil, par la même personne, etc..."

(H7) Affûtez vos outils. Principes pour un renouveau personnel équilibré.

(A)	(D)
Formalisme Souliers bleu marine du matelot	Danger Bottes oranges du pompier
Autorité Bottes	Initiative Brodequins
poupres du Général	marrons tous terrains
Pantoufles roses d'intérieur	Mocassins gris du chasseur
Sécurité	Investigation
(B)	(C)

Je termine ce long chapitre par les **"6 paires de chaussures pour agir"** d'E. de BONO.
Je n'ai pas de livre à vous proposer, car je n'ai pas vu de traduction française de l'ouvrage en Anglais que j'ai lu en 1993 au Canada.

Le principe est le même que celui de son autre livre. "Six chapeaux pour penser" (voir [3] de juin 95).

Ces 6 styles suggérés couvrent bien l'essentiel que ce qui est nécessaire pour l'action efficace, pilotée à "cerveau total" (la "routine" étant gérée par le mode limbique gauche (B)).

2- VERS UN TETRATHLON CEREBRAL POUR TOUTES ET TOUS... DE 7 À 87 ANS

Si nous voulons survivre correctement, une réforme s'impose dans nos têtes, à tous les âges et à tous les niveaux.

(A) CG	CD (D)
REFLEXION Raison	CREATIVITE Stratégie
Justesse	Audace
~~Créaticidité~~ ~~Pinaillage~~	~~Utopie~~ ~~Débordement~~
Sécurité	Convivialité
Action GESTION	Motivation COMMUNICATION
(B) LG	LD (C)

Voici les 4 pôles de compétences à améliorer, basés sur le modèle des dominances cérébrales de N. HERRMANN.

Il faut donner à toutes et à tous la possibilité de s'informer et de se former dans les quatre disciplines indispensables ci-jointes. Avec les meilleurs outils pédagogiques existant sur le marché mondial. Et à "cerveau total".

Les quatre domaines complémentaires pourraient s'intituler ainsi :

(A) **LA REFLEXION** ou comment mettre notre pensée logique au service de l'expression de nos besoins et de la détection de nos vrais problèmes. (une réflexion juste et raisonnable, non "créaticide".)

(B) **LA GESTION** ou comment piloter et réaliser nos projets avec nos ressources mentales et matérielles.
(une gestion sécurisante et pro-active, non "pinailleuse".)

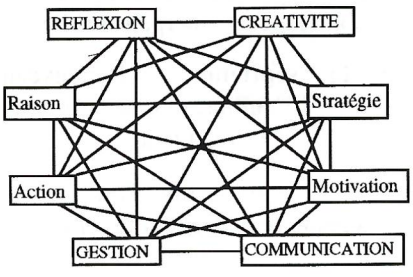
(C) **LA COMMUNICATION** ou comment maîtriser l'art et la manière d'échanger et de partager nos idées, nos informations et nos valeurs. (une communication conviviale et motivante, non débordante).

(D) **LA CREATIVITE** ou comment maitriser l'art et la manière de trouver les meilleures idées de solutions à nos problèmes, quels qu'ils soient. (une créativité audacieuse et stratégique, non utopique).

Cette formation serait continue, et se réaliserait :

- vers 10 ans
  - pour initier le jeune aux problèmes concrets de la vie
  - pour l'aider à parcourir son cursus secondaire.
- vers 20 ans
  - pour l'aider à parcourir son cursus supérieur
  - pour le rendre autonome, pour le dynamiser
  - pour l'aider à affronter le monde du travail
  - pour favoriser son épanouissement.
- vers 35 ans
  - pour renforcer ses compétences, le valoriser, lui permettre de mieux lutter.
- vers 50 ans
  - pour l'aider à prolonger sa vie active.
  - pour l'aider à envisager la retraite avec sérénité
  - pour lui faciliter la transmission de son savoir.

Cette formule favoriserait les échanges entre générations et les relations inter et intra familiales. (l'ordinateur joue un peu ce rôle).



J'appelle " à cerveau total", la mise en réseau (et son exploitation) de toutes nos compétences, toutes nos formes d'intelligences, tous nos styles de pensée, tous nos quadrants cérébraux...
Cette approche est familière en créativité. Et nos 100 milliards de neurones sont précablés ! Certains sont reliés, en direct, à 10 000 autres.
Fabuleux !

Ce concept, complexe, a pour but l'efficacité dans l'acquisition et dans l'exploitation de nos compétences. Il doit valoriser nos points forts, et permettre à ceux-ci de relever nos points faibles. L'union fait la force. Et principe des vases communicants. Par exemple, ceux qui n'ont pas la "bosse" de la créativité peuvent se débrouiller honorablement après un stage approprié.

Les propositions FAUROUX (voir [65]) **vont un peu dans ce sens :**
- regroupement des matières enseignées → pôles "disciplinaires".
- un seul manuel scolaire par pôle.
- formation professionnelle des enseignants à l'IUFM.
- qualifications bivalentes des enseignants.

Mais les 21 propositions concernent plutôt le côté administratif de l'école. Exemple, la 1ère :
"Garantir à tous l'acquisition de savoirs primordiaux"
"vérifiés"..."batterie d'épreuves" ...
"examen"..."parcours scolaire"...
"performances attendues"..."obligation scolaire"...
"établis et vérifiés"..."instance d'évaluation"..."référence"...
La "testomanie" limbique gauche émane, dès le début !
Mes attentes de citoyen sont : quels savoirs primordiaux ? lesquels sont à créer ? à développer ? à maintenir ? à réduire ? à abandonner ?

Il faut aussi apprendre à "mettre en réseau" nos 5 sens, et les traitements correspondants de notre cerveau :
- hémisphère droit (global) : voir, entendre, toucher, sentir, goûter.
- hémisphère gauche (analyse) : observer, écouter, palper, humer, déguster.

J'ai choisi ce terme de TETRATHLON pour ses images de sport, d'effort, de complémentarité, d'absence de faiblesses...et bien sûr pour les 4 disciplines de fond en synergie.

En voici une autre présentation :

(1)	(2)	(3)	(4)	**Dominances cérébrales plus particulièrement sollicitées :**
✱	*	*	*	(A) C.G. (cortical gauche) Analyse et construction linéaire abstraite. Approche théorique, logique, fondée sur les données
*	✱	*	*	(B) L.G (limbique gauche) Analyse et construction linéaire concrète. Approche organisée, procédurale, contrôlée.
*	*	✱	*	(C) L.D (limbique droit) Synthèse et construction globale concrète. Approche relationnelle, émotionnelle, naturelle
*	*	*	✱	(D) C.D (cortical droit) synthèse et construction globale abstraite. Approche imaginative, futuriste, intuitive.

(1) : Réflexion
(2) : Gestion
(3) : Communication
(4) : Créativité.

Le bloc des 4 disciplines formerait, **en synergie**, un ensemble **cohérent** axé sur les mêmes objectifs, qui seraient :
- **utiliser au mieux les potentiels intellectuels** (innés et acquis) **quels qu'ils soient, des gens, pour les aider à résoudre au mieux leurs problèmes, quels qu'ils soient.**
Et chaque matière ferait appel :
- d'une part aux 3 autres, avec le même vocabulaire
- d'autre part aux compétences des 3 quadrants cérébraux, en dehors du sien, plus familier et naturel.

J'ai déjà signalé en [26] l'excellent livre d'Hélène TROCME-FAVRE. **"J'apprends donc je suis. Introduction à la neuropédagogie"**. Elle rapporte, entre autres, une réalisation courageuse du VENEZUELA : celle du **Ministère d'Etat chargé du Développement de l'Intelligence**. C'est ainsi que le Docteur MACHADO a mis sur pieds, à partir de 1979, **un plan éducatif de développement des capacités intellectuelles de toute la population**. La méthodologie de l'enseignement s'est appuyée sur les connaissances du fonctionnement cérébral.

Deux programmes ont été mis en application :
- le programme familial (prénatal jusqu'à 6 ans)
- les programmes d'éducation scolaire

Par exemple, le programme "Apprendre à penser" (6 à 10 ans), a nécessité la formation de 117 000 enseignants (350 000 à l'échelle de la France). A noter que ce chantier a été piloté par E. de BONO (celui des 6 chapeaux et des 6 paires de chaussures.)
- le Programme d'Enrichissement Instrumental (P.E.I.) du Docteur R. FEURSTEIN, utilisé par Israël pour former ses immigrés.
- le Projet de Développement de l'Intelligence (11 à 14 ans).
- les Méthodes et Systèmes de Pensée (niveau secondaire).
- le développement de la représentation de l'espace chez l'enfant.
- les Méthodes et Systèmes de Pensée (niveau universitaire).
- le Programme de Formation des Adultes.

Ce plan de formation national et général a été facilité par le travail de 40 000 bénévoles (120 000 à l'échelle de la France) et par la gratuité des mass-média.

"L'avenir des enfants d'aujourd'hui et de demain dépend du changement d'attitude des adultes d'aujourd'hui".

Le dynamisme d'un pays repose sur le savoir et sur l'espoir individuels. Il

faut de l'audace en matière de formation. Le moule scolaire doit s'élargir, et permettre le développement de toutes les formes d'intelligences : **la diversité doit améliorer l'égalité des chances.** Sortons des sentiers battus, peu efficaces aujourd'hui, pour apprendre à apprendre, à penser, à communiquer, à gérer, à devenir créatif... pour résoudre nos problèmes.

3- LA CLÉ DU FUTUR SE TROUVE DANS L'ESPRIT HUMAIN

Le produit (la multiplication) de nos compétences "à cerveau total" peut représenter un indicateur pertinent d'efficience.

Efficience = **Communication** x motivation x **Réflexion** x raison x **Créativité** x stratégie x **Gestion** x action.

Attention au zéro : la moyenne peut cacher de graves lacunes !

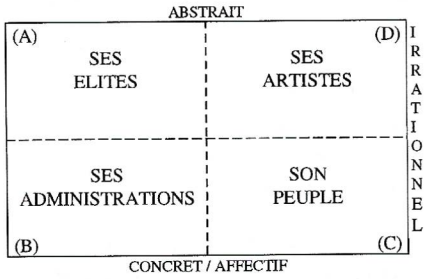
Nous sommes dans un monde systémique complexe; nous sommes hyperfragiles : une seule petite faiblesse sur un maillon, et c'est l'échec, la rupture.

Investir dans les intelligences de tous; telle est pour moi la synthèse majeure de mon expérience de formateur en entreprise, et de mes lectures récentes [57], [62], [64], [65], [66], et [73].

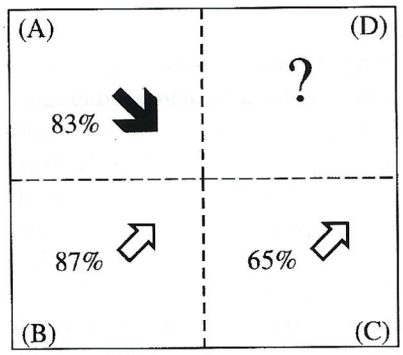
Je me suis plutôt investi en créativité et en communication parce que ce sont, à mon sens, nos deux faiblesses majeures, non exprimées par la plupart des gens. Et pour cause : ce sont des faiblesses culturelles, voire génétiques !, de nos cerveaux droits d'occidentaux. A cet égard, nous avons tout intérêt à mieux comprendre le "fonctionnement" des peuples d'Orient. Par exemple (et peut-être surtout) celui des Chinois qui s'éveillent en ce moment même (voir [59] et [72]).

4- UN TERRAIN DE MANOEUVRE CÉRÉBRAL À DÉMINER... SURTOUT EN FRANCE

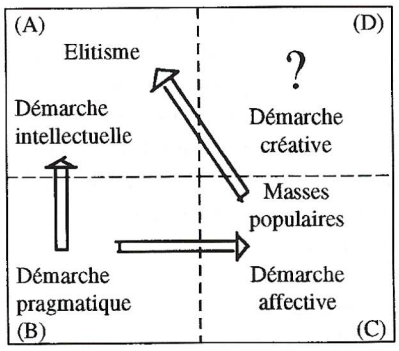
Une partie de la France est consciente de l'ampleur des réformes à entreprendre. Pour survivre le plus correctement possible, ne nous voilons pas la face. Mais personne ne sait comment faire. Or avant de FAIRE, il faut SAVOIR FAIRE et SAVOIR ETRE. Et ce dernier point est très, très délicat. Il est des vérités difficiles à dire, à faire admettre...et à combattre. Et il est encore plus difficile pour moi, aujourd'hui, de les écrire.



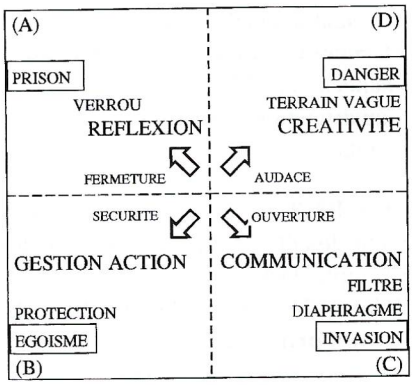
Voici l'une de mes visions caricaturales de la France, avec :
- ses élites, hypercompétentes dans des domaines restreints et souvent maladroites.en communication.
- son peuple, hyperémotif dans de nombreux domaines et souvent limité dans ses réflexions sur le complexe.
- ses administrations, volumineuses, encore très tayloriennes, et souvent aux antipodes de la créativité.
- ses artistes pratiquement seuls à faire rêver et à créer le changement.



"Un référendum sur l'école"
(l'Express du 26.10.96)
Ici ma traduction du jugement de l'école par les parents d'élèves :
- 83% la trouvent trop théorique.
- 87% trop éloignée de la vie du travail
- 65% trop éloignée de la vie sociale.



Là, mon observation depuis 40 à 50 ans :
- que le pragmatisme "fout le camp" au bénéfice des démarches intellectuelles et affectives.
- que la démarche créative reste presque vierge (c'est un "gisement de progrès").
- que l'élitisme est un puissant aimant pour les parents, les enfants... et le budget.



Le terrain de manoeuvre du TETRATHLON CEREBRAL doit être préparé : Nous devons identifier nos limites acceptables, combler nos lacunes et repousser nos défauts, qu'ils soient excessifs, pernicieux ou vicieux. Et une fois notre chantier cérébral libéré de nos travers les plus gênants, **il nous faut harmoniser toutes nos compétences** pour les mettre au service de la résolution de nos problèmes.

Or **certaines de ces compétences**, qui sont bien sûr complémentaires, **sont aussi antinomiques**, et cela peut nuire à notre efficacité si nous ne les maîtrisons pas.

Les conflits les plus notoires se manifestent plus particulièrement

suivant les axes diagonaux, qui offrent le maximum de contrastes.

Pour mieux expliquer les blocages de la France d'aujourd'hui, je vois particulièrement deux oppositions :
SECURITE ↔ AUDACE et FERMETURE ↔ OUVERTURE.
Ces oppositions se font en permanence, non seulement entre individus, mais aussi sous le même crâne.

Commençons par le conflit sécurité ↔ audace.

Le besoin de sécurité est permanent pour l'homme et ses proches. Il est avant tout physiologique, physique et économique : il correspond aux premiers étages de la "pyramide des besoins de MASLOW" (1954), et au cerveau "reptilien" de MAC LEAN. **C'est un besoin vital.**

sur-sécurité, et je l'ai peut-être trop allégée du côté de l'audace, de la prise de risques en zone incertaine...

Ainsi je rejoins C. ALLEGRE page 193 de "Questions de France" [57]. "Dans l'industrie, on a le culte de la gestion plus que de l'innovation". Et page 225, **"la gestion ne crée pas la richesse, c'est l'innovation qui le fait"**. J'ai bien aimé, au début de ce livre, l'image de la France de la terre et de la France de la mer, de la France conservatrice et de la France innovatrice.

Les adaptations indispensables et les idées nouvelles sont considérées comme potentiellement menaçantes : elles sont souvent combattues. Et ce mécanisme de "routine défensive" ne permet pas d'aborder les vrais problèmes, et donc de les résoudre.

Passons maintenant à l'autre conflit, fermeture ↔ ouverture.

La fermeture mentale est un besoin naturel, pour finaliser notre réflexion sur ce que l'on croit être le bon choix. En cela, notre intelligence langagière, en général assistée de sa collègue voisine logico-mathématique, est chargée de prouver et valider la solution retenue. Le besoin est occasionnel, à la demande, ou par plaisir.

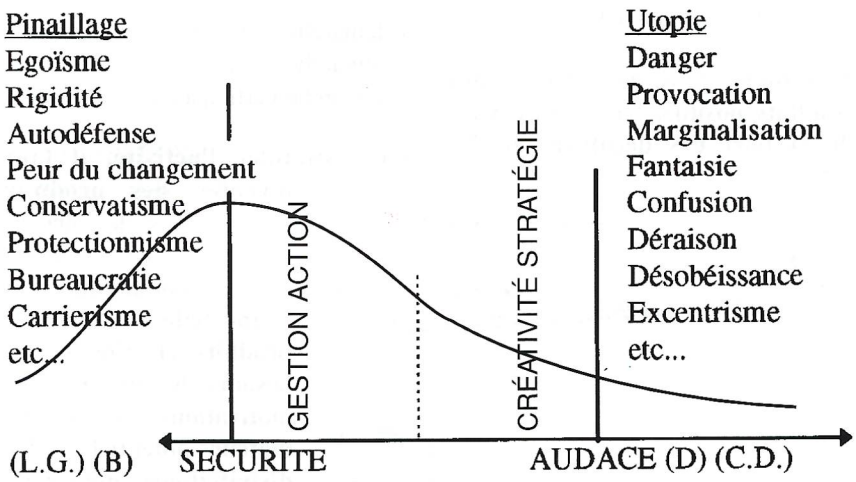
L'ouverture sociale et écologique, globale et concrète, est permanente. L'homme vit dans et avec son environnement. Il fait partie de l'Univers. Mais l'intéressé doit maîtriser les flux des échanges, sinon c'est l'invasion...

Imaginons un axe continu fermeture-ouverture.

Vous découvrez ici une autre courbe *courbe* Ⓑ **représentant ma vision, toujours très subjective, de la distribution statistique des Français sur cet autre axe.** (apparenté à un axe raison-affectivité).

Je déplore beaucoup de "dépassements des bornes", et je constate une forte dépression, surtout côté communication (émetteurs, récepteurs, "partenaires"...)

Je pense que ce besoin impérieux des Français de tout critiquer, ce qui bouge et ce qui ne bouge pas, souvent à tort et à travers, découle d'une déviation "scolaire", de notre pensée convergente (pseudo) logico mathé-



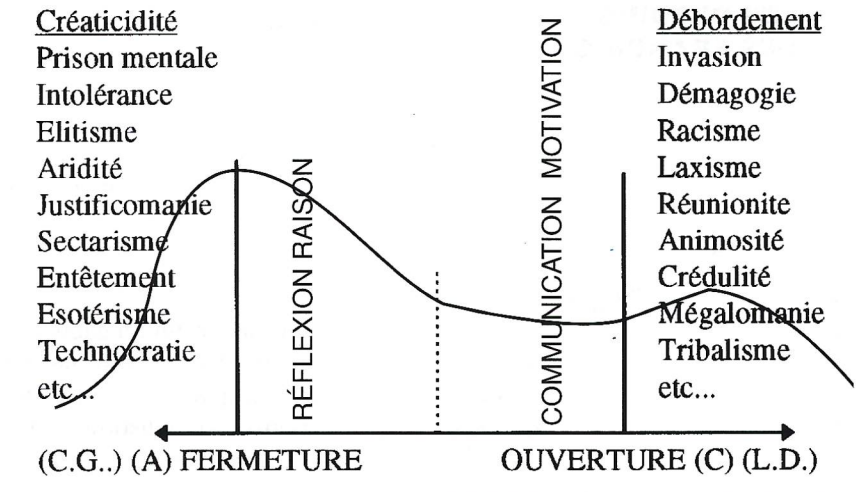
Le besoin d'audace est occasionnel, surtout en cas de difficultés ("La faim fait sortir le loup du bois"), mais aussi en cas de convoitise.

Imaginons un axe continu sécurité-audace.

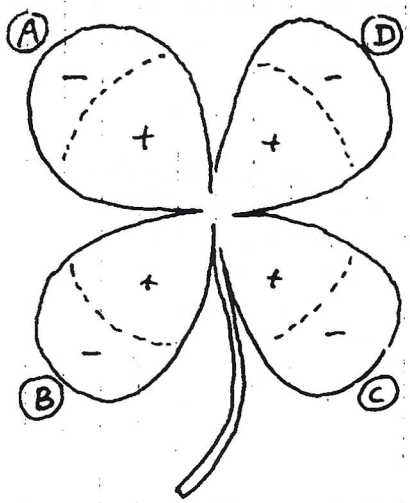
Voici, sous forme d'une courbe, ma vision très subjective de la distribution statistique des comportements des Français sur cet axe. *courbe* Ⓐ
J'ai porté aux deux extrémités quelques attitudes, conscientes ou non, qui "dépassent les limites", plus ou moins floues, d'acceptation dans une société donnée.
Je suis probablement sévère avec mes compatriotes : j'ai peut-être un peu trop "chargé la barque" du côté de la

Courbe Ⓐ ▲

Courbe Ⓑ ▼

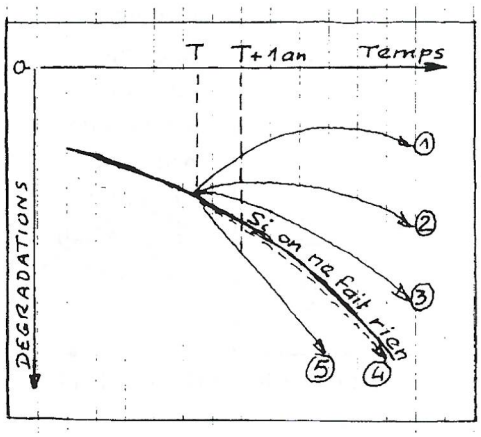


matique. **On s'arrête à la première idée qui nous semble bonne**, pensant que c'est la seule de vraie... et on en devient prisonnier... Et on palabre... Et on pratique des dialogues de sourds, car la pensée va plus vite que la parole, donc plus vite que celui qui s'exprime... que l'on n'entend plus...



Un excellent exercice de groupe consiste à dresser les listes de nos principaux comportements positifs et négatifs, et à les ventiler par familles de dominances cérébrales.
L'idée de les placer sur les feuilles d'un trèfle à 4 feuilles revient à L. TIMBAL-DUCLAUX, actuel directeur de l'Institut N. HERRMANN France. Il a favorisé entre autres, l'édition française du livre de N. HERRMANN :
"Les dominances cérébrales et la créativité" (ouvrage cité en [14])

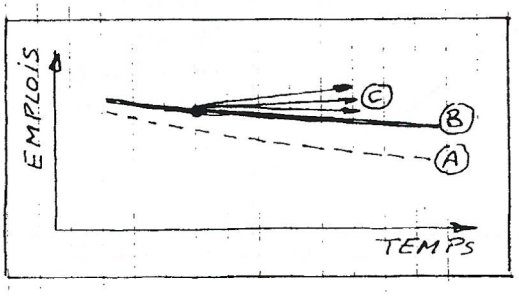
5- STIMULER AVEC AUDACE LES MOTIVATIONS, LES MOYENS ET LES BESOINS DES FRANÇAIS



La France subit actuellement plusieurs explosions : le chômage, la misère, la violence, les dépenses de santé, celles des retraites, la drogue, le sida, la baisse du pouvoir d'achat, l'immoralité, le manque de civisme, le déficit budgetaire, les charges sociales, le mécontentement... **Beaucoup sont liées.**

Une action corrective démarrant au temps T va se traduire par une évolution de type :
(1), trés énergique (à renouveler périodiquement)
ou (2), énergique (à renouveler souvent)
ou (3), faible (à renouveler très souvent) ou (4), nulle, ou (5), aggravante (à éviter)
(2), (3), (4), et (5) sont mal vécues par l'opinion, via les médias.

L'opinion publique attend des résultats positifs, très rapidement, de la part des décideurs et des acteurs.



Le chômage est probablement l'un des maux fondamentaux de notre époque, en France tout au moins.

(A) si on n'avait rien fait.
(B) ce qu'on a fait et ce qu'on va faire avec les solutions classiques.
(C) évolution attendue, peut-être réalisable avec des idées audacieuses, des larmes pour certains... et en évitant le sang !

Nous avons tout à gagner, à augmenter le volume de travail par une approche créative et holistique (globale, qualitative, systémique, éthique...).

	utilisateur	distributeur	producteur
besoins		1	
		3	
moyens		2	
motivations			

Tout service (ou produit) "consommé" est une source d'activité (conception, réalisation, distribution, entretien, utilisation, récupération...), donc de revenus, donc de moyens de consommer...
Il résulte de l'adéquation entre des besoins, des moyens et des motivations.

1 démarche exploratoire
2 démarche normative
3 démarche participative.

Pour stimuler l'activité, il faut inventer des produits (des services, des aménagements, des équipements...), **compétitifs, non "cannibales", d'autres produits, et stimuler les besoins, les moyens, les motivations des consommateurs potentiels et des distributeurs potentiels et des producteurs potentiels**. Que de chantiers pour la créativité !

Il n'était peut-être pas utile de vous écrire ces longues pages pour en arriver à une conclusion aussi banale ! D'autant plus que nos dirigeants le savent bien, puisqu'ils le disent et l'écrivent.
Par exemple A. JUPPE dans "Entre nous" [69] :
p. 52 "**Créativité** : notre pays doit sans cesse inventer les biens et les services que les autres n'ont pas encore trouvés..."
"**Compétitivité** : notre pays doit sans cesse augmenter la qualité et baisser les coûts des produits qu'il fabrique et qui subissent la concurrence des nou-

velles nations industrielles, émergentes et émergées.
Car l'économie est un combat, pour ne pas dire une guerre".

Dire qu'il faut être créatif, c'est bien. C'est l'expression d'un **besoin**. S'en donner les **moyens** et **motiver** les gens pour pratiquer les techniques de créativité, ce serait encore mieux. Toujours cette adéquation
Besoins + Moyens + Motivations = Résultats !

Donc je suggère très fort d'essayer d'accroître le volume de notre travail (notre source de richesses) par la pratique des techniques de créativité.

Partager le temps de travail (donc la masse salariale, les charges sociales et les couvertures sociales) **est un autre axe de solutions**, peut-être inéluctable. Prenons celle très actuelle, de travailler 35 h ald 39, 35 ans ald 40, donc d'espérer 25 ans de retraite ald 20. Sans esprit de créaticidité de ma part, je fais remarquer les fractions suivantes :

$$\frac{39}{35} = \frac{100 + 11{,}5}{100} = \frac{100}{100 - 10}$$

$$\frac{39}{35} \times \frac{40}{35} = \frac{100 + 27}{100} = \frac{100}{100\text{-}21{,}5}$$

$$\frac{39}{35} \times \frac{40}{35} \times \frac{25}{20} = \frac{100 + 60}{100} = \frac{100}{100 - 37}$$

Je vous laisse le soin d'interpréter ces chiffres. Pour ma part, j'imagine nos enfants dire, en 2030 : "En francs (euros) constants, la retraite de nos parents, en 1997, était 60% plus élevée que la nôtre, alors que leur salaire n'était que de 11,5% plus élevé que le nôtre."

Il serait vivement souhaitable que les élites et les journalistes se forment les premiers au TETRATHLON CEREBRAL, et montrent l'exemple aux masses populaires. Pour faire "tache d'huile" ("travail de chef"!) et redonner l'espoir. Une enquête du C.N.G.E. (voir[75]), a montré qu'**en 1988 la créativité n'était pas enseignée dans les écoles suivantes** :
ECP, ENSAM, ENSEEIHT, ENSIGC, ENSIMAG, ENSM, ENSMP, ENST, ESE, ESIEE, INAPE, INSAL, ESC-R, ESSEC, HEC. Et je pense qu'elle n'était pas enseignée, non plus, dans les autres écoles.

Je remercie l'ADASTA d'avoir publié ce travail dans la revue Auvergne Sciences

BIBLIOGRAPHIE (SUITE)

[57]
Claude ALLEGRE : Questions de France - Fayard - SEPT 96
DenisJEAMBAR

[58]
Thomas ARMSTRONG : Sept façons d'être plus intelligent - J'ai lu - FEV 96

[59]
Serge BESANGER : Le défi chinois Alban - 1996

[60]
Dominique CHALVIN :
L'affirmation de soi. - ESF - MARS 91

[61]
J. Dominique CHIFFRE : La motivation et ses nouveaux outils - ESF - JUIL 90
Jacques TEBOUL

[62]
Francois de CLOSETS : Le bonheur d'apprendre et comment on l'assassine. - Seuil - MARS 96

[63]
Stephen COVEY : Les sept habitudes de ceux qui réussissent tout ce qu'ils entreprennent - First - OCT 93

[64]
Michel CROZIER : La crise de l'intelligence l'impuissance des élites à se réformer - Essai sur Interédition - AVR 95

[65]
Roger FAUROUX : Pour l'école (rapport de commission) - Calmannlevy - JUIL 96

[66]
Howard GARDNER : Les intelligences multiples - Retz - MARS 96

[67]
Michel GIFFARD : Développer votre intuition et cellede votre équipe. - ESF - JAN 92

[68]
V. Anne GISCARD D'ESTAING : Le livre mondial des inventions 97. - Compagnie 12 - SEPT 96

[69]
Alain JUPPE : Entre nous. - Nil - DEC 96

[70]
F. KOURILSKY-BELLIARDDu désir au plaisir de changer Interéditions. Comprendre et provoquer le changement. - AVR 95

[71]
Sven ORTOLI : La Baignoire d'Archimède. - Seuil. - MARS 96
Nicolas WITKOWSKI

[72]
Alain PEYREFITTE : Quand la Chine s'éveillera. - Fayard - 1974

[73]
Michel RANDOM : La mutation du Futur.Albin Michel - SEPT 96

[74]
Joël de ROSNAY : Le macroscope. Vers une vision globale. - Seuil 1977

[75]
La créativité, clef de l'excellence ...de l'école à l'entreprise. - C.N.G.E. (*) - OCT 89

---

* *C.N.G.E. : Comité National pour le Développement des Grandes Ecoles.*

Examen du pli cacheté n° 4148
déposé le 28 février 1887
par Henri Becquerel

Suzanne GELY

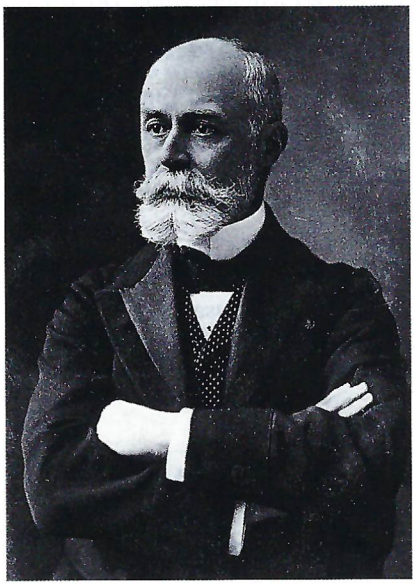
Clermont-Ferrand,
le 28 février 1997
110 ème anniversaire
du dépôt du pli cacheté n°4148

Un pli cacheté de Henri Becquerel déposé à l'Académie des Sciences le 28 Février 1887 a été envoyé en Auvergne pour examen.

Ce fut une grande surprise pour moi le 18 Janvier 1997 de recevoir une lettre de l'Académie des Sciences me demandant d'examiner ce pli cacheté et d'envoyer un rapport à ce sujet.
Intriguée j'ai téléphoné à Madame Claudine Pouret, documentaliste à l'Académie des Sciences. Elle m'a appris que l'ingénieur général géographe, Jean Jacques Levallois (X31), académicien, venant de lire mon article sur Becquerel dans "la Jaune et la Rouge" (la revue des Polytechniciens) avait lancé mon nom à l'Académie à l'ouverture du pli cacheté (mon article sur Henri Becquerel avait déjà paru dans le n° 37 de notre "Revue Auvergne Sciences".)
Etonnée mais très honorée de cet imprévu du destin j'ai relevé le défi et envoyé le compte rendu pour qu'il arrive à l'Académie le 28 février 1997 exactement le jour du 110ème anniversaire du dépôt de ce pli cacheté par Henri Becquerel...

En 1887, Henri Becquerel a 32 ans.
Il étudie au Muséum d'Histoire Naturelle à Paris, l'absorption de la lumière dans les cristaux, en préparation d'une thèse de doctorat qu'il soutiendra en 1888.
Ce pli cacheté est donc en relation avec le sujet de sa thèse.
Je vais successivement :

- faire l'analyse proprement dite du texte
- ajouter des commentaires scientifiques
- conclure sur la valeur historique de ce pli.



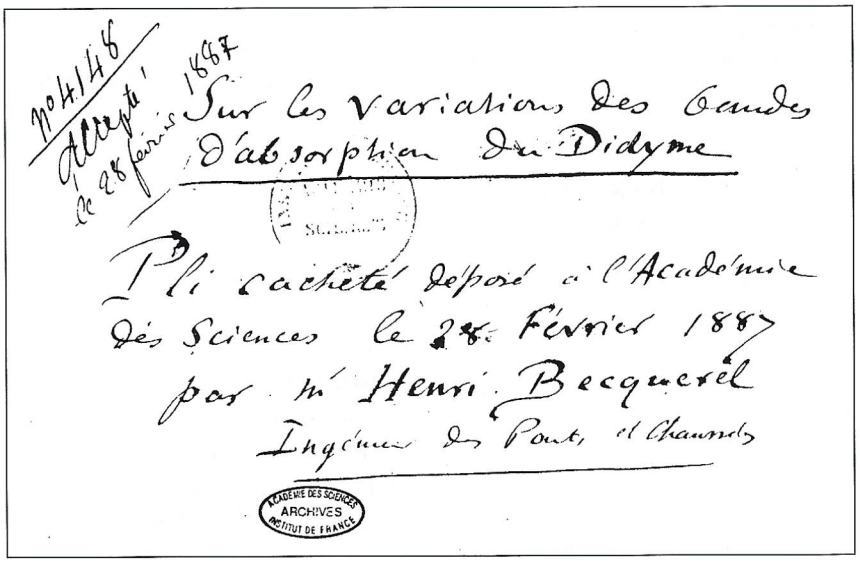
ANALYSE

Ce texte traite des bandes d'absorption des azotates (que nous appelons maintenant des nitrates) et des sulfates doubles de :
- Didyme et potasse
- lanthane et potasse
- lanthane et ammonium

} →

Ces cristaux retenant des quantités variables de Didyme.

Henri Becquerel fait d'abord allusion à ses précédents et récents travaux relatifs à des directions anormales de disparition des bandes d'absorption dans les cristaux.
Ici, il compare les spectres d'absorption des sels étudiés (azotates et sulfates) d'abord en cristaux puis en solution. Pour préciser les résultats obtenus il joint un dessin explicatif et annonce des travaux complémentaires pour trouver une interprétation au comportement assez déroutant des bandes d'absorption lors de la dissolution des cristaux.



Il rappelle que de tels déplacements variables ont déjà été observés depuis longtemps pour des cristaux de terres rares (contenant du Didyme car les terres rares s'accompagnent toutes) et il cite successivement :
- Parisite (carbonate fluoré de cérium et de lanthane)
- Monazite (phosphate de cérium, lanthane, Didyme)
- Scheelite (tungstate de calcium)
- Strontianite (carbonate de strontium)
- Leucophane (silicate fluoré de sodium, calcium, beryllium)
mais le comportement des azotates et sulfates doubles de Didyme lui paraît tout à fait particulier et important à signaler :

1°) il existe des bandes d'absorption identiques pour les cristaux d'azotates et de sulfates de Didyme mais alors que certaines (572,3 - 512 - 474,5) ne subissent pas de déplacement à la dissolution, d'autres (523,7 - 521,9 - 482,2 - 470) subissent un même déplacement vers les courtes longueurs d'ondes aussi bien pour les nitrates que pour les sulfates;
2°) il existe d'autres bandes : différentes pour les azotates et les sulfates (cristaux), et aussi de comportements différents à la dissolution, les bandes propres des azotates (cristaux) (680,5 - 674,5) restent les mêmes à la dissolution, les bandes propres des sulfates (cristaux) (690,5 - 685,5) subissent un déplacement à la dissolution.

COMMENTAIRES

Il est regrettable que Henri Becquerel n'ai pas précisé :
● ni l'appareillage et les conditions expérimentales de l'obtention des spectres,
● ni même l'unité de longueur d'onde (il s'agit sans aucun doute de nanomètres 10^{-9} m).

Le mérite d'Henri Becquerel a été de faire des mesures suffisamment précises pour découvrir ces différents comportements des cristaux à la dissolution. Ses observations ont dû être faites à l'oeil, sur l'échelle graduée d'un spectroscope car son texte s'accompagne d'un "dessin" et non pas d'une photographie.
Il a pressenti un début d'explication "les diverses matières mélangées dans le Didyme ont des propriétés différentes et s'hydratent inégalement". Il semble alors ignorer que, en 1885, Auer Von Welsbach venait de dédoubler le Didyme (extrait des terres rares) en :
Praséodyme $^{140,9}_{59}Pr$
élément trivalent à sels verts et
Néodyme $^{144,2}_{60}Nd$
à sels rouges.

Il faut replacer ce texte de Henri Becquerel dans le contexte scientifique de 1887 : Kirchoff (en collaboration avec Bunsen) venait de découvrir l'analyse spectrale et d'énoncer la règle qui porte son nom : "coïncidence entre les raies d'émission et d'absorption d'une même substance dans les mêmes conditions". C'est seulement en 1885 que :

● Balmer représente la longueur d'onde des neuf raies alors connues du spectre de l'hydrogène par la célèbre formule expérimentale

$$\lambda = h \frac{m^2}{m^2 - 4}$$

● Deslandres de son côté établit expérimentalement les lois de répartition des raies dans les spectres de bande.
Ces lois expérimentales de Balmer et de Deslandres ne tarderont pas à être justifiées par les théories quantiques.

Depuis 1735, l'Académie des Sciences accepte, sous certaines conditions, le dépôt de plis cachetés dans ses archives, afin de donner une date certaine aux découvertes qu'ils sont censés contenir, sans avoir recours à leur publication. Ce dépôt ne confère pas les prérogatives d'un brevet. l'Académie se réserve le droit d'ouvrir les plis cent ans après le dépôt. A cet effet, une commission se réunit deux fois par an et examine chaque fois une centaine de plis. Le pli cacheté d'Henri Becquerel porte le numéro 4148 et a été ouvert le 19 décembre 1996.

Or les bandes d'absorption étudiées par Henri Becquerel se trouvent dans le visible puisqu'elles sont comprises entre 470 nm (bleu) et 690 nm (rouge) et les comportements déroutants signalés se trouvent surtout dans le rouge (différences entre azotates et sulfates).
Mais en 1887, l'électron n'était pas encore découvert; il ne sera signalé qu'en 1895 par Jean Perrin et identifié en 1897 par Thomson.
On sait maintenant que les bandes d'absorption moléculaire situées dans le visible proviennent surtout de transitions électroniques mais que, dans le rouge et le proche infra-rouge, interviennent les variations d'énergie rotation-vibration des molécules.
Aussi on peut penser que les déplacements des bandes, signalés par Henri Becquerel, à la dissolution des ctristaux sont dus aux phénomènes complexes de solvatation-ionisation par les molécules d'eau au cours de cette dissolution.

CONCLUSION

L'édification des théories en Physique se fait peu à peu pour expliquer des phénomènes parfois déroutants pour ceux qui les découvrent.
En 1887 c'était le début de l'étude des spectres d'émission et d'absorption ; le pli cacheté de Henri Becquerel fait part d'une recherche systématique dans ce domaine car il veut, sans doute, apporter une pierre à l'édifice en construction.
Ce pli montre surtout comment Henri Becquerel était un expérimentateur consciencieux, précis, honnête, soucieux de trouver une explication. Et ce sont ces qualités qui le conduiront, exactement 9 ans plus tard, en Mars 1896, à la Découverte des rayons uraniques, Découverte prodigieuse qui allait bouleverser les sciences et les techniques : la Radioactivité naturelle.
Il faut ajouter que, par ce pli, Henri Becquerel veut seulement prendre date. Il n'a pas oublié la mésaventure de son illustre grand-père, César Antoine Becquerel, le vrai découvreur de la première pile à courant constant, dont les travaux ont été recopiés par Daniell, physicien

anglais, illustrant une fois de plus l'éternel "sic vos non vobis" de Virgile dans les "Bucoliques"...

TEXTE DE H. BECQUEREL

NOTE SUR LES DEPLACEMENTS DES BANDES D'ABSORPTION DU DIDYME

En étudiant les spectres d'absorption que donnent divers composés du didyme, sulfate et azotates doubles, soit cristallisés, soit dissous dans l'eau, j'ai eu l'occasion d'observer des particularités intéressantes qui semblent de nature à donner des renseignements précieux sur les diverses matières au mélange desquelles on a donné le nom de didyme.

N'ayant pas achevé l'étude de la comparaison des divers spectres d'absorption, je désire seulement dans cette note prendre date pour l'observation de ces faits qui me paraissent avoir une importance du même ordre que l'observation des directions anormales de disparition de certaines bandes dans les cristaux, et que j'ai signalées récemment comme pouvant caractériser les matières qui donnent les bandes d'absorption correspondantes.

Lorsqu'on compare entre eux les spectres d'absorption du didyme au travers des cristaux de sulfate ou d'azotates doubles divers, de didyme et de potasse, de lanthane et de potasse, de lanthane et d'ammoniaque, ces divers cristaux retenant des quantités variables de didyme, on observe que les bandes n'apparaissent pas toujours aux mêmes positions dans le spectre et ne peuvent être caractérisées par les longueurs d'onde des radiations qu'elles absorbent. L'aspect caractéristique de chaque bande, permet cependant de la reconnaître et de suivre ses variations de position au travers des différentes substances. Des déplacements variables analogues se manifestent au travers des divers cristaux naturels contenant du didyme (parisite, monazite, scheelite, apatite, strontianite d'Ecosse, leucophane...). Ces déplacements avaient déjà été observés depuis longtemps, mais ce qu'il importe de constater, c'est que les variations d'un spectre à l'autre ne sont pas les mêmes pour toutes les bandes, les unes restent à la même position, alors que d'autres sont déplacées, et il arrive souvent que toute une série de bandes paraissent être déplacées solidairement de la même quantité.

Il y a donc entre les bandes qui sont restées fixes et celles qui ont été déplacées un caractère distinctif d'autant plus intéressant que la plupart de ces bandes sont précisément celles qui se distinguent les unes des autres par leurs directions principales d'absorption différentes.

Les mêmes variations se manifestent d'une manière très remarquable lorsqu'on compare les spectres d'absorption d'un des sulfate ou azotates précédents à l'état cristallisé avec le spectre de la dissolution des mêmes cristaux dans l'eau. Elles sont très nettes avec le sulfate cristallisé, ou dissous. Les divers azotates doubles, quels que soient les déplacements des bandes dans les cristaux, donnent tous le même spectre à l'état de dissolution ; il semble que dans ce cas la double combinaison ait été détruite. Le spectre de la dissolution des azotates diffère très peu de celui de la dissolution du sulfate.

Pour abréger la description des faits observés, je joins à cette note un dessin des principales bandes obtenues au travers du sulfate de didyme et de l'azotate de didyme et de potasse, soit cristallisés, soit dissous.

Je compte revenir prochainement sur l'explication de ces déplacements inégaux qui pourraient s'expliquer, en admettant, comme je l'ai fait pour rendre compte des anomalies dans les directions principales d'absorption des cristaux, que les diverses matières mélangées dans le didyme ont des proportions différentes, et que dans les dissolutions, par exemple, les diverses matières s'hydratent inégalement.

Dans le dessin ci-joint on pourra remarquer entre autres, la fixité des bandes suivantes, soit dans le sulfate soit dans l'azotate cristallisé ou dissous.

bandes fixes

N° de l'échelle	longueur d'onde
89,9	572,3
134	512
174	474,5

Au contraire les bandes suivantes subissent des déplacements notables

124	523,7
125,5	521,9
164,7	482,2
180	470

Les bandes du sulfate cristallisé

{ 39,5	{ 690,5
{ 41	{ 685,5

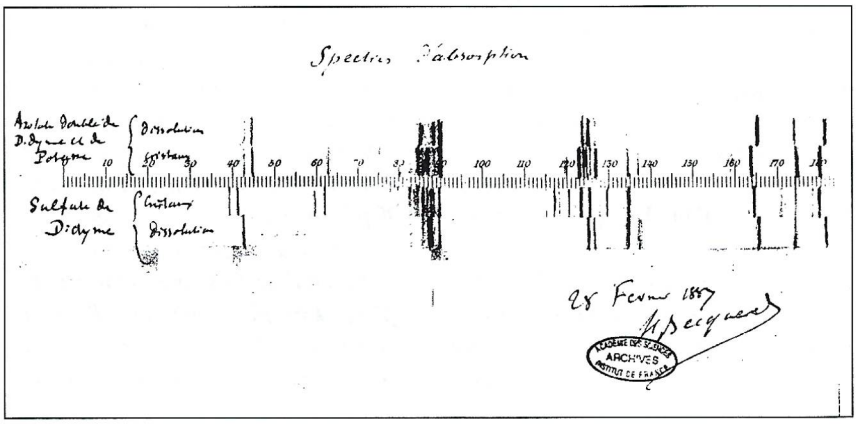
subissent un déplacement notable, dans la dissolution tandis que les bandes de l'azotate

{ 42,5	{ 680,5
{ 44,5	{ 674,5

restent les mêmes dans la dissolution.

28 févier 1887

Henri BECQUEREL



PROMENADE RUE DE VAUGIRARD: Le mètre en marbre a 200 ans

Plaque commémorative.

Par la loi du 18 Germinal an III (7 avril 1795), la Convention Nationale institue le système métrique. La nouvelle unité de longueur est désormais le mètre, et pour la définir de façon universelle et qu'elle convienne "à tous les temps et à tous les peuples", on prend pour base la longueur du méridien terrestre: "La France a ouvert un compas, l'a posé sur l'équateur et sur le pôle. La dix-millionième partie de l'espace compris entre ces deux points est appelée le mètre, unité génératrice de toutes les mesures". Nul doute qu'en abandonnant pieds, toises et autres unités variées, nos ancêtres n'aient éprouvé une inquiétude analogue à celle de certains de nos contemporains devant la perspective d'une monnaie Européenne unique! La Convention, soucieuse de faciliter l'apprentissage des Parisiens, fit alors installer, entre février 1796 et décembre 1797, seize mètres étalons en marbre. L'un des deux derniers se trouve dans le VIème arrondissement face au Palais du Luxembourg, au numéro 36 de la rue de Vaugirard, où tout un chacun peut le voir en passant, depuis quelque deux cents ans.

L'hôtel où le mètre a été scellé a lui aussi une histoire intéressante. Construit au début du XVIIIème siècle, il était à l'origine destiné à servir de cuisine au Petit-Luxembourg, auquel il était relié par un souterrain passant sous la rue de Vaugirard. Confisqué à la Révolution, momentanément habité par le directeur de la prison du Luxembourg, il fut affecté, en 1795, à l'Agence des poids et mesures, puis resta une dépendance, soit du Sénat, soit du Petit-Luxembourg.

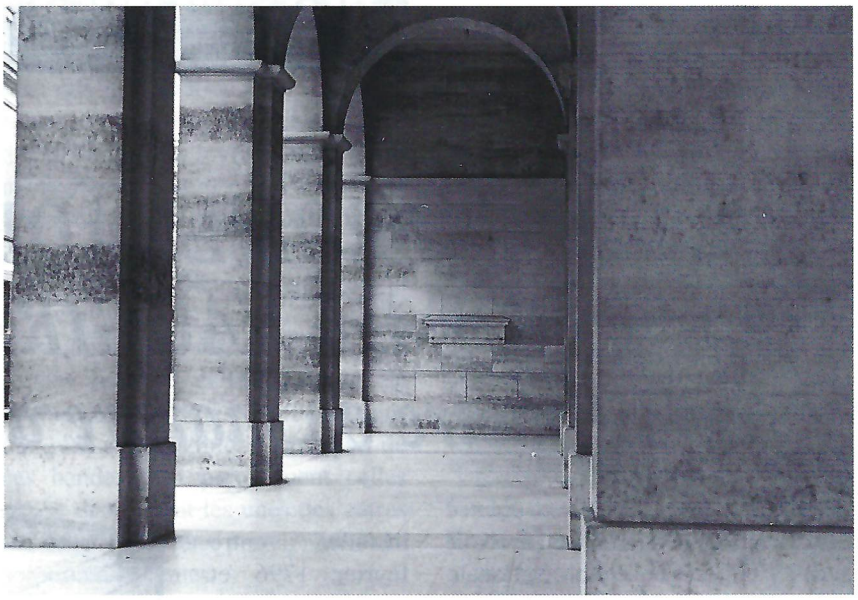
Le mètre-étalon gravé dans le marbre. On distingue les graduations en décimètres, et en centimètres.

Le mètre, initialement défini comme la dix-millionième partie du quart du méridien terrestre, fut d'abord représenté par un étalon en platine, déposé aux Archives Nationales, dit mètre des Archives (1799).Puis les progrès réalisés dans la construction de prototypes aboutirent à une nouvelle définition du mètre, qui devint la distance, à 0°C, entre deux traits gravés sur une règle de platine, à section en forme de X, déposée au Pavillon de Breteuil à Sèvres (1889). La longévité de cette définition fut remarquable puisqu'elle ne fut abandonnée qu'en 1960. La Conférence Générale des Poids et Mesures décide alors de revenir à un étalon naturel parfaitement reproductible: Le mètre est la longueur égale à 1 670 763,73 longueurs d'onde dans le vide de la radiation correspondant à la transition entre les

niveaux 2p10 et 5d5 de l'isotope 86 du krypton.C'est la même Conférence de 1960 qui met en place le Système international d'unités(SI).La dernière tribulation du mètre à ce jour est décidée par la 17ème CGPM en octobre 1983. En effet les progrès concernant les lasers asservis et les mesures de longueurs par interférences permettent de mesurer la vitesse de la lumière avec grande précision. Le mètre est la longueur du trajet parcouru dans le vide par la lumière pendant une durée de 1/299 792 458 de seconde.

En vous promenant rue de Vaugirard, jetez un coup d'oeil sur le mètre de marbre, et pensez au formidable travail des savants de la Révolution qui nous ont donné le système métrique décimal, ancêtre de notre système international.

Texte et photos de Jocelyne ALLEE



Sous les arcades de la rue de Vaugirard, à hauteur des yeux, le mètre-étalon en marbre. On distingue à gauche la petite plaque commémorative.

Renseignements:
Société historique du VIème arrondissement, 78 rue Bonaparte 75006 PARIS
Bureau International des Poids et Mesures, Pavillon de Breteuil 92312 SEVRES

L'ADASTA A PARTICIPE A EXPO-SCIENCES

Expo-sciences Auvergne 97, qui s'est déroulé les 21, 22, 23, et 24 mai à la salle polyvalente de Cournon, a accueilli un grand nombre de visiteurs, aussi bien des adultes que des enfants de tous âges. Près d'une trentaine d'écoles de la région y proposaient des réalisations scientifiques dans des domaines variés, allant de l'application des lois de la physique et de la chimie (électronique, moteurs, four solaire...), à l'observation de la nature et à la sauvegarde de l'environnement (forêts, vie des fourmis, tri et recyclage des déchets...). Beaucoup d'associations étaient également représentées, parmi lesquelles l'ADASTA, dont les animateurs se relayèrent, au long de ces quatre jours, autour d'expériences consacrées à la lumière, à la radioactivité et à l'aéronautique.

A propos de la lumière, le logiciel "couleur", conçu et commercialisé par l'ADASTA, qui propose de réaliser la synthèse des couleurs à partir des trois couleurs fondamentales, ou de produire des teintes variées par soustraction d'une couleur à la lumière blanche, remporta un vif succès auprès des enfants, parfaitement rompus au maniement de la souris. Le soleil nous étant favorable, nous avons pu laisser un moment le stand pour l'extérieur du bâtiment, où nous avons montré un arc-en-ciel, dans les fines gouttelettes d'eau obtenues grâce à un simple pulvérisateur de jardin. Le compteur Geiger-Muller de la valise radioactivité et le tableau de bord d'un avion de tourisme ont suscité bien des questions.

De nombreux enseignants, animateurs et parents ont été vivement intéressés par l'aide que peut apporter l'ADASTA, sur le plan scientifique, aux écoles et aux clubs de la région : c'est en effet le premier objectif de l'ADASTA de contribuer au développement de la culture scientifique en Auvergne.

LE PROJET ADASTA POUR SCIENCE EN FETE

Avec l'accord de Madame Saint-Marcoux, principal, l'ADASTA participera à Science en fête dans les locaux du Collège Irène et Frédéric Joliot Curie à Aubière, les 10, 11, 12 octobre 1997. Le projet, intitulé "Rayonnements et espace", présente, dans chacun des domaines abordés, à la fois exposition, films vidéo, atelier, et expériences démonstratives. Les visiteurs pourront essayer la valise et le logiciel "couleur", ainsi que la valise "radioactivité", et construire leur kaléidoscope. Quelques expériences de chimie permettront l'observation de splendides couleurs et de la chimiluminescence. Signalons encore l'exposition **"L'espace à quoi ça sert ?"** et bien d'autres activités.

La manifestation est ouverte à tous. Retenez bien les dates et venez nombreux avec famille et amis.

LIMOGES
Capitale des émaux et de la porcelaine

Le 30 avril dernier, la visite, à Limoges, des Entreprises CERDEC et ROYAL LIMOGES par un groupe de 17 personnes a permis d'apprécier la technique de fabrication des émaux et de la porcelaine.

L'Entreprise CERDEC-FRANCE SA, du groupe CERDEC AG implanté sur les cinq continents, est à Limoges le site de diverses productions:

- colorants : composés d'oxydes divers élaborés à haute température (1400°C) et broyés à une finesse déterminée,
- frittes : constituants de base des émaux réalisés par mélange et fusion à haute température (1200°C) de composés minéraux,
- émaux pour céramiques : mélanges de frittes et colorants, dans une gamme de teintes pour des températures de cuisson de 920 à 1300°C,
- émaux pour verres : mélanges de frittes et colorants minéraux pour des températures de cuisson de 490 à 700°C,
- composés organo-métalliques, en solution dans des solvants organiques, pour décoration ou métallisation par métaux précieux (par

exemple circuit électrique de dégivrage sur lunette arrière de voiture...).
Le traitement des eaux usées est un poste important dans l'usine; il permet de filtrer chaque jour l'eau qu'a nécessitée la production. Les gaz sortant des fours sont également traités.
Pour donner un ordre de grandeur de certaines productions, signalons qu'une bouteille de coca-cola réclame 1 g d'émail et que le traitement concerne 1 million de bouteilles par an, soit une tonne de produit pour la décoration à partir d'une poudre dont la finesse de grain est de 5 micromètres.

La porcelaine de Limoges est née de la conjonction de la découverte du kaolin à Saint-Yrieix en 1768, de l'invention d'un nouveau modèle de four à la Manufacture Royale à Sèvres, et de l'action opiniâtre de l'Intendant Turgot pour construire le premier four industriel en Limousin. L'Entreprise ROYAL-LIMOGES, qui trouve son origine vers 1884 à l'initiative de l'Américain Haviland, conserve encore son ancien four, utilisé jusqu'en 1960, classé monument historique en 1987. Cependant la technique traditionnelle de la barbotine (pâte à poterie) s'est maintenue jusqu'à nos jours. Elle consiste à obtenir à obtenir une pâte dure dont la composition est :

- 50% de kaolin (argile blanche malléable),
- 25% de feldspath (élément fondant qui se vitrifie à la cuisson),
- 25% de quartz (qui sert de liant).

Les moules en plâtre, permettant la fabrication de pièces de formes voulues, sont remplis de barbotine, puis, après un temps variable dont l'expérience constitue la seule référence, vidés partiellement de leur contenu.

Une pellicule de quelques millimètres subsiste alors sur les parois du moule. Détachée avec précaution de ce dernier, elle représentera le futur objet après séchage. Une première cuisson pendant 6 heures à lieu au four électrique à 900°C, suivie d'un refroidissement d'également 6 heures. Les différentes décorations sont ensuite effectuées, soit au pinceau, soit par décalcomanies, soit par incrustations. On procède enfin à l'émaillage à 1400°C, pendant une nouvelle durée de 6 heures. Après refroidissement les pièces terminées sont soigneusement vérifiées, et celles qui sont défectueuses, sont impitoyablement éliminées.
Actuellement, les études montrent la possibilité d'une automatisation complète des opérations, mais on ne peut qu'être admiratif devant l'habileté manuelle et la précision apportées par ces différents artistes, acquis à la cause de l'art de la porcelaine, et héritiers d'un savoir-faire dont la notoriété dépasse depuis longtemps nos frontières.

Cette visite, agrémentée d'un excellent déjeuner au restaurant "le Musset" dans le centre-ville, et d'une courte halte au Moutier d'Ahun, en Creuse, sur le chemin du retour, a donné le coup d'envoi de la reprise des sorties culturelles de l'ADASTA, à la satisfaction des participants.

Compte rendu et photos de Jean-Pierre GARCIA, responsable des visites