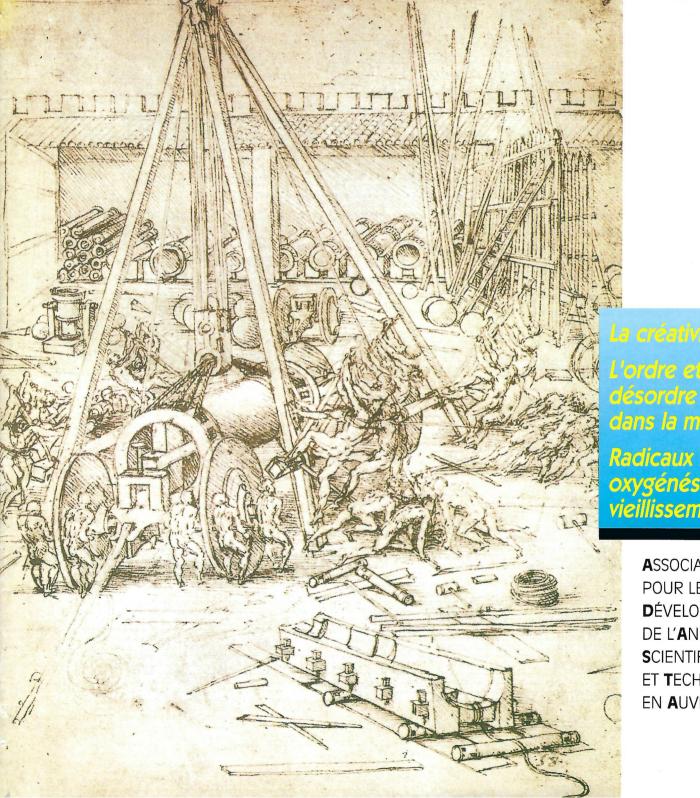
AUVERGNE

BULLETIN DE L'ADASTA

Juin 95 N° 34



dans la matière

Radicaux libres oxygénés et

vieillissement

ASSOCIATION

POUR LE

DÉVELOPPEMENT

DE L'ANIMATION

SCIENTIFIQUE

ET **T**ECHNIQUE

EN AUVERGNE

N° 34

- La créativitép. 3 J. Simon	
- L'ordre et le désordre dans la matièrep. 12 Ch. Ruhla	
- Radicaux libres oxygénés et vieillissementp. 18 <i>C. Gentou</i>	,
- Les parasciencesp. 21 R. Fustier	
- Patrimoine d'Auvergnep. 24	
- L'Auvergne en direct sur internetp. 24	

L'ADASTA reçoit le soutien financier :

- du Conseil Régional d'Auvergne
- du Conseil Général du Puy-de-Dôme
- du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche.

AUVERGNE-SCIENCES

Publication trimestrielle 19, rue de Bien-Assis 63100 CLERMONT-FERRAND Directeur de la Publication Roger VESSIERE Rédaction : Roland JOUANISSON N° ISSN 1166-5904

Photo de couverture :
Canon gigantesque imaginé par
Léonard-de-Vinci.
Léonard peut être considéré
comme un des génies les plus
créatifs qu'ait connu l'humanité.



Dépôt légal JUIN 1995 N° Imprimeur 1926

EDITORIAL

Il me revient en mémoire un "propos", écrit en 1907, dans lequel le philosophe Alain analyse la démarche qui conduit à ce que nous appellerions aujourd'hui la "créativité" : "les jeunes gens, presque toujours, écrit-il, sont savants comme ils sont polis. On leur a appris qu'il y a des expressions inconvenantes, et des choses qu'il ne faut pas dire". Notre auteur, avec son irrévérence coutumière, compare ces "recueils de bonnes réponses" à des phonographes, promis aux plus hautes destinées! "Cependant, ajoute-t-il, il y a par le monde des phonographes rebelles, qui reproduisent mal, et ajoutent toujours à ce qu'ils chantent quelque chose d'eux-mêmes,... des bruits non classés, et mettent au supplice les oreilles bien élevées". Et Alain conclut : "Pourtant l'invention et le progrès sont là en germe, et cette fumée est le signe d'un feu".

Les techniques de créativité se sont développées et ont fait l'objet dans les 60 dernières années de travaux importants, en particulier aux Etats-Unis : le brainstorming, la bionique, la synectique, l'arbre des voies technologiques, sont autant de techniques couramment utilisées de nos jours dans les entreprises, condamnées, comme chacun sait, à innover sans cesse...

J. Simon, qui a vécu de longues années au contact des réalités économiques dans une grande entreprise, a acquis une précieuse connaissance des techniques de créativité : il nous fait bénéficier ici de son expérience.

R.J.

Le Professeur Vessière, à nouveau Président de l'ADASTA

Le mandat du Professeur Solé, Président de l'ADASTA, arrivant à son terme, le Conseil d'Administration a procédé à l'élection de son nouveau président pour une période de deux ans. Le Professeur Vessière, ancien Directeur de l'Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Clermont-Ferrand, qui a déjà exercé les fonctions de Président de l'ADASTA entre 1986 et 1990, a été élu à l'unanimité Président de notre association.

Le Conseil d'Administration se réunira fin juin afin de procéder à l'élection du Bureau.

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. 73 92 12 24 - Fax 73 92 11 04

LE DOSSIER

LA CREATIVITE

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

et article ébauche l'architecture méthodologique, à l'intérieur de laquelle le lecteur doit pouvoir situer son propre périmètre de créativité. La liste bibliographique, à la fin, doit permettre aux intéressés de poursuivre cette étude seuls, ou en groupe.

De Bono, Gordon, Herrmann, Koestler, Von Oech, Osborn, Watzlawick... devraient figurer en bonne place dans la bibliothèque de tout scientifique. Par contre, l'étude livresque du cerveau et de ses modèles - qui m'a été très précieuse - n'est pas fondamentale pour le lecteur pressé d'appliquer ces techniques.

La créativité c'est d'abord une attitude, un état d'esprit. Et les succès ou les échecs - dépendent en grande partie de cette attitude, tant individuelle que collective. Le modèle d'Herrmann des dominances cérébrales, même s'il est empirique et critiqué, va bien pour expliquer ce qu'il convient plus particulièrement de faire ou de ne pas faire.

L'expérience portant sur plusieurs centaines de cas réels ou d'école, m'a montré que les techniques de créativité peuvent s'appliquer dans tous les domaines de conception, d'amélioration et d'utilisation :

- de produits (comment fiabiliser les lave glaces des voitures, l'hiver)
- de services (comment alléger le cartable des enfants)
- de procédés (comment lutter contre la pollution des côtes bretonnes)
- de procédures (comment mettre en place un système de communication)
- de ressources (comment faire travailler les gens en groupe)
- de machines (comment assurer la



Jean SIMON Ingénieur Arts et Métiers, en retraite.

A effectué tout 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.

sécurité des réparateurs de robots)

- de matériaux (comment valoriser les déchets de telle usine)
- etc...

Il ne m'est pas possible, pour différentes raisons, d'exposer dans cet article les meilleures solutions trouvées par les participants à mes animations de créativité. Le lecteur trouvera sans peine, dans lā bibliographie, des exemples célèbres de découvertes et d'inventions, dans tous les domaines..., liées au hasard.

UN SUJET LONGTEMPS TABOU, UNE RECONNAISSANCE OFFICIELLE RÉCENTE

La Créativité a été pendant longtemps une faculté exclusive de Dieu (et de certains dieux, dans les cultures polythéistes). Au Moyen-Age, une personne ayant la mauvaise idée de se prétendre créateur aurait eu de sérieux ennuis avec les agents de l'Inquisition! Ce n'est qu'à partir de la Renaissance que l'idée que l'homme puisse lui aussi créer (avec un c minuscule), commence à s'imposer. Les Arts et les Sciences se libèrent peu à peu, mais, parfois, à quel prix!

Aujourd'hui encore, par respect religieux, certains utilisent le mot imagination à la place de créativité. D'ailleurs les termes «créatif» et «créativité» ne sont apparus dans nos dictionnaires qu'à partir des années 50. Et ils ont été officialisés par l'Académie Française seulement vers 1990!

Pour moi, créativité, création et innovation sont en série, donc se situent à des niveaux différents :

- la créativité est une activité cérébrale : elle produit des idées de solutions à nos problèmes, si possible originales
- la création est la concrétisation physique d'une idée, suite si possible à un choix. Parfois, elle arrive plusieurs siècles après l'idée... Un prototype est une création
- l'innovation est quelque chose de nouveau, ou un changement original, apprécié par les usagers

La créativité se loge plutôt en recherche, au niveau conceptuel. La

création, son bébé, est à l'interface de la recherche et du développement. La finalité pour l'Homme, c'est l'innovation.

Nous allons voir pourquoi la créativité dérange encore beaucoup de gens en cette fin du XX^e siècle.

SE FORMER EN CRÉATIVITÉ : UN INVESTISSEMENT RENTABLE

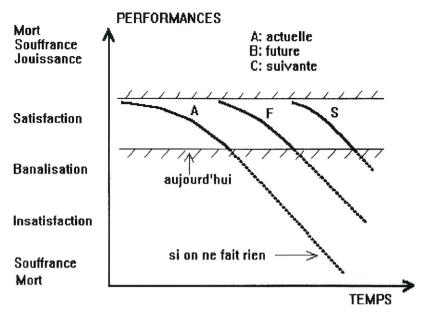
Les premières techniques de créativité - la créatique - sont nées aux Etats-Unis il v a un demi siècle, en périodes de crises économiques et de guerre mondiale. La souffrance rend créatif. Les périodes difficiles sont toujours des moteurs de l'innovation. Par analogie, il en va de même pour la reproduction dans le monde animal, et dans le monde végétal. Les jardiniers savent que pour faire fructifier un arbre ou fleurir une plante, il faut les faire souffrir, mais sans excès. D'où la taille des rosiers, par exemple. Au contraire, la prolifération végétale interrompt, ou réduit la fructification.

Aujourd'hui, l'ensemble de ces techniques constitue une discipline d'efficacité personnelle - et surtout collective - productive et rentable.

Productive d'idées de solutions pertinentes, attractives, originales et souvent simples, ceci dans le but de résoudre nos problèmes, quels qu'ils soient.

Rentable, car les idées sont souvent nombreuses pour un investissement léger. Quelques cerveaux - pas de «gros calibres» - pendant quelques heures par problème, permettent d'aller loin très vite : les décideurs n'ont plus qu'à faire le bon choix, en amont de la réalisation. Donc avant d'engager les grosses dépenses.

Pour satisfaire ses besoins, l'Homme doit résoudre en permanence des problèmes, en harmonie avec ses critères de valeurs. Or ces derniers se relèvent avec le temps, et les solutions se dégradent. Ainsi doit-il inventer sans cesse de nouvelles



idées pour continuer à vivre, si possible heureux.

Les sauts brutaux de solutions correspondent aux changements de type 2 de P. Watzlawick (voir [28]; les nombres entre [] renvoient à la bibliographie). Et le déclin relatif de chaque solution est atténué par des changements circonstanciels plus modestes, de type 1. Pour L. de Brabandère et A. Mikolajczak, [4], les changements de type 2 découlent de la créativité, et ceux de type 1, de la systémique. Et ils nous montrent qu'il existe souvent, dans un domaine donné (par ex. la machine à vapeur), des alternances 2-

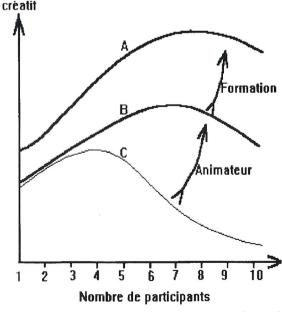
Rendement

1-2-1... etc, c'est à dire innovation-optimisation-innovation-optimisation...

L'union faisant la force, la résolution de problème en groupe est souvent nécessaire. Mais sans organisation et sans formation, le rendement de l'équipe diminue audelà de 3 participants. Surtout en France : critiques, pinaillages, hors sujets, indisciplines, intérêts personnels en sont les causes.

J'appelle rendement créatif le nombre de bonnes idées par heure et par participant. Un animateur occasionnel doit être capable de relever considérablement l'efficacité d'une réunion de travail intellectuel. Une taille de 5 à 8 personnes semble être optimale ; audelà, il est préférable de faire appel à une animation plus sophistiquée.

La pratique des techniques de créativité se conçoit de manière formelle, en petit groupe sélectionné et invité, et avec animateur volontaire et reconnu. Et il est souhaitable qu'au moins les 2/3 des personnes (y compris l'animateur!) aient reçu une formation en créativité. Il faut noter, ainsi, un gain important sur le plan individuel, grâce à cette formation.



- A: Participant et animateur formés en créativité
- B: Participant et animateur non formés
- C: Participants non formés et pas d'animateur

En France, ces techniques se diffusent lentement parce qu'elles «dérangent» notre hémisphère cérébral dominant (en général le gauche), cartésien et taylorien. La CREATIVITE peut s'apprendre, même en tant que science non exacte. Mais des précautions sont à prendre sur le SAVOIR ETRE pour permettre le SAVOIR FAIRE. Il faudra en particulier apprendre à «désapprendre» une partie de ce que l'éducation traditionnelle nous a enseigné, faire attention à ne pas faire attention aux principes reçus...

La méthode que je propose consiste -tout au moins pour les débutants qui traitent des problèmes importants- à utiliser une sélection de 5 outils, en série, et dans l'ordre :

- BRAINSTORMING
- SYNECTIQUE
- BIONIQUE
- MATRICES DE DECOUVERTES
- ARBRE DES VOIES TECHNOLO-GIOUES

Elle a l'ambition d'optimiser les ressources et les préférences cérébrales de tous les participants, et donc de faire le maximum pour résoudre un problème donné.

USAGES DIFFERENTS DE NOS CERVEAUX, POURTANT SEMBLABLES

H.G. = hémisphère gauche = CG + LG

H.D. = hémisphère droit = CD + LD

C.G. = cortex gauche

L.G. = limbique gauche

L.D. = limbique droit

C.D. = cortex droit

Ci-contre, l'ébauche du modèle comportemental, semi-empirique, à 4 quadrants de N. Herrmann relatif à nos activités et dominances cérébrales (voir [14]). Ce modèle parfois critiquérésulte du croisement de la théorie de l'évolution du cerveau (Mac Lean) et de l'asymétrie droitegauche (en particulier Sperry, Nobel 81).

Le lecteur pourra aussi se familiariser avec ce modèle, et avec certaines de ses applications, grâce à [4], [5], [6], [24] et [25]. J'ai découvert N. Herrmann en 1986 grâce à [5], mais avant, j'utilisais un modèle personnel assez voisin.

Certains auteurs se contentent des spécialisations latérales HG-HD, comme [9], [15], [26], [29] et [30]. Je détaille un peu plus, pour les besoins de la créativité. En particulier, Wallace a décrit vers 1926 les 4 phases successives de l'acte créatif:

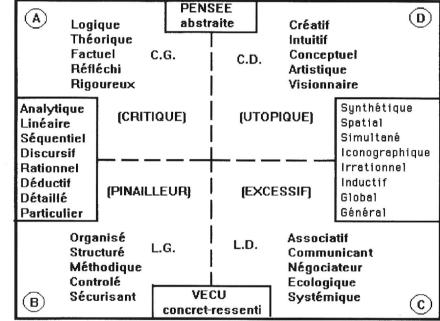
- la PREPARATION, que l'on peut considérer comme activité plutôt C.G.
- l'INCUBATION (ou RUMINA-

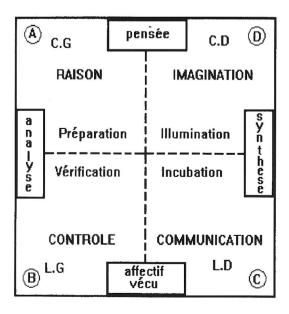
TION) que l'on peut considérer comme activité plutôt L.D.

- l'ILLUMINATION que l'on peut considérer comme activité plutôt C.D.
- la VERIFICATION que l'on peut considérer comme activité plutôt L.G.

Ceci n'est pas contesté aujourd'hui, et montre que toutes les facultés cérébrales sont mises à contribution... Mais les bonnes techniques de créativité doivent favoriser l'illumination.

La grille suivante va nous permettre de mieux cerner les caractéristiques de chaque quadrant, mais aussi celles de chaque étage et de chaque hémisphère. Voici des adjectifs comportementaux :





J'ai porté entre parenthèses un défaut typique par quadrant.

Le profil actuel de mes préférences cérébrales est 2-1-2-1. Ces 4 évaluations se font dans l'ordre C.G., L.G., L.D. et C.D. (ou A, B, C, D si vous voulez éviter l'aspect physiologique de ce modèle, critiquable). Et avec le code 1- je préfère ; 2- j'utilise si besoin ; 3- j'évite.

Mon profil - et le vôtre aussi - correspond donc à l'une des 81 combinaisons de la méthode Herrmann. Et pour essayer de résoudre le même problème, les gens peuvent utiliser des stratégies mentales très différentes... Les équipes de créativité

seront, dans la mesure du possible hétérogènes : il faudra surtout éviter les groupes homogènes de type 1-1-3-3! (cerveaux gauches typés).

L'état actuel des connaissances en neurosciences peut être abordé par les lectures de [7], [11], [31], [32], [33], [34] et [35].

L'ILLUMINATION CREATIVE : UNE REACTION DE SYNTHESE MYSTERIEUSE

La naissance d'une idée est souvent le résultat du «télescopage» cérébral de 2 éléments (et souvent de 2 «images»).

Elément du Problème + Elément Révélateur ⇒ Idée de solution

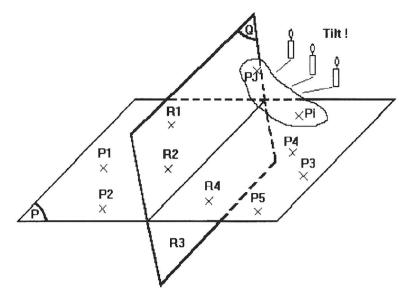
Il doit se produire, quelque part dans notre cerveau (cortex droit ?), une réaction électrochimique très brève entre 2 engrammes (traces chimiques). L'un est relatif à notre problème, l'autre peut lui être, au 1er abord, complètement étranger. On ne crée jamais à partir de rien : toute nouveauté découle de la capacité que l'on a à associer deux concepts que rien ne rapprochait. Il s'agit bien là d'une opération de synthèse abstraite, faculté favorisée par notre cortex droit.

F. Vidal, en particulier, nous montre bien ce mécanisme dans [27], au travers d'une centaine de découvertes et d'inventions célèbres. L'élément révélateur correspond à la muse inspiratrice du poète. Par exemple, R. Descartes a inventé les coordonnées... cartésiennes grâce aux ombres d'une mouche volant dans un coin du plafond de sa chambre! A. Koestler [17] appelle cette réaction la bi-sociation (association de 2 éléments).

Soit (P) le «plan mental» du problème, constitué de l'ensemble P₁, P₂, P₃... P_i des éléments correspondants d'informations.

Et soit (R) un autre «plan mental», révélateur, constitué des éléments R_1 , R_2 , R_3 ... R_j

La bisociation consiste à faire se frotter les 2 Plans mentaux, en espérant le



TILT, l'ILLUMINATION entre un élément du problème et un élément révélateur.

Cette approche empirique et très imagée a de quoi irriter nos cortex gauches. Et pourtant, la plupart des techniques de créativité sont basées sur ce principe, sur cette réaction plus ou moins mystérieuse.

Vous connaissez tous le cri d'Archimède, Euréka, j'ai trouvé! Cet illustre savant ne savait pas comment évaluer le volume compliqué de la couronne de son roi, afin de vérifier si celle-ci était bien en or pur. L'image révélatrice s'est présentée à lui par hasard, à la vue de la montée des eaux lorsqu'il entrait dans sa baignoire! Et la couronne a pris le bain!

En créativité, il faut forcer le hasard de ces rencontres bisociatives, par augmentation des concentrations des éléments de P et de R, et par mélange intime de ceux-ci:

BRIQUET + POUBELLE ⇒ BRIQUET JETABLE (BIC)

- 1 avoir des éléments du problème solides, pertinents (**préparation**)
- 2 être motivé pour sa résolution, s'impliquer, souffrir (**incubation**)
- 3 «bombarder» le problème avec des éléments révélateurs (**illumination**)

- n'importe lesquels SYNECTIQUE
- naturels BIONIQUE
- logiques → MATRICES DE DECOUVERTES
- n'importe comment BRAINS-TORMING
- de manière forcée ➡ MATRICES
 DE DECOUVERTES
- de manière logique → ARBRE DES VOIES TECHNOLOGIQUES

Une idée devient souvent elle-même nouvel élément révélateur, d'où **réaction en chaîne** (action de rebondissement).

4 - passer rapidement, mais à la fin, à la validation (**vérification**). La naissance d'une bonne idée procure un plaisir intense à son inventeur, mais aussi à ses partenaires. Ensuite, le doute s'installe dans les esprits : un contrôle s'impose. Et très souvent, curieusement, l'intuition est bonne! Ainsi GAUSS aurait dit «Je connais déjà la solution, il me reste maintenant à découvrir comment j'y suis parvenu».

Le pouvoir créatif va donc être favorisé, d'une part, par la volonté de «polluer» le champ mental sur le problème, et d'autre part par la richesse de cette «pollution». D'où les intérêts de la mémoire, de la culture générale et de la variété d'un groupe métis.

«La mémoire nourrie et exercée est le support de l'imagination»

Voltaire

UNE CONDITION NECESSAIRE: QUITTER L'AUTOROUTE DE NOTRE PENSEE

Pendant les séances de créativité, il convient que les participants adoptent une attitude et un état d'esprit particuliers.

Cette question est traitée avec compétence et avec humour par R. von Oech dans [18], «Créatif de choc! Comment faire sauter les verrous qui bloquent votre créativité». Ce qu'il appelle la pensée nette correspond au modèle de fonctionnement de notre hémisphère gauche dominant. Et ce qu'il appelle la pensée floue, au modèle de notre hémisphère droit. La trentaine de conseils donnés découle de la libération de notre pensée floue, prisonnière de notre pensée nette.

Je vous traduis ce que donne l'ouverture des 10 verrous :

- 1 ne nous arrêtons pas à la 1ère bonne réponse
 - 2 laissons de côté notre logique
 - 3 ne suivons pas les règles
- 4 n'ayons pas le souci du sens pratique
 - 5 provoquons l'ambiguïté
 - 6 n'ayons pas peur de nous tromper
 - 7 jouer, c'est sérieux en créativité
 - 8 invitons des naïfs
 - 9 déconnons
- 10 je ne suis pas créatif est une idée fausse

Scandaleux pour les cerveaux de type 1.1.3.3.! Et pourtant!

La synthèse de mes lectures, de mes réflexions et de mon expérience me conduit à proposer la procédure suivante :

- 1 affaiblir l'influence de nos hémisphères gauches (H.G.) dominants
- 2 entraîner nos H.D. libérés à produire beaucoup d'idées variées
- 3 ébranler les certitudes de nos H.G., qui reconnaissent de bonnes idées de leur voisin H.D.
- 4 rendre nos H.G. coopératifs, en les libérant avec prudence

Le blocage partiel de nos H.G. nous permet de vaincre les inhibitions de nos H.D. En particulier, il neutralise les défauts typiques des C.G. (l'autocritique et la critique) et des L.G. (le pinaillage), poisons de la créativité. Un néologisme pertinent : la créaticidité. Quelqu'un a écrit cette belle phrase : «La créaticidité est à la créativité ce que l'insecticide est à l'insecte». L'animateur veillera à maintenir une créaticidité nulle pendant les travaux créatifs du groupe.

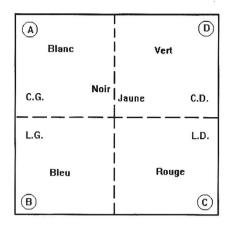
Cette procédure est celle qui se déroule dans la technique dite du REVE EVEILLE. Cette démarche se pratique plutôt dans les centres de créativité. Les séances ont lieu au début de la nuit, musique berceuse, lumière tamisée, chercheurs d'idées (sur un problème précis) couchés sur la moquette... Un animateur fait rêver les gens à voix haute et note les idées émises. De manière plus naturelle, certaines personnes avouent avoir trouvé une solution à leur problème en rêvant, en somnolant... «La nuit porte parfois conseil...» On cite souvent, à titre d'exemple, la découverte de la structure bouclée du benzène : Kékulé avait vu en rêve un serpent... moqueur... se mordre la queue ! L'image fermée de l'animal a immédiatement inspiré le chimiste allemand.

P. Watzlawick, chercheur à l'Institut de Palo Alto, propose dans [29] aux psychothérapeutes une démarche similaire, pour obtenir le changement souhaité chez leurs patients. Son livre, écrit aux USA en 1978, montre qu'il a été l'un des premiers à exploiter les découvertes sur l'asymétrie du cerveau de R. Sperry. Les créatifs et les psychiatres ont cela de commun : ils sont considérés, parfois, comme farfelus, voire un peu fous...

Encore un concept voisin : celui de la «pensée latérale», proposé par E. de Bono dans [2].

Dans son autre livre [3], «Six chapeaux pour penser», E. de Bono décrit une méthode originale d'animation de groupe. Le meneur propose aux participants de prendre, virtuellement et tour à tour, tel ou tel chapeau de telle ou telle couleur. Le code, connu de tous, permet ainsi la

régulation du type d'activité cérébrale considéré comme adéquat par l'animateur. L'ensemble des couleurs recouvre toutes les attitudes possibles et utiles :



<u>Blanc</u>: impartialité, faits purs et simples, chiffres et informations objectives

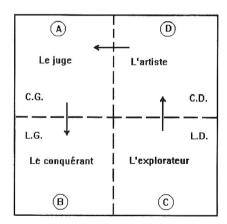
<u>Rouge</u>: émotions et sentiments, intuitions et pressentiments, chaleur

<u>Bleu</u>: calme et domination, organisation, chef d'orchestre, vérification

<u>Vert</u>: fertilité, créativité, mouvement, provocation, conceptualisation

<u>Jaune</u>: lumière, optimisme, critique positive, opportunisme

<u>Noir</u>: avocat du diable, critique négative, raisons de l'échec



Dans son autre livre, [19], R. von Oech montre que, pour mener à son terme la résolution d'un problème, l'Homme doit faire successivement 4 métiers :

<u>D'abord l'explorateur</u>. Pour chercher, observer, scruter, découvrir, sortir des sentiers battus, récolter des informations hétéroclites en brisant le carcan des habitudes...

«Les gens qui ne savent rien faire d'autre que manier le marteau posent tous les problèmes en termes de clous»

A. Maslow

Ensuite l'artiste. Pour transformer la récolte en idées nouvelles et originales. En évitant les habitudes. En pensant autrement.

«Chaque enfant est un artiste. Le problème est de savoir comment rester un artiste en grandissant»

P. Picasso

<u>Puis le juge</u>. Pour évaluer les idées, et décider de leur sort.

Enfin le conquérant. Pour faire passer l'idée retenue du monde abstrait à celui de l'action, avec confiance et en se battant, car la nouveauté dérange.

Rares sont les personnes qui possèdent tous les talents réunis de ces 4 métiers. D'où la nécessité de travailler en équipe.

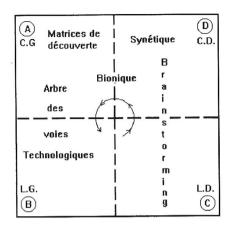
Des défauts de notre H.D., tels que l'exagération, l'excentricité, l'utopie, la provocation, le désordre... peuvent être des stimulants en créativité : la déviation par rapport à la norme est souvent le moteur du changement bénéfique.

Un grand pas sera franchi lorsque nous serons capables de trouver seuls, que la moitié de 8 n'est pas seulement 4, mais aussi 0, 3, ϵ , VI, II, IT, HU,..., S etc...

UNE METHODE POUR TOUTES LES INTELLIGENCES: 5 OUTILS EN SERIE

Je propose cette méthode pour les débutants. Lorsque vous serez amateur éclairé, voire animateur professionnel, vous utiliserez bien les outils que vous voudrez, dans l'ordre que vous voudrez... En effet, la créativité s'accommode mal d'une méthode trop stricte, et de règles contraignantes. Mais il faut bien débuter... Avant de devenir pro, il faut commencer par l'apprentissage. Si, pour un problème donné, on ne se débrouille pas bien avec un outil, on passe au

suivant, sans se poser de question. Et si un seul outil marche modestement, sur les 5, cela sera mieux que rien.



Le choix de ces 5 outils, ainsi que celui de la séquence de leurs utilisations, intègrent l'essentiel de ce que je viens d'écrire. La méthode nous fait aller progressivement des outils «fous» aux outils «sages». La variété de ces outils doit permettre à chaque participant de s'exprimer pleinement à un moment ou à un autre en fonction de ses connaissances et de ses dominances cérébrales. Et elle permet de s'adapter à tous les types de problèmes.

Voici une allure de courbe assez fréquente, représentant la production d'idées nouvelles, pour un problème donné, en fonction du temps de travail.

Naturellement, les idées se raréfient avec le temps, mais elles sont souvent de meilleure qualité à la fin qu'au début.

Pour les problèmes les moins importants, on peut s'arrêter à la bionique, voire au brainstorming.

Pour les problèmes les plus importants, on peut, par exemple, prévoir 3 séances de 2 h 30, espacées de quelques jours.

<u>1ère</u> séance: présentation des participants, rappel du problème, brainstorming.

2ème séance: les 3 outils suivants.

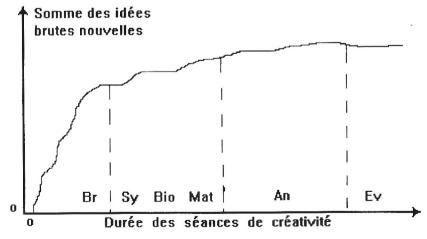
3ème séance: arbre des voies technologiques; évaluations, tri, choix.

LE BRAINSTORMING

Inventé par A. Osborn vers 1938. Décrit par lui-même dans [20] et par l'un de ses élèves, C. Clark dans [8] (avant, ce même livre s'appelait «Brainstorming», titre moins commercial que l'actuel).

Le rappel des 5 règles du jeu (CQ F D T), en début de séance, est fondamental, et reste valable pour les autres outils.

1- Ç comme on ne Critique pas. Manière polie de faire taire les H.G. et d'éviter la créaticidité et ses phrases assassines d'idées fragiles,



Br: Brainstorming Sy: Synectique Bio: Bionique

Mat: Matrices de découvertes Ar: Arbre des voies technologiques Ev: Evaluation,tri,choix,compte rendu telles que : ça ne marchera pas, c'est breveté, ça a déjà été essayé, ça sera trop cher, nous n'aurons pas le temps, nos clients n'en voudront pas, c'est trop gros, c'est trop petit... Chaque critique est peut-être justifiée mais ce n'est pas le moment. Elle bloque le rebondissement sur d'autres idées qui seraient peut-être excellentes, elle dévalorise l'auteur, qui va se taire ; bref, elle casse l'ambiance créatrice. Osborn qui était publiciste, a instauré cette règle de génie suite à l'observation que ses clients passaient plus de temps à critiquer ses propositions qu'à les examiner sérieusement.

- 2 Q comme Quantité. La quantité est recherchée dans le but d'augmenter la probabilité de produire de bonnes idées.
- 3 <u>F</u> comme Folles, Fantaisistes, <u>Farfelues</u>. De telles idées constituent de bons éléments révélateurs et catalyseurs, et déclenchent la bonne humeur, voire l'hilarité. Rien de tel pour dynamiser et souder un groupe!
- 4 <u>D</u> <u>comme Détournement</u> (ou Rebondissement). Pour provoquer les réactions en chaîne. Une idée n'appartient pas à son auteur, mais au groupe, qui peut la valoriser.
- 5 <u>T</u> comme on note <u>Toutes les idées</u>, au tableau, lisiblement. Il faut laisser le temps à l'animateur de les reformuler à haute-voix, et de les écrire.

Le Brainstorming permet la purge, dès le début, des idées classiques, banales, peu créatives. Ensuite, il fait produire de manière aléatoire des idées globales, brutes, concrètes (L.D.) et abstraites (C.D.). Une production moyenne de 1 à 2 idées à la minute est courante. Mais pour les problèmes très techniques - la mécanique en particulier - le débit est plus faible : il faut laisser le temps aux générateurs d'idées de les exprimer en s'aidant de croquis, de schémas au tableau, et en couleurs.

Il est parfois intéressant de poser le problème à l'envers pour mieux percevoir les causes des insatisfactions, donc pour mieux les corriger. Exemple : «comment mobiliser, dynamiser et responsabiliser tout le personnel de l'atelier 426», telle était l'écriture -trouvée par Brainstorming-du problème posé à un groupe de travail. J'ai alors proposé d'inverser la question en la formulant ainsi : «Comment démobiliser, scléroser et déresponsabiliser tout le personnel de l'atelier 426». Quel feu d'artifices de 30 minutes!

Cet outil très performant a, naturellement, été utilisé à grande échelle dans l'armée américaine pendant la 2^{ème} guerre mondiale. Un exemple, dans le Pacifique : des bateaux sautaient sur les mines flottantes japonaises. Une idée farfelue d'un matelot : «Et si on urinait sur la mine, pour l'éloigner du bateau ?» Rebondissement : «Et si on repoussait la mine avec les jets des lances à incendie ?». Très bonne idée, qui a sauvé de nombreux marins... et leurs bateaux !

Et ensuite le brainstorming a été exploité très largement dans toutes les branches de l'économie américaine.

LA SYNECTIQUE

Inventée par W.J.J. Gordon, vers 1946 (voir [13]).

<u>Synectique</u> = syn (ensemble) + ectos (externe)

= réunion d'éléments hétérogènes = bisociation

Le brainstorming prépare bien la synectique, qui est plus complexe. On recherche des solutions au problème par des voies détournées, en **général analogiques**. Les éléments révélateurs sont pris **au hasard** dans une liste, ou dans un livre, ou dans une collection...

<u>Exemple</u>: comment consolider de grands cadres démontables?

1er mot révélateur pris au hasard : CHAUMIERE

Ce mot induit d'autres mots révélateurs : cheminée, chaume, foyer, cour, jardin, fumée, balançoire, portes, fenêtres, bonheur, campagne, paille, grain, farine, gâteaux...

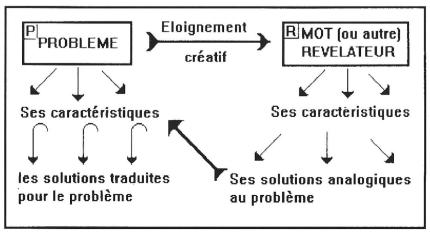
2^{ème} mot révélateur pris au hasard : BALANÇOIRE

Ensuite, on évoque ses caractéristiques et ses solutions : la pose et la dépose rapides se font en général grâce à des anneaux, en bout de cordes qui se placent sur des crochets en forme de «queue de cochon». C'est le principe des herses des cultivateurs et des hamacs des marins.

Traduction : fixer à demeure des crochets «queue de cochon» sur les éléments des cadres + des anneaux, des câbles et des tendeurs.

Le rendement est parfois surprenant, mais parfois décevant : il ne faut pas hésiter, alors, à changer de mots révélateurs (la réserve est inépuisable !). Là, le pouvoir évocateur du mot en images mentales visuelles, ou auditives, ou kinesthésiques, ou olfactives, ou gustatives est très important.

La synectique a ses postulats de base : 1 - il n'y a pas de différence fondamentale entre les processus créatifs, artistiques et scientifiques



- 2 la créativité en groupe est régie par les mêmes lois que la créativité individuelle
- 3 il existe des phases dans le processus créatif
- 4 il est possible de décrire ces phases et d'utiliser leur connaissance dans un but pédagogique, pour augmenter la puissance créatrice de l'individu ou du groupe de chercheurs.

C'est ce dernier point qui m'a persuadé de détailler autant cet article.

LA BIONIQUE

Dame Nature pilote un immense bureau d'études, qui fonctionne nuit et jour depuis des milliards d'années : celui de l'Evolution. La bionique étudie cette réserve inépuisable de solutions ingénieuses, pour nous suggérer des idées de produits, de services, de procédés, de procédures, de machines, de matériaux, de formes.... Exemple : étudier la trompe de l'éléphant pour améliorer le bras de manutention d'un robot.

Cet outil intéresse les participants et produit en général bien. Il permet de faire le point entre les H.D. et les H.G. Je commence par les minéraux, je continue par les plantes puis par les animaux et je termine par l'Homme, d'abord biologique, ensuite pensant (si vous étiez à la place d'un élément du problème, que feriez-vous ?).

Exemple : comment évaluer l'usure des pneus d'un véhicule ?

Quelles sont les plantes qui s'usent ? L'herbe dans le pré

Qui ou quoi s'en préoccupe ? Le paysan et la vache

Comment fait la vache ? Elle souffle par ses naseaux, tout en broutant : expulsion des parasites (petites bêtes, poussière, terre, graines, herbe sèche...) et contre pression pneumatique croissante avec le rapprochement du sol, donc avec l'usure de l'herbe. C'est le principe du comparateur pneumatique SOLEX! Solutions traduites pour l'usure des pneus ? A vous d'imaginer!

Tous les corps de métiers peuvent s'inspirer de la Nature : chimistes, architectes, médecins, sociologues, mécaniciens, stylistes... Saviez-vous, par exemple que pour dessiner la célèbre tour, l'assistant d'Eiffel, M. Koechlin, s'inspira du fémur, l'un de nos os les plus légers et les plus résistants en raison de sa structure en réseau? Le terme de BIONIQUE a été inventé en 1958 par le major J.E. Steele de l'U.S.A.F.

LES MATRICES DE DECOUVERTES

Ici, on recherche l'inspiration en croisant des éléments logiques par rapport au problème. Par exemple, on décompose nos moyens, nos compétences, nos ressources, nos points forts, nos singularités et on les frotte de force avec une décomposition de besoins. Pour ces derniers, on peut prendre une liste alphabétique de métiers, ou la liste A.P.E. des professions, ou la liste des besoins suivant la pyramide des motivations de Masclaw, ou une liste de domaines porteurs...

L'outil produit bien, mais il faut du temps, et en général on ne regarde pas toutes les combinaisons.

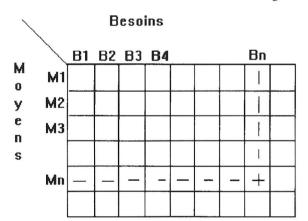
Il convient bien pour les problèmes exploratoires : quels sont les besoins que je peux satisfaire avec les moyens possédés ?

Exemples: valorisations de déchets, diversifications d'entreprises, créations d'emplois, recherche d'un emploi, utilisations d'un matériau nouveau, d'un procédé nouveau...

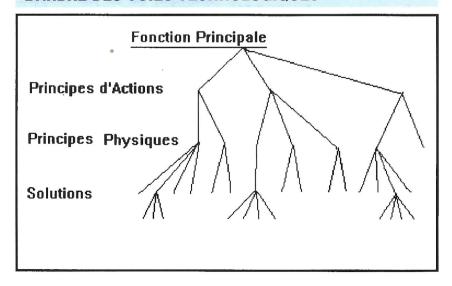
Mais il convient aussi pour les autres problèmes, les normatifs : quels sont les moyens possibles pour satisfaire les besoins détectés ?

Chacun peut inventer ses matrices de découvertes adaptées à ses problèmes. Mais on ne réussit pas toujours bien du 1^{er} coup, il faut essayer et re-essayer... La matrice de découvertes permet de regarder le problème très largement, de très haut. Et il y a

intérêt à définir les lignes et les colonnes de la manière la plus générale possible, pour ouvrir le champ des recherches... donc des idées de solutions.



L'ARBRE DES VOIES TECHNOLOGIQUES



C'est une arborescence des principes d'actions (Qui ou Quoi agit sur Qui ou sur Quoi ?) puis des principes physiques (Comment ?) et des solutions ou familles de solutions.

Outil difficile, très H.G., mais permettant de mettre de l'ordre dans toutes les idées précédentes, d'en trouver encore d'autres et de commencer le tri et le choix.

Ici, on voit des gens mieux à l'aise qu'avec le brainstorming ou la synectique. Mais ils reconnaissent qu'il est moins difficile de classer toute la moisson des idées, que de les trouver directement avec ce seul outil.

Cet outil dérive de l'ANALYSE MORPHOLOGIQUE, inventée vers 1944 par un astrophysicien Juif Suisse, émigré aux U.S.A., F. Zwicky. Celui-ci, nommé directeur des recherches d'Aerojet Engineering Co., devait trouver, avec une équipe de 350 chercheurs, de nouveaux moyens de propulsion aérienne. Il inventa pour la circonstance cet outil heuristique, et ils trouvèrent... 25344 solutions envisageables. Mais trop, c'est trop, et ils n'en proposèrent que 576 (dont les V1 et V2).

Mais Zwicky, très H.G., était «créaticide». Il disait haut et fort que sa méthode était exhaustive et la seule vraie, et que les autres produisaient du déchet mental et du vomissement indiscipliné. Il n'a pas su «vendre» sa méthode! Et il a eu davantage d'ennemis que d'amis.

COMMENT DEVENIR MEILLEUR EN CREATIVITE ?

Je vous donne 5 conseils : vous informer, puis vous former, ensuite pratiquer, pratiquer... et pratiquer.

Mais comment ? Excellent sujet de créativité ! Toutes et tous à votre brainstorming !

BIBLIOGRAPHIE SUR LA CRÉATIVITÉ ET SUR LE CERVEAU

[1]	ADAMS J.	L'explosion créatrice	Interéditions
[2]	BONO (de) E.	La pensée latérale	EME
[3]	BONO (de) E.	Six chapeaux pour penser	Interédictions
[4]	BRABANDERE (de) L.	Le plaisir des idées	Dunod
[5]	CHALVIN D.	Utiliser tout son cerveau	ESF
[6]	CHALVIN M.J.	Deux cerveaux pour la classe	Nathan
[7]	CHANGEUX J.P.	L'Homme neuronal	Fayard
[8]	CLARK C.	Comment être créatif dans le travail	Dunod
[9]	DENISSON P.	Kinésiologie pour enfants	Le Souffle d'Or
[10]	DEMORY B.	La créativité en 50 questions	Chotard
[11]	DIAGRAM (Groupe)	Le cerveau, mode d'emploi	Marabout
[12]	GERARDIN L.	La bionique	Hachette
[13]	GORDON W.J.J.	La synectique	Hommes et techniques
[14]	HERRMANN N.	Les dominances cérébrales et la créativité	Retz
[15]	ISRAEL L.	Cerveau droit, cerveau gauche	Plon
[16]	JOLY M.	Des idées qui rapportent ça se trouve	Les EO
[17]	KOESTLER A.	Le cri d'Archimède	Calmann Lévy
[18]	OECH (von) R.	Créatif de choc	Presses Pocket
[19]	OECH (von) R.	Ne restez pas assis sur le meilleur de vous-même	Interéditions
[20]	OSBORN A.	Créativité. L'imagination constructive	Dunod
[21]	RAVENNE C.	Rechercher et innover en groupe	ESF
[22]	ROUQUETTE M.L.	La créativité, Que sais-je n° 1528	PUF
[23]	SOL J.P.	Techniques et méthodes de créativité	E. Universitaires
[24]	TIMBAL DUCLAUX L.	La méthode S.P.R.I.	Retz
[25]	TIMBAL DUCLAUX L.	La communication écrite	ESF
[26]	TROCME-FAVRE H.	J'apprends donc je suis	Les E.O.
[27]	VIDAL F.	L'instant créatif	Flammarion
[28]	WATZLAWICK P.	Changements	Seuil
[29]	WATZLAWICK P.	Le langage du changement	Seuil
[30]	WILLIAMS L.	Deux cerveaux pour apprendre	Les E.O.
[31]	X. Les cinq sens	Science et Vie	H.S. n° 158
[32]	X. Le cerveau et la mémoire	Science et Vie	H.S. n° 162
[33]	X. Le cerveau et l'intelligence	Science et Vie	H.S. n° 177
[34]	X. Le cerveau et l'intelligence	Science et Vie Junior	H.S. n° 14
[35]	X. Le cerveau	France Loisirs	

SELECTION MINIMALE

Management et C.S.

Ca m'intéresse NOV. 94

Techniques de créativité [16], [18], [21], [27]

Management de la créativité [36]

Modèle d'Herrmann [6]

Neurosciences [11]

Culture générale [15], [20]



[36] X. L'esprit de créativité

[37] X. La créativité

MATERIEL ELECTRONIQUE PROFESSIONNEL

Composants – Mesure – Outillage Réalisation circuits imprimés

63000 CLERMONT-FERRAND

87000 LIMOGES

nº 428

nº 165

22, rue Saint-Adjutor Rél. 73 31 13 76 - Fax 73 31 09 34

17, rue des Arènes Tél. 55 32 47 96 - Fax 55 32 42 83

HISTOIRE DES SCIENCES

L'ordre et le désordre dans la matière

BROWN ET LE MOUVEMENT BROWNIEN

Les biologistes sont des grands utilisateurs du microscope et c'est ainsi qu'en 1827 le biologiste anglais BROWN découvre un phénomène très troublant : à l'intérieur d'un liquide les grains de poussière très petits (dimensions de l'ordre du micromètre) sont agités d'un mouvement désordonné et permanent. En bon expérimentateur il s'assure que ce mouvement n'est pas provoqué par des phénomènes parasites tels que des vibrations de la platine du microscope ou bien des tourbillons d'origine thermique venant de l'éclairage de la préparation, et il peut finalement conclure à l'origine profonde et intrinsèque du mouvement découvert. La communauté scientifique lui rend hommage en qualifiant de «brownien» ce mystérieux mouvement ; il reste à l'expliquer.

Le contexte historique est favorable car la découverte des lois pondérales de la chimie accrédite progressivement la notion d'atomes et de molécules. Les physiciens qui s'intéressent à la dilatation et à la compression des gaz penchent également vers cette notion et ils vont considérer le mouvement brownien comme la signature de l'agitation moléculaire.

Un raisonnement par analogie va nous permettre de mieux comprendre :

- Si l'on observe la mer, du haut d'une falaise, les petits bateaux nous paraissent très agités, alors qu'un gros paquebot reste bien stable*. Ces bateaux jouent le rôle de corps d'épreuve pour nous révéler l'état de la mer : si leurs dimensions sont faibles par rapport à la longueur d'onde



Ch. RUHLA Professeur à l'Université Claude Bernard, Lyon I

Dans un article précédent, paru dans le n° 33 d'Auvergne-Sciences, nous avons publié la première partie de l'article du Pr Ruhla consacré à l'ordre dans la matière. Dans le présent numéro nous publions la suite et la fin de cet article.

de la houle, ils sont très agités; si, au contraire, leurs dimensions sont grandes, ils ne bougent pas (fig. 15a). - Il en est de même dans le cas du mouvement brownien. les molécules du liquide s'agitent dans tous les sens et percutent les corps étrangers qui s'y trouvent. S'il s'agit d'un grain de sable dont les dimensions sont de l'ordre du millimètre, le nombre de chocs par seconde est extrêmement grand, et ceci dans toutes les directions, si bien que l'effet global est nul. Au contraire, pour une poussière de l'ordre du micromètre, cet équilibre statistique est rompu; à chaque instant, les chocs venant d'une direction l'emportent sur les autres ; à l'instant suivant ce sera une autre direction qui l'emportera ; et c'est ainsi que se crée ce mouvement désordonné qu'est le mouvement brownien (fig. 15b).

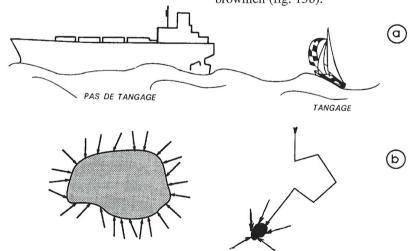


Figure 15: L'explication du mouvement brownien

a) Sur la mer, le gros paquebot est stable, mais l'agitation du petit bateau révèle l'existence de la houle

b) Dans un liquide, un grain de sable ne bouge pas, mais un grain de poussière est ballotté par l'agitation moléculaire.

^{*} Si la houle est très forte et très régulière le gros paquebot peut entrer en résonance et dans ce cas il bouge beaucoup; ceci prouve que toute analogie a ses limites dès qu'intervient un autre phénomène que celui initialement envisagé.

Pour en terminer avec le mouvement brownien nous allons préciser, sans les développer, les étapes ultérieures :

- En 1905, Albert EINSTEIN calcule la distance parcourue par un grain de poussière en mouvement brownien
- En 1908, la formule théorique proposée par Albert EINSTEIN est vérifiée expérimentalement par Jean PERRIN (fig. 16)
- En 1908 également, Maurice de BROGLIE découvre le mouvement brownien dans les gaz.

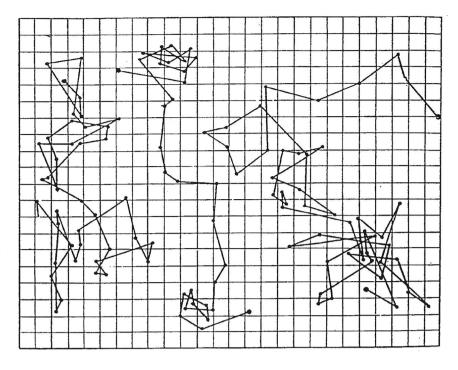
Plus personne après ces résultats n'osera douter de la validité du modèle d'agitation moléculaire. Mais les atomistes du XIX^e siècle n'ont pas attendu cela pour passer à l'étape suivante : dans la lignée d'Avogadro, d'Ampère et de Clausius, le physicien écossais Maxwell propose dès 1859 la théorie cinétique des gaz, introduisant ainsi la notion de désordre parfait.

MAXWELL ET LA THEORIE CINETIQUE DES GAZ

Pour expliquer les propriétés macroscopiques des gaz, Maxwell propose un modèle microscopique et statistique qui repose sur les bases suivantes:

- Les molécules (ou les atomes) sont des sphères dures
- Ces sphères se déplacent en ligne droite d'un mouvement uniforme et rebondissent élastiquement en cas de chocs entre elles ou sur les parois.
- Les positions et les vitesses de ces molécules sont réparties au hasard*.

Cette dernière hypothèse est très novatrice puisqu'elle introduit le hasard en physique. Elle est validée



50 μm

<u>Figure 16</u>: Le mouvement brownien d'un grain de diamètre 0,5 um

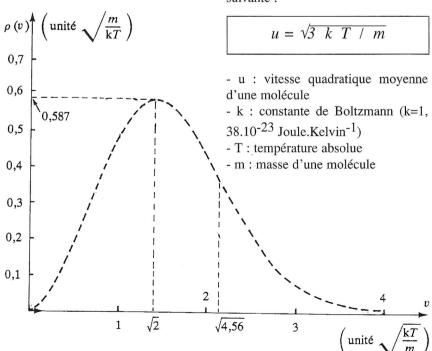
tel qu'il a été observé par Jean PERRIN. Dans trois expériences successives l'auteur a fait des pointages toutes les 30 secondes.

L'aspect désordonné des trajectoires est caractéristique

<u>Figure 17</u>: La loi de distribution des vitesses des molécules d'un gaz parfait proposée par Maxwell en 1859. Elle porte aujourd'hui le nom de maxwellienne.

par son efficacité car elle permet, d'une part, de retrouver des lois déjà connues comme l'équation d'état des gaz parfaits, et d'autre part, d'apporter des résultats nouveaux comme la fameuse loi de distribution des vitesses connue aujourd'hui sous le nom de maxwellienne (fig. 17)

La maxwellienne met en évidence la relation entre les vitesses et la température qui s'exprime sous la forme suivante:

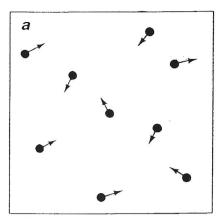


^{*} Cette caractéristique doit être explicitée car elle implique un choix des probabilités a priori pour chaque molécule:

⁻ la densité de probabilité attachée au vecteur position est uniforme dans l'espace

⁻ la distribution des directions des vitesses est isotrope

⁻ les trois composantes d'une même vitesse sont indépendantes



<u>Figure 17bis</u>: Représentation microscopique du gaz parfait a) A basse température b) A haute température

Cette relation permet ainsi de faire une bonne représentation microscopique du gaz parfait (fig. 17 bis).

- A basse température, les positions et les vitesses des molécules sont désordonnées ; la valeur moyenne du module des vitesses est faible.
- A haute température les positions et les vitesses des molécules sont désordonnées ; la valeur moyenne du module des vitesses est grande.

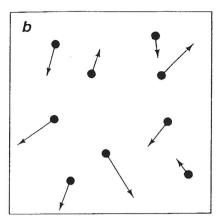
Le modèle du gaz parfait que nous venons de décrire correspond à un cas limite simple mais réaliste car il représente bien les gaz usuels à la température ordinaire ; l'approximation est encore meilleure pour un gaz rare léger tel que l'hélium. La structure microscopique est caractérisée par le désordre total aussi bien pour les vitesses que pour les positions des molécules. Nous pouvons donc clore ce chapitre en disant que le gaz parfait représente le désordre parfait.

BILAN PROVISOIRE

Par cette première approche, nous venons d'analyser en détail deux cas limites qui correspondent à l'ordre parfait ou au désordre parfait. Il nous reste maintenant à utiliser simultanément ces deux concepts pour caractériser les multiples structures de la matière.

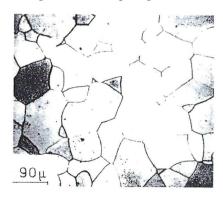
DE L'ORDRE VERS LE DESORDRE

Les métaux usuels sont polycristallins. Ceci veut dire qu'un bloc métallique n'est pas formé d'un monocristal unique mais au contraire d'un

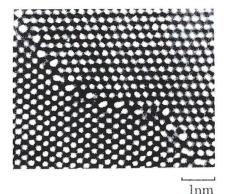


conglomérat de microcristaux dont les dimensions sont de l'ordre de quelques dizaines de micromètres et qui sont imbriqués les uns dans les autres. Cette structure est bien visible au microscope sur une surface métallique bien polie (fig. 18). Quant à l'interface entre deux microcristaux, on peut l'observer au microscope électronique; on met ainsi en évidence le «joint de grain», zone frontière entre deux séries de lignes d'atomes d'orientation différentes (fig. 19). En bref, chaque microcristal représente toujours l'ordre parfait, mais, en revanche, la disposition relative des microcristaux est parfaitement désordonnée.

Cette première entorse à la perfection appelle une remarque importante. Le monocristal représente la structure la plus simple et la plus élégante mais il est fragile le long des plans de clivage. En revanche, le polycristal est beaucoup plus résistant, car la disposition désordonnée des microcristaux interdit le clivage et c'est ce qui fait la qualité mécanique des métaux. Ainsi, un défaut au sens conceptuel peut être une qualité au sens pratique.



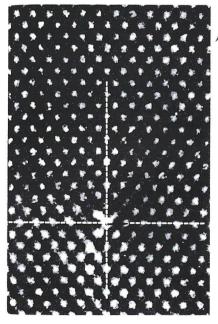
<u>Figure 18</u>: La structure polycristalline de l'aluminium observée au microscope optique



<u>Figure 19</u> : Un joint de grain observé au microscope électronique

Les dislocations dans un cristal représentent une deuxième entorse à la perfection. L'observation au microscope électronique révèle l'existence de lignes d'atomes interrompues créant ainsi une déformation locale du réseau cristallin (fig. 20). Le long de ces dislocations, les rangées d'atomes peuvent glisser les unes sur les autres et c'est pourquoi les métaux sont malléables. En revanche, ces dislocations sont aussi des amorces de rupture qui fragilisent les métaux. En résumé, les dislocations sont utiles si elles sont rares et nuisibles si elles sont nombreuses.

Comme dans le cas précédent, nous devons donc disjoindre la notion de défaut, au sens conceptuel, et celle de qualité, au sens pratique.



<u>Figure 20</u> : Une dislocation dans un cristal de germanium observée au microscope électronique

(la ligne d'atomes indiquée par une flèche s'interrompt brusquement).

DU DESORDRE VERS L'ORDRE

Le modèle moléculaire représentant le gaz parfait conduit tout naturellement à un modèle moléculaire des liquides:

- Pour un gaz, les molécules sont éloignées les unes des autres, si bien qu'il existe un grand volume vide disponible. C'est pour cela qu'un gaz est compressible parce que l'on peut réduire ce volume en appuyant sur un piston (fig. 21a).
- La compression ne peut pas se poursuivre indéfiniment. Le volume vide disponible se réduit progressivement et lorsque les molécules arrivent au contact, on atteint une limite: le gaz s'est liquéfié* et le liquide est incompressible (fig. 21b).
- Pour un liquide, les molécules sont en contact mais elles peuvent glisser les unes sur les autres comme les grains de sable d'un sablier. C'est pour cela que les liquides sont fluides (fig. 21c et d).
- L'agitation des molécules dans un liquide reste désordonnée, ainsi qu'en témoigne le mouvement brownien. Toutefois, il reste une question à poser : le désordre des liquides est-il tout aussi parfait que celui des gaz ? La réponse est donnée par l'analyse aux rayons X.

Les diagrammes de rayons X des liquides ne révèlent pas ces symétries très marquées que l'on observe avec les monocristaux mais elles font apparaître néanmoins une certaine forme d'ordre. Pour cela, il faut présenter les résultats sous une forme appropriée : la variation de la densité moléculaire moyenne en fonction de la distance moyenne entre les molécules (fig. 22). L'exemple du mercure, monoatomique à l'état liquide, est très révélateur : on constate que les régions de forte densité sont celles qui correspondent, dans le cristal, aux distances des voisins les plus proches d'un atome donné.

Ce résultat nous conduit à un modèle élémentaire pour représenter la struc-

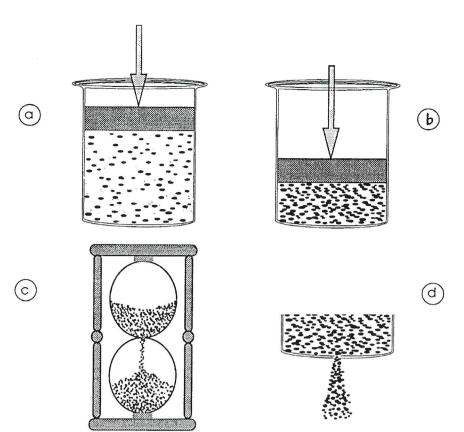
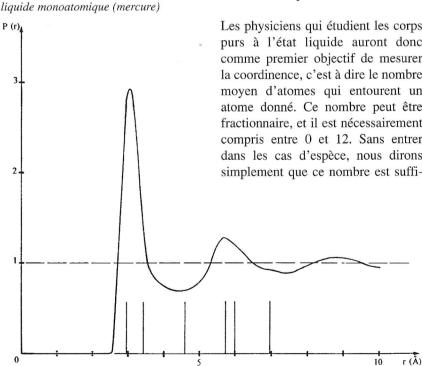


Figure 21 : Le modèle moléculaire permet d'expliquer les propriétés des gaz et des liquides :

- a) Un gaz est compressible
- b) Un liquide est incompressible
- c) Les grains de sable d'un sablier peuvent s'écouler
- d) Les molécules d'un liquide peuvent s' écouler

Figure 22 : Variation de la densité moléculaire en fonction de la distance intermoléculaire pour un



ture microscopique d'un liquide monoatomique. Chaque atome est représenté par une sphère entourée de sphères identiques au contact. Dans ce cas la géométrie euclidienne nous enseigne que l'on peut placer au maximum douze sphères tangentes à la sphère centrale et douze seulement. Il ne reste plus assez de place pour une treizième en raison de l'empêchement stérique.

Les physiciens qui étudient les corps purs à l'état liquide auront donc comme premier objectif de mesurer la coordinence, c'est à dire le nombre moyen d'atomes qui entourent un atome donné. Ce nombre peut être fractionnaire, et il est nécessairement compris entre 0 et 12. Sans entrer dans les cas d'espèce, nous dirons simplement que ce nombre est suffi-

^{*} Sous réserve que l'on soit en dessous de la température critique

samment grand pour que l'on puisse dire que dans un corps pur liquide chaque atome est encagé par les atomes voisins. Cette cage est en perpétuel renouvellement mais son existence est indiscutable. Il v a donc un ordre local, à courte distance, alors que le désordre à longue distance est total.

L'ASSOCIATION **DE L'ORDRE ET DU DESORDRE**

Ce dernier paragraphe, consacré aux cristaux liquides, va représenter la limite ultime d'utilisation de notre modèle de structure, puisqu'il s'agit du cas hybride où les concepts d'ordre et de désordre vont intervenir avec une égale importance.

C'est en 1888 qu'un botaniste autrichien, Reinitzer, s'est intéressé aux propriétés particulières du benzoate de cholestérol, qu'il venait de synthétiser. Il a constaté que ce nouveau composé était solide et cristallisé en dessous d'une température de 145°C, liquide, transparent et isotrope, au

Par la spectrométrie de rayons X, on a pu décrire leurs structures : ce sont des composés organiques, formés de molécules allongées, et qui occupent une place bien précise entre les cristaux, qui sont ordonnés, et les liquides, qui sont désordonnés (fig. 23).

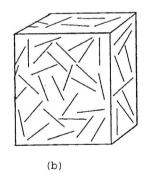
On distingue essentiellement trois types de cristaux liquides :

- Nématique (fig. 23 c)

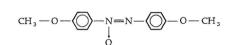
- Cholestérique (fig. 23 d)

- Smectique (fig. 23 e)

Par exemple, dans un cristal nématique, il n'y a pas d'ordre à courte dis-



dessus d'une température de 179°C. Entre ces deux limites de température, il a identifié une phase particulière où ce composé est d'une part, optiquement anisotrope, ce qui l'apparente aux cristaux, et d'autre part fluide, ce qui l'apparente aux liquides ; il venait ainsi de découvrir le premier des cristaux liquides. On en connaît d'autres depuis.



sa formule développée (fig. 24)

tance, car la position relative de deux

molécules voisines est arbitraire,

mais il y a un ordre à longue distance,

car deux molécules quelconques ont

la même orientation, même si elles

sont très éloignées l'une de l'autre

(fig. 23c). Un des cas les plus simples

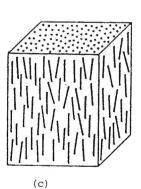
de cristal nématique correspond au

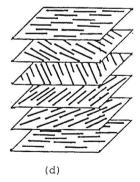
para-azoxyanisole: la structure allon-

gée de sa molécule apparaît bien sur

Figure 24 : Formule développée du paraazoxyanisole (cristal liquide nématique)

Pendant très longtemps, les cristaux liquides ont été considérés comme de simples curiosités de laboratoire jusqu'au jour où l'on a découvert que leurs propriétés optiques étaient très sensibles à l'action des champs électriques. Avec une différence de potentiel de 1,5 V on peut rendre opaque une mince couche d'un cristal nématique placée entre polariseur et analyseur croisés. Si les électrodes appliquant cette différence de potentiel ont la forme de chiffres, toutes les conditions sont réunies pour obtenir un affichage numérique. Les applications de cet affichage sont multiples ainsi qu'en témoignent nos braceletsmontres (fig. 25). En bref, l'aventure des cristaux liquides est une très belle illustration du chemin qui conduit de la science fondamentale à la science appliquée.





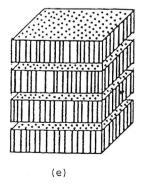


Figure 23 : Modèles de structure

a) Structure ordonnée : le cristal

(a)

- b) Structure désordonnée : le liquide
- c) Structure hybride : le cristal liquide nématique
- d) Structure hybride : le cristal liquide cholestérique
- e) Structure hybride : le cristal liquide smectique



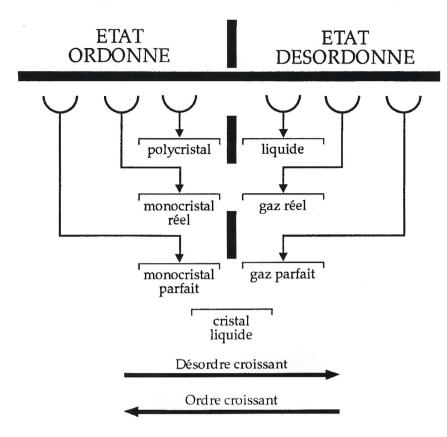
Figure 25 : L'affichage numérique d'une montre-bracelet est une très belle application des propriétés des cristaux liquides

CONCLUSION

Au terme de ce vaste panorama qui nous a conduit progressivement des structures simples aux structures complexes nous pouvons illustrer la fécondité des concepts d'ordre et de désordre en un seul tableau.

Il ne nous reste plus qu'à conclure en citant un humoriste célèbre, Pierre

DAC, qui disait : «Pourquoi faire simple quand on peut faire compliqué». Paraphrasant largement cet aphorisme de Pierre DAC nous dirons que les physiciens ont fait simple d'abord, pour pouvoir faire compliqué ensuite.



BIBLIOGRAPHIE

- A. GUINIER

«La structure de la matière» collection «Liaisons scientifiques» Editions Hachette CNRS, Paris 1980

- C. KITTEL

«Introduction à la physique de l'état solide» Editions Dunod, Paris 1970

- Y. QUERE

«Physique des matériaux» Editions Ellipses, Paris 1988

- Ch. RUHLA

«La physique du hasard» collection «Liaisons scientifiques» Editions Hachette CNRS, Paris 1989

BIBLIOGRAPHIE

LA FORET, LE SAVOIR ET LES CITOYENS

Organisé à Montceau-les-Mines et le Creusot en novembre 1993 par l'Agence Nationale de Création Rurale, avec la participation de nombreux organismes, le colloque européen "La forêt, le savoir et les citoyens" s'était fixé comme objectif d'apporter des réponses aux questions que tout citoyen se pose sur la forêt. L'objectif était ambitieux puisqu'il s'agissait de faire dialoguer des spécialistes de plusieurs disciplines : biologistes, ethnologues, sociologues, économistes, historiens, artistes et écrivains!

De cette confrontation devait naître un ouvrage qui est désormais disponible* et une immense exposition "Forêt du monde, forêt des hommes" que l'on pourra découvrir au Muséum d'Histoire Naturelle de Paris à partir de la mi-juin...

Dans un domaine aussi sensible, qui touche de près l'environnement, où les problèmes sont traités de manière souvent passionnelle et où, hélas, ni la bonne foi, ni la

compétence ne sont monnaie courante - ce qui ne facilite pas l'information objective du public -, il est bon qu'une confrontation regroupant des points de vue aussi divers puisse s'établir, permettant d'examiner des faits et non des opinions.

Il est significatif, par exemple, que selon une enquête d'opinion 85 % des Français s'imaginent que la forêt française est menacée, alors qu'en réalité, elle est menacée... de sous-exploitation! Dans les pays pauvres, en revanche, la déforestation devient inquiétante. En fait, les problèmes sont complexes et ne peuvent être abordés sans examen approfondi.

Le recueil d'interventions que contient "La forêt, le savoir et les citoyens" contribuera grandement à éclairer ce débat.

R.J.

* 190 F - Editions ANCR 71324 Châlon-sur-Saône Cedex - Tél. 85 48 54 26

Radicaux libres oxygénés et vieillissement

lusieurs observations ont contribué à l'élaboration d'une hypothèse du vieillissement basée sur le stress oxydatif :

- chez les mammifères et pour une espèce donnée, la longévité maximale est inversement proportionnelle au niveau du métabolisme basal :
- pour une même espèce les sujets hibernant vivent plus longtemps que ceux qui n'hibernent pas ;
- L'espérance de vie d'animaux poïkilothermes peut être allongée plusieurs fois par réduction de la température ambiante qui diminue l'activité métabolique;
- la durée de vie des mouches domestiques est plus que doublée par suppression de l'activité du vol ;
- chez les mammifères la production d'anion superoxyde et de peroxyde d'hydrogène par les mitochondries augmente avec l'âge. Elle est d'autant plus faible que la longévité maximale est grande;
- la quantité d'alcanes résultant de la peroxydation lipidique augmente avec l'âge dans l'haleine des mammifères et des insectes ; elle augmente également chez les insectes soumis à une stimulation métabolique.

Selon cette hypothèse, le vieillissement résulterait d'un déséquilibre croissant entre la production des radicaux libres oxygénés et les moyens de défense anti-oxydante. Les radicaux libres oxygénés sont susceptibles de provoquer de nombreuses altérations structurales et fonctionnelles aussi bien au niveau des membranes cellulaires que des



Pr. Claude GENTOU
Docteur en Médecine,
Docteur-ès-Sciences (Paris),
Professeur des Universités
(Biochimie Médicale
et Biologie Moléculaire)
et Praticien hospitalier,
Chef de Service du Laboratoire
de Biochimie Médicale
et Immunochimie
au CHU de Clermont-Ferrand
(Hôpital Gabriel Montpied).

Les radicaux libres oxygénés ont pris, ces dernières années, une place importante en médecine. Moyens de défense contre les bactéries au cours de la phagocytose, ces molécules interviennent dans de nombreux processus pathologiques et participent à l'usure de la vie.

noyaux ou des structures extracellulaires telles que les fibres de collagène et d'élastine.

Un radical libre est une espèce chimique mono ou polyatomique, neutre ou chargée, possédant un électron célibataire dans une orbitale de la couche périphérique de valence. On le représente habituellement par le symbole R*. Un radical libre cherche à apparier son électron célibataire dans l'environnement immédiat, ce qui explique sa grande réactivité et sa demie-vie très courte d'où la difficulté technique d'une mesure directe intracellulaire. On utilise le plus souvent des méthodes indirectes: dosage dans le sang circulant des activités enzymatiques antioxydantes telles que superoxyde-dismutase (SOD et glutathion -peroxydase (GPx), ou des produits de dégradation oxydative des lipides et plus particulièrement des acides gras polyinsaturés (AGPI), par exemple le malone-dialdéhyde (MDA), ou mieux les alcanes (éthane et pentane) contenus dans l'air expiré.

L'anion superoxyde $O_2^{\overline{z}}$ est le radical libre produit en plus grande quantité. Il est produit aussi bien par les phagosomes des polynucléaires et des macrophages ou autres cellules lors de la phagocytose que par les mitochondries de toutes les cellules où 2 à 3 % de l'oxygène moléculaire, échappant à la voie respiratoire normale selon la réaction : $O_2 + 4 H^+ + 4 e^- \Rightarrow 2H_2O$, subit une réduction monoélectronique donnant naissance à l'anion superoxyde selon la réaction : $O_2 + e^- \Rightarrow O_2^{\overline{z}}$

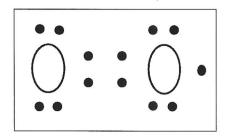


Schéma de LEWIS de l'anion superoxyde $O_2^{\overline{2}}$

L'anion superoxyde O2 n'agit directement que dans les milieux sans protons (H⁺), par exemple l'intérieur des membranes cellulaires. Aussi, bien que facilement diffusible, O₂ est relativement toxique. En milieu aqueux, cet anion subit une dismutation pour former du peroxyde d'hydrogène et de l'oxygène moléculaire selon la réaction :

$$2O_{2}^{-} + 2 H^{+} \Rightarrow H_{2} O_{2} + O_{2}$$

catalysée par le groupe des superoxyde-dismutases (SOD). Il existe une SOD à cuivre et à zinc dans le cytosol et une SOD à manganèse dans les mitochondries.

Le peroxyde d'hydrogène, très toxique est transformé en eau (H2O) par une catalase, enzyme présente dans les hématies et les péroxysomes, selon la réaction:

et surtout par la glutathion-peroxydase (GPx) à sélénium, selon les réactions couplées suivantes :

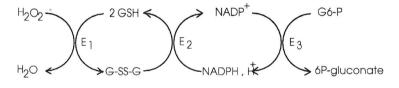
Il peut arriver qu'un certain nombre de radicaux libres échappent à ces moyens défensifs, soit qu'il s'agisse d'une augmentation massive de leur production, soit d'une diminution des défenses naturelles.

Dans ce cas, secondairement à la formation d'anion superoxyde $O_2^{\bar{i}}$ et de peroxyde d'hydrogèe H2O2 en excès, va apparaître le radical hydroxyle OH' plusieurs milliers de fois plus réactifs que O. Par exemple, la rupture homolytique de la liaison 0-0 dans H₂O₂ conduit à la production de deux radicaux hydroxyle OH*. Cette scission peut être provoquée par la chaleur ou des radiations ionisantes. Mais des traces de fer ferreux (Fe++) ou de cuivre cuivreux (Cu+) suffisent pour former le radical hydroxyle selon la réaction:

 $Fe^{++} + H_2 O_2 \Rightarrow Fe^{+++} + OH^- + OH^-$ (réaction de FENTON) ou $CU^+ + H_2 O_2 \Rightarrow Cu^{++} + OH^- + OH^-$ (réaction de CZAPSKI)



Schéma de LEWIS du radical hydroxyle



avc E1 = glutathion-peroxydase

E2 = glutathion-réductase

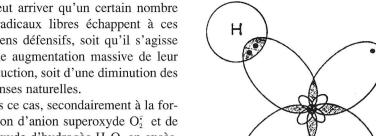
E3 = glucose 6 phosphate déshydrogénase

GSH = glutathion réduit

GSSG = glutathion oxydé

G6P = glucose 6 phosphate

La dépendance des enzymes SOD et GPx d'oligoéléments métalliques permet de comprendre l'importance du sélénium, du zinc et à un moindre degré du cuivre et du manganèse dans la défense de l'organisme contre la formation des radicaux libres.



à ne pas confondre avec l'ion hydroxyle OH-:



Le radical hydroxyle agit à l'endroit où il s'est formé; sa toxicité dépend de la localisation des complexes métalliques qui ont initié sa formation. Il faut toutefois considérer que les métaux (Fe ou Cu) chélatés dans des complexes protéiques ne participent pas à ces réactions, ce qui n'est plus vrai pour des complexes avec des petites molécules organiques telles que citrate, ADP, ATP. Le radical hydroxyle réagit avec de nombreuses molécules se trouvant dans la cellule : lipides et protéines membranaires, protéoglycanes, acides nucléiques. Ces réactions donnent lieu à des modifications structurales et à la formation de radicaux libres secondaires par réactions en chaîne.

Ainsi les lipides membranaires sont une cible privilégiée, en particulier au niveau des AGPI. Il en résulte une lipoperoxydation qui intervient à long terme dans le vieillissement des parois artérielles. Les AGPI ont plusieurs doubles liaisons séparées par un atome de carbone saturé : ex. acide linolénique:

$$OH^{\bullet_{+}} \bigvee_{H} \stackrel{+}{\bigvee_{H}} \longrightarrow \bigvee_{H^{\bullet}} \stackrel{+}{\bigvee_{H}} \stackrel{+}{\bigvee_{H}} OH^{\bullet_{+}} \bigvee_{H^{\bullet_{+}}} \stackrel{+}{\bigvee_{H}} OH^{\bullet_{+}} \bigvee_{H^{\bullet_{+}}} \stackrel{+}{\bigvee_{H^{\bullet_{+}}}} OH^{\bullet_{+}} \bigvee_{H^{\bullet_{+}}} OH^{\bullet_{$$

soit : LH + OH[•] ⇒ L[•] + H₂O (L[•] étant le alkyl). Ce radical alkyl tend à se stabiliser par réarrangement intramoléculaire en diène conjugué qui réagit très vite avec l'oxygène moléculaire :

$$\longleftrightarrow \bigvee_{H} \overset{+Q_{2}}{\longleftrightarrow} \bigvee_{H} \overset{-Q_{2}}{\longleftrightarrow} \bigvee_{H} \overset{-$$

Après la première réaction d'initiation, c'est la réaction de propagation : L⁺ + O²

COO⁺ (LOO⁺ étant le radical peroxyle) LOO⁺ propage la réaction sur un AGPI voisin, l'organisation en bicouche des membranes favorisant cette propagation :

LOO' + LH ⇒ L' + LOOH (LOOH étant un hydrolipoperoxyde).

Des réactions secondaires peuvent donner naissance à des radicaux alkoxyles (LO*) en présence de Fe⁺⁺ : LOOH + Fe⁺⁺ ⇒ LO* + Fe⁺⁺⁺ + OH⁻ mais aussi

LOOH + Fe⁺⁺⁺ → LOO* + Fe⁺⁺ + H⁺ Le radical alkoxyle peut propager à son tour la lipidoperoxydation :

 $LO^{\bullet} + LH \Rightarrow L^{\bullet} + LOH$ (LOH étant un hydrolipoxyde)

La réaction en chaîne se termine heureusement assez vite, soit par recombinaison de deux radicaux libres entre eux:

 $L_1 + L_2 \Rightarrow L_1L_2$ $L' + LOO' \Rightarrow LOOL$

r, + ro, ⇒ ror

 $L_1OO^{\bullet} + L_2OO^{\bullet} \hookrightarrow L_1L_2 + 2O_2$ $L_1OO^{\bullet} + L_2OO \hookrightarrow L_1OOL_2 + O_2$

soit par intervention de piégeurs de radicaux libres qui sont les vitamines E et C surtout.

La propagation de la réaction radicalaire en chaîne dans la membrane fait donc apparaître d'autres radicaux libres organiques (L*, LO*, LOO*) et des hydroperoxydes (LOOH). Les hydroperoxydes en présence de traces de métaux se décomposent en donnant des hydrocarbures (éthane, pentane), des aldéhydes (MDA, 4 hydroxynonénal) des diènes ou triènes conjugués, des acides et des pigments (lipofuscines). Une partie de ces molécules est cytotoxique du fait de leurs propriétés oxydantes.

Au total la lipoperoxydation entraîne des pontages entre les lipides membranaires modifiant ainsi la fluidité et la perméabilité des membranes cellulaires. Le cholestérol nécessaire à la fluidité membranaire peut être transformé en oxycholestérol qui ne joue plus son rôle, ce qui tend à rigidifier

encore plus les membranes.

Les radicaux libres oxygénés ou les produits de la lipoperoxydation peuvent altérer les protéines, notamment les résidus cystéine qui sont pontés par liaison disulfure en résidus cystine. De même les acides nucléiques peuvent être cassés avec des pertes ou des modifications des bases. Les radicaux libres sont donc à l'origine d'un grand nombre d'altérations structurales et fonctionnelles, des membranes plasmiques jusqu'au cœur des novaux cellulaires. Ces processus peuvent également toucher les structures extra-cellulaires telles que les fibres d'élastine et de collagène qui subissent des pontages intra et intermoléculaires. Il en résulte une fibrose particulièrement visible au niveau cutané lors du vieillissement. A ce sujet il faut rappeler que les traitements radiothérapiques ou des exposi-

A ce sujet il faut rappeler que les traitements radiothérapiques ou des expositions prolongées au soleil ou aux rayons ultra-violets provoquent la formation de radicaux libres en excès, soit par photooxydation soit par photosensibilisation, entraînant des effets néfastes au niveau cutané. Le soleil participe au vieillissement de la peau par augmentation des oxydations radicalaires.

Face à la production permanente mais plus ou moins intense de radicaux libres oxygénés, l'organisme possède des systèmes naturels de défense tels que la superoxyde-dismutase et la glutathion-peroxydase. Ces enzymes n'agissent qu'en présence d'oligoéléments métalliques (zinc, sélénium, cuivre, manganèse). Il existe aussi des substances naturelles présentes habituellement dans une alimentation équilibrée qui agissent directement en piégeant les radicaux libres. Parmi ces substances on trouve les vitamines E, C, A et les béta-carotènes. La vitamine E est un très bon antioxydant. Sa structure contient une chaîne latérale isoprénoïde et un noyau chromanol:

La chaîne latétale lipophile permet à la molécule de pénétrer dans les doubles couches lipidiques des membranes cellulaires et la fonction phénol du noyau chromanol réagit avec les radicaux peroxyles à une vitesse environ cent fois plus grande que celle de la réaction des radicaux peroxyles avec les AGPI. Une molécule de vitamine E (tocophérol alpha) est capable d'inhiber la peroxydation de 1000 molécules d'AGPI. Il se forme un radical Tocophéryle tandis que le radical peroxyle (L00°) est transformé en hydroperoxyde lipidique selon la réaction :

L00° + tocophérol (vita. E) ⇒ L00H + tocophéryle° (vita E°)

La vitamine E (tocophérol) est régénérée aux dépens de la vitamine C. Des arguments contradictoires sont cependant fournis par l'étude de la concentration en vitamine E dans le sang circulant d'individus ayant le même âge : elle se révèle très variable ; de même l'addition de vitamine E dans l'alimentation de diverses espèces animales ne modifie pas de manière significative leur longévité. Malgré ces observations il est fréquent de prescrire la vitamine E ou d'autres antioxydants dans la thérapeutique anti-sénescence.

Il semble que ces prescriptions aient des effets significatifs sur la durée moyenne de vie chez l'homme et non sur la longévité maximale. Mais cet effet s'explique davantage sur les pathologies associées au vieillissement telle l'athérosclérose que sur le vieillissement proprement dit. On sait maintenant que les radicaux libres oxygénés sont impliqués dans l'athérogénèse aussi bien par les produits de la lipoperoxydation que par action spécifique sur les lipoprotéines de faible densité (LDL) et sur le choléstérol. On considère que dans l'athérosclérose les radicaux libres oxygénés entraînent un stress oxydatif chronique avec auto-entretien de la formation radicalaire et déficience des systèmes de protection (enzymes et vitamines).

En bref les radicaux libres participent aux processus métaboliques du déclin et de la mort des êtres vivants mais ne semblent pas en être la cause première.

LIBRES OPINIONS

Les Parasciences

CONSTAT

Hubert Curien dans la séance d'ouverture du colloque de la Villette le 24 février 1993 déclarait que les parasciences ne poseraient pas de problème... si elles n'éloignaient l'opinion publique des sciences. On a cru qu'une société technologique avancée aurait pour conséquence une élimination rapide de la pensée irrationnelle et ferait reculer les superstitions. Certains voyaient même dans les progrès des sciences modernes la promesse et le gage d'une émancipation politique des citoyens (ex. le Shah en Iran).

Et l'on constate que la diffusion des sciences et techniques n'a pas fait reculer les sciences «parallèles»! Il arrive même que la croyance aux phénomènes paranormaux augmente avec le niveau culturel. Les collègues enseignants, surtout les instituteurs, sont particulièrement vulnérables (exception peut-être pour ceux du supérieur). L'astrologie, disparue dans la deuxième moitié du XIXème siècle, est maintenant présente à la radio et à la télévision sur des plages horaires grand public et sur plus de 200 serveurs minitel. On arrive même à bâtir des émissions autour du paranormal («Mystère» sur TF1). Des publicités proposent des aphrodisiaques vous rendant irrésistible, des méthodes permettant de vous dominer... et aussi de dominer les autres. L'attirance vers les thérapies parallèles et les religions orientales s'amplifie.

Force est de constater que l'éducation scientifique a échoué, même dans le monde occidental. Seulement 7 % de la population peut comprendre un

Roland FUSTIER Professeur au Lycée de Riom

discours n'utilisant que des éléments et concepts de base (niveau collège et lycée) et cela touche même une partie des couches sociales élevées. Cela n'empêche pas les citoyens d'admettre la puissance des réalisations technologiques lorsqu'elles apportent un bien-être au niveau de la vie quotidienne tout en leur reprochant leur aspect tyrannique et indéchiffrable.

Régis Debray (Libération du 12 août 1994) voit dans cette situation des implications politiques importantes. Il s'étonne que la brèche intégriste islamique se soit manifestée d'abord dans les écoles techniques puis dans les facultés des sciences! Et de s'inquiéter de voir la modernité, le rationnel, le mondialisme battus en brèche par l'archaïsme, l'irrationnel et le nationalisme (le nombre de pays où temporel et spirituel sont séparés diminue). La laïcité pour lui est l'enjeu de demain et l'éducation scientifique doit y assumer sa part.

Une enquête a permis d'apporter quelques éléments de réflexion au Colloque de la Villette. Parmi les résultats, il est à noter que les 35-64 ans, les pratiquants assidus d'une religion et les tenants de l'athéisme sont moins touchés. Mais oh surprise! Les gens s'intéressant à la science manifestent autant d'intérêt pour le paranormal que le reste de la population. Les personnes mal insérées dans le monde du travail, menacées par le chômage, vivant une solitude affective, éprouvant un sentiment d'insatisfaction, sont plus touchées.

ESSAYONS DE COMPRENDRE CE SUCCES

Nous pourrions nous contenter de dire que le succès du paranormal est dû:

- à une méconnaissance ou au manque de maîtrise du savoir scientifique
- à l'attitude de certains milieux scientifiques ne faisant pas preuve d'un pédagogisme affiné
- à une crainte de l'avenir

Nous serions rassurés car on pourrait trouver des moyens d'action pour améliorer la situation avec une politique sociale plus volontariste, par le développement de la recherche, de la pédagogie, de l'éducation scolaire et civique. Mais quand on affine l'analyse cela paraît plus compliqué.

1°) RAISONS POLITIQUES ET SOCIALES

Les séquelles «soixante huitardes», les protestations contre tout ce qui est officiel (institutions scientifiques, pouvoirs politiques, confessions dominantes) et l'échec du marxisme ont participé aux succès des parasciences. En effet, le progrès scientifique n'est pas fondateur d'une nouvelle morale pas plus que d'un système politique universel et incontestable. Le marxisme prétendait résoudre les problèmes de sociétés et chercher le salut individuel par des solutions soi-disant scientifiques. C'est sans compter qu'une maîtrise de plus en plus grande de l'espace et du temps n'est acquise qu'au prix d'une dépersonnalisation. Le développement des parasciences est aussi perçu comme une victoire de l'intuitif

sur le rationnel et peut-être du féminisme sur le machisme...

2°) RAISONS HUMAINES

La rationalité scientifique est souvent confondue avec la puissance technologique. Les sciences, en principe à l'opposé du dogmatisme, ne sont pas perçues comme telles, alors que les parasciences apparaissent plus ouvertes, plus proches des hésitations humaines. La psychologie, en plaquant le vocabulaire de la physique sur l'humain, apporte un peu de confusion dans la perception du monde (ex. attraction, répulsion, force, puissance...)

Lorsqu'on encourage à voir avec le «coeur» plutôt qu'avec le «cerveau», on laisse choisir les informations qui permettent de confirmer ses convictions et de valider subjectivement ses désirs.

3°) RAISONS SCIENTIFIQUES

D'une part on reproche à la recherche de ne pas avancer assez vite (insuffisance de nos connaissances sur des questions concernant notre avenir individuel et collectif, par exemple dans le domaine de la santé et de l'environnement). D'autre part, et simultanément, on regrette que la raison et la méthode expérimentale tuent le mystère !... La biologie est devenue performante en devenant de la chimie moléculaire, entrant par là dans le domaine de l'inanimé...

Il n'empêche que la recherche fondamentale en physique et en biologie a fait éclater les limites du déterminisme. Les sciences occultes peuvent alors apparaître comme un insidieux complément... La rationalité est parfois mise à contribution pour accréditer le paranormal! Un certain nombre de scientifiques affirment que ce qui est considéré comme paranormal aujourd'hui pourrait être la science de demain. Attention, les novateurs sont seulement des personnes qui vivent mal la pression de la conformité. Ils ne remettent pas en cause les décou-

vertes passées au crible de la «méthode scientifique» reconnue et acceptée mais bravent seulement le consensus de la majorité des spécialistes sur des questions partiellement ou non élucidées à un moment donné (on peut discuter de l'univers ouvert ou fermé mais pas de l'existence de l'ADN).

4) RAISONS ÉDUCATIVES

La massification de l'enseignement s'accompagne d'une diminution relative des bacheliers scientifiques malgré tous les efforts de rénovation pédagogique en sciences expérimentales! L'enseignement secondaire a trop longtemps privilégié l'abstraction à des fins de sélection intellectuelle, alors que le citoyen aspire à une vie plus facile, à plus de confort et de loisirs. Alors, prétextant de trouver un créneau valorisant à chacun, on élimine les difficultés, on encourage la différence donnant l'impression de revaloriser l'affectif et la spiritualité (course aux enseignements optionnels, succès des radios libres, incitation à de nouvelles formes d'expression: rapp, tag...)

5) RAISONS RELIGIEUSES

Par souci d'efficacité les sciences ont dû se dissocier des religions et des traditions initiatiques laissant apparaître un sentiment de frustration et de vide. Les églises occidentales ayant renoncé à leurs pratiques protectrices, les parasciences apparaissent alors comme la possibilité d'une vision cosmologique sans médiateur. Ce ne serait pas grave si les marchands de superstition ne demandaient, eux, qu'à servir de médiateur... moyennant certains dédommagements!

Des techniques orientales ou africaines détachées de leur contexte, des mythes très anciens remontant à l'antiquité et même à la préhistoire, cultivés à la «sauce» scientifique, assouvissent le besoin de magie à la tonalité parfois érotique. L'usage dogmatique de mots vides, de croyances impossibles à tester, d'un langage ésotérique, permettent d'échapper au réel.

ARRETONS-NOUS SUR QUELQUES DOMAINES

a) LES MÉDECINES PARAL-LÈLES

Le refus de l'élitisme professionnel, de la hiérarchie hospitalière, où certains mandarins donnent l'impression de délaisser le malade au profit de leur recherche, se répand chez certains médecins soutenus par leurs patients. Ces derniers ont l'impression de n'être qu'un numéro en bout de chaîne. C'est ainsi que de nombreux médecins généralistes pratiquent homéopathie, acupuncture, phytothérapie, auriculothérapie. Aucun diplômé ne va cependant jusqu'à s'adonner au magnétisme et la radiesthésie. Les réussites partielles de ces pratiques ne leur ont pas permis de s'intégrer à une médecine officielle très positiviste. Les patients refusant l'uniformisation ont l'impression de recevoir des soins plus personnalisés. Leur succès est aussi à mettre en parallèle avec la poussée écologique qui souhaite la victoire de la nature sur la technicité. Les médecines parallèles abandonnent la cause unique, globalisent le sujet, abordent l'immatériel et à nouveau satisfont le besoin de pénétrer dans le mystère.

b) L'ASTROLOGIE

Principe: les configurations astrales au moment de la naissance et dans les trois premiers mois de la vie d'un individu impriment une image qui le suivra pendant tout le reste de son existence. Développée au XVIIème siècle (Kepler lui-même s'y intéressait), elle avait disparu et réapparaît en force après la seconde guerre mondiale. Saint-Augustin la dénonce car, en invoquant le ciel, les astres et le créateur, l'homme se décharge de ses fautes. La science a participé aussi un peu à son retour en découvrant des phénomènes aléatoires où le hasard a sa place à côté d'un déterminisme pur.

c) LA NUMÉROLOGIE

Le calcul a montré toute sa puissance

pour interpréter, pour ordonner le monde et prévoir les phénomènes. Il n'est plus seulement un outil mais un objet de culte (la mécanique quantique a favorisé cette tendance en présentant les particules sous forme de nombres). Un créneau est ouvert, il ne s'agit plus que de s'y engouffrer!

d) A LA FRONTIÈRE DE LA PARASCIENCE

La caractérologie cherche à découvrir les soubassements de la personnalité plus qu'à prévoir les événements futurs.

Plutôt qu'une science, la graphologie est vécue comme un art. Son efficacité dépend des intuitions, des dons, du «feeling» de l'expert.

POSSIBILITES D'INTERVENTION

a) CE QU'IL NE FAUT PAS FAIRE

Nous devons éviter le culte scientiste laissant croire que les hommes de science délivrent des vérités absolues et détiennent les clés de la toute puissance. Ce n'est pas en pourfendant l'irrationalisme qu'on affaiblira son emprise. Le sarcasme, la guerre sainte, l'argument d'autorité ne convaincront pas ceux que tentent les sirènes de l'irrationnel.

b) CE QU'IL FAUT FAIRE

Respecter d'abord les différentes croyances et sensibilités et prendre le temps d'écouter.

Faire l'inventaire des différentes explications qu'on pourrait donner d'un phénomène avec les caractéristiques observées et cela, le plus objectivement possible.

Tenter de comprendre et d'identifier les motifs qui poussent certains dans les bras des séducteurs.

Cette attitude tolérante n'empêche pas d'être lucide et intransigeant lorsque des activités humaines étrangères à la méthode des sciences prétendent se parer du qualificatif dans un but mercantile ou dominateur. Roger Lesgards au Colloque de la Villette déjà cité déclare «qu'on n'a pas le droit de répondre à l'angoisse des hommes, à leurs rêves, à leurs aspirations par des supercheries ou des certitudes fabriquées». Les jeux paranormaux ne doivent pas être interdits, tant qu'ils restent anodins (jusqu'où accepter les jeux de rôles?).

c) C'EST QUOI LA SCIENCE ?

Elle n'est pas le seul mode de connaissance et son emprise a des limites. Elle ne doit pas apparaître seulement comme une batterie de calculs délivrant des certitudes. (L'empirisme et le rationnel ne sont pas toujours mathématiques). Elle ne nous livre pas un modèle de la nature mais plutôt un langage pour la décrire.

Elle doit apparaître comme une véritable pensée avec ses succès, ses audaces, mais aussi ses échecs et ses repentirs. Elle s'est parfois construite contre l'évidence. On ne doit pas enseigner seulement ses résultats mais aussi ses protocoles et ses incertitudes.

La raison alliée aux méthodes expérimentales recherche toujours la «cause» en repoussant toujours plus loin le «mystère». Les parasciences cherchent des procédures présentant une apparence scientifique, des doctrines qui ouvrent sur l'imaginaire et permettent une communication affective avec ses semblables afin de conjurer la solitude.

d) POUR UNE GRANDE PÉDA-GOGIE ET SURTOUT UN CER-TAIN ART DE VIVRE

La raison peut et doit, à ses risques et périls, tenter d'élucider le jeu des passions mais elle n'a pas le pouvoir de les abolir. La science doit gêner les dogmatismes et pour cela perdre son image d'austérité, de dureté et d'inhumanité. Pour cela trois conditions sont indispensables :

- 1) **la connaissance** : avoir quelque chose à dire
- 2) la pédagogie : adapter pour transmettre
- 3) la communication : faire en sorte qu'on veuille bien écouter en suscitant intérêt... et effort !

Il faut supporter de vivre avec un savoir incomplet, être capable de déclarer «je ne sais pas tout», assumer cette situation d'ignorance sans désespoir ni tentation de s'échapper dans l'irrationalité. Le recours de plus en plus massif en occident à des pratiques occultes de tonalité parascientifique ne peut être tenu pour un défi à la science elle-même mais aux objectifs éthiques, politiques, dans lesquels elle s'est laissé enrôler en perdant une partie de son âme, prenant à certains égards le relais des grandes religions. Elle doit bénéficier pourtant de circonstances atténuantes car la plupart des découvertes correspondent à une demande sociale.

Mais à vouloir concilier à tout prix sciences et morale, on en vient à chercher des synthèses scientifico-mystiques...

Et on se retrouve à la case départ !!!...

BIBLIOGRAPHIE

La pensée scientifique et les parasciences, Albin Michel Colloque de la Villette, 24-25 février 1993

Le paranormal face à la science, Henri Brach Revue du Palais de la Découverte n° 208, mai 1993

INFORMATION

L'Université Nice-Antipolis dispose d'un service minitel qu'on peut interroger sur les phénomènes paranormaux.

3615 ZES parasciences



INFORMATIONS REGIONALES



Patrimoine d'Auvergne

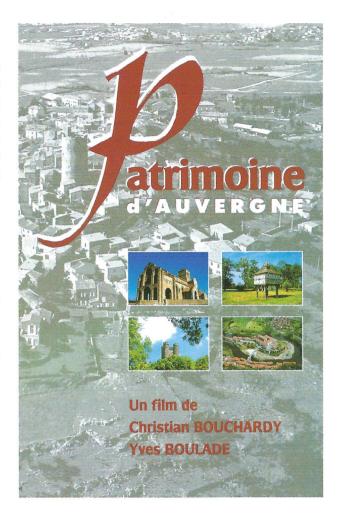
Un film de Christian Bouchardy et Yves Boulade

On s'imaginait volontiers Christian Bouchardy occupé à traquer la loutre le long des rivières poissonneuses de nos montagnes auvergnates et limousines, ou guettant le passage des oiseaux migrateurs. C'était oublier qu'au cours de ses déplacements le chasseur d'images découvrait un château méconnu, une chapelle haut-perchée sur un piton volcanique, une ferme de montagne au toit de lauze, parfois une simple croix au détour d'un chemin.

Tous ces témoignages du passé, modestes ou glorieux, comme les fameuses églises romanes, font partie d'un patrimoine inestimable qui relie entre elles les générations qui se sont succédé sur ce terroir auvergnat... et que vous découvrirez à votre tour.

Ce film de 44 minutes, réalisé avec le concours du Conseil Régional d'Auvergne est disponible à : Catiche Production 10, rue de Bellevue, 63830 Nohanent Tél. 73 60 53 32

Prix: 169 F + 20 F de frais de port



L'Auvergne en direct sur internet

Depuis 1991, CRATERE, plateforme régionale du réseau français RENATER, lie l'Auvergne aux autoroutes internationales de l'information d'INTERNET.

CRATERE, initialement réservé aux acteurs de la recherche, s'ouvre aux entreprises et progressivement au grand public.

Aussi, depuis le 17 mai 1995, l'Auvergne dispose de son propre serveur sur ce réseau. De n'importe quel point du monde, l'utilisateur d'INTERNET peut donc consulter une centaine de "pages écran" consacrées à l'Auvergne : potentiel naturel et touristique, mais aussi pôles de formation et, bien sûr, de recherche, ou données économiques seront à portée de main.

Ce serveur WWW, hébergé au laboratoire de Physique Corpusculaire de l'Université Blaise Pascal de Clermont-Ferrand, sera remis à jour régulièrement et enrichi au fil du temps. Il traduit la volonté de la Région d'Auvergne d'utiliser les outils de communication les plus novateurs pour être toujours "à l'heure du monde".

Adresse URL du serveur Auvergne : http://clrwww.in2p3.fz/ard/doc/1.html

Contact ARD AUVERGNE: Muriel ROURAT, Tél. 73 31 84 48