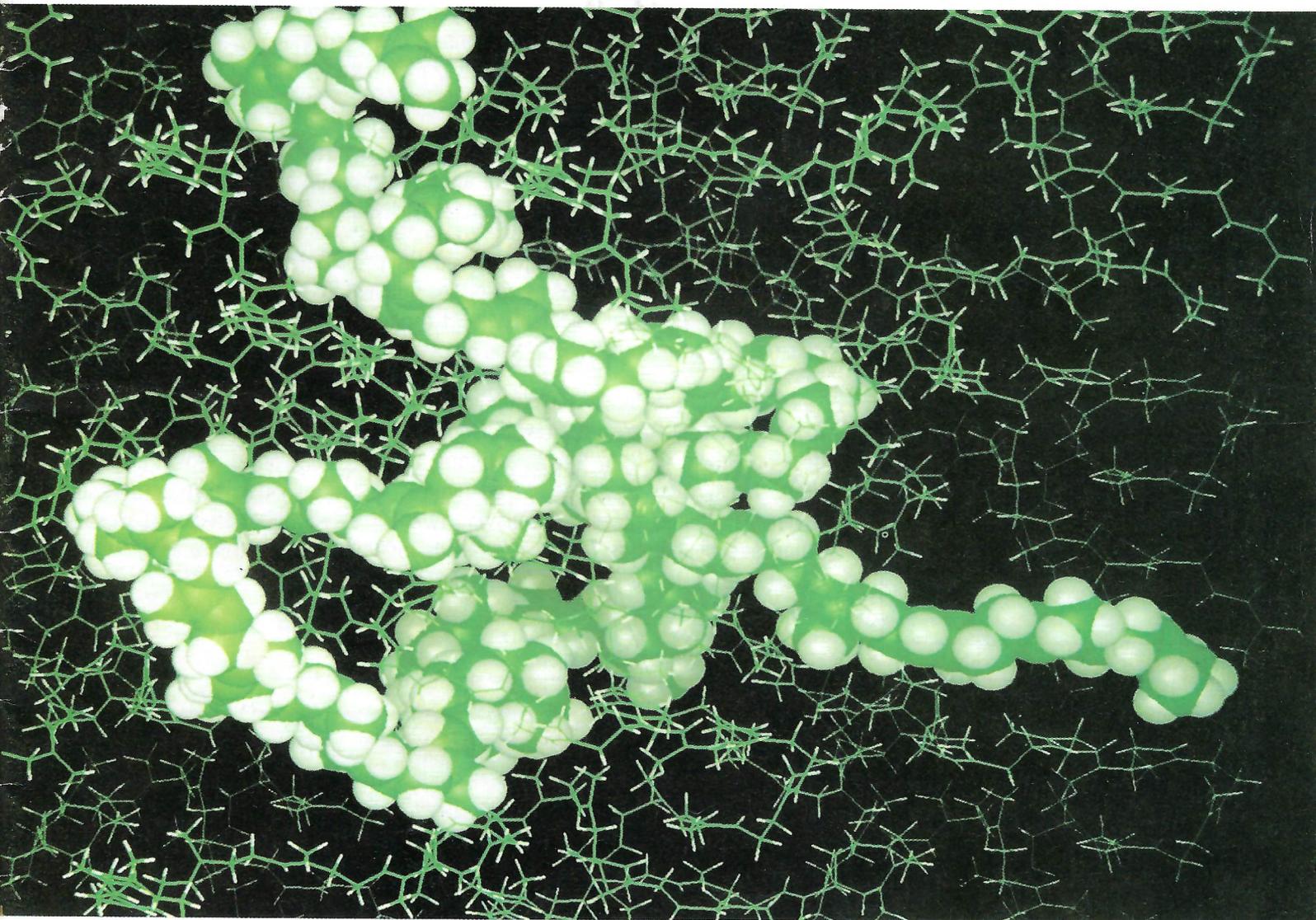


AUVERGNE SCIENCES

BULLETIN DE L'ADASTA

N° 21

Janvier - Février - Mars 1992



SOMMAIRE

- **Sciences Physiques,
Citoyenneté et vie
quotidienne**
Roland FUSTIER 3

- **Molécules géantes et
caoutchouc**
Michèle BRÉDIMAS,
Michel BARQUINS,
Jean-Pierre QUESLEL 6

- **Le satellite astrométrique
Hipparcos**
Pierre BACCHUS 19

- **Expositions - Stages
Conférences**
Les petits débrouillards 20

- **Nouvelles de la Région** 22

Le Conseil d'Administration de l'ADASTA s'est réuni le 30 janvier sous la présidence du Professeur SOLÉ. Étaient présents : M. le Professeur VESSIERE, Président d'honneur, M. RONDREUX, Directeur des Affaires scientifiques et techniques de la Manufacture Michelin, Vice-Président, M. MASSAUX, Vice-Président, M. JOUANISSON, Directeur Scientifique, Madame GÉLY, Secrétaire, M. CAPELANI, Trésorier, M. ALAZARD, de la Direction Régionale EDF, M. DELMAS, des Etablissements Roussel-Uclaf, Mme FLORI, Mme YACINE (Union des Physiciens), MM. CHAPELLE et DEPREUX, animateurs.

Le rapport d'activité, présenté par le Directeur Scientifique, fait apparaître une progression constante des activités de l'association qui a célébré en mars 1991 son 5ème anniversaire.

Comme vous le savez l'ADASTA organise des stages de formation pour les professeurs de lycées et collèges, des Universités d'Été ; elle crée des documents pédagogiques et des matériels innovants diffusés par son Centre de Ressources (expositions itinérantes, fiches pédagogiques, logiciels, un supplément pédagogique destiné essentiellement aux enseignants). L'ADASTA organise également des conférences, des visites d'entreprises, des séances d'initiation scientifique pour les jeunes. C'est ainsi que notre planétarium itinérant a été installé dans plus de 30 collèges différents au cours de l'année 1991.

L'intérêt suscité par ces activités prouve, si besoin était, qu'une structure comme la nôtre est nécessaire pour apporter une aide à la formation et notamment à l'enseignement secondaire dans les disciplines scientifiques.

Nous sommes loin de l'époque où un professeur pouvait, pendant des décennies, transmettre le même savoir, en utilisant les mêmes outils. Désormais, sciences et techniques évoluent vite et il convient de s'adapter à tout ce qui constitue un réel progrès sous peine de devenir rapidement archaïque.

C'est pourquoi le Conseil d'Administration a décidé d'alerter les collectivités locales (Conseil Régional, Conseil Général, Municipalités...) sur l'utilité pour le développement de la culture scientifique, de créer dans notre Région une véritable "Maison des Sciences et Techniques", dotée de moyens appropriés, où toutes les activités citées ci-dessus pourraient être développées en liaison avec les autorités universitaires, les organismes de recherche et les structures économiques de notre Région.

R. JOUANISSON.

L'ADASTA a reçu en 1991 le soutien financier

- de la Délégation à l'Information Scientifique et Technique (Ministère de la Recherche et de la Technologie)
- du Conseil Régional d'Auvergne
- de la Direction Régionale des Affaires Culturelles (Ministère de la Culture et de la Communication).

Auvergne-Sciences : publication trimestrielle

Adhésions et Abonnements :

Adhésion à titre individuel.....	100 F
Adhésion à titre collectif	500 F
Membre bienfaiteur	1000 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, UFR Sciences, 63177 Aubière Cedex - Tél. 73 40 72 26**

Photographie de couverture :

Simulation moléculaire d'une chaîne de caoutchouc naturel. (Document : BIOSYM)

Directeur de la Publication : Pierre SOLÉ
Rédaction : Roland JOUANISSON

Bulletin trimestriel - Abonnement : 100 F par an
Edité par ADASTA - Complexe des Cézéaux



CITOYENNETÉ ET VIE QUOTIDIENNE

Par Roland FUSTIER *

POSITION DU PROBLÈME

Définition du "Petit Robert" :

"La culture est l'ensemble des connaissances acquises qui permettent de développer le sens critique, le goût et le jugement".

Cette définition légitime la pleine contribution des Sciences Physiques à la culture et pourtant 70 % des français pensent le contraire. (6).

Or les évolutions sont si rapides à l'heure actuelle que l'écart se creuse entre le très petit nombre d'individus qui maîtrisent les nouveaux savoirs et la majorité des citoyens auxquels n'est accessible dans le meilleur des cas qu'une connaissance élémentaire. Ces derniers, s'ils le perçoivent, ne peuvent que subir le changement. Ne laissons pas le fossé se creuser entre une "oligarchie" de la connaissance scientifique et les autres, le troupeau des laissés pour compte ; les "zonards" de la culture scientifique devenus des proies faciles des nostradamus et autres annonciateurs de nouvelles en mal de sensation. Réduire cet écart est devenu impératif, l'exercice même de la démocratie est en jeu. Beaucoup d'actes de la vie quotidienne renvoient à des développements scientifiques et techniques. L'individu doit être amené à s'interroger sur ses connaissances et ses savoir-faire, tant dans son environnement professionnel que dans celui de ses activités personnelles ludiques, sportives ou culturelles.

ÉTAT DES LIEUX

La population dans notre société se compose en gros des 3 groupes suivants :

— 6 à 7 % des citoyens ont bénéficié d'une scolarité à dominante scientifique (cela correspond aux bacheliers C, D, E) ; ils sont acteurs de ce fait même, très souvent dans la branche scientifique ou technologique.

— 30 à 35 % ont reçu une formation scientifique élémentaire et plutôt floue (cela corres-

pond en gros aux bacheliers des autres sections).

— la population très hétérogène, non concernée par les deux groupes précités justifie certainement de connaissances acquises hors de l'école mais très difficiles à apprécier. Ceux qui lisent le plus de vulgarisations scientifiques n'ont pas de diplômes et transforment la science en croyance. Le grand public est souvent déçu car il attend des certitudes. (6).

On remarque que les ouvrages et les revues scientifiques de vulgarisation qui peuvent les intéresser voient leur vente stagner actuellement, tandis que la place des sciences à la télévision décroît (disparition de "l'avenir du futur" et de la "planète bleue"). (2). J.-M. Cavada déclare que l'accès aux connaissances par la télévision est plus restreint aujourd'hui que dans les années 60, alors qu'elle est plus nécessaire que jamais (la privatisation n'a rien arrangé). (6). On parle des scientifiques lorsqu'ils reçoivent le prix Nobel ou pour une découverte spectaculaire, mais l'intérêt retombe très vite.

I. - LES DÉCIDEURS

L'homme politique devrait s'attacher à traduire, débattre, expliciter, avant d'opérer des choix.

Si 60 % des élus estiment qu'il leur revient bien d'arrêter les choix d'intérêt général dans le domaine des sciences et techniques comme dans le domaine économique et social, les questions scientifiques ne viennent qu'en 6ème position de leurs préoccupations ! Ils se disent à la fois insuffisamment informés et gênés par la quantité des informations brassées dans le domaine scientifique. Ils trouvent excuse à ne pas dépasser cette contradiction dans le sentiment que sciences et techniques et leurs enseignements modifient les données à long terme alors que les problèmes sociaux sont à régler immédiatement.

Les politiques semblent sensibilisés aux questions concernant l'eau, les déchets, la sécurité nucléaire et l'environnement. 50 % estiment, sur ces thèmes grand public, manquer de connaissance et qu'ils ont des difficul-

tés à trouver des interlocuteurs capables de leur expliquer clairement et contradictoirement les enjeux. Leurs centres d'intérêt et leur information dépendent, bien entendu, de leur niveau d'études scientifiques (les plus initiés s'informent dans les revues spécialisées, les autres dans les quotidiens et hebdomadaires à grand tirage). (3).

N.B. - Il existe un office d'évaluation des choix scientifiques et technologiques pour les parlementaires.

INQUIÉTUDE PAR RAPPORT A CERTAINES ÉVOLUTIONS.

a) La décentralisation.

De nombreuses décisions touchant la vie quotidienne des Français se prennent à l'échelle de la commune ou des syndicats intercommunaux par des élus peut-être moins informés que les parlementaires et encore plus soucieux de l'immédiat (ex. incinérateur d'agglomération).

b) Le nombre de scientifiques accédant par élection aux responsabilités politiques semble devoir diminuer si la participation des économistes, travailleurs sociaux, diplômés des sciences humaines plutôt spécialistes de la communication, vient à se confirmer (profil de nos élèves de la section B).

II. - LE GRAND PUBLIC

Son intérêt pour les sciences se manifeste quand elles apparaissent à l'origine d'un débat politique ou éthique (énergie, environnement, santé, défense...). L'information sourd de tous côtés : articles de journaux, télévision, films mais aussi livres de science fiction...

Elle est souvent brève, parcellaire, très ciblée et ne prépare pas à une vision globale dont le citoyen non spécialiste aurait besoin. Les médias contribuent, par des interventions ou débats à chaud, à effacer la différence entre celui qui sait et celui qui ne sait pas. Dans ce contexte, le public réagit exagérément de deux façons : — soit il accorde une confiance aveugle aux spécialistes qui viennent s'exprimer —, soit il suspecte a priori et défendra systématiquement les intervenants qu'on leur oppose. Chacun est encou-

* Roland FUSTIER est professeur de Sciences Physiques au Lycée de Riom.

ragé à s'exprimer, le fait de disposer ou non d'éléments de discussion favorisant la réflexion et la décision, n'étant pas déterminant. L'expression pour l'expression, la critique négative sans proposition, priment la réflexion et l'action. La tentation est naturelle de s'opposer à tout ce que l'on ne connaît pas. Les réactions parfois irrationnelles des individus sont moteur de celles du corps social. Le journaliste sert de caisse de résonance car la réaction au fait l'intéresse finalement plus que le fait lui-même. Au bout du compte le public ne sait plus que penser... La subjectivité individuelle se trouve alors sans garde-fou alors que sur une même question la science tire sa force de sa rationalité (celle-ci demande un détachement absolu de contingences individuelles).

Des psychologues et sociologues pensent que la majorité de l'espèce humaine vit intuitivement et sensiblement dans une mer de symboles, ceux-ci revêtant à l'échelle humaine une réalité plus significative que la réalité matérielle ou scientifique à laquelle ils se rapportent.

La croissance quasi exponentielle de l'innovation technologique provoque un effet de destabilisation et de désarroi.

Selon JUNG (4) chaque cerveau humain prend des informations inconsciemment, qui, à la faveur d'un événement peuvent envahir, submerger la conscience et provoquer des comportements aberrants. Pour beaucoup de charlatans, comme pour ceux qu'ils abusent, le flou de certains faits est une aubaine car il permet aux représentations symboliques de conserver leur vigueur et leur pertinence et de s'imposer comme vérité. Selon MARY DOUGLAS (4) la société se répartit en 4 groupes :

1) Les pionniers : dynamiques, optimistes, pragmatiques, peu susceptibles d'être atteints par une épidémie psychique.

2) Les partisans de l'ordre adeptes de la bureaucratie ; pour eux tout danger est l'occasion de renforcer les règles et lois.

3) Les purs cherchent à renforcer la cohésion du groupe qu'ils entendent protéger, cela pouvant aller jusqu'au sectarisme.

4) Les médiocres frustrés (peut-être les plus nombreux) qui remettent tout en question, leur arrogance remplaçant leur érudition. Ils se sont multipliés en grand nombre après mai 68. Toute incertitude devient une aubaine car elle permet l'incompétence. Des charlatans astucieux s'épanouissent parmi eux ; leur système consistant à mêler informations sérieuses et erronées. Des publications parallèles aux revues institutionnelles ou scientifiques reconues s'épanouissent, manipulant les statisti-

ques, insistant sur des effets secondaires supposés ou réels. Ces publications se citent les unes les autres, abusant parfois les journalistes sur leur importance ou leur audience. Elles trouvent souvent un terrain favorable chez les "fanatiques" de la pureté (outrance de certains écologistes, d'adeptes de produits naturels, de la culture biologique et des médecines parallèles...)

Conséquences : certains scientifiques travaillant dans des domaines sensibles (chimie, nucléaire, eau, air...) craignent toute vulgarisation et surtout de s'exprimer publiquement. Ils préfèrent éviter d'être pris pour cible et dérangés dans leur travail et maintenir dans la discrétion l'image des chercheurs des laboratoires universitaires. Les informations sont de fait réservées aux initiés.

Le savoir a explosé, chaque discipline est partie dans sa propre direction. Les chercheurs deviennent trop "pointus" et incompréhensibles. Ils se disqualifient à cause d'un langage trop obscur. Ils risquent de devenir des danseuses sans spectateurs et leur "cachet" pour leur recherche risque de diminuer. (6).

III. - LE SYSTÈME ÉDUCATIF

On souhaite amener 80 % des citoyens au niveau du baccalauréat qui doit continuer à sanctionner un minimum de culture générale dont les sciences font partie. Les discours des politiques qui manifestent le souci de développer les filières scientifiques sont en partie contredits par les réformes engagées. On envisage même, semble-t-il, la suppression des sciences physiques au delà de la classe de seconde (sauf pour la filière S).

Les connaissances scientifiques ont un pouvoir d'attraction plus monétaire qu'intellectuel (dévoisement de la section C). Les sciences ont une connotation négative auprès des parents, car sélectives au même titre que les mathématiques. Cette contribution à l'orientation par l'échec ne fait pas l'objet d'un consensus (voir les conseils de classes de 4e, 3e et 2e parfois difficiles pour les enseignants de physique). Contrairement à d'autres matières, les sciences physiques ne retiennent l'intérêt que de la frange scientifique. Telles qu'elles sont enseignées au lycée, elle ne sont destinées qu'aux futurs élèves de la filière S.

La physique est toujours enseignée selon un mode classique qui a, certes, fait ses preuves. On demande toujours la même attitude mentale, supposant a priori la curiosité et l'adhésion à la formalisation. Or elle est perçue par les élèves et leurs parents plutôt comme un passage obligé qui leur permettra de poursuivre des études de qualité. Bien entendu elle n'est proposée qu'à ceux qui ont acquis cer-

tains outils ou savoir-faire. La pédagogie des référentiels systématisés ne risque-t-elle pas d'accentuer ce trait ? La physique qui est la plus concrète des sciences devrait être reçue comme telle. Cependant les élèves se plaignent de l'abstraction de cet enseignement, sorte de branche dégradée des mathématiques car moins précise et suspecte, de ce fait (approximation contraire à la rigueur cartésienne).

La physique apparaît comme une accumulation de connaissances théoriques et expérimentales sans logique, sans cohérence, sans point de repère. Les élèves rencontrent des difficultés pour résoudre exercices et problèmes ; ils cherchent à appliquer des formules un peu au hasard, espèrent l'astuce qui donnera la solution ; l'absence de stratégie et de méthodologie empêche finalement une véritable imprégnation. (9).

Il me paraît encourageant que la tendance des circulaires de l'Inspection Générale soit de lutter contre ce qui précède en accordant davantage d'importance aux travaux pratiques et en introduisant des questions d'ordre expérimental dans les sujets de baccalauréat (expérience très intéressante des Olympiades de la Chimie).

Il demeure que la priorité est donnée aux modèles théoriques très généraux (mouvement sans frottement, choc élastique, oscillateur harmonique...) particulièrement difficiles à comprendre pour les lycéens. On tente alors un exposé des phénomènes simplifié jusqu'au squelette. Pour s'approcher de la réalité tout en maintenant la rigueur qui s'impose, on est obligé de recourir à des modèles mathématiques de plus en plus complexes, prenant une vie propre au point que certains étudiants peuvent oublier l'objet initial du cours (ex. de la mécanique quantique).

En revanche les programmes laissent peu de place aux systèmes réels ; c'est ainsi que se confirme une rupture entre les connaissances acquises en classe et les expériences de la vie quotidienne. Les expériences de classe font souvent appel à des dispositifs qu'on ne retrouve pas ailleurs et dont la seule raison d'être est la vérification de la loi simple énoncée (table à coussin d'air) (5). Cette impression des élèves contribue à la dévalorisation de la physique comparativement à la technologie.

La majorité des enseignants choisissent la logique de la discipline et l'enseignant pour elle-même ; 56 % considèrent comme secondaire le développement des capacités utiles à la vie quotidienne. Or 60 % des élèves de seconde souhaitent une discipline-instrument formant des individus aptes à comprendre leur environnement (30 % envisagent la poursuite

d'études scientifiques) ; ils aimeraient exploiter l'actualité, les émissions de télévision, les expositions, les visites de laboratoires ou d'usines. (9) (10).

Pourtant, chaque fois que le cours peut expliquer, les enseignants s'efforcent d'introduire des éléments de familiarité (ex. évaporation-séchage du linge) tout en sachant qu'ils risquent de provoquer des questions auxquelles ils ne pourront répondre en l'état actuel des connaissances ou parce qu'ils devraient sortir de leurs compétences. La plupart des professeurs ne sont guère familiarisés avec le monde des décisions pratiques, notamment celui de la technologie et de l'industrie. Mais qui dans l'enseignement est chargé de former les élèves, à joindre le théorique au pratique, la technique à l'éthique ? Les aspects politiques, sociaux et économiques d'une découverte scientifique ou d'une nouvelle technologie sont rarement abordés. (9) Des commissions ad hoc ont déjà formulé les remarques qui précèdent sans réussir à

dégager des propositions synthétiques qui pourraient être reprises sous forme de recommandations officielles.

RÉFÉRENCES

- (1) Revue du Palais de la Découverte (janvier 90).
Etats généraux de la Culture scientifique et technique.
- (2) Revue du Palais de la Découverte (mars 90).
Quelques observations sur la culture scientifique - P. Léna.
- (3) Lettre d'information du Ministère de la Recherche et de l'Industrie (avril 91).
- (4) Revue R.G.N. (S.F.E.N.) (mai-juin 91).
Leçons tirées de Tchernobyl.
- (5) B.U.P. 732 (mars 91).
Sciences physiques telles qu'on les

enseigne et telles qu'elles se font : un divorce. - B. Wolf.

- (6) L'Événement du jeudi du 24 octobre 1991.
- (7) B.U.P. 720 (janvier 90).
Enseigner les sciences physiques à partir de situations-problèmes. - G. Robardet.
- (8) B.U.P. 729 (décembre 90).
Comment améliorer l'image de marque de la physique auprès des étudiants ? - J. Sivardière.
- (9) B.U.P. 729 (décembre 90).
Les sciences doivent-elles toujours s'enseigner de manière disciplinaire ? - G. Fourez.
- (10) B.U.P. 712 (mars 89).
Des opinions de professeurs et d'élèves sur l'enseignement des sciences physiques au lycée. - R. Boyer - A. Tiberghien.
- (11) Journée "Rénovation pédagogique des lycées" (13 novembre 91).
A. Legrand, Directeur des Lycées et Collèges, R.F. Gauthier, R. Ballion - Clermont-Ferrand.

librairie les Volcans d'auvergne

80, boulevard Gergovia
CLERMONT-FERRAND



APPAREILS DE MESURES ÉLECTRONIQUES

P.B. MESURES

RÉPARATIONS - MAINTENANCE ÉTALONNAGE

Toutes marques

- ▶ CONTRÔLEURS - MULTIMÈTRES
- ▶ OSCILLOSCOPES
- ▶ ENREGISTREURS
- ▶ GÉNÉRATEURS BF
- ▶ ALIMENTATIONS
- ▶ APPAREILS DE LABORATOIRES

— Distributeur **A.O.I.P. Mesures** —

699, avenue de l'Europe, 63110 Beaumont - Tél. 73 27 61 31
S.A.V. agréé : AOIP Mesures - AVANTEC/BIOBLOCK SCIENTIFIC

P.S.M. COMPOSANTS

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

22, rue St Adjutor
63000 CLERMONT-FERRAND

Tél : 73 31 13 76

Fax : 73 31 09 34



Michèle BRÉDIMAS

Nous publions ci-dessous un article sur les molécules géantes qui a bénéficié de manière importante de la contribution, à divers titres, de la Manufacture Michelin. Nous ne pouvons que nous réjouir qu'une grande firme industrielle s'associe à nos efforts de diffusion des connaissances scientifiques et techniques et reconnaisse ainsi implicitement le bien fondé et la qualité de notre action dans ce domaine en Auvergne.



Michel BARQUINS



Jean-Pierre QUESLEL

Nous signalons d'autre part à nos lecteurs, qu'une exposition, consacrée à ce sujet, est actuellement visible au Palais de la Découverte, à Paris.

MOLÉCULES GÉANTES ET CAOUTCHOUC

par Michèle BRÉDIMAS *, Michel BARQUINS * et Jean-Pierre QUESLEL **

* Laboratoire Jean-Perrin — Palais de la Découverte

** Manufacture Française des Pneumatiques Michelin, Clermont-Ferrand.

INTRODUCTION.

Le caoutchouc naturel et ses homologues synthétiques, les élastomères, sont très présents dans la vie quotidienne (gants, bottes, ballons, tuyaux, chewing-gum...). Ils entrent dans la construction d'organes mécaniques dans lesquels interviennent le frottement et le roulement (pneumatiques de toutes dimensions), dans le domaine du génie civil (appareils d'appui de pont permettant d'accommoder la dilatation thermique des tabliers de ponts sans dommage pour les ouvrages, appareils d'appui anti-sismiques).

La multiplicité des utilisations des élastomères n'est, bien évidemment, pas fortuite. Elle résulte de leurs propriétés mécaniques étonnantes. Ces matériaux, à température ambiante, se caractérisent par une grande souplesse ; ils sont capables de supporter des allongements importants (jusqu'à sept fois leur dimension au repos) et reprendre quasi instantanément leur forme initiale. Leur coefficient de frottement est élevé.

HISTORIQUE : DU BOIS QUI PLEURE A LA VULCANISATION.

L'élastomère naturel, connu depuis des siècles par les Indiens d'Amérique du Sud, est le caoutchouc, qui signifiait, dans leur langage

«l'arbre qui pleure». Ils pratiquaient une incision sur l'écorce de l'arbre (l'hévéa) et recueillaient le latex qui, en se coagulant, pouvait prendre la forme de divers objets. La saignée (fig. 1) est d'ailleurs toujours le procédé utilisé pour récolter le caoutchouc naturel.

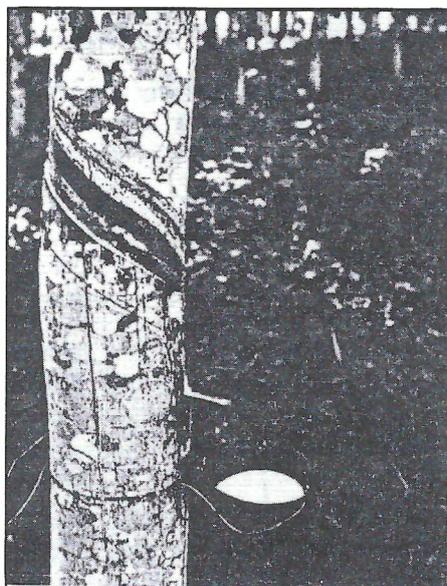


Fig. 1. - Saignée d'un arbre à caoutchouc et son réservoir à latex.

L'intérêt des Européens pour le caoutchouc ne commence réellement qu'avec le voyage du naturaliste français Charles de la Condamine,

au 18ème siècle. C'est un autre Français, Fresnau, qui identifie l'espèce d'arbre à caoutchouc qui sera la plus exploitée : l'Hévéa brésilien.

Au stockage, l'émulsion aqueuse de latex se coagule rapidement. Arrivée sous cette forme en Europe, elle était alors inutilisable. La mise en œuvre du caoutchouc peut être envisagée à partir de 1768, grâce à la découverte, par Hérisant et Macquer, de la solubilisation du caoutchouc dans l'essence de térébenthine ou dans l'éther.

Thomas Hancock, en 1820, observa qu'un bloc de caoutchouc fraîchement coupé se ressoudait sur lui-même.

Il se fabriqua une machine destinée à déchiqueter le caoutchouc appelée "masticator" et composée d'un cylindre muni de dents tournant dans un cylindre creux également garni de dents. Le caoutchouc, au lieu de se fragmenter devient pâteux. En chauffant le cylindre pour hâter le passage à la phase plastique, le bloc se transforme en une masse malléable et il est possible de lui ajouter des quantités importantes de poudre. Cette machine permet donc la plastification, une étape importante dans la mise en forme des caoutchoucs.

Molécules géantes et caoutchouc

En 1823, Macintosh inventa l'imperméabilisation des tissus en découvrant un solvant du caoutchouc, le naphtha, qui est une huile de houille.

Deux inconvénients limitèrent le développement des articles en caoutchouc, celui-ci devenant poisseux par temps chaud (ramollissement), dur et cassant par temps froid (cristallisation).

La solution à ces difficultés fut trouvée en 1839 par un inventeur américain, Charles Goodyear. Il découvrit que l'action de la chaleur sur un mélange de caoutchouc et de soufre fixait l'élasticité de la gomme, tout en limitant son adhésivité. Ce procédé fut appelé vulcanisation par allusion à Vulcain, dieu du feu et des volcans, lieu d'extraction du soufre. A partir du milieu du XIX^e siècle, les usages du caoutchouc vont prendre un rapide essor. En 1845, l'Anglais Thomson inventa le premier pneumatique qui combinait l'élasticité du caoutchouc servant d'enveloppe externe et celle de l'air emprisonné dans la chambre à air en caoutchouc plus mince. Mais sans doute en avance sur son temps, il n'aura aucun succès. Le pneumatique fut réinventé en 1888 par un vétérinaire écossais, J.-B. Dunlop. Enfin, en 1891, les frères André et Edouard Michelin créèrent le pneu démontable.

Les inventions de Thomson-Dunlop et des frères Michelin marquèrent le début de l'industrie du pneumatique pour automobile, qui entraîna une demande croissante du caoutchouc.

LES MOLÉCULES GÉANTES.

C'est H. Staudinger qui a développé le concept de macromolécule dans les années 1920.

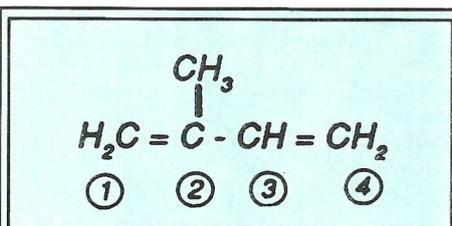
Une macromolécule, ou molécule géante, ou polymère, est formée par l'enchaînement covalent de motifs structuraux simples, identiques, appelés monomères. La synthèse des macromolécules fait appel aux principes chimiques traditionnels de multivalence des atomes. Une macromolécule est donc une longue chaîne pouvant être constituée de plusieurs milliers de monomères.

Les caoutchoucs sont, comme les matières plastiques, des matériaux à structure macromoléculaire.

L'isoprène, le monomère du caoutchouc naturel, est également le monomère d'autres polymères naturels : le *gutta-percha* extrait des arbres *Palaquium* et *Payena*, le *balata*

extrait du *Mimosops balata*. La polymérisation bout à bout (en position 1,4) des unités isoprènes (encadré n° 1) se fait sous la forme trans pour le *gutta-percha* et le *balata*. Cet arrangement stéréorégulier des unités monomères conduit à des propriétés spécifiques. Le *gutta-percha* et le *balata* sont des solides rigides, cristallisés à 60 % à la température ambiante (le *balata* est utilisé pour couvrir certaines balles de golf).

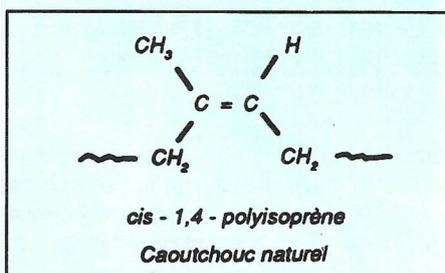
La polymérisation du monomère isoprène se fait principalement en position 1-4, les chiffres 1 et 4 indiquant la position des carbones dans le monomère.



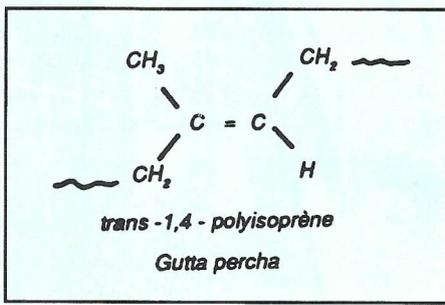
L'ouverture des deux doubles liaisons permet à deux autres monomères de s'accrocher sur les carbones 1 et 4.

L'isoprène peut avoir deux configurations : cis et trans ; on obtient deux polymères différents : le cis 1-4 polyisoprène et le trans 1-4 polyisoprène.

Dans la position cis, les 2 groupements CH₂ sont du même côté par rapport à une droite passant par C = C.



Dans la position trans, les 2 groupes CH₂ sont de part et d'autre de cette droite.



Encadré n° 1

La polymérisation des unités isoprène en position 1,4 se fait sous la forme cis pour le caoutchouc naturel. Celui-ci est un solide amorphe et souple.

Le latex du *Sapota achras* contient un mélange de polyisoprène cis et trans. Connu sous le nom de *chicle*, il est utilisé pour fabriquer du chewing-gum. On trouve dans les organismes vivants d'autres élastomères naturels ; par exemple l'élastine qui est une protéine entrant dans la composition des artères et ligaments.

Les premiers pas vers les caoutchoucs synthétiques ont été accomplis par le Français Bouchardat (1879) et l'Anglais Tilden (1884) qui ont montré que le monomère isoprène pouvait être extrait du caoutchouc naturel par distillation destructive, puis recombinaison pour donner un caoutchouc. Le développement des caoutchoucs synthétiques a démarré au début du XX^e siècle et s'est intensifié pendant la seconde guerre mondiale, principalement grâce au U.S. Government Synthetic Rubber Research Program créé aux Etats-Unis en 1940. L'occupation par le Japon d'une partie du Sud-Est asiatique, producteur de caoutchouc naturel, avait alors coupé l'approvisionnement des pays occidentaux. Certains des caoutchoucs synthétiques développés pendant cette période ou postérieurement à la guerre présentent des propriétés spécifiques différentes de celles du caoutchouc naturel. Citons les copolymères styrène-butadiène (styrene-butadiene rubber, SBR : fig. 2) qui, associés à des noirs de carbone renforçants, sont utilisés dans les bandes de roulement des pneumatiques tourisme. Le butyl est un caoutchouc très imperméable à l'air que l'on utilise dans les chambres à air. Actuellement, la consommation mondiale de caoutchouc se décompose approximativement en un tiers de caoutchouc naturel et deux tiers de caoutchoucs synthétiques.

On peut représenter le caoutchouc comme un ensemble de chaînes enchevêtrées (fig. 3). A la température ambiante, les interactions entre les chaînes sont faibles et l'énergie thermique est suffisante pour permettre les rotations autour des liaisons simples carbone-carbone. Une chaîne comporte de 1 000 à 10 000 liaisons. Le nombre possible de configurations de cette chaîne est donc très important. Par la réticulation, on associe les longues chaînes par des ponts chimiques covalents en un réseau stable. On réalise de l'ordre de un pont par cent unités monomères. La vulcanisation consiste à relier les longues chaînes par des ponts de soufre (fig. 4). Cette opération nécessite la présence de doubles liaisons sur la chaîne.

Alors que le caoutchouc non vulcanisé se ramollit à haute température par glissement

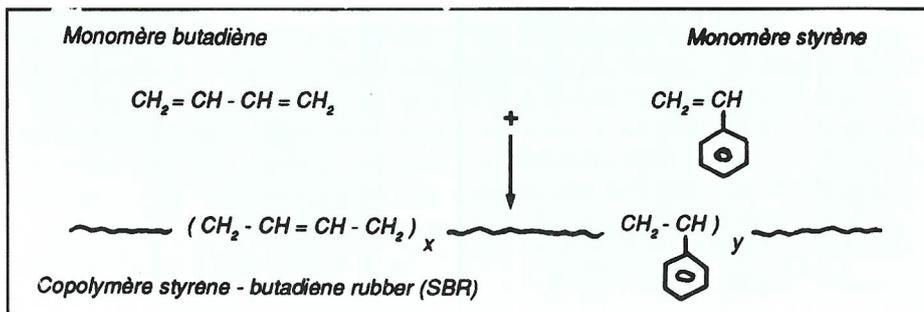


Fig. 2

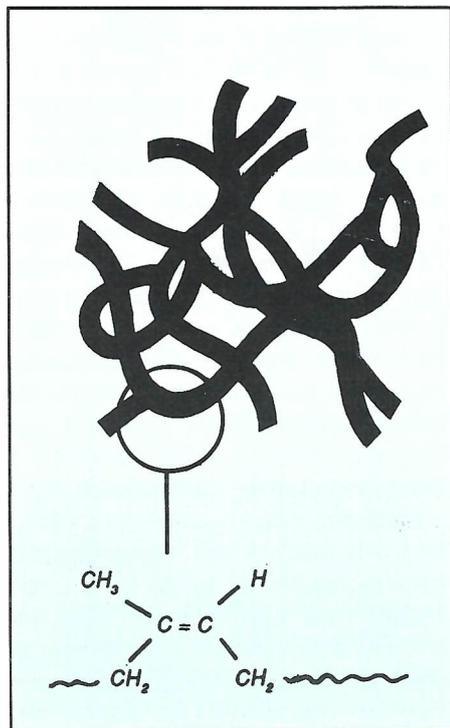


Fig. 3

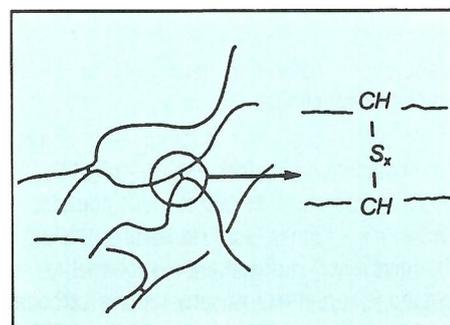


Fig. 4. - La vulcanisation est la création entre les chaînes de ponts chimiques à base de soufre.

des chaînes les unes par rapport aux autres on peut être dissous dans un bon solvant (le toluène), le caoutchouc vulcanisé est stabilisé. Il peut néanmoins être gonflé (mais pas dissous) comme une éponge par le toluène.

Plus on vulcanise, plus on supprime de degrés de liberté. Lorsque le taux de vulcanisation devient très important, on obtient l'ébonite, matériau très rigide qui s'apparente plus à un plastique qu'à un caoutchouc.

Le caoutchouc vulcanisé est donc composé

de longues chaînes flexibles, mobiles, assemblées en un réseau. C'est cette structure qui est à l'origine de l'élasticité caoutchoutique permanente, propriété spécifique des matériaux appelés élastomères.

THERMODYNAMIQUE DE L'ÉLASTICITÉ CAOUTCHOUTIQUE.

L'élasticité des caoutchoucs est une propriété caractéristique de cette famille de matériaux. Expérimentalement qu'observe-t-on ? Prenons une bande de caoutchouc :

— Observation 1 : Soumise à une force, elle s'allonge jusqu'à 7 fois sa longueur au repos et retrouve sa géométrie initiale dès qu'on annule la force.

— Observation 2 : Quant on l'étire rapidement, elle s'échauffe.

— Observation 3 : Quand on la chauffe, alors qu'elle est sous tension, sa longueur diminue.

Il y a une grande analogie de comportement entre un gaz en compression et un caoutchouc en extension. Les molécules d'un gaz s'échauffent lorsqu'on le comprime brusquement et se refroidissent lors de la détente.

Revenons à l'histoire : en 1805, Gouth mit en évidence les propriétés thermoélastiques du caoutchouc naturel. Vers 1850, Joule et Kelvin firent l'analyse thermodynamique de l'élasticité caoutchoutique. En 1932, Meyer, Van Susick et Valko proposèrent le mécanisme moléculaire de l'élasticité caoutchoutique.

Les élastomères sont des solides constitués de longues chaînes reliées entre elles par des nœuds. Les chaînes sont en perpétuel mouvement brownien (mouvement aléatoire) passant ainsi d'une forme (configuration) à une autre. Les énergies de ces configurations sont proches. La cohésion entre les chaînes est faible, de l'ordre de la cohésion dans les liquides moléculaires volatiles ou les gaz.

Au repos, les chaînes peuvent explorer le

plus grand nombre de configurations. Cet état a donc le plus grand degré de liberté, c'est-à-dire le plus grand désordre (l'entropie est maximale). C'est la pelote statistique (encadré n° 2).

Lorsqu'une bande de caoutchouc est étirée, la force macroscopique totale appliquée à l'échantillon se décompose en forces microscopiques qui agissent à travers le réseau sur les extrémités des chaînes. Chaque chaîne se comporte comme un petit élément élastique. Sous l'action des forces appliquées, la distance bout à bout augmente et le nombre de configurations accessibles diminue. L'extrême limite correspond à la chaîne complètement étirée. Il n'y a plus qu'une seule configuration possible. Comme les chaînes s'orientent dans l'axe de traction, cette direction est privilégiée dans le matériau. Les chaînes ainsi orientées peuvent cristalliser lorsque leur structure est régulière comme dans le caoutchouc naturel (cis-polyisoprène).

Ainsi le désordre de chaînes diminue avec la déformation. Naturellement, le matériau tend à revenir dans son état de plus grand désordre. Les mouvements browniens induisent une force qui tend à rapprocher les extrémités de la chaîne. C'est l'origine de la force de rétraction élastique (observation 1).

Dans la déformation d'un élastomère, il n'y a pratiquement pas variation de l'interaction entre les chaînes et l'énergie interne est quasiment indépendante du taux d'extension. L'énergie mécanique apportée au système par la déformation doit être compensée intégralement par une émission de chaleur (observation 2).

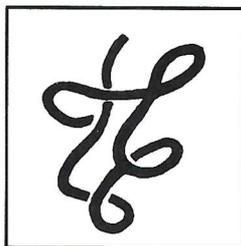
La pression d'un gaz est proportionnelle à la température absolue à volume constant ; la force de rétraction d'un caoutchouc suit la même loi. Inversement, si on chauffe un élastomère soumis à une force constante, il se rétracte (observation 3).

Une application est la roue « entropique » (fig. 5). Les rayons sont constitués de bandes de caoutchouc sous traction. Lors du passage devant la lampe (source chaude), le caoutchouc se rétracte. Il y a déplacement du centre de gravité de la roue qui a pour conséquence un mouvement de rotation. Les rayons chauffés s'éloignent alors de la lampe, se refroidissent dans l'environnement (source froide) et reprennent leur dimension initiale.

A l'opposé, dans les solides tels que les métaux, céramiques,..., la force de rétraction élastique résulte d'un déplacement minime des atomes du solide à partir de leurs positions d'équilibre. L'énergie de cohésion de ces solides est très élevée. La déformation s'accompagne d'une augmentation importante de l'énergie interne.

La température ambiante fournit à la chaîne une énergie thermique qui lui permet d'être en mouvement et de changer de forme dans l'espace

Si la chaîne est libre, elle se replie sur elle-même et, par agitation thermique, évolue dans un volume qui a la forme d'une pelote.



grand nombre de configurations.

Si la chaîne est étirée, la contrainte qui lui est imposée entraîne une limitation de ses mouvements.



faible nombre de configurations.

Encadré n° 2

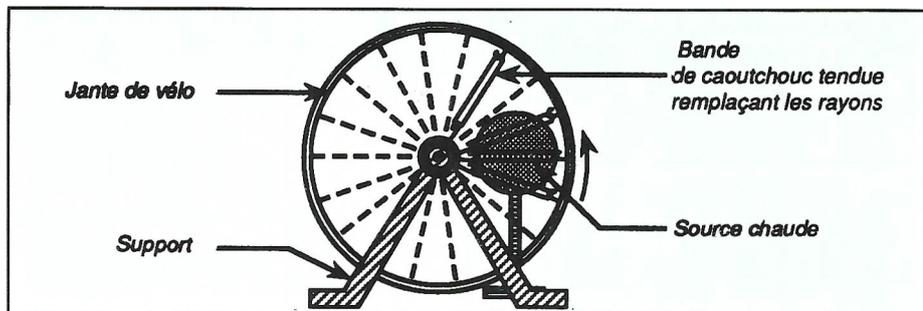


Fig. 5. - La roue entropique.

LES PROPRIÉTÉS THERMOMÉCANIQUES DES POLYMÈRES AMORPHES.

L'utilisation du terme caoutchouc pour certains matériaux fait référence à leurs comportements à la température ambiante. Si l'on refroidit un morceau de caoutchouc en le plongeant dans l'azote liquide, on obtient un solide cassant qui a perdu son élasticité caoutchoutique. Ainsi les propriétés des polymères sont-elles fortement thermodépendantes.

Pour avoir une élasticité caoutchoutique permanente, il faut des longues chaînes flexibles, mobiles, reliées en un réseau. Si on refroidit fortement le caoutchouc, les interactions entre chaînes augmentent, le mouvement des chaînes se ralentit et il arrive un moment où il n'y a plus de mouvement durant le temps d'observation. On obtient un verre. Le passage du caoutchouc au verre est appelé transition vitreuse. Les caoutchoucs sont donc des polymères dont la température de transition

vitreuse T_g (g pour glass = verre, en anglais) est inférieure à la température ambiante. Les thermoplastiques sont des polymères dont T_g est supérieur à l'ambiante.

Reprenons l'expérience de l'extension d'une bande de caoutchouc naturel (fig. 6). Soumettons cette bande à une force constante, elle s'allonge. On observe une rétraction lorsque l'on supprime la force. Plongeons cette bande de caoutchouc étendue dans l'azote liquide et supprimons la force. On constate que la bande

reste dans son état étiré. Comme dans le verre, les configurations sont figées ; le matériau ne peut pas reprendre sa forme initiale. Réchaufons l'échantillon jusqu'à la température ambiante. On constate alors un retour à l'état initial.

Température et temps d'observation (ou fréquence de mesure) sont donc deux paramètres importants pour la description du comportement des élastomères. La technique classique de l'étude des propriétés mécaniques dynamiques, laquelle consiste à imposer au matériau une déformation sinusoïdale, est souvent utilisée pour caractériser le comportement thermomécanique des polymères à basse fréquence (de l'ordre de 10 Hz) et faible déformation (quelques pour cent). Le rapport entre les amplitudes de la contrainte et de la déformation correspondante donne le module ou la rigidité G . L'angle de déphasage δ entre la contrainte et la déformation quantifie le caractère plus ou moins visqueux du matériau (encadré n° 3).

La tangente du déphasage δ représente l'amortissement (rapport entre énergie dissipée et énergie fournie).

Suivons l'évolution de la rigidité et de l'amortissement d'un polymère en fonction de la température. L'augmentation progressive de la température produit l'apparition successive de mouvements moléculaires de divers types. Chacune de ces apparitions, appelées transitions visco-élastiques, apporte de nouvelles possibilités de déformation et se manifeste par un abaissement de rigidité et par un pic d'amortissement (fig. 7). Il ne faut pas prendre le terme apparition de mouvements au sens strict. Il est à relativiser par rapport au temps d'observation. Si le mouvement d'une particule est trop lent par rapport au temps d'observation, la particule semble immobile à l'observateur. Si on élève la température, le mouvement s'accélère et il existe une température où le temps de mouvement devient plus court que le temps d'observation. On dit alors que le mouvement est apparu. Il y a d'ailleurs une analogie avec le temps de pose d'une photo. Pour décomposer un mouvement sur une photo, il

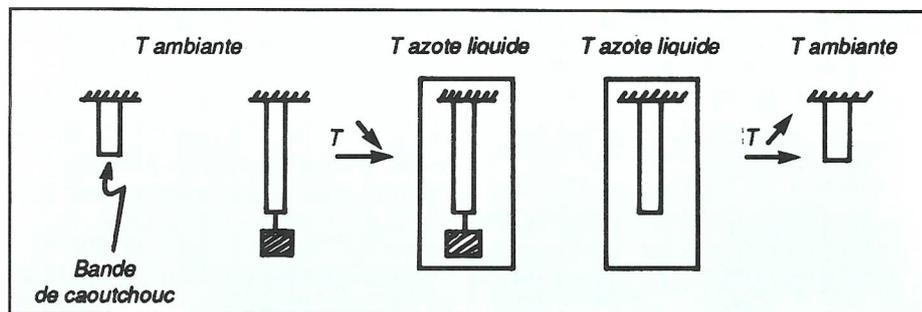


Fig. 6

Imposons à un matériau une déformation sinusoïdale

$$\epsilon = \epsilon_0 \sin \omega t$$

Si c'est un solide Hookéen, la contrainte δ et la déformation ϵ sont en phase.

$$\sigma = G\epsilon = G \epsilon_0 \sin \omega t$$

Si c'est un liquide visqueux de viscosité η , la contrainte et la déformation sont déphasées de $\pi/2$.

$$\sigma = \eta \frac{d\epsilon}{dt} = \eta \epsilon_0 \omega \cos \omega t = \eta \epsilon_0 \omega \sin (\omega t + \pi/2)$$

Encadré n° 3

Cette transition majeure, la transition vitreuse, correspond à l'apparition de changements de configurations (mouvements qui changent la forme des chaînes) d'assez longues portions de chaînes qui deviennent capables de s'étirer. Cette chute du module est accompagnée d'un pic d'amortissement important. La composante visqueuse a pour origine le frottement moléculaire.

Au-dessus de cette transition, le polymère amorphe est en général dans l'état élastomère. Les chaînes macromoléculaires sont capables de déformations importantes, mais restent liées entre elles, de loin en loin, par leurs enchevêtrements. Il existe une plage de température où la rigidité évolue peu : c'est le plateau caoutchoutique. La hauteur de ce plateau dépend du taux d'enchevêtrement des chaînes, lui-même dépendant de la structure chimique du polymère.

Les pics d'amortissement de la transition vitreuse mesurée à 10 Hz sont représentés (fig. 8) pour le polybutadiène, le caoutchouc naturel, un copolymère styrène-butadiène (SBR) et un butyl. Tous ces matériaux sont des caoutchoucs à la température ambiante. Néanmoins, le butyl et le SBR conservent un amortissement. C'est ce que l'on observe dans une expérience de rebond de balles (fig. 9a). Si on élève la température de la balle de SBR, on quitte la zone d'amortissement. Le produit devient élastique, caoutchoutique. Si on le refroidit en dessous de la température de transition vitreuse, il devient également élastique, mais vitreux (fig. 9b).

En élevant encore la température, on rencontre la zone terminale au cours de laquelle les chaînes deviennent capables de se désenchevêtrer et de glisser les unes par rapport aux autres (état liquide). La position en température de cet écoulement dépend de la masse moléculaire. L'augmentation de la masse déplace l'écoulement vers les hautes températures. Plus les molécules sont longues, plus elles sont enchevêtrées. Il y a une certaine analogie avec les cheveux longs qui sont plus difficiles à peigner. La vulcanisation supprime cet écoulement.

On distingue donc trois états pour le polymère amorphe : le verre, l'élastomère, le liquide (ce dernier état n'existant pas pour les polymères réticulés).

Selon la structure chimique des unités monomères (microstructure) et la taille des chaînes (macrostructure), le polymère se trouvera dans l'un de ces trois états à la température ambiante. En particulier, les matières plastiques sont des polymères constitués de longues chaînes, qui, du fait de leur structure chimique, sont dans un état vitreux à la température ambiante. Leur température de transition vitreuse est supérieure à la température

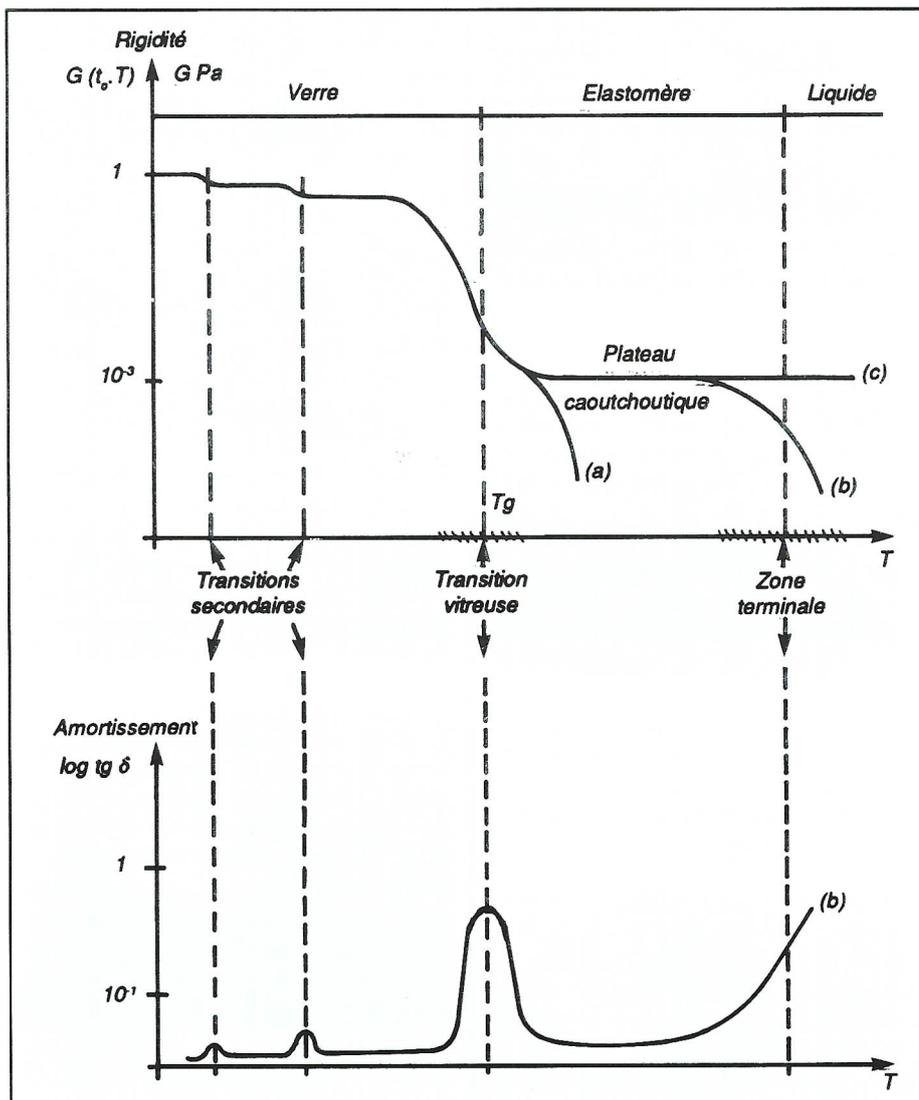


Fig. 7. - Comportement d'un polymère avec la température : rigidité et amortissement correspondant ; (a) et (b) : polymères non réticulés ; (a) : faible masse moléculaire ; (b) : masse moléculaire élevée ; (c) : polymère réticulé.

faut adapter le temps de pose au temps caractéristique du mouvement.

A basse température, les mouvements moléculaires sont très restreints. Le polymère amorphe est un verre rigide du haut module voisin de 1 gigapascal. Les premières transitions à apparaître, dites transitions secon-

dares, sont dues à l'apparition de mouvements de petits groupes d'atomes. Ces mouvements de faible amplitude abaissent peu le module. Le matériau reste un verre.

Apparaît ensuite une forte transition étalée sur quelques dizaines de degrés au cours de laquelle le module est divisé par mille environ.

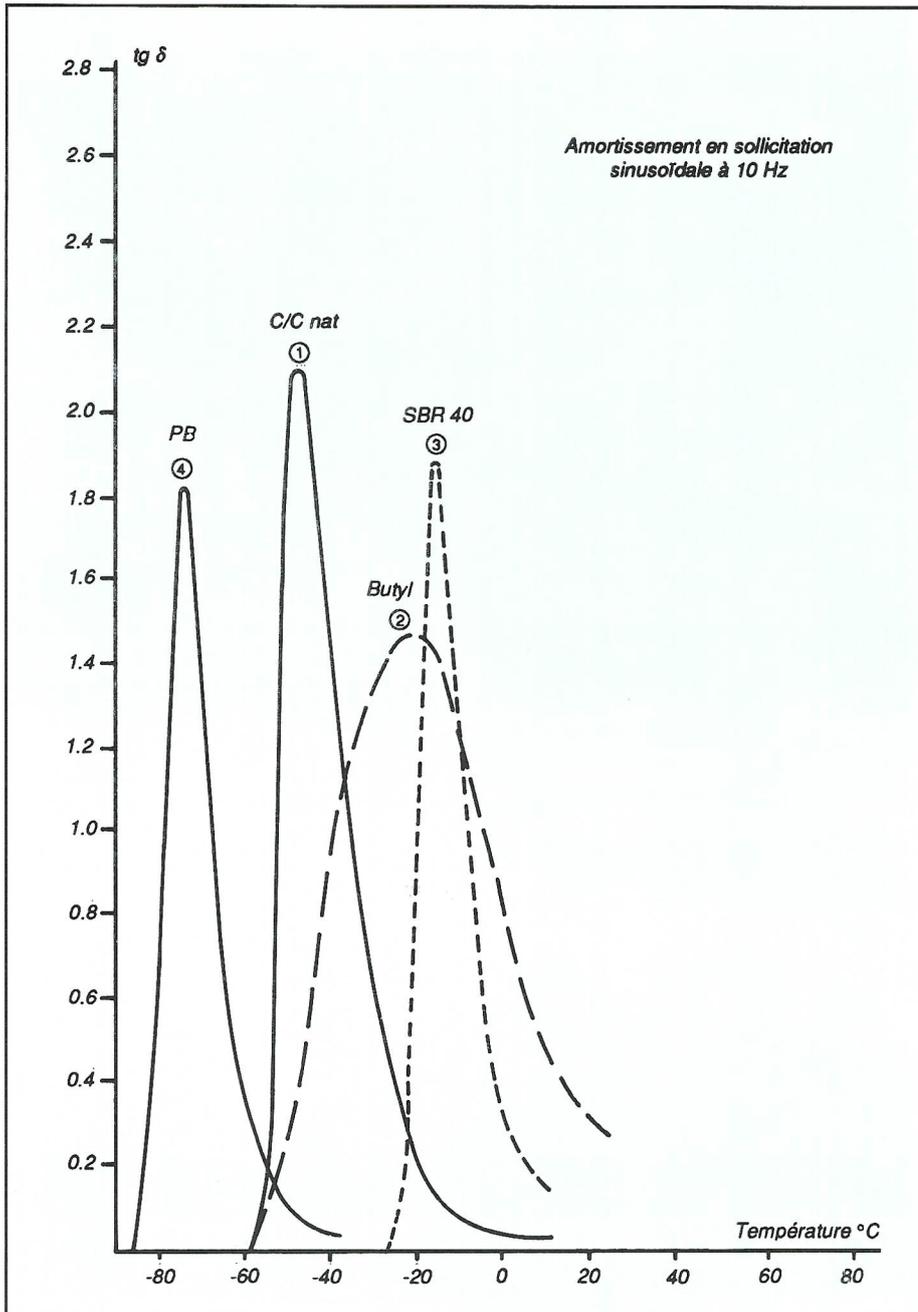


Fig. 8. - Amortissement en sollicitation sinusoïdale à 10 Hz.

ambiante. A haute température, le polymère fondu est moulé. L'objet en matière plastique est refroidi à la température ambiante. Dans l'état vitreux, sa forme est figée.

Une théorie de la transition vitreuse faisant appel au concept de volume libre a été proposée. Des mouvements de chaîne ne peuvent exister que si chacun des segments a dans son voisinage un volume libre suffisant. Le volume libre est donc le paramètre nécessaire pour décrire le comportement du polymère. A haute température, le volume libre est important du fait du mouvement brownien local. Lors du refroidissement du caoutchouc, le volume libre diminue. Les trous sont en perpétuelle réorganisation pour permettre les change-

ments conformationnels des chaînes. La transition vitreuse apparaît lorsque la vitesse de réorganisation des trous est inférieure à la vitesse de refroidissement. Il y a blocage des changements de configurations des chaînes. Le système est figé. Néanmoins, si on attend longtemps, on pourra observer une évolution du système. Le bas des vitraux des vieilles cathédrales d'Europe est plus épais que le haut. Le verre s'est écoulé par gravité. Il présente un comportement liquide pour un temps d'observation de plusieurs siècles.

On peut donc également décrire les transitions de comportement en gardant la température constante et en faisant varier le temps de l'expérience. Une illustration de ce concept est

fournie par la gomme *Silly putty* dont la zone terminale se situe aux environs de la température ambiante. Cette gomme se présente comme de la pâte à modeler. On peut en faire une balle qui rebondit comme une balle de caoutchouc. A l'échelle du temps court des chocs, la gomme est dans l'état élastomère. Si on tractionne doucement ou si on laisse cette balle sur une table, elle s'écoule comme un liquide. Il y a, en fait, une équivalence entre les paramètres temps et température (superposition temps-température).

On peut reformuler ce principe en utilisant le nombre de Deborah défini par :

$$N_D = \frac{\text{temps de réponse du matériau}}{\text{temps d'observation expérimental}}$$

Lors d'une traction lente, le temps d'extension est plus long que le temps de glissement des chaînes les unes par rapport aux autres. N_D est inférieur à 1. On observe un écoulement visqueux. Lors d'un choc, N_D devient supérieur à 1. Les enchevêtrements servent alors de ponts physiques qui permettent de transmettre les efforts aux chaînes qui emmagasinent de l'énergie élastique, d'où rebond de la balle. On peut représenter ces comportements sur un diagramme fréquence-température (fig. 10). Si l'on refroidit la balle de *Silly putty* dans l'azote liquide, on obtient un verre qui sera élastique lors d'un choc.

La loi qui relie le temps τ (ou inversement la fréquence f) des mouvements moléculaires liés à la transition vitreuse et la température T est spécifique des polymères : elle a été établie par Williams, Landel, Ferry (1955).

Cette loi a été utilisée sur la figure 10 pour tracer les limites entre les états verre, élastomère et liquide. Elle a des conséquences pratiques importantes. Elle permet de prédire les propriétés d'un polymère sollicité à haute fréquence et haute température à partir de mesures à basse fréquence et basse température. Par exemple, un SBR sollicité à 100 Hz et 8° C a même rigidité et amortissement qu'à 10 Hz et 0° C.

DES CAOUTCHOUCS SUR « MESURE ».

Au caoutchouc est encore associé un aspect à la fois mystérieux et ludique. Les progrès réalisés dans la connaissance des lois de comportement et dans les modes de synthèse permettent la maîtrise des propriétés des caoutchoucs par la structure chimique. Il est ainsi possible de créer des caoutchoucs « sur mesure » pour des applications spécifiques dont une des plus importantes aujourd'hui est le pneumatique.

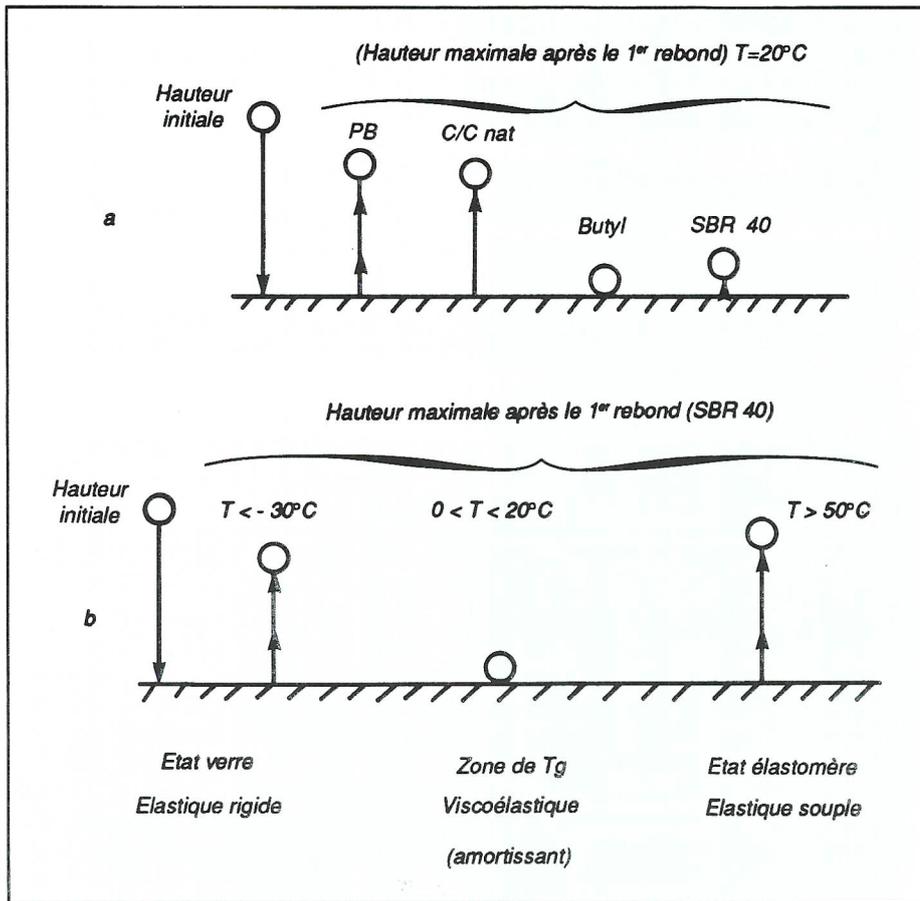


Fig. 9

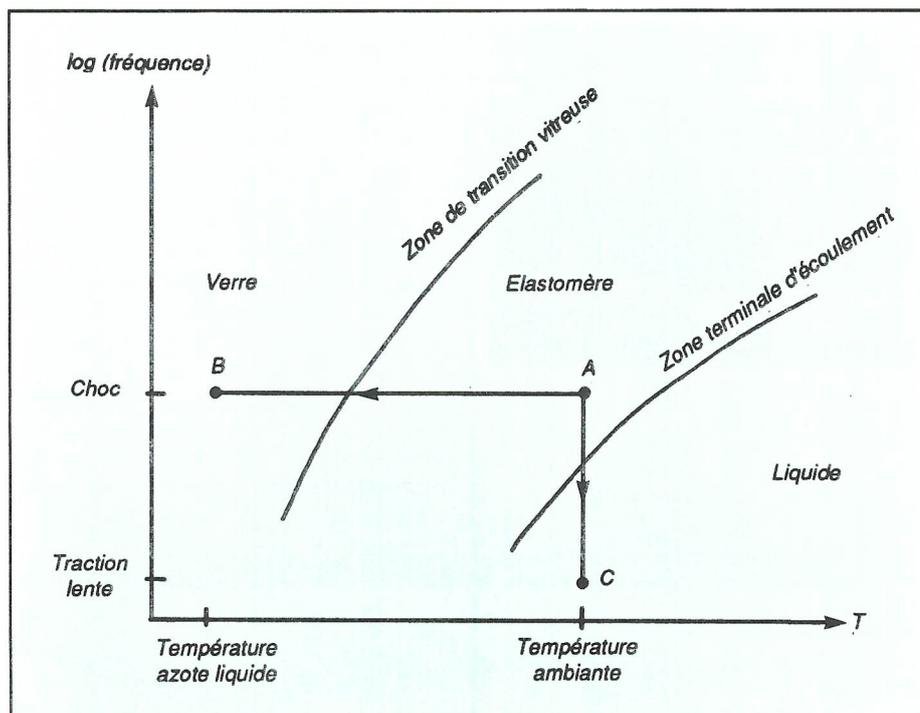


Fig. 10. - Comportement de la gomme *Silly putty* (température et fréquence d'application de la contrainte).

APPLICATION AUX PNEUMATIQUES

Notre sécurité repose sur quelques centimètres carrés. C'est la surface de contact entre le pneu d'une voiture de tourisme et la route,

l'équivalent d'une main. Toute la puissance utile du moteur, tous les efforts de freinage passent par cette aire de contact.

Le pneu, cet objet noir, rond, d'apparence banale, est un produit complexe de haute technologie. C'est un produit à usage unique, mais très diversifié dans ses applications puisqu'il équipe des véhicules aussi différents qu'une bicyclette ou un avion. A l'atterrissage ou au décollage, un pneu d'Airbus porte jusqu'à 270 fois son poids et ce à grande vitesse : 350 km/h (fig. 11). Un pneu tourisme utilisé dans des conditions standard va résister à plusieurs millions de cycles, de virages, de freinages, d'accélération.

LE CAOUTCHOUC, COMPOSANT ESSENTIEL DES PNEUS.

L'industrie du pneumatique consomme environ 70 % de toute la production de caoutchoucs.

Q'est-ce qu'un pneu ? C'est essentiellement une enveloppe contenant l'un des ressorts les plus légers que l'on puisse imaginer : l'air, et c'est l'élasticité caoutchoutique qui permet d'exploiter ce ressort. Une roue en métal est trop rigide, bruyante, inconfortable car elle n'amortit pas assez les vibrations mécaniques. Le verre présente les mêmes inconvénients et est de plus cassant. Le bois est plus amortissant que le métal, mais moins cohésif. Le pneumatique utilise donc en tout premier lieu la propriété essentielle du caoutchouc : sa grande déformabilité réversible. Cela lui permet d'absorber les irrégularités du sol, d'amortir les chocs (fig. 12), « de coller » à la route, d'apporter un confort encore inconnu il y a un siècle. En effet, ce n'est qu'en 1895 que les frères Michelin ont montré l'intérêt du pneumatique pour l'automobile, en conduisant dans la première grande course, Paris-Bordeaux-Paris (1200 km), « l'Eclair » qui a donc été la première voiture au monde équipée de pneumatiques. Toutes les autres voitures concurrentes étaient équipées de roues garnies de bandes de caoutchouc plein vulcanisé.

UN ASSEMBLAGE DE MÉLANGES A BASE DE CAOUTCHOUCS ET DE RENFORTS.

Le pneu est un composite formé de mélanges à base de caoutchoucs et de renforts textiles et métalliques (fig. 13). Plus de 200 matières premières interviennent dans la composition d'un pneu. Les polymères sont présents sous forme de caoutchoucs dans les « gommés » — mélanges très élaborés de caoutchoucs naturel ou synthétiques, de charges de renforcement, d'agents de vulcanisation et de protection — et de fibres dans les « armatures » — renforts constitués de câbles métalliques ou textiles.

Les renforts limitent la déformation des mélanges sous la pression de l'air comme la



Fig. 11. - Pneumatique d'un avion.

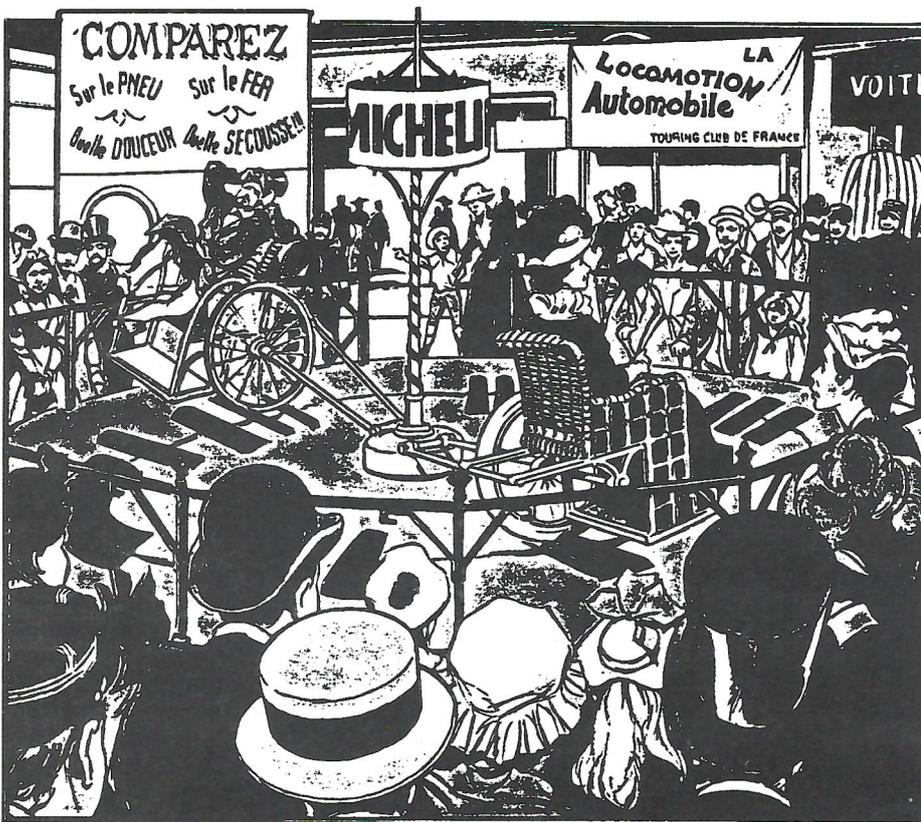


Fig. 12. - Au salon du Palais de l'Industrie en 1895, un curieux manège proposait aux visiteurs une promenade prouvant de façon péremptoire la supériorité du pneu sur tous les autres types de bandages (illustration de l'époque).

trame textile dans un tuyau d'arrosage (fig. 14). Ils permettent également de transmettre des efforts importants (comportement, guidage du véhicule) grâce à leurs propriétés de résistance à la déformation et à la rupture. Les renforts sont eux-mêmes des assemblages de fils métalliques ou de fibres textiles. Ces dernières sont des polymères (rayonne, nylon, polyester, aramide) qui, dans la plage de températures d'utilisation des pneus, sont dans un

état thermoplastique plus ou moins cristallin, donc qui présentent une rigidité beaucoup plus élevée que celle des caoutchoucs. Les renforts sont constitués de nappes disposées selon la technologie radiale brevetée par Michelin en 1946 : une nappe carcasse formée de câbles disposés en arceaux droits et une ceinture constituée de nappes croisées (fig. 15). Cette disposition permet de dissocier les flancs flexibles du sommet rigide, de limiter

les échauffements et la variation de la surface de contact pneu-sol (fig. 16). Adhérence, économie d'énergie et résistance à l'usure sont améliorées par rapport au pneu à structure diagonale.

La rigidification du sommet est due au croisement des fils des différentes nappes qui forment ainsi des triangles indéformables. Cette disposition est appelée triangulation. Le nombre et la nature des nappes dépendent du cahier des charges du pneumatique.

Parmi les renforts, on trouve également les tringles, cerceaux constitués d'une ou plusieurs couches de fils d'acier, qui assurent l'accrochage du pneu gonflé sur la jante et la fixation des renforts carcasse.

Les différentes parties du pneu sont schématisées sur la figure 13.

La bande de roulement assure le contact avec le sol. Elle comporte la sculpture dont les canaux permettent l'évacuation de l'eau lors de la conduite sur route mouillée. Elle permet la transmission des efforts (adhérence) et est un élément essentiel de la vie du pneu. Le mélange qui la constitue doit être adhérent sur tous les types de sol, résistant à l'usure, à l'abrasion, doit peu s'échauffer en roulage.

Le flanc protège la nappe carcasse des agressions extérieures comme les chocs sur le trottoir. Il doit être résistant aux flexions répétées (fatigue), aux chocs, à l'abrasion, à la griffure, aux attaques chimiques de l'oxygène et de l'ozone de l'air.

Le protecteur assure le contact du pneu sur le métal de la jante pour permettre la transmission des couples moteur ou freineur. Il doit y adhérer et résister à l'abrasion. Dans les pneus « tubeless », il n'y a plus de chambre à air. Le mélange qui la constitue est intégré au pneu et forme la gomme intérieure qui doit être imperméable à l'air pour maintenir la pression. La valve de gonflage est montée sur la jante (fig. 17).

Les nappes sommet et carcasse sont enrobées par des mélanges qui doivent assurer une bonne liaison avec ces renforts, être endurants à la fatigue.

Ces exigences multiples, parfois contradictoires, ne peuvent pas être satisfaites avec un seul type de mélange.

LA FORMULATION DES MÉLANGES A BASE DE CAOUTCHOUCS.

La formulation est l'art de choisir et d'associer les constituants d'un mélange pour leur conférer les propriétés spécifiques traduites du cahier des charges du pneumatique. Le produit de base est le caoutchouc. Les critères de sélection sont la température de transition

Molécules géantes et caoutchouc

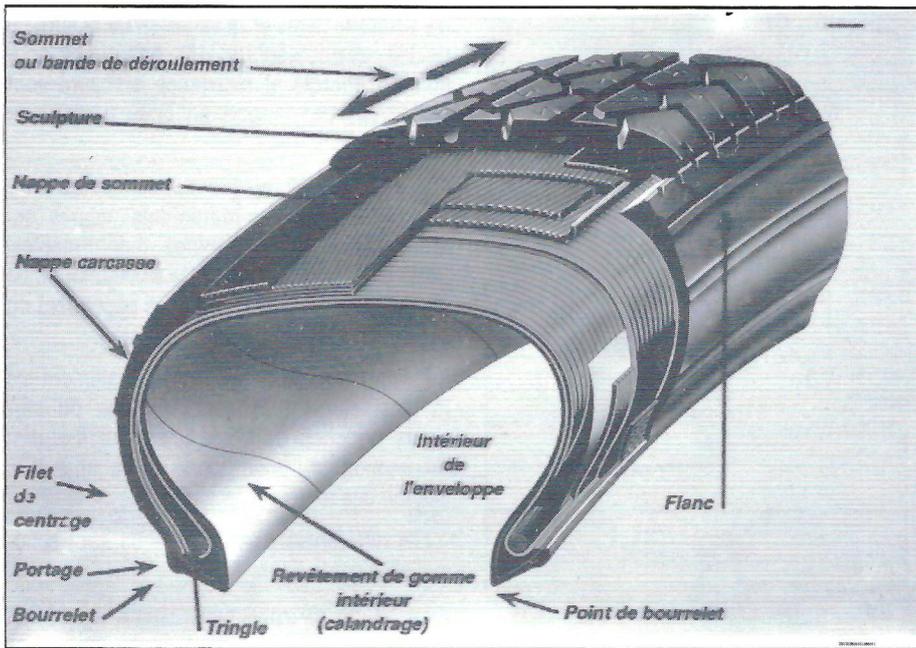


Fig. 13. - Éléments constitutifs d'un pneumatique de tourisme.

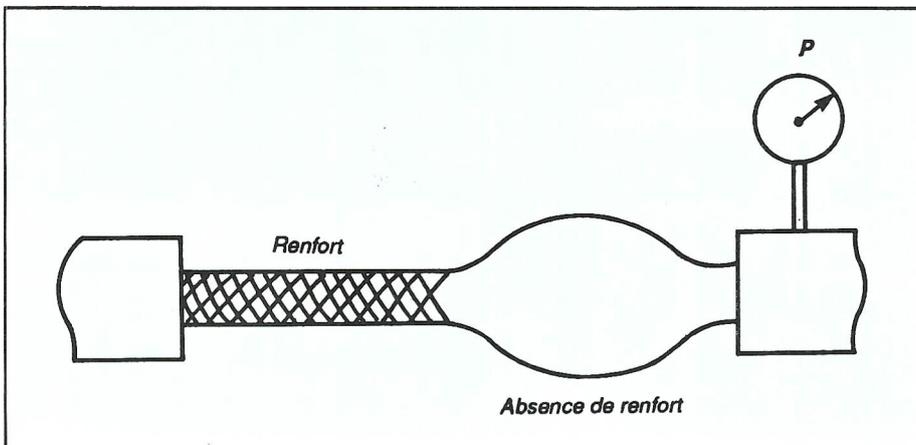


Fig. 14

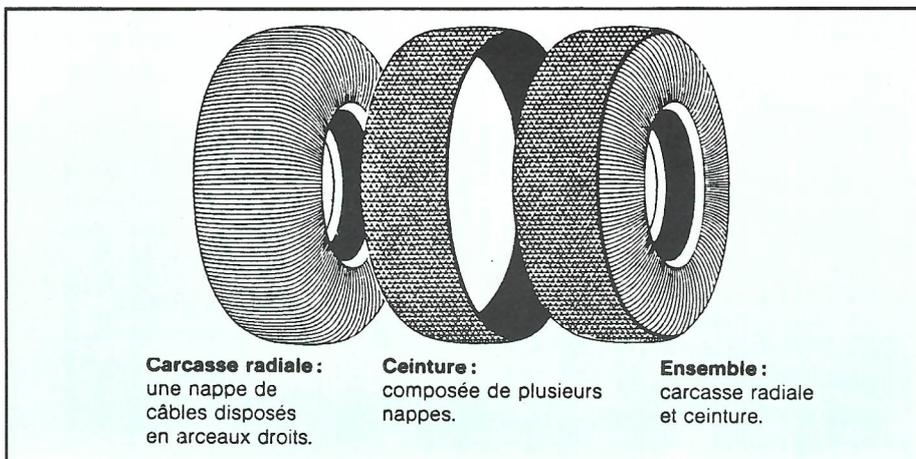


Fig. 15. - Disposition des différents renforts pour un pneumatique dit à carcasse radiale.

vitreuse, la hauteur du plateau caoutchoutique, la cohésion et la possibilité de cristalliser sous tension, la résistance aux agressions chimiques, la facilité de mise en œuvre, l'imperméabilité à l'air et à l'eau. Ces propriétés

sont obtenues par le choix des microstructures et macrostructures du ou des polymères. C'est là que la notion de polymère « sur mesure » prend toute son importance. Les progrès réalisés dans la synthèse de nouveaux

polymères ont eu un rôle primordial pour l'amélioration des performances des pneumatiques.

La couleur noire des pneumatiques est due au noir de carbone dispersé dans le caoutchouc. 65 % de la production de noir de carbone sont utilisés dans les pneumatiques. C'est en 1904 que l'Anglais Sidney Mote montra le renforcement apporté par cette fine poudre provenant de la décomposition thermique d'huiles lourdes aromatiques de pétrole ou de la pyrolyse de gaz naturel : amélioration de la résistance à la rupture et à l'abrasion, augmentation de la rigidité et de l'amortissement des mélanges de caoutchoucs. Le noir de carbone est très compatible avec les caoutchoucs, les fonctions chimiques présentes sur sa surface le rendant caoutchouphile.

Outre l'activité de surface, la taille des particules de la charge est primordiale. Lors de la décomposition thermique des huiles, des particules très riches en atomes de carbone sont formées et fusionnent en agrégats. Ces agrégats constituent les grains élémentaires de la poudre de noir de carbone qui sont dispersés dans les mélanges. Les mélanges caoutchouc-noir de carbone entrent donc dans la catégorie des milieux désordonnés dont le taux de charge est en moyenne de 20 % en volume. A ce taux, les agrégats ont percolé en une structure tridimensionnelle appelée réseau noir.

Les noirs dont le diamètre des particules est de l'ordre de 20 à 30 nm sont utilisés dans des bandes de roulement à qui ils confèrent un haut niveau de résistance à l'abrasion et à l'usure. Ce renforcement est associé à une dissipation d'énergie. Des noirs moins renforcés de taille de particules plus élevée sont utilisés dans les autres parties du pneu pour limiter l'échauffement, augmenter la résistance aux flexions répétées.

Les autres ingrédients sont les agents de vulcanisation, de protection, de mise en œuvre. Les agents de vulcanisation confèrent aux mélanges la stabilité dimensionnelle et l'élasticité permanente. Les agents de protection assurent la stabilité chimique.

A titre d'exemple : pour fabriquer une tonne de pneus tourisme, il faut environ 415 kg de caoutchoucs naturel et synthétiques, 250 kg de noir de carbone, 135 kg de câbles d'acier, 30 kg de textile, 170 kg de produits chimiques divers.

CAOUTCHOUCS NATURELS ET SYNTHÉTIQUES. LA FABRICATION DES PNEUMATIQUES.

Pour répondre aux attentes de ses utilisateurs, le pneu doit être un composite à différentes échelles ; à l'échelle macroscopique puisqu'il est formé de mélanges et de renforts, à l'échelle microscopique, car les mélanges sont eux-mêmes renforcés par une charge

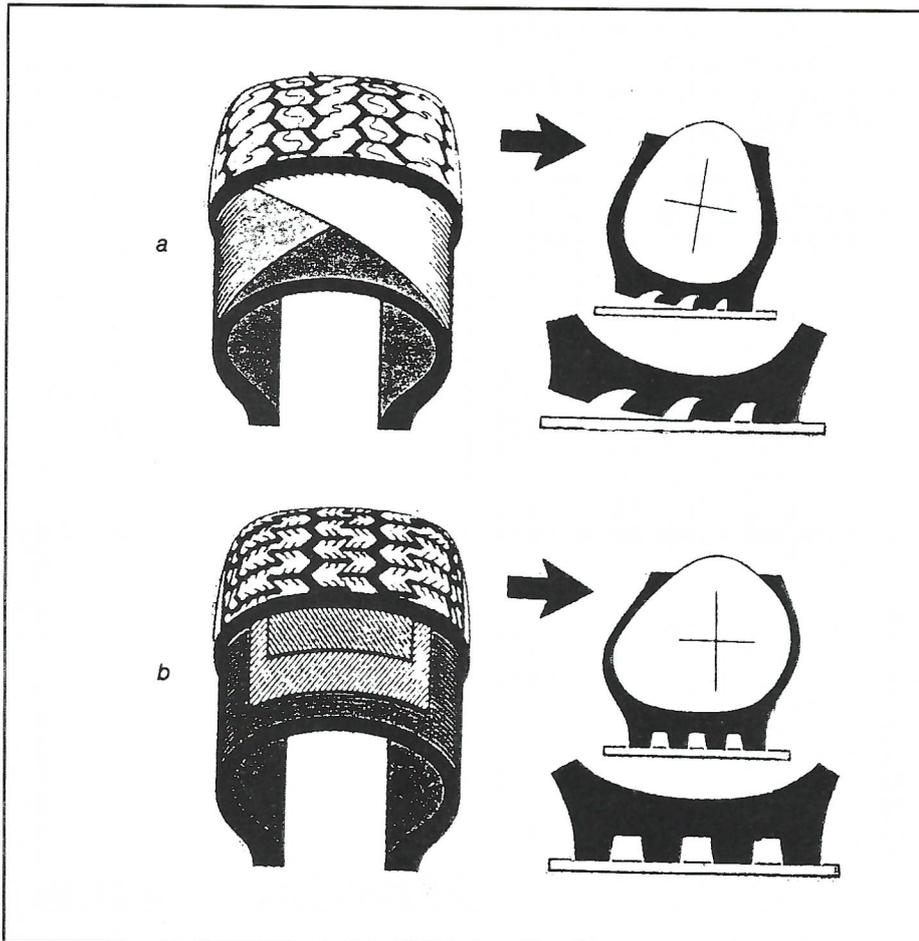


Fig. 16. - a) Ancienne conception des pneumatiques (à structure diagonale) : l'aire de contact avec le sol est fortement réduite sous l'effet d'efforts latéraux. b) Pneumatique actuel (à structure radiale) : l'aire de contact avec le sol reste constante.

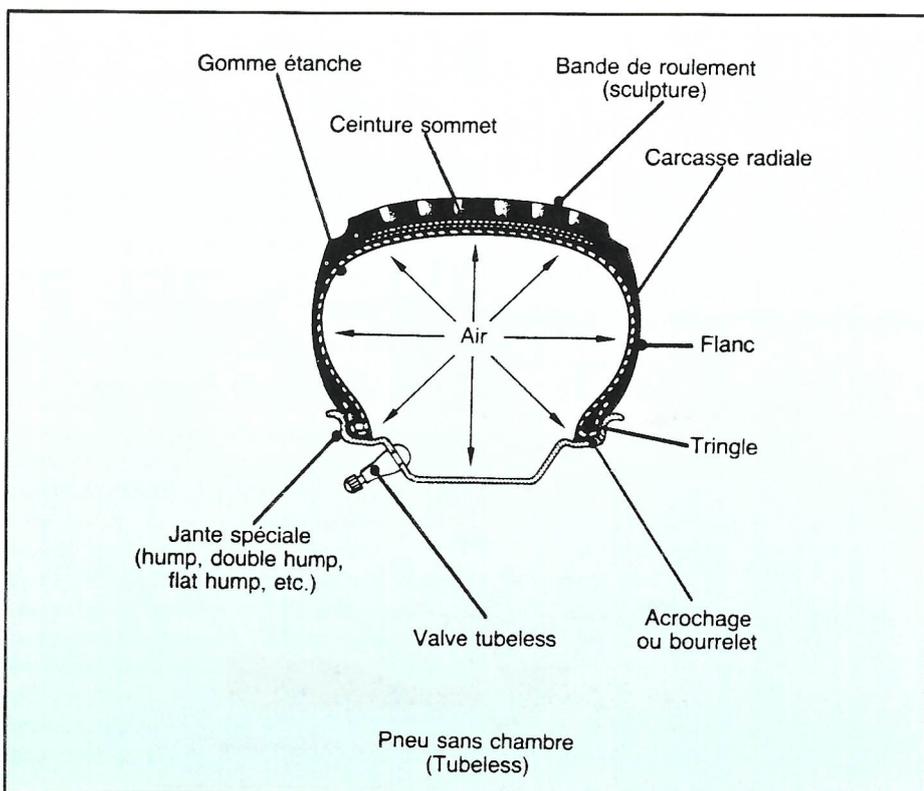


Fig. 17. - Schéma des principales parties d'un pneumatique radial tourisme.

rigide. L'architecte du pneu crée des assemblages « sur mesure » satisfaisant ainsi aux besoins spécifiques aussi bien du vélo que de l'avion.

Les étapes de la fabrication sont résumées ci-dessous. La qualité du produit final dépend de la maîtrise de chacune de ces étapes.

□ Les ingrédients de formulation, hormis les agents de vulcanisation, sont intimement malaxés dans un puissant mélangeur interne. Le travail mécanique fourni pour disperser le noir dans ce milieu très visqueux conduit à une forte élévation de température. Le mélange se ramollit et acquiert la viscosité souhaitée. La température en fin de mélange est proche de la température de vulcanisation. C'est pour cette raison que les agents de vulcanisation (soufre et accélérateur de cuisson) sont introduits dans une deuxième étape pour être dispersés à une température inférieure à la température de réaction des agents de vulcanisation avec le caoutchouc.

□ Les nappes de câbles sont constituées de câbles disposés parallèlement et de façon presque jointive, enduites sur les deux faces d'une couche de mélange de caoutchouc par une machine à calandrer. Ces nappes sont ensuite découpées en lés, perpendiculairement ou selon un angle déterminé, en fonction de leur utilisation dans la construction du pneu.

□ Les profilés comme la bande de roulement (encore lisse), ou le flanc, sont obtenus avec une précision de l'ordre de 0,1 mm, par extrusion ou calandrage entre des rouleaux comportant en creux le profil désiré.

La mise en forme de ces constituants se fait dans des conditions de température et de vitesse telles que le mélange soit dans un état liquide visqueux. Il garde en mémoire les déformations subies.

□ La confection de la carcasse se fait sur un tambour cylindrique en rotation qui reçoit d'abord une première couche de mélange (gomme intérieure imperméable à l'air), puis les nappes de câbles de la carcasse. Les tringles sont ensuite disposées de chaque côté et les extrémités de la carcasse sont rabattues autour des tringles. Différentes gommes de bourrage et de protection des flancs sont alors mises en place.

□ L'opération de conformation permet ensuite de passer d'une forme cylindrique à une forme torique qui sera celle du futur pneu. Les tringles sont rapprochées l'une de l'autre tout en soumettant la partie centrale à une pression qui va tendre et bomber les couches de gomme dans la limite de la longueur des câbles des nappes. Cette opération nécessite une bonne adhésion entre tous les éléments de l'assemblage.

Molécules géantes et caoutchouc

□ La phase suivante consiste à empiler les éléments du sommet, c'est-à-dire les nappes de renfort, les nappes de sommet et la bande de roulement toujours lisse. Divers profilés de bourrage peuvent être également posés à ce stade. On obtient ainsi un bandage par une série d'opérations complexes, mais toujours extrêmement précises.

□ Jusqu'alors le pneu n'a pas été chauffé de manière à conserver le caractère plastique des différents mélanges. Le pneu va être placé dans un moule chauffé à l'eau chaude ou à la vapeur. Grâce à une forte pression, appliquée à l'intérieur du bandage par l'intermédiaire d'une membrane dans le moule refermé, les sculptures et tous les marquages externes du pneu sont imprimés en même temps que le profil définitif. Le traitement thermique permet de réaliser les réactions de vulcanisation qui confèrent aux différents mélanges un comportement de solide élastique.

En analysant la chaîne de fabrication d'un pneu, on mesure les progrès accomplis depuis l'époque où les Indiens moulaient leurs chaussures en coagulant le latex sur leurs pieds.

THERMOMÉCANIQUE DU CAOUTCHOUC ET PERFORMANCES DU PNEU.

Adhérence et économie d'énergie : application du principe de superposition fréquence-température.

Un pneu en roulage est en contact dynamique avec le sol. Un point de la bande de roulement subit des passages répétés dans l'aire de contact. En roulage, la fréquence de passage est de l'ordre de 10 à 20 Hz. Les mélanges ainsi sollicités s'échauffent. On met facilement en évidence ce phénomène à l'arrêt du véhicule en posant la main sur le pneu qui est chaud. Cet échauffement participe à la consommation d'énergie du véhicule. On définit la résistance au roulement d'un pneu comme la force à appliquer au moyeu pour entretenir le roulement d'une roue chargée sur un sol horizontal, sans accélérer. Un gain d'environ 6 % de résistance au roulement des pneus entraîne une économie de carburant de 1 %. On a donc intérêt à limiter la dissipation d'énergie des mélanges.

La bande de roulement intervient pour environ 60 % dans la consommation d'énergie due au pneu.

La principale source d'amortissement des polymères vulcanisés est le passage de la transition vitreuse. Il faut donc choisir des polymères dont la zone de transition vitreuse, mesurée à une fréquence de 10 Hz soit située à des températures inférieures aux températures de roulage usuelles situées entre 30 et 70° C. Par exemple, la résistance au roulement

augmente de 40 % lorsque la température ambiante descend de 30 à 0° C, car la température de fonctionnement des mélanges se rapproche de la zone d'amortissement de la transition vitreuse.

Néanmoins, en certaines circonstances, le conducteur a besoin de dissiper l'énergie cinétique du véhicule. Le pneu accroche à la route grâce à ses qualités d'adhérence, c'est-à-dire à la résistance qu'il peut opposer à une force susceptible de le faire glisser, sans rouler, malgré la charge. Un cas extrême est le freinage roues bloquées consécutif à un coup de frein brutal et mal dosé. Le frottement entraîne une élévation de température parfois suffisante pour provoquer une usure prématurée et une décomposition du mélange de la bande de

roulement qui forme alors des traces noires sur la chaussée. Une partie de l'énergie cinétique du véhicule est dissipée au contact gomme-sol par la déformation répétée de la bande de roulement sur les rugosités de la route (fig. 18). Lorsque le pneu glisse, la portion de bande de roulement en contact avec le sol va subir l'indentation des rugosités à des fréquences qui dépendent de la vitesse de glissement, de la taille et de l'espacement des cailloux et à une température qui va de la température du sol jusqu'à une centaine de degrés. La gamme de fréquences est de l'ordre du kHz au MHz. Dans ce cas, les mécanismes dissipatifs moléculaires liés à la zone de transition vitreuse sont utilisés comme source d'amortissement.

Domaine	Gamme de dimensions	
	horizontale	verticale
Uni	0,5 – 50 m	0,1 – 20 cm
mégatexture	5 – 50 cm	1 – 50 cm
macrotexture	0,5 – 50 cm	0,2 – 10 mm
microtexture	< 5 mm	< 0,2 mm

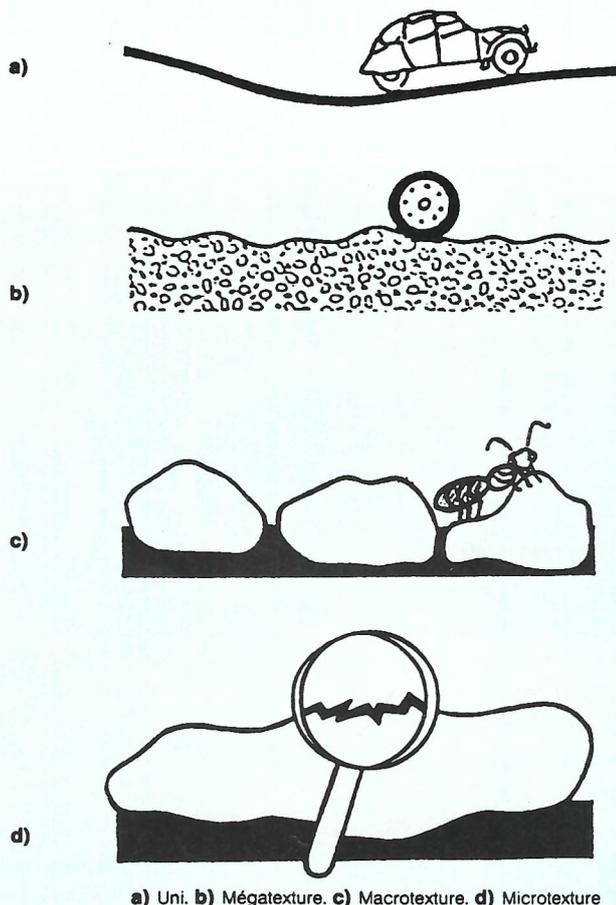


Fig. 18. - Les quatre classes de la texture d'un revêtement routier.

Il y a donc à première vue un antagonisme entre les performances économie d'énergie et adhérence. Cet antagonisme n'est qu'apparent. En effet, l'application du principe de superposition fréquence-température schématisée figure 19 permet un découplage entre ces deux performances. C'est d'ailleurs l'une des applications technologiques les plus remarquables de ce principe. Un polymère, dont la température de transition vitreuse caractérisée en laboratoire à une fréquence de 10 Hz est de -50°C , est dans un état caoutchouc élastique entre 30 et 70°C , donc a une faible contribution à la résistance au roulement. Par contre, sollicité à hautes fréquences lors d'un freinage roues bloquées, il se comporte comme un solide visco-élastique amortissant car, à ces fréquences, sa zone de transition vitreuse apparaît aux températures de fonctionnement du pneu (fig. 19).

La résistance à l'usure est améliorée par l'utilisation de charges renforçantes qui modifient la rigidité et l'amortissement des mélanges. Elles ont donc également une influence sur l'adhérence et la résistance au roulement. Là encore, un compromis est à maîtriser.

Adhérence sur route mouillée ou enneigée.

Sur route mouillée, on estime qu'à 90 km/h , il faut éliminer 25 litres d'eau par seconde. Cette évacuation est assurée par les nombreux canaux creusés dans la bande de roulement du pneumatique (fig. 20).

La température de fonctionnement de la bande de roulement est plus basse sur route enneigée que sur route mouillée. Les polymères utilisés pour les pneus hivernaux sont donc de plus basse température de transition vitreuse.

La sculpture joue également un rôle important. Michelin a innové en introduisant sur le marché un pneu à lamelles multiples inclinées auto-affûtantes.

Mise en régime des pneus « compétition ».

En course (fig. 21), l'adhérence est privilégiée par rapport à la résistance au roulement. Les caoutchoucs de la bande de roulement ont une zone de transition vitreuse (mesurée à 10 Hz) proche de la température ambiante pour avoir le maximum d'amortissement, donc d'adhérence, en toutes circonstances. En contrepartie, au départ de la course, la température de la gomme est la température ambiante. Le mélange est donc très rigide car la rigidité augmente fortement à la transition vitreuse. Un matériau trop rigide ne peut pas se déformer sur les rugosités de la piste et donc bénéficier de son potentiel d'amortissement.

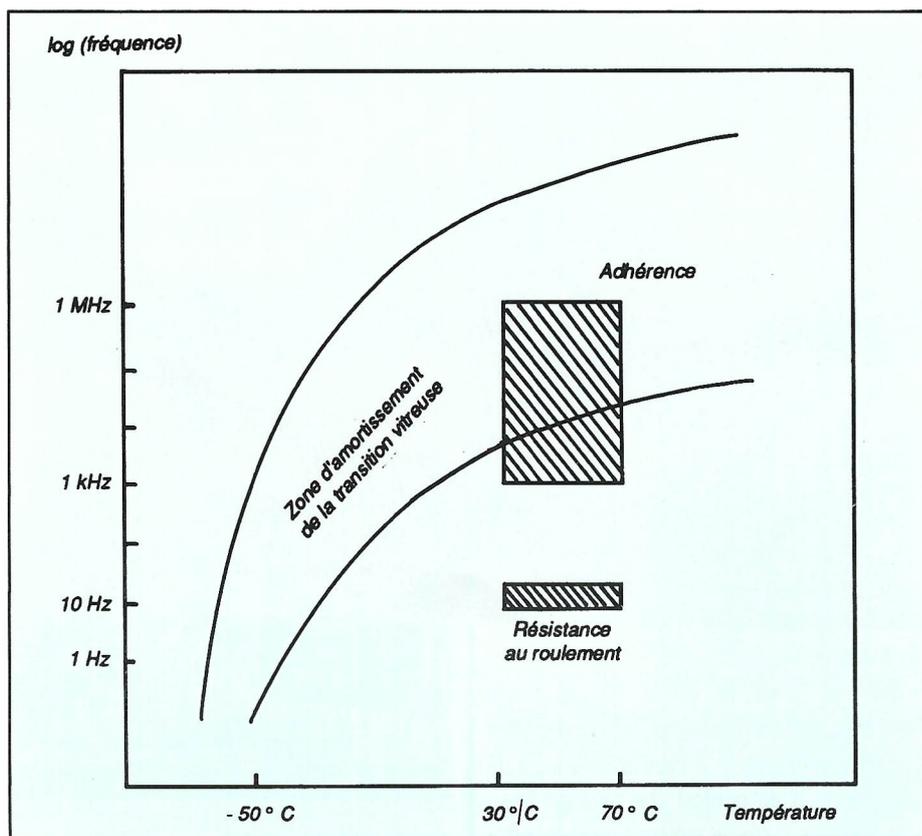


Fig. 19

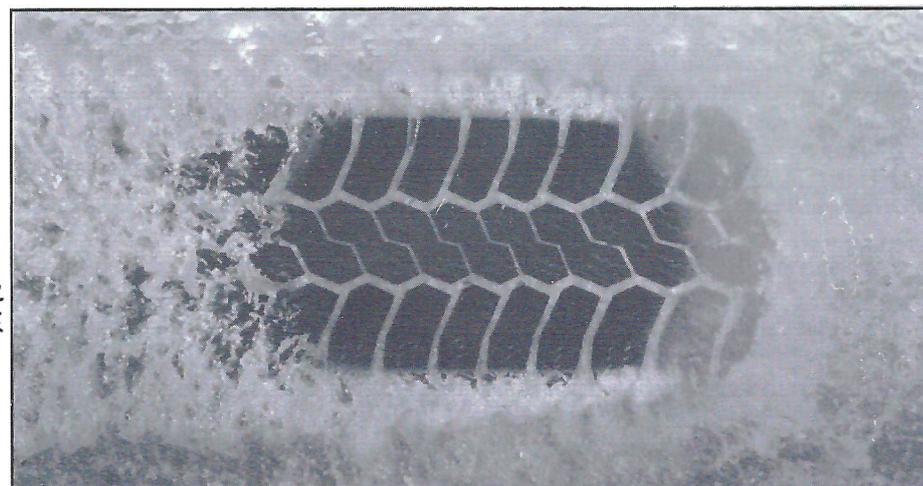
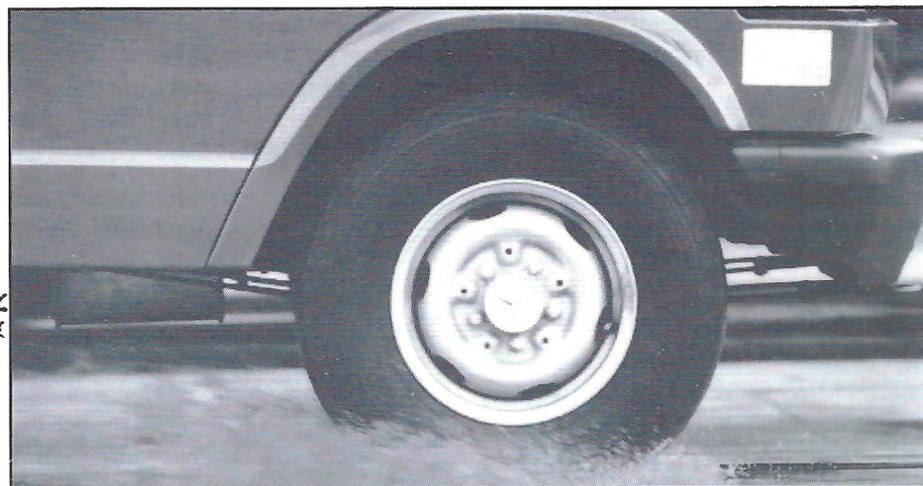


Fig. 20. - Les sculptures du pneumatique sont étudiées pour que l'eau s'écoule de chaque côté de la route sans perte d'adhérence.

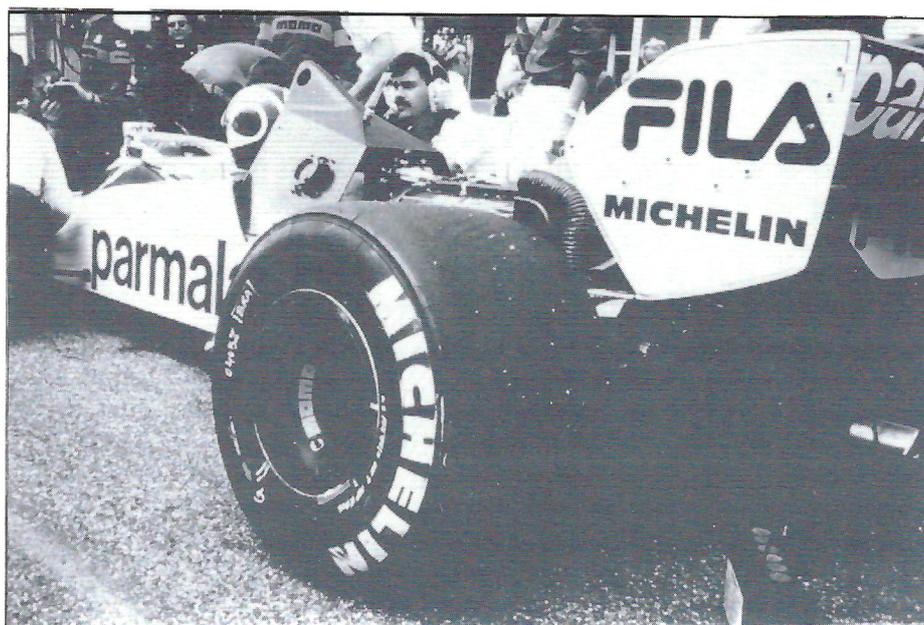


Fig. 21

En effet, il y a également un compromis rigidité-amortissement à maîtriser vis-à-vis de l'adhérence et du confort. Au bout de quelques tours de piste, le mélange se sera auto-

échauffé et aura atteint un régime optimum de fonctionnement. Pour rendre les pneus performants dès le départ, on accélère la mise en régime en les mettant en température avec des couvertures chauffantes.

LE PNEU : L'ART DE DÉPASSER LES ANTAGONISMES.

La conception des mélanges du pneu fait appel à toutes les propriétés des polymères : existence d'un état liquide visqueux pour la mise en forme, stabilisation d'un état élastomère par la vulcanisation, amortissement de la zone de transition vitreuse, principe de superposition fréquence-température. Les charges sont également un autre facteur de la rigidité et de l'amortissement des mélanges et une composante importante de la résistance mécanique. Concevoir les mélanges, c'est construire, maîtriser, et faire progresser un subtil équilibre entre ces propriétés en s'appuyant sur la science des polymères et matériaux composites.

Seule une structure composite permet au pneu d'être rigide pour transmettre des efforts entre véhicule et sol, mais suffisamment flexible pour développer une aire de contact non négligeable avec la route. Concevoir un pneu, c'est associer des matériaux mous — les mélanges — et des matériaux rigides — les renforts — en un ensemble cohérent pour répondre aux besoins des utilisateurs.

M.B. M.B. J.-P. Q.

BIBLIOGRAPHIE

- WARSHNITTER (J.) — L'industrie du Caoutchouc. *L'Usine Nouvelle*, p. 182, novembre 1981.
- SERIER (J.B.), VAN DYK (A.), DIEZ (A.). — Le Caoutchouc en B.D. — Service Documentation de l'IRCA, Paris 1985.
- KURZ (W.), MERCIER (J.P.), ZAMBELLI (G.). — *Traité des Matériaux*. — I. Introduction à la Science des Matériaux, Presses polytechniques Romandes. Lausanne, 1987.
- ALLEN (P.W.). — *Natural Rubber and the Synthetics*. — Crosby Lockwood, Londres, 1972.
- AKLONIS (J.J.), MACKNIGHT (W.J.). — *Introduction to Polymer Viscoelasticity*. — Seconde édition, Wiley, New-York, 1983.
- FLORY (P.J.). — *Macromolecules Vis-à-Vis the Traditions of Chemistry*. — *Journal of Chemical Education*, vol. 50, n° 11, p.732, novembre 1973.
- A Tribute to the Rubber Chemist. — *European Rubber Journal*, vol. 167, n° 1, p. 15, janvier 1985.
- MORAWETZ (H.). — *Polymers : the Origin and Growth of a Science*. — Wiley, New York, 1985.
- TRELOAR (L.R.G.). — *The Physics of Rubber Elasticity*. — Troisième édition, Clarendon Press, Oxford, 1975.
- QUESLEL (J.P.), MARK (J.E.). — *Rubber Elasticity and Characterization of Networks*, dans *Comprehensive Polymer Science*, vol. 2, éditeurs C. Booth et C. Price, Pergamon Press, Oxford, 1989.
- GOLE (J.). — *Les Matériaux Macromoléculaires Amortissant les Vibrations*. — *Journal de Mécanique Matériaux Electricité*, n° 277, p.2, janvier 1973.
- Le Pneumatique de Tourisme. — *Encyclopédie Intégrale de la Consommation*. — Michelin/Nathan, 1984.
- CHAMPETIER (G.), MONNERIE (L.). — *Introduction à la Chimie Macromoléculaire*. — Masson et Cie, Paris, 1969.
- CHAMPETIER (G.). — *Histoire des Macromolécules*. — ESPCI, Paris, 1983.
- Synthèse, Propriétés et Technologie des Elastomères. — IFOCA, Paris 1984.
- MASSOUBRE (J.). — *35 Années de Pneu Radial*. — *Caoutchoucs et Plastiques*, vol. 60, n° 631, p. 57, mai 1983.
- DICK (J. S.). — *Compounding Materials for the Polymer Industries*. — Noyes Publications, Park Ridge, 1987.
- WALKER (J.), HORNE (S.E.). — *Specialty Elastomers in Tires*. — *Elastomerics*, p. 22, septembre 1985.
- FERRY (J.D.). — *Viscoelastic Properties of Polymers*. — Troisième édition, Wiley, New York, 1980.
- De GENNES (P.G.). — *Scaling Concepts in Polymer Physics*. — Cornell University Press, Ithaca, New York, 1979.
- FLORY (P.J.). — *Principles of Polymer Chemistry*. — Cornell University Press, Ithaca, New-York, 1953.
- Science and Technology of Rubber. — Editeur F.R. Eirich, Academic Press, New York, 1978.

Cet article a été publié dans la revue du Palais de la Découverte — Vol. 19 — n° 187, à l'occasion de l'exposition "Les molécules géantes se déchainent : du caoutchouc aux matières plastiques". Nous remercions M. Demazure, Directeur du Palais de la Découverte, de nous avoir autorisés à le publier à notre tour.

Dans "Auvergne Science" n° 15-16 (oct. - nov. - déc. 1990) nous avons publié un article de M. Bacchus, ayant pour titre "Le Satellite Hipparcos et la nouvelle carte du Ciel". On se souvient que le lancement de ce satellite, le 8 août 1989, ayant connu quelques avatars, des inquiétudes avaient alors pu naître sur le résultat de cette mission.

Nous remercions M. Bacchus de nous avoir adressé ce nouvel article dans lequel il fait le point sur cette expérience remarquable.

LE SATELLITE ASTROMÉTRIQUE HIPPARCOS

LA RÉDUCTION DES DONNÉES

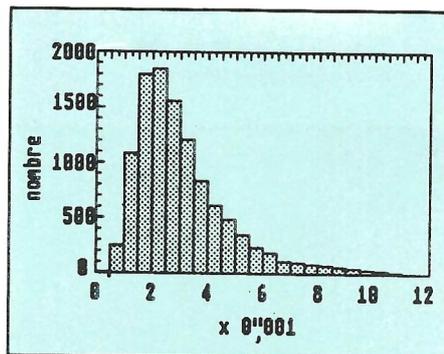
par Pierre BACCHUS

Le satellite astrométrique Hipparcos, après avoir rencontré quelques difficultés lors de son lancement en 1989, fonctionne maintenant de façon tout à fait satisfaisante depuis plus de deux ans, et nous a déjà fait parvenir une masse considérable de données brutes. Ces données sont essentiellement le *comptage* des photoélectrons fournis, dans chaque tranche de temps de 1/1200 seconde, par la lumière des étoiles modulée par la grille de mesure. Elles sont au nombre de plusieurs dizaines de milliards.

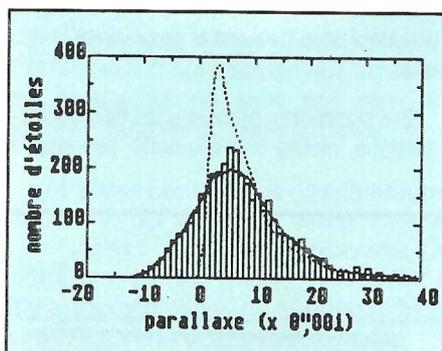
Le moment est venu de *réduire* ces données brutes, pour en tirer les inconnues principales qu'Hipparcos a pour mission de déterminer : position, mouvement propre et parallaxe pour environ 120 000 étoiles ; à raison de 5 inconnues par étoile, on doit donc déterminer 600 000 inconnues.

Il s'agit là d'un calcul long et délicat, qui se décompose en plusieurs étapes, et dans lequel toute erreur doit être proscrite. Aussi a-t-il été établi, dès l'origine, que cette réduction serait faite en double par deux consortiums, chacun d'eux ayant établi son programme de traitement indépendamment de l'autre. Seules les étapes principales étaient convenues à l'avance. L'un de ces consortiums, nommé NDAC (Northern Data Analysis Consortium) rassemble des spécialistes de l'Europe du Nord (par exemple le Danemark), l'autre est le FAST (Fundamental Astronomy by Space Technique) qui comprend notamment la France. Ils viennent de présenter les résultats préliminaires de leurs travaux. Il est d'ores et déjà possible d'évaluer la précision de détermination des positions et des parallaxes, mais non des mouvements propres, car la durée des observations réduites est encore trop courte.

L'histogramme ci-contre, tiré d'un article de J. KOVALESKY (consortium FAST) publié en décembre 1991 par l'Agence Spaciale Euro-



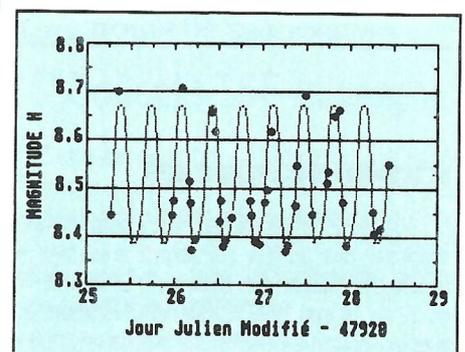
péenne, montre que la précision de position est le plus souvent de 0,002. Les étoiles pour lesquelles cette précision est moindre sont celles qui sont peu observées, ou mal reliées aux autres, dans le jeu d'essai utilisé ; naturellement elles s'amélioreront lorsqu'on incorporera un plus grand intervalle de données.



Le second histogramme est tiré d'un article de L. LINDGREEN (Consortium NDAC), et concerne la distribution des parallaxes obtenues. Cette distribution est prévisible, pour l'échantillon d'étoiles étudiées par Hipparcos, à partir de notre connaissance des densités stellaires dans la Galaxie : la parallaxe la plus fréquente doit être de 0,003 (étoiles à 333 parsecs), avec des parallaxes assez nombreuses jusque vers 0,04 (étoiles à 25 parsecs). La distribution obtenue diffèrera nécessairement de la distribution théorique, à cause des erreurs de mesure, et doit notamment comprendre des parallaxes négatives (lorsque l'erreur l'emporte

sur la quantité mesurée). Comme le calcul de réduction fournit, outre les inconnues cherchées, des estimations de leurs erreurs, il est possible de *corriger* la distribution prévue, pour tenir compte des erreurs prévisibles. C'est cette distribution corrigée qu'il faut confronter avec la distribution des parallaxes effectivement obtenues. La coïncidence de ces distributions, à 1 ou 2 millièmes de seconde de degré près en abscisses, permet de penser que les parallaxes sont exactes au même degré de précision.

A côté des inconnues astrométriques principales, Hipparcos fournit un sous-produit d'un grand intérêt, qui est la magnitude des étoiles. Il est exceptionnel, en effet, de pouvoir faire de la photométrie sur des étoiles aussi nombreuses dans des conditions aussi homogènes (même instrument, même bande passante). Comme chaque étoile passe plusieurs fois (ou même plusieurs dizaines de fois) dans le champ d'Hipparcos en quelques jours, et donne à chaque fois une nouvelle mesure de magnitude, il est possible d'examiner la cohérence de ces mesures, et d'en déduire une estimation de précision. Selon MIGNARD et al., cette précision peut dépasser le millième de magnitude. La répétition des mesures permet soit de constater la constance de la magnitude, soit de reconnaître que l'étoile est variable. L'exemple ci-dessus, tiré des mêmes auteurs, montre à la fois la fréquence des passages d'une étoile dans le champ d'Hipparcos, la dispersion apparente des mesures (quelques dixièmes de magnitude), la vraisemblance d'une variation à courte période, et la réduction de la dispersion qui en résulte.



LES PETITS DÉBROUILLARDS

Les séances d'initiation scientifique pour les enfants se poursuivent à l'Ecole Jules Ferry, à Clermont-Ferrand, sous la direction de Mme Gély, tous les mercredis.

Les séances de cette année sont consacrées à l'eau et à l'électricité.

Publication :

"Expériences de Physique" par S. Gély

Ce fascicule décrit une quarantaine d'expériences simples sur l'air, l'eau, la lumière, l'électricité, les aimants, la mécanique, etc... (25 pages).

En vente 30 F (franco de port) à l'ADASTA.

Voici les réponses aux questions posées dans le n° 19-20 de "Auvergne Sciences" :

1) Comment reconnaître un œuf cru d'un œuf dur ?

Les poser tous les deux sur une table et leur donner un mouvement rapide de rotation :

— **L'œuf cru** tourne mal (à cause du jaune et du blanc mobiles à l'intérieur de la coquille).

— **L'œuf dur** tourne très bien et longtemps, car il est solide.

De plus, l'œuf étant mis en rotation, si on pose l'index sur la coquille et si on l'enlève immédiatement :

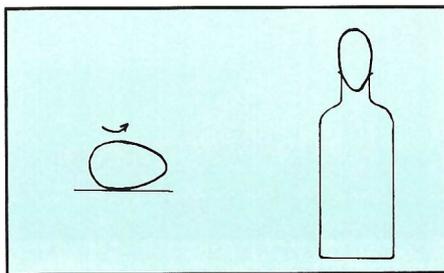
— **L'œuf cru** — bien que tournant mal — continue de tourner un peu à cause de son intérieur fluide.

L'œuf dur s'arrête instantanément et ne repart pas.

2) Comment faire entrer un œuf mollet dans une bouteille ?

Poser un œuf mollet* sur le goulot d'une bouteille bien sèche (ancienne bouteille de lait en verre, par exemple). Il ne rentre pas dans la bouteille.

Soulever l'œuf, introduire une allumette enflammée, replacer l'œuf immédiatement. Tout d'un coup, il est aspiré avec bruit, glouf ! et tombe au fond de la bouteille.



Explication :

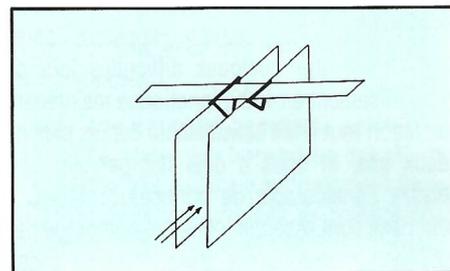
L'air chauffé par l'allumette s'est dilaté, une partie s'échappe, on voit même l'œuf se soulever mais il retombe très vite et ferme hermétiquement la bouteille ; en se refroidissant l'air diminue de volume, l'œuf est aspiré d'abord lentement, il se déforme et passe dans la bouteille.

Pour le ressortir, prendre une 2ème bouteille identique, mettre une allumette, renverser la

1ère bouteille avec son œuf, mais il faut bien ajuster les 2 goulots. Essayez !

2 NOUVELLES QUESTIONS :

1) Prendre 2 gros trombones ; y placer 2 feuilles de papier blanc : enfiler les 2 trombones dans une règle en plastique ; la tenir par ses extrémités, et souffler entre les 2 feuilles. Que se passe-t-il ? Expliquez.



2) Expériences **spectaculaires** avec de la maïzena.

a) Mettre de la maïzena dans un bol, rajouter un peu d'eau et délayer. Introduire lentement un doigt, recommencer en faisant pénétrer rapidement l'index dans le bol. Que remarquez-vous ?

b) Mettre à nouveau de la maïzena dans un bol, rajouter un peu d'eau, délayer. Former une boule que l'on prend dans les mains, la rouler, la laisser reposer, la rouler à nouveau. Que se passe-t-il ?

S. GÉLY.

* dont on a enlevé la coquille.

EXPO-SCIENCES

Tous les scientifiques en herbe sont invités à proposer des projets qui seront présentés au public à la Maison des Sports de Clermont-Fd, du 13 au 16 mai 1992. Cette manifestation, qui a pour objectif d'orienter les jeunes (entre 3 et 25 ans !) vers les sujets d'ordre scientifique et technique est animée par un collectif d'associations dont la vocation est de créer des animations. Tous les sujets — d'actualité ou non — sont recevables, pourvu qu'ils aient un côté scientifique.

Informations auprès de la Direction Départementale de la Jeunesse et des Sports — 34, rue Albert-Thomas — Clermont-Ferrand — Tél. 73.35.54.41.



UN PIN'S ADASTA

Un pin's reproduisant le logo ADASTA est disponible. Il sera adressé gratuitement à tous les adhérents qui en feront la demande (envoyer une enveloppe affranchie). Pour les autres, le prix de vente normal est 20 F (port compris).

EXPOSITIONS

Les dinosaures sont de retour... au Puy-en-Velay 11 mai au 31 juillet 1992.

Le Musée Crozatier présentera au Puy-en-Velay, du 11 mai au 31 juillet, cette célèbre exposition qui a déplacé les foules à Lyon, Nice et Paris (400 000 visiteurs au Palais de la Découverte) et fasciné les enfants.

Compte tenu de l'affluence prévisible, nous recommandons aux groupes scolaires qui souhaiteraient visiter cette exposition de prendre leurs dispositions dès maintenant en s'adressant au :

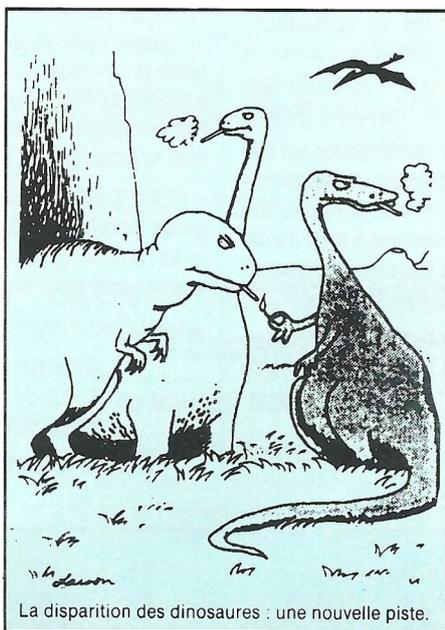
Service Culturel de la Ville
B.P. 317
43011 LE PUY-EN-VELAY
Tél. 71.09.01.34 (poste 301)
Renseignements : 71.09.38.90

Une société californienne, DINAMATION, crée des maquettes grandeur nature d'une fidélité extrême : reptile volant (Pteranodon), tête du plus grand dinosaure carnivore (Tyrannosaurus). L'élasticité calculée de la peau, la souplesse de la mousse interne et la rigidité de l'ossature métallique créent une illusion parfaite que confirme le toucher. Mais DINAMATION a aussi voulu animer les maquettes et les transformer en véritables robots : la tête, le cou, les membres, la queue sont doués de mouvements, accompagnés d'un bruitage. Ces robots bénéficient des derniers perfectionnements techniques, mariage de l'air comprimé, de l'électronique et de l'informatique. Ils sont réalisés, soit grandeur nature (échelle 1), soit en demi-grandeur (échelle 1/2). Il y aura une maquette et 10 robots à l'exposition présentée au Puy-en-Velay.

A cette partie spectaculaire de l'exposition américaine, est adjointe une partie pédagogique qui est l'œuvre du Musée Guimet. Des panneaux présentent chaque maquette ou robot, tandis que des panneaux didactiques généraux racontent l'histoire et la vie des dinosaures.

Un catalogue perpétue le souvenir des reptiles exposés tout en les situant dans le contexte général des connaissances sur les dinosaures. Un livre, "L'HOMME ET LES DINOSAURES" a été écrit pour la circonstance et constitue une irrem-

plaçable mise au point scientifique, mais destinée à tout public.



La disparition des dinosaures : une nouvelle piste.

Si exceptionnelle que soit l'exposition générale, il n'aurait pas été normal de passer sous silence les dinosaures découverts sur notre sol. C'est une véritable exposition annexe, "DINOSAURES DE FRANCE", qui apprend que les restes de dinosaures ne sont pas rares en France : ossements, œufs et pistes.

Les pistes des ancêtres des dinosaures abondent tout autour du Massif Central. Les pistes des vrais dinosaures se retrouvent sur les plages de Vendée et dans les montagnes du Jura (seul dinosaure sauteur connu au monde).

Les œufs pullulent tout au long de la façade méditerranéenne en Provence, Languedoc et Corbières : notre pays est réputé pour ses innombrables pontes.

Les ossements sont plus dispersés. Le seul squelette complet est celui du petit (moins de 1 m) Compsognathus ("jolie mâchoire") de Canjuers (Var). Un Stégosaure normand, incomplet, est cependant bien reconstitué. Quant au gisement belge de Bernissart, juste de l'autre côté de la frontière, c'est l'un des plus célèbres au monde avec son troupeau d'une trentaine d'énormes Iguanodontes.

EXPOSITION :

"LUMIÈRE D'ATOMES"

La Société Française d'Énergie Nucléaire (Groupe Auvergne) présentera l'exposition "Lumière d'atomes" du 30 mars au 10 avril 1992 au CRDP de Clermont-Ferrand.

Cette exposition réalisée notamment avec le concours d'EDF, du CEA et de la COGEMA est consacrée à l'atome et aux rayonnements ; elle comprend une soixantaine de panneaux et maquettes. Elle a pour objectif d'apporter des réponses aux questions que le public est en droit de se poser sur le nucléaire et ses conséquences.

Des journées d'information avec visites et conférences-débats (à 15 h.) sont organisées autour de divers thèmes :

- **Journée enseignants**, le 1er avril.
- **Journée jeunes**, le 2 avril ("Le présent et l'avenir des activités nucléaires").
- **Journée industrie**, le 6 avril.
- **Journée santé**, le 8 avril.

Pour en savoir plus, s'adresser à la SFEN - Tél. 73.34.52.17.

Une nouvelle association :

"Collectif TSF Auvergne"

Cette association, présidée par J.-Claude Claval a pour objectif de regrouper des personnes intéressées par les communications utilisant les ondes électromagnétiques, aussi bien sur le plan scientifique et technique que sur le plan humain.

Elle prépare un ensemble de manifestations qui doivent se dérouler fin 1993 et qui comprennent notamment :

- une présentation historique de la TSF avec des appareils anciens
- une exposition technique sur les composants électroniques
- une semaine d'animation culturelle sur le rôle de la radio et de la télévision dans l'évolution culturelle.

SEMAINE MINÉRALOGIQUE DE SAINT-GERMAIN-L'HERM

20 - 27 Août 1992

Après une année de stabilisation, la semaine minéralogique née en Août 1989 dans le cadre du Festival culturel, reprend sa progression. Ses organisateurs, et en particulier les excellents spécialistes que sont J. C. Berthelay et G. Camus, du Laboratoire de Géologie-Minéralogie de l'Université Blaise Pascal, ont choisi d'illustrer un constituant fondamental de notre planète, la silice. Des panneaux explicatifs et des vitrines d'échantillons seront présentés : non seulement on pourra voir les diverses variétés naturelles de silice, mais toutes les applications seront décrites. Elles vont de la grande industrie minérale, comme la verrerie, jusqu'aux techniques les plus pointues de la microélectronique (quartz piézoélectrique) en passant par la joaillerie et l'optique à fibres.

Le programme comporte, comme d'habitude, des conférences sur des thèmes liés soit à la silice, soit à la minéralogie régionale, et des excursions sur le terrain. Monsieur Hubert CURIEN, Ministre de la Recherche et de la technologie, a bien voulu répondre favorablement à mon invitation et nous fera l'honneur de participer à l'une des journées, comme en 1990.

Si cette manifestation vous intéresse, prenez contact dès maintenant, pour information, auprès de M. Massaux (tél. 73.40.73.29) aux heures de bureau, ou à la Mairie de Saint-Germain-l'Herm (tél. 73.72.00.56) lorsque le programme définitif sera publié (courant avril).

M. M.

CBM'92 :

Première convention internationale sur le génie biologique et médical à Vichy

L'Agence Régionale de Développement organise, en collaboration avec le Cabinet Adhésion et Associés, une convention internationale d'affaires consacrée au génie biomédical.

Cette manifestation aura lieu à Vichy les 1er et 2 juillet 1992. Elle s'adresse aux industriels, aux chercheurs, aux utilisateurs de produits, de savoir faire et de technologie transférables ou appliqués dans le génie biomédical. Les secteurs d'activité concernés sont la biotique, les entreprises du génie biomédical, la chimie, les matériaux, l'optronique, l'informatique, la mécanique, l'électronique, l'instrumentation, la robotique, la productique, les télécommunications.

CBM'92 est la seule convention internationale d'affaires consacrée au génie biomédical. Ce type de manifestation permettra d'avoir en deux jours une vingtaine de rendez-vous individuels avec des décideurs intervenants dans divers secteurs d'activités.

Les fiches d'inscription sont à demander à :

Adhésion et Associés - CBM' 92
9, Rue de l'Ancienne Mairie
92100 BOULOGNE

Tél. (1) 48.25.26.04 - Fax (1) 46.03.86.26

CONFÉRENCE

"LES DÉCHETS, facteur de progrès"

M. Claude GUILLEMIN, correspondant de l'Institut, Inspecteur Général honoraire du Bureau de Recherches Géologiques et Minières, donnera une conférence sur le thème des déchets, le lundi 16 mars 1992, à 17 h. 30, dans l'amphi B de Botanique de l'Université Blaise Pascal, 4, rue Ledru, à Clermont-Ferrand.

VISITES ORGANISÉES PAR L'ADASTA *

depuis sa création

Dans le dernier numéro d'Auvergne-Sciences, l'article consacré aux sorties culturelles de l'ADASTA a été amputé de la liste des visites que nous annonçons. Voici cette liste, mise à jour.

- | | | |
|---|---|--|
| 1) Mine d'Or du BOURNEIX (Haute-Vienne) :
1 journée, 20 participants (7 octobre 87). | 7) CERN, à Genève :
1 journée, 50 participants (15 avril 89). | de Heidelberg et de l'usine de matériel scientifique BRUKER à Wissembourg :
3 jours, 45 participants (17-18-19 octobre 90). |
| 2) Barrage et usine EDF de Montfermy (Puy-de-Dôme) :
1/2 journée, 50 participants (20 avril 88). | 8) Usine ROUSSEL-UCLAF à Vertolaye (Puy-de-Dôme) :
1 journée, 33 participants (15 octobre 89). | 14) CERN, Genève :
1 journée, 50 participants (8 décembre 90). |
| 3) Exposition CRISTAUX GÉANTS, Musée d'Aurillac (Cantal) :
1 journée, 30 participants (15 juin 88). | 9) Usine RHONE-POULENC Nutrition Animale à Commeny (Allier) :
1 journée, 42 participants (15 novembre 89). | 15) Verrerie de St-Just-sur-Loire (Loire) :
1 journée, 31 participants (27 mars 91). |
| 4) Uranium à Razès et Bessines (Haute-Vienne) :
1 journée, 11 participants (28 septembre 88). | 10) Laboratoires du CETIM à Saint-Etienne (Loire) :
1 journée, 43 participants (28 février 90). | 16) Laboratoires de Recherche en Physique et en Chimie du CNRS, à Orléans (Loiret) :
1 journée, 7 participants (31 mai 91). |
| 5) Usine de ROUSSEL-UCLAF à Vertolaye (Puy-de-Dôme) :
1/2 journée, 50 participants (16 novembre 88). | 11) Station de radioastronomie du CNRS à Nançay (Cher) :
1 journée, 54 participants (25 avril 90). | 17) Musée Ampère à Poleymieux et Renault Véhicules Industriels à Vénissieux :
1 journée, 17 participants (5 février 1992). |
| 6) Verrerie VERDOME de Puy-Guillaume (Puy-de-Dôme) :
1/2 journée, 20 participants (22 mars 89). | 12) CERN, à Genève :
1 journée, 53 participants (29 septembre 90). | A cette liste il convient d'ajouter les nombreuses sorties dans la ville de Clermont, en particulier à l'occasion d'Universités d'Été :
MSD Chibret, Laboratoires de Recherches Michelin, Hôpital, Biophysic Medical, Imprimerie Reix, etc... |
| | 13) Voyage en Alsace et en Allemagne : Visite de la centrale nucléaire de Fessenheim, du centre de Recherches de Physique nucléaire | |

La presse en a parlé

* Création d'un espace naturel de loisirs dans la Chaîne des Puy

(La Montagne - 8/01/92).

Au pied du puy de Dôme, en bordure de la route Clermont-Limoges et près du futur échangeur de l'autoroute Clermont-Bordeaux, le Conseil Régional a acquis un terrain militaire de 57 ha qui vient d'être aménagé pour les loisirs des clermontois.

Par la suite, il est prévu d'y construire un musée du Volcanisme. Nous nous réjouissons de constater que ce projet reprend l'idée du premier projet présenté par Maurice Krafft, en 1987, avec l'équipe "Volcans, Nature et Hommes" qui avait proposé d'utiliser l'énorme fonds documentaire du volcanologue pour réaliser, dans un site souterrain, "un grand espace muséographique sur l'ensemble des phénomènes volcaniques, doublé d'un centre de documentation international" (1).

Pour ceux qui ont longuement travaillé à ce projet pendant l'hiver 86-87, avant qu'il ne soit victime de dérives et d'attaques injustifiées, il s'agissait de créer un centre scientifique souterrain, d'importance européenne, où les problèmes liés à l'environnement auraient été traités de manière exemplaire. Rappelons que pour notre ami Maurice Krafft, récemment disparu au Japon, ce Centre devait avoir également une mission humanitaire. Une fondation aurait eu pour objectif de venir en aide aux populations menacées par les éruptions volcaniques. Comme il aimait à le répéter : "c'est l'ignorance des populations et des autorités face aux dangers des éruptions qui est la cause principale de mortalité sur les volcans".

Ainsi Maurice Krafft, qui a payé de sa vie sa passion de savoir et de communiquer, pourra-t-il se trouver associé à ce nouveau projet, même s'il semble beaucoup moins ambitieux que le projet initial.

R. J.

(1) Auvergne-Sciences n° 5 (Janvier 1988).

* Rénovation du Musée Lecoq à Clermont-Fd

Dans son numéro de novembre-décembre 1991 "La lettre de l'OCIM" (Office de Coopération et d'Information muséographiques), éditée

par le musée de Dijon, consacre un important article au musée Lecoq, sous forme d'entretien avec Madame Anne-Marie VIVAT, conservateur de ce musée. On sait que ce musée a fait peau neuve et qu'il présente désormais de façon moderne ses collections d'histoire naturelle.

Rappelons que le musée organise des animations pour les scolaires, des sorties de terrain, des visites commentées et un atelier de dessin pour les adultes.

Musée Lecoq, 15, rue Bardoux, 63000 CLERMONT-FERRAND - Tél. 73.91.93.78.

** "Expérience clermontoise à bord de Discovery"

(La Montagne, le 23-01-92).

La collaboration entre la NASA et les chercheurs (MM Coupat, Badaud et Fournier) du Laboratoire de Physique des Milieux Condensés dirigé par le Pr. Robert Cadoret se poursuit. Il s'agit essentiellement d'étudier la croissance de certains cristaux (iodure de mercure en l'occurrence) en l'absence de pesanteur. On espère ainsi obtenir des cristaux d'une structure parfaite.

Ce projet est financé par le Centre National d'Etudes Spatiales.

(Voir Auvergne-Sciences N° 17, janvier 91).

* Société Française de Physique

M. Michel Massaux, Maître de Conférence à l'Université Blaise Pascal, Vice-Président de l'ADASTA, et bien connu de nos lecteurs, a été élu Président de la section locale de la Société Française de Physique.

* Distinction

M. Christian Pariset, ancien Délégué Régional à la Recherche et à la Technologie et professeur à l'Université Blaise Pascal, a été promu au grade de Chevalier dans l'ordre de la Légion d'Honneur.

Plan Université 2000

Un effort considérable sera fait dans les années à venir pour développer l'enseignement supérieur dans notre région. 500 MF seront en effet investis d'ici 1995, dont la moitié seront fournis par les collectivités locales. C'est ainsi que la Région a pris en charge la plus grande part de l'extension de l'Institut Français de Mécanique Avancée et du CUST.

Ces deux opérations coûteront 51 MF à la Région et 7,4 MF à la ville de Clermont et 7,4 MF au Département (opérations du contrat de plan 1991-92).

Les opérations 1992-1995, menées en partenariat avec l'Etat et les autres collectivités dans le cadre du "Plan Université 2000", comprenant notamment :

— la 2ème tranche de l'IFMA (50 MF pour la Région, 20 MF pour la ville et 20 pour le Département).

— La 2ème tranche du CUST (13 MF pour la Région, 13 pour la ville et 35 pour le Département).

— L'extension de l'Ecole Nationale Supérieure de Chimie.

Au total 186 MF d'investissement, dont 74 MF pour la Région, 50 pour la ville de Clermont-Ferrand et 62 pour le Département.

Divers aménagements financés en majorité par l'Etat concernent les Universités, le CROUS, la bibliothèque, la Maison de l'Etudiant (18 MF).

En dehors du Puy-de-Dôme sont prévus :

— Un IUT à Moulins (financé au tiers par la Région).

— un 5ème Département logistique industrielle à l'IUT de Montluçon (financé à 50 % par la Région).

— Un Département d'IUT à Aurillac.

— Un Département d'IUT au Puy-en-Velay (financement 1/3 pour la Région).

A noter que pour ces 4 dernières opérations, l'Etat ne fournit aucune aide.

Il y a lieu de se réjouir que les collectivités locales unissent leurs efforts pour donner à l'enseignement supérieur des moyens accrus qui sont normalement à la charge de l'Etat.

Tout le monde est d'accord aujourd'hui pour considérer que le développement scientifique et technique est une des clés de la réussite économique d'un pays et d'abord

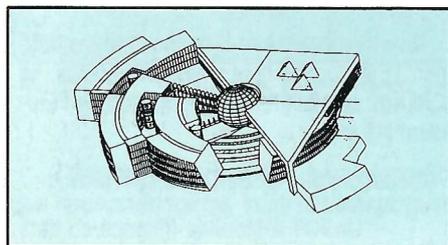
d'une région. Pour notre part, nous regrettons que le "Plan Université 2000" n'ait pas prévu de structure du type "Maison des Sciences et Techniques", comme il en existe dans toutes les régions de France : lieu de création, d'échange et de diffusion de la culture scientifique, ouvert à tous les publics et notamment aux jeunes et qui apporterait une aide indispensable aux enseignants pour innover et former les futurs scientifiques dont on sait qu'ils sont en nombre très insuffisant dans notre pays.

Sait-on, par exemple, qu'à différents concours de recrutement des professeurs de l'enseignement secondaire il y a beaucoup moins de candidats que de postes à pourvoir et que, pour faire face à cette situation tous les expédients sont de rigueur (la suppression de l'enseignement des sciences physiques en 6ème et 5ème n'étant, après tout, qu'un moindre mal).

Comment, dans ces conditions, pouvons-nous enrayer la décadence de notre enseignement scientifique ?

Certes, ce problème est d'abord de la compétence de l'Etat, mais une structure régionale de diffusion de la culture scientifique et technique bien comprise et adaptée aux besoins de notre enseignement serait la bienvenue et témoignerait du dynamisme de l'Auvergne.

R. J.



Maquette du futur Institut de Mécanique Avancée.

CONGRÈS INTERNATIONAL

B.A.R.N. 92

Applications biologiques en physique nucléaire

Le laboratoire de Physique Corpusculaire de l'Université Blaise Pascal organise un congrès consacré aux applications biologiques des particules chargées relativistes, en particulier dans le domaine de la radiothérapie et la physique de l'Espace.

Ce congrès se tiendra à Clermont-Ferrand du 14 au 16 octobre 1992. Le comité d'organisation est assuré par le Pr. J. P. Alard (LPC, IN_2P_3 , Clermont-Ferrand).

Le Professeur Roger Vessière reçoit la médaille de la Région

Le 19 décembre 1991, notre ami le Professeur Roger Vessière, Président d'Honneur de l'ADASTA, recevait des mains du Président du Conseil Régional la médaille de la Région. Cette distinction honore un grand scientifique clermontois qui a fait toute sa carrière dans notre ville. Elle honore également un grand administrateur qui a assumé efficacement de multiples et importantes fonctions. Roger Vessière est également un homme de cœur, généreux, d'une grande exigence morale. Tous ceux qui participent à l'aventure de l'ADASTA lui doivent reconnaissance et estime.



Le Professeur Vessière honoré par Valéry Giscard d'Estaing.
(Photo La Montagne).

Nous lui adressons nos chaleureuses félicitations pour cette distinction bien méritée.

UNE CHARTE RÉGIONALE POUR L'ENVIRONNEMENT

L'Auvergne est une région dont l'environnement est relativement préservé : des milieux naturels riches et diversifiés, une urbanisation contrôlée et des pollutions industrielles limitées.

Cette situation ne présente pas que des avantages, car elle traduit un certain manque de développement économique.

Est-il possible de concilier un développement devenu nécessaire avec le respect d'un environnement exceptionnel ?

L'Auvergne fait le pari qu'il est possible, non seulement de conduire son développement non pas contre son environnement, mais grâce à lui. L'environnement doit être un facteur de progrès.

La brochure claire et bien rédigée que vient d'éditer le Conseil Régional* détaille les objectifs à atteindre et les actions à entreprendre. Cinq thèmes fédérateurs sont développés :

- Paysages et gestion de l'espace.
- Eaux et milieux aquatiques.
- Pollutions (déchets, air, bruit).
- Patrimoine naturel (faune, flore, géologie).
- Patrimoine bâti.

L'environnement est l'affaire de tous. Des actions de sensibilisation, notamment en milieu scolaire, se développent par l'intermé-

diaire d'associations et des Parcs Naturels Régionaux.

La Région envisage de créer un matériel pédagogique et d'encourager la recherche, la formation et les initiatives diverses.

En somme, un projet ambitieux qui doit mobiliser les hommes et les femmes de notre région pour faire de notre environnement un véritable facteur de progrès.

* Cette brochure est disponible au Conseil Régional d'Auvergne, 13, avenue de Fontmaure, 63400 Chamalières - Tél. 73.36.36.07

LES LEVIERS DU FUTUR

du 24 au 28 mars 1992

La 5ème édition des leviers du futur, organisée par la ville de Clermont-Fd, avec le concours du Crédit Agricole Centre France, aura lieu place de Jaude, du 24 au 28 mars 1992, sous chapiteau.

Rappelons que cette manifestation a pour objectif de mettre en valeur l'image de Clermont-Ferrand en tant que Centre Universitaire et pôle économique et de faire connaître ses réalisations et ses ressources, aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur de la Région.

Cette manifestation permet également de créer des échanges entre les entreprises et la recherche publique.

A l'occasion des leviers du futur 1992, sera organisée la coupe de Volley-Ball des Grandes Ecoles, qui réunira à Clermont 600 étudiants de toute la France.