

La Jaune et la Rouge

LE VERRE

JE NE ME SUIS JAMAIS SENTI AUSSI BIEN QUE DEPUIS QUE J'AI TOUT PERDU...

GRACE A L'ASSISTANCE AIDE-MEMO 24H/24

C'est vrai : chaque jour, en France, des milliers de personnes perdent — ou se font voler — leur portefeuille : plus de cartes de crédit, plus de carte d'identité, plus de permis de conduire, plus d'argent, même pour téléphoner, bref, plus rien !

Vous avez des cartes de crédit ?

(cartes bancaires, de grands magasins, PTT Pastel, AMEX, Dinners, La Redoute, 3 Suisses,...)

Vous savez que la fraude sur ces cartes a lieu dans les premières heures suivant la perte ou le vol, avant que vous n'ayez le temps de contacter les différents centres d'opposition.

Savez-vous que ces centres d'opposition vont vous demander le numéro de ces cartes que précisément vous n'avez plus ! Et connaissez-vous leurs numéros d'appel ? Savez-vous enfin que si vous effectuez vous-même une opposition en cas de perte ou de vol d'une carte, vous ne recevrez en règle générale aucune confirmation écrite de votre appel, vous dégageant de toute responsabilité ?

Vous avez de l'argent sur vous ?

Savez-vous comment faire, en cas de perte ou de vol, et que vous êtes loin de votre domicile ?

Grâce au numéro vert (ou en PCV) et au réseau international d'Europ Assistance, AIDE-MEMO 24H/24 peut vous avancer très vite de l'argent pour rentrer, que vous soyez en France ou à l'étranger.

Vous avez des bagages ?

Vous avez donc très probablement des étiquettes bagages avec en clair votre nom et votre adresse.

Savez-vous que les voleurs identifient facilement les personnes qui partent en vacances grâce à leurs étiquettes bagages, et peuvent dévaliser tranquillement leur maison ensuite ?

C'est vrai : AIDE-MEMO 24H/24 a été conçu pour y apporter des réponses très concrètes, que vous découvrirez en renvoyant dès maintenant le coupon-réponse ci-dessous. Vous pouvez aussi nous téléphoner pendant les horaires de bureau au : 16 (1) 40 26 09 65 si vous souhaitez des informations complémentaires.

Son prix : **140 F par an**, soit moins de 39 centimes par jour !

Cela aussi, c'est vrai.



Je désire recevoir, sans engagement de ma part, la documentation décrivant les services AIDE-MEMO 24H/24.

Nom Prénom

Adresse

Code postal Ville

Je découvre votre service grâce à Date de parution

A renvoyer à : AIDE-MEMO 24H/24 BP 345 75018 PARIS



NOTRE
MATIÈRE VIVE :
VOTRE
MATIÈRE GRISE.

photo: fotograf-stone

Rechercher et agir pour le secteur aérospatial civil et militaire.
Engager les meilleures compétences dans une avancée technologique permanente pour concevoir l'avenir.
Traduire notre passion par une extraordinaire volonté d'engagement dans la double compétition technologique et commerciale à l'échelon mondial.

Miser sur vos compétences et laisser votre talent s'exprimer en toute liberté.
Gagner ensemble un pari à la hauteur de vos ambitions.
C'est ça, DASSAULT-BREGUET.

La passion aéronautique



DASSAULT

78. Quai Marcel Dassault 92214 SAINT CLOUD

HCA P

— 40 DEFIS —



POUR 40 JEUNES DIPLOMES

Vous souhaitez débiter votre vie professionnelle comme ingénieur d'affaires, ou comme ingénieur d'études (structure, thermique, électromécanique, infrastructure), sur un chantier ou dans un département recherche développement.

Vous êtes attirés par une carrière évolutive qui puisse se dérouler à Paris, en Province ou à l'étranger.

OTH est l'une des premières sociétés d'ingénierie Européennes dans les domaines du bâtiment et de l'infrastructure.

Nous vous proposons une carrière à la hauteur de vos ambitions et de vos compétences, dans un Groupe en plein développement.

Dans le secteur passionnant de la construction notre rôle consiste à concevoir et à contrôler la réalisation de grands ouvrages ou à assister les maîtres d'ouvrage pour la gestion et l'exploitation de leur patrimoine.

Présent dans le BTP depuis plus de 40 ans, le Groupe OTH s'est mis à l'heure du partenariat en 1987 ; le capital a été entièrement repris par ses dirigeants et nous connaissons depuis un développement constant.

Avec un effectif de 550 personnes dont 70 % de cadres, nous participons actuellement aux réali-

sations les plus prestigieuses, tant nationales qu'internationales : l'Arche de la Défense, l'aménagement du Grand Louvre, les Prisons privées, le stade Charlety, le Parc de Loisirs Euro Disneyland, l'assainissement de Brazzaville et d'Antananarivo, le plan de santé et les centres de production pharmaceutiques d'Angola.

Les postes à pourvoir (une quarantaine) sont à Paris, dans les grandes capitales régionales et à l'étranger (DOM-TOM, Moyen-Orient, Afrique, Pacifique, Pays de l'Est).

Contactez
R. MANDON (X 56)
Directeur

OTH

18, bd de la Bastille
75012 Paris
Tél. 43.46.12.10

Il existe toujours une bonne occasion de faire plaisir !
 Pensez au foulard «100° Bal de l'X» - Nina Ricci. Quelques exemplaires restent disponibles au Secrétariat du Bal, 5, rue Descartes, 75005 Paris. Tél. : 43.29.63.11.

Vente au profit de la Caisse de Secours de l'A.X.

Vente sur place ou par correspondance
 au prix de 500 F à l'ordre de : A.X. Commission du Bal.

Sommaire

En couverture : Pyramide du Louvre.
 Architecte : I.M. Pei.
 Photo : Gérard Grenier.

Crédits photographiques :

© Saint-Gobain : pages 12 - 14 - 15 - 16 - 18 - 19 - 20 - 21 - 24 - 25 - 26 - 28 - 29 - 30 - 31 - 38.
 Laboratoire de Marcoussis, Centre de recherches de la C.G.E., Service photographique : pages 44 - 45.
 Noël Daum : pages 47 - 50 - 54 - 55 - 59 - 62 - 63 - 65.
 © Gérard Klopp : pages 50 - 51 - 65.
 © Christoph Uhl : pages 47 - 51.
 © British Museum : pages 57 - 58
 Etienne Rollet : pages 68 - 69 - 72 - 73 - 77.

La Jaune et la Rouge

N° 456 - JUIN/JUILLET 1990

Revue mensuelle de la Société amicale des anciens élèves de l'Ecole polytechnique
 5, rue Descartes, 75005 Paris
 Tél. : 46.33.74.25

Directeur de la publication : Henri Martre (47)
 Rédacteur en chef : Gérard Pilé (41)
 Secrétaire de rédaction : Michèle Lacroix

Prix du numéro : 20 F
 Numéro spécial : 60 F
 Abonnement : France 210 F - Etranger 250 F
 Membres de l'Association : promos 79 et antér. : 80 F ; 80 à 83 : 60 F ; 84 à 86 : 40 F.

Bureau des carrières : 12, rue de Poitiers,
 75007 Paris. Tél. : 45.48.41.94.

Autres annonces : 5, rue Descartes,
 75005 Paris, Tél. : 46.33.74.25.

Editeur : Société amicale des anciens élèves de l'Ecole polytechnique.

Publicité : Ofersop, M. Baratta, 8, bd Montmartre, 75009 Paris. Tél. : 48.24.93.39.

Fabrication : Editions de l'Aulne
 Impression : Intergraphie

Commission paritaire n° 65 147
 ISSN 0021-5554
 Tirage 13 200



LES INDUSTRIES DU VERRE

- 5 Avant propos
Jean-Louis BEFFA (60)
- 6 Le verre plat... industrie mondiale
Daniel MELIN (64)
- 9 L'élaboration du verre et le procédé float
Roger GOBERT
- 13 L'évolution des vitrages automobile
Gilles COLAS
- 19 De la fenêtre à la façade : un reflet de l'histoire du verre
Jacques FRÉMAUX
- 23 La laine de verre et l'industrie de l'isolation
Michèle RAIN
- 27 Vetrotex : la fibre de verre de renforcement
Pierre TRACOL
- 33 Les nouvelles applications verrières
Alain ARNAUD (59)
- 37 Le verre dans l'emballage
Claude PICOT
- 39 Fibres optiques
Jean-François CHARIOT (83), Patrice DESOMBRE (61)

LE VERRE ET L'ART

- 46 Au lecteur
- 47 La verrerie d'art
Noël DAUM (30)
- 56 L'empire romain, un «âge d'or» du verre
Gérard PILÉ (41)
- 60 Le vitrail
Noël DAUM (30)
- 67 Les vitraux troyens au début de la Renaissance
Jean ROLLET (46)
- 71 Le funeste et merveilleux voyage de Liévin le vitrier autour de la cité de Troyes en Champagne
Jean ROLLET (46)
- 79 Un peintre-verrier contemporain nous parle de son art
Henri GUÉRIN

83 COURRIER

84 VARIÉTÉS

85 VIE DE L'ASSOCIATION

- 86 Carnet polytechnicien
- 90 Annonces du Bureau des carrières
- 96 Autres annonces

Aéronautique • Spatial • Télécommunications • Transports • Nucléaire • Pétrole

L'imagination décolle



Ingénieurs Grandes Écoles, Scientifiques Bac + 5

L'informatique scientifique et technique est votre terrain de prédilection ? Rencontrez CISI INGÉNIERIE.

Leader européen du logiciel aéronautique et spatial, CISI INGÉNIERIE vous ouvre les expériences les plus stimulantes de l'industrie d'aujourd'hui : centre de contrôle au sol des satellites Télécom1 et TDF1, centre de traitement des images SPOT, calculateur d'alarme de l'A320, système ASTREE de la SNCF, simulateur de réacteur de sous-marin nucléaire, système expert de planification du métro de Rome... des projets pour exprimer votre

personnalité et votre talent dans les compétences de pointe :

TEMPS RÉEL - GÉNIE LOGICIEL
INTELLIGENCE ARTIFICIELLE - CALCUL SCIENTIFIQUE
PROCESSUS INDUSTRIELS

Une large expérience reconnue, une position unique dans le domaine du calcul scientifique, l'imagination et la rigueur d'une équipe de très haut niveau, la maîtrise des projets les plus complexes, CISI INGÉNIERIE vous ouvre les perspectives de carrières d'un grand groupe.

Adressez votre dossier de candidature à CISI INGÉNIERIE - Direction des Ressources Humaines
3, rue Le Corbusier - Silic 232 - 94528 Rungis Cedex.

C I S I I N G É N I E R I E

Un regard neuf sur les technologies

AVANT-PROPOS

Jean-Louis BEFFA (60)
Président-directeur général
de la Compagnie de Saint-Gobain

Ce numéro spécial sur le verre constitue une occasion particulièrement appropriée, et que je salue, de mieux faire connaître ce matériau et, je l'espère, de communiquer notre enthousiasme sur des propriétés tout à fait uniques.

La fabrication du verre a connu au cours des siècles des évolutions nombreuses et des applications toujours plus diversifiées. Après la canne à souffler du 2^{ème} siècle avant notre ère, les doges vénitiens du XII^{ème} siècle et la création de la Manufacture Royale des Glaces de Saint-Gobain par Louis XIV, les mutations de fabrication se sont accélérées avec l'ère industrielle. L'abaissement continu du coût unitaire de production de la glace depuis 150 ans constitue sans doute l'un des plus éclatants exemples de cette évolution d'un produit de l'état de produit de luxe à son entrée progressive sur les marchés de consommation de masse. Aujourd'hui, sous ses multiples usages : verre plat pour le bâtiment et l'automobile, fibres pour le renforcement ou l'isolation,

verre creux pour l'emballage, le verre a conquis sa place dans notre vie quotidienne.

Mais surtout, c'est à mon sens un matériau promis à un grand avenir. Parmi les multiples propriétés et qualités mécaniques, optiques, électriques, thermiques, chimiques du verre, qui en font un matériau tout à fait moderne et bien placé dans la compétition à laquelle se livrent les matériaux technologiques, je me limiterai à mentionner trois atouts spécifiques aujourd'hui particulièrement importants :

- sa fabrication dépend de matières premières bon marché et quasiment inépuisables ;
- son caractère écologique lui donne un avantage qui peut être décisif. Peu polluant dans sa fabrication, il est recyclable dans ses utilisations et, en particulier, dans l'emballage. Isolant acoustique aussi bien que thermique, c'est l'un des meilleurs instruments de lutte contre le bruit ;
- ses possibilités croissantes d'utilisation comme substrat pour des matériaux composites aux fonction-

nalités toujours plus riches (par exemple vitrages actifs, chauffants, bas-émissifs ou les verres pour l'électronique). Ceci sans parler des horizons qu'ouvriront un jour les travaux actuels de recherche sur la structure intime du verre.

Aujourd'hui premier verrier mondial, Saint-Gobain est, depuis son origine, il y a plus de trois cents ans, étroitement associée à l'histoire de ce matériau en France et dans le monde, à la grandeur de son passé et à la construction de son avenir.

C'est donc tout naturellement qu'un certain nombre de responsables de notre entreprise essaieront dans ces colonnes de vous faire mieux découvrir les différents aspects du verre.

En vous souhaitant une bonne lecture, il me reste à espérer que, parmi nos jeunes camarades, un plus grand nombre encore se découvriront une vocation scientifique ou industrielle pour développer les nombreuses et prometteuses applications du verre.

LE VERRE PLAT ... INDUSTRIE MONDIALE

Daniel MELIN (64)
Directeur de la Branche Vitrage
de Saint-Gobain

LES façades de la Grande Arche, la Pyramide du Louvre, c'est évidemment du verre plat, tout comme les fenêtres de nos maisons. Les pare-brise de nos voitures, c'est également du verre plat, même si les formes so-

phistiquées qu'ils épousent n'ont plus rien à voir avec un plan. Les verrières des cockpits d'avions, c'est aussi du verre plat en composites quelquefois avec d'autres matériaux transparents. Les plaques chauffantes des cuisinières, du verre plat éga-

lement ... Les écrans d'affichage de nos ordinateurs portables, de nos jeux électroniques, demain de nos télévisions, c'est du verre plat avec un traitement de surface qui en fait un matériau support de l'électronique ...



Les industries du verre

Le verre plat, matériau très ancien, a su s'adapter aux évolutions technologiques au cours des millénaires de son histoire.

Son marché mondial est de l'ordre de 20 milliards de dollars, réparti en trois grandes zones d'importance à peu près égale : l'Europe - le plus important marché sans même y annexer l'Europe de l'Est -, les Etats-Unis, le Japon et la zone Pacifique. La consommation de verre plat est très liée au pouvoir d'achat. Bien sûr, les facteurs climatiques affectent la consommation de vitrage dans l'habitat par leur influence sur le mode constructif - les pays froids utilisent plus de vitrage que les pays d'Afrique -, mais avant tout, c'est le niveau de vie qui reste le paramètre essentiel : les surfaces d'habitation sont plus grandes, les fenêtres plus nombreuses, les produits utilisés plus élaborés, dans les pays à fort pouvoir d'achat.

Quant à l'autre grand marché du vitrage, celui de l'Automobile, le pouvoir d'achat en est le paramètre fondamental et il n'est pas difficile d'imaginer que le Japon, les Etats-Unis, l'Europe consomment à eux

seuls 90 % de la production de vitrages automobile.

Le métier de verrier dans le verre plat a plusieurs visages :

- L'élaboration de grands plateaux de verre dans des usines très automatisées - les floats - où cependant les ordinateurs, les robots et les CAO largement présents n'ont pas encore remplacé le coup d'œil du chef de ligne ou l'expérience du concepteur de four.

- La transformation de ces grands plateaux en produits pour le Bâtiment : doubles vitrages, verres de sécurité, feuilletés, trempés, verres réfléchissants, verres superisolants ... Ces différentes opérations de transformation se font dans des usines proches des marchés car il faut avant tout assurer au client le service dont il a besoin avec les produits répondant à la demande.

Dans un groupe comme Saint-Gobain, ces opérations se font en filiales pour donner plus de souplesse, permettre plus de rapidité d'adaptation au marché et stimuler l'initiative.

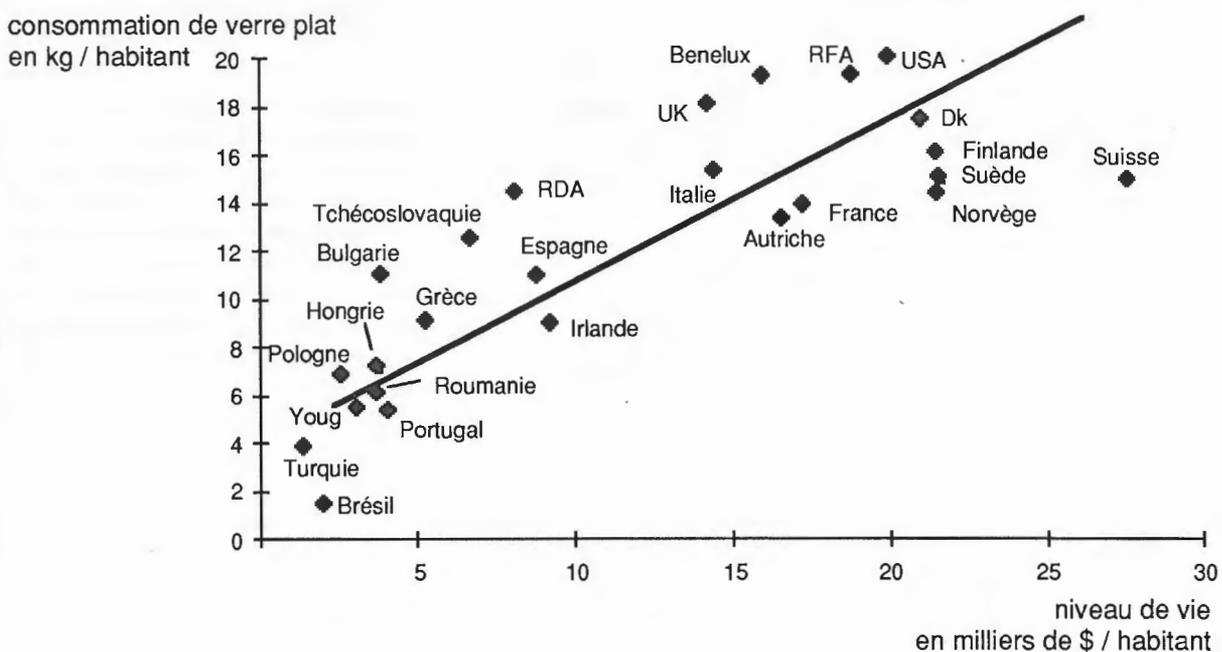
- La transformation enfin de ces produits pour l'Automobile. Il s'agit

de produire les pare-brise, les lunettes arrière, les glaces latérales qui sont au fil des années d'authentiques éléments de design et font partie intégrante du style du véhicule. Ces productions se font dans des usines évidemment très spécialisées, en liaison directe avec les clients qui sont les constructeurs automobiles. Le verrier intervient très tôt dans la vie du modèle, quasiment dès sa création sur l'épure du styliste. Le verrier et les bureaux d'étude du constructeur automobile échangent les données techniques désormais en bandes de données CAO, pour préciser le dessin, la faisabilité et le coût des vitrages envisagés.

Les produits verriers automobile ont considérablement changé. Pour s'en convaincre, il suffit de se rappeler les pare-brise plats de la R4, celui bombé mais très vertical de la DS qui à l'époque faisait figure de novation majeure, et de considérer les vitrages très inclinés, très enveloppants, très affleurants sur la carrosserie, des derniers véhicules sortis par nos clients.

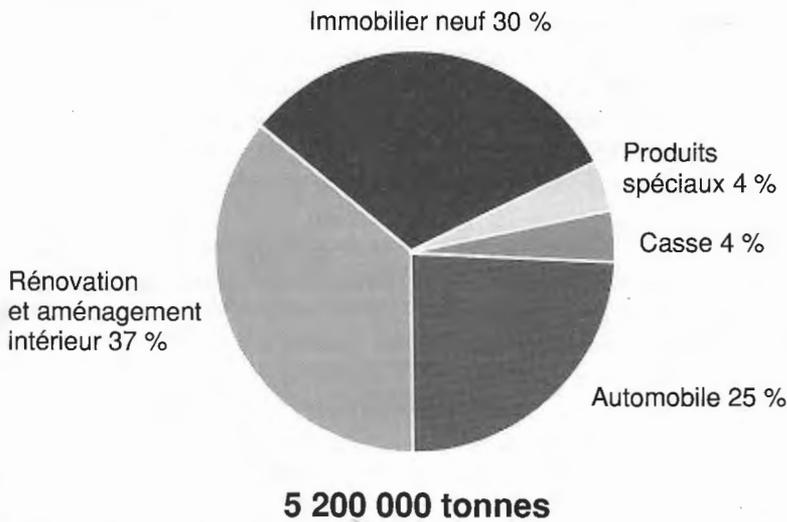
La surface vitrée du véhicule a augmenté régulièrement : 2,8 m² en

CONSOMMATION de VERRE PLAT et NIVEAU de VIE



Le Verre Plat en Europe de l'Ouest

Quelles destinations ?



1980, presque 4 m² aujourd'hui. Cette consommation supplémentaire ne saurait déplaire au verrier mais elle n'a été rendue possible que par un effort technologique sans précédent. Dans ce métier, les investissements sont lourds et les techniques obsolètes en 5 ou 6 ans tant est rapide l'évolution des formes que le styliste automobile demande au verre. Ce métier exige donc un grand professionnalisme. Il n'est exercé que par quelques grands mondiaux ; Saint-Gobain est parmi ceux-là, occupant la première place mondiale, équipant en Europe une voiture sur deux.

• Et puis, pour terminer cette présentation des métiers du verre plat, il faut évoquer les produits spéciaux. Avec un chiffre d'affaires beaucoup plus faible que le Bâtiment et l'Automobile, ils n'en constituent pas moins un secteur capital car l'innovation y est encore plus motrice, et c'est là que sont les produits de demain.

Produits pour l'aviation, le TGV,

produits pour l'électronique, vitrocéramiques douées de propriétés spéciales de dilatation, de compaction... Ces produits sont spéciaux par leur composition verrière et surtout par leurs traitements de surface. Les verriers ont appris à disposer des couches métalliques invisibles sur les surfaces et à doter ainsi le verre de propriétés spécifiques inattendues : verres chauffants, verres écrans aux radiations, verres à visée holographique pour les «head-up displays» des cockpits d'avions, et demain pour l'automobile ..., verres conducteurs d'électricité, verres supports des transistors ...

Saint-Gobain est engagé dans ce métier par trois sociétés : Sully Produits Spéciaux, Sovis et Glastron.

*

* *

Métier avec une large palette de produits, métier à fort contenu technologique, le métier du verre plat s'est très vite mondialisé.

Très tôt, PPG - Américain - est venu en Europe. Pilkington - Anglais - a

construit des usines en dehors du Royaume-Uni. Asahi - Japonais - est maintenant en Europe et aux Etats-Unis.

Saint-Gobain, dès le début de ce siècle, était présent en Allemagne, en Italie, en Belgique, en Espagne et en France. Saint-Gobain était aussi très tôt en Amérique du Sud.

Le métier, à l'évidence, est mondial. Le N°1 en est aujourd'hui Pilkington avec sa filiale américaine Lof. Le Groupe Saint-Gobain est en deuxième position, quasiment à égalité avec PPG. Asahi, a une taille plus faible mais sa croissance aux Etats-Unis, par l'acquisition d'AFG, lui donnera une dimension analogue à celle de Pilkington. Ford Glass ensuite - division verre du constructeur automobile - a une bonne taille aux Etats-Unis. Enfin, Guardian aux Etats-Unis, NSG au Japon, SIV en Europe sont les autres protagonistes auxquels il faudra bientôt - sans doute - ajouter les «combinats» des pays de l'Est.

Jeu mondial donc, mais jeu dans lequel les européens font bonne figure, avec de solides arguments : ils possèdent les matières premières, n'ont pas de handicap au niveau technologique, et bénéficient d'un marché intérieur qui est le plus important du monde.

L'industrie du verre plat continuera à s'interpénétrer davantage, à se globaliser, au rythme d'ailleurs de ses grands clients constructeurs automobiles. Il faut cependant être prêt, dans ce métier, à investir en développement et à innover sans cesse. Le verre plat a considérablement bougé notamment ces dernières décennies. Seules les entreprises capables de suivre ce rythme d'innovation resteront des acteurs de ce métier au début du prochain millénaire. Saint-Gobain entend être de ceux-là.

L'ÉLABORATION DU VERRE ET LE PROCÉDÉ FLOAT

Roger GOBERT

Directeur technique international «Produits de Base»
Saint-Gobain Vitrage International

LE métal, le béton, le verre, matériaux du 20^e siècle. De la Pyramide du Louvre aux millions de voitures qui parcourent le monde, les feuilles de verre permettent aux architectes et aux stylistes de réaliser des œuvres esthétiques. Aujourd'hui, ces prescripteurs exigent de ce métier très ancien la force industrielle nécessaire pour répondre à la demande du marché. Notre propos ne prétend pas être travail d'historien ou d'encylopédiste mais espère simplement montrer, au travers de la découverte d'un procédé de fabrication - le float glass -, le paradoxe qui existe entre un produit considéré comme banal et sa fabrication toute nimbée des mystères du passé, où le secret règne encore.

En ce début de siècle

Sans remonter aux temps où la noblesse avait droit d'exercer le métier de verrier pour en faire un art du feu, un rapide coup d'œil au début de ce siècle, avec l'apparition de procédés en continu d'élaboration et l'éclo-

sion de procédés de formage modernes, permettra de mieux saisir tout l'impact du procédé de flottage à partir des années 60.

Grâce à la coulée continue et au laminage, on a pu obtenir dès 1930 un produit optiquement presque parfait, la glace, avec une qualité indispensable à la fabrication des miroirs ou à l'équipement des vitrines et exigée le plus souvent par l'industrie automobile. Mais le verre devait être douci et poli. Il a fallu attendre les années 50-60 pour que ce travail mécanique de haute précision effectué sur le ruban de verre brut, découpé seulement après la fin des opérations, se fasse en continu dans les usines les plus modernes. Ce procédé coûte malheureusement très cher. Il nécessite l'emploi d'une vingtaine de machines successives, onéreuses à l'achat et à l'entretien, dévoreuses d'énergie électrique et de matières premières, car elles éliminent par usure plus de 10 % du poids de la feuille brute et consomment des tonnes de fonte, de feutre, de produits abrasifs.

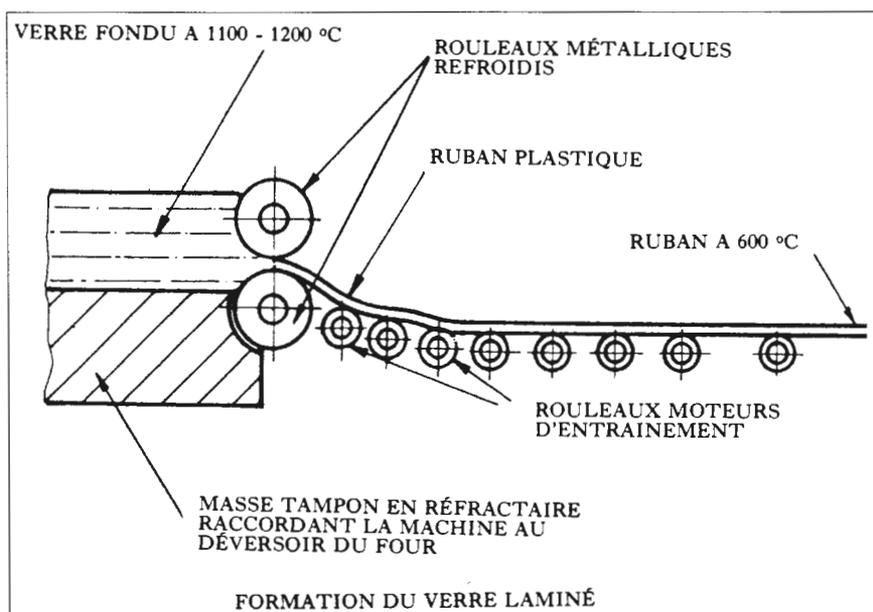
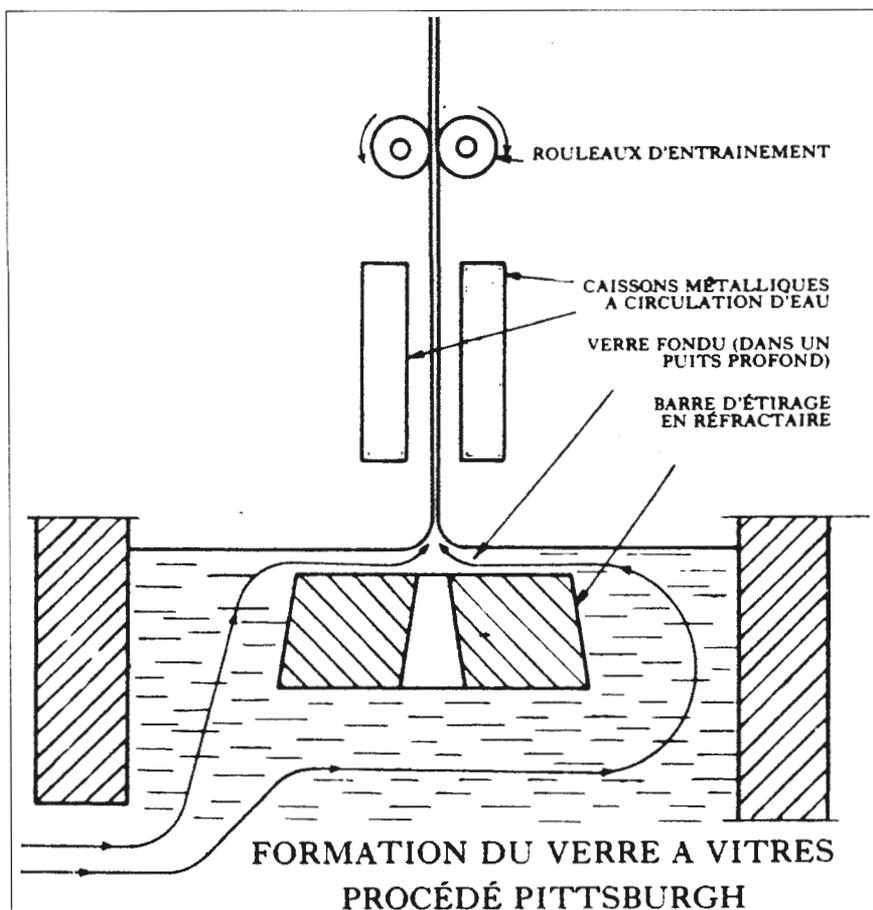
L'étirage simplifie tout cela ; c'est

l'origine de procédés plus économiques pour faire du verre plat transparent. Cependant, malgré les progrès sensibles réalisés, le verre ainsi produit n'est toujours pas parfaitement plan et d'épaisseur rigoureusement constante.

Il existe pourtant un moyen théorique d'obtenir une surface à la fois plane et polie : il consiste à déposer du verre fondu sur la surface, plane par excellence, d'un métal liquide ; plus léger, le verre flotte. Les lois de la physique précisent même que le verre s'étale sur le métal jusqu'à former partout une couche d'égale épaisseur. Sur de l'étain fondu, celle-ci atteindra environ 7 millimètres dans tous les cas, pourvu que le verre soit suffisamment liquide et puisse se répandre librement.

Le procédé de flottage

C'est dans ce contexte que survint l'apparition d'un procédé de formage industriel, le float glass, qui, par sa soudaineté et les bouleversements induits, attira les feux de l'actualité : révolution technologique,



procédé révolutionnaire, voire apparition de la bombe atomique verrière ... et nous en passons. Mais que représente ce float glass ? A vrai dire, l'idée n'en est pas neuve puisque deux Américains, M. Heal et M. Hitchcock, résidant en Pennsylvanie, avaient déjà imaginé de faire «flotter» du verre en fusion sur un bain d'étain liquide, de manière à

obtenir son étalement naturel. Un de leurs brevets indique : «Le procédé consiste à laisser s'écouler et à faire surnager le verre liquide sur la surface d'un métal en fusion. L'invention a pour but de simplifier, faciliter et rendre meilleur marché la fabrication des verres à vitres et glaces, tout en améliorant la qualité des produits».

Visionnaires prodigieux que ces deux Américains, dignes émules de Jules Verne ou de Welles, car leur brevet date de... 1902 ! Ils entrevoyaient là deux des plus grandes inventions verrières du 20^e siècle : la coulée continue, mise au point peu avant 1930 par la Compagnie de Saint-Gobain, et le float, découvert par la Société Pilkington Brothers et dont la licence s'est répandue peu après 1960. Mais leurs brevets restèrent enfouis dans les dossiers des bureaux d'études car, à cette époque, ne disposant pas d'une possibilité de coulée continue du verre en fusion, les verriers ne purent passer à l'application de ces idées.

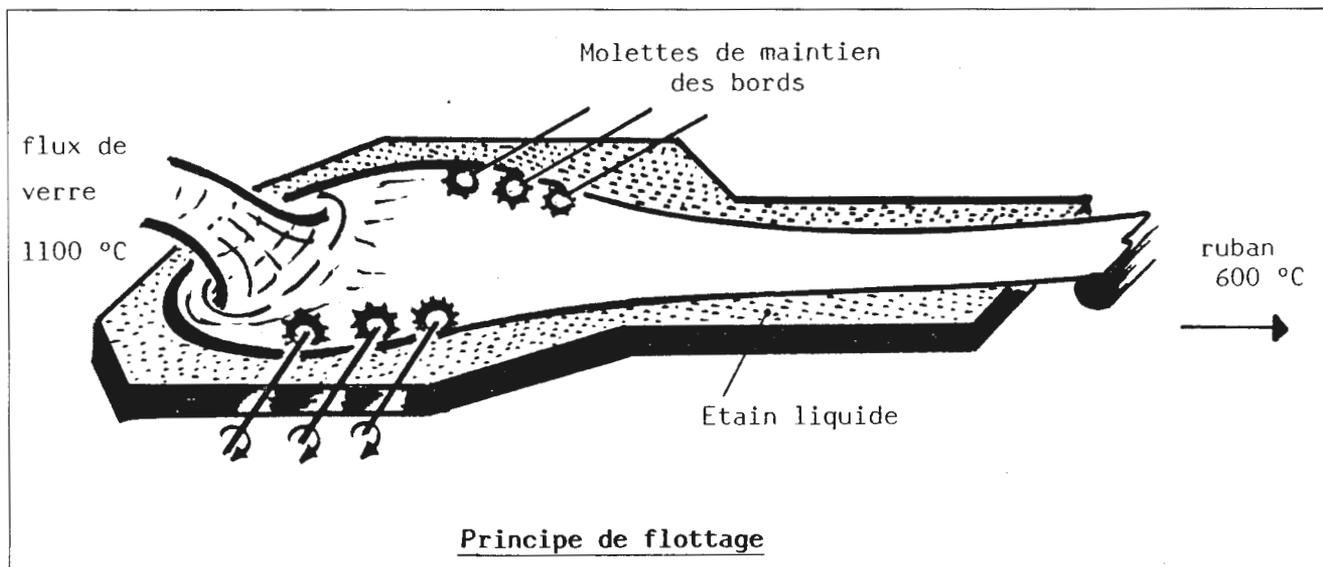
Il fallut attendre 1952. En aidant sa femme à faire la vaisselle, un jeune ingénieur sortant de Cambridge, Monsieur Alastair Pilkington, retrouva l'idée du procédé de flottage en s'interrogeant sur l'aptitude de la graisse à se figer en plaque dans la saucière domestique.

«L'idée de base, explique-t-il, est un ruban continu de verre sortant du four et flottant à la surface d'un métal fondu, à une température rigoureusement contrôlée. Etant donné que tant qu'il est mou, le verre n'est entré en contact avec aucun objet, si ce n'est un liquide, la surface n'est pas abîmée - c'est la surface naturelle que le verre fondu forme en se refroidissant et en passant de l'état liquide à l'état solide. Etant donné aussi que la surface d'un liquide est parfaitement plane, le verre est parfaitement plan. Les forces naturelles de poids et de tension superficielle lui donnent une épaisseur absolument uniforme».

Le défi du matériau

Derrière l'apparente simplicité qu'évoque l'auteur du procédé se cachent quelques redoutables difficultés que près de 30 ans de pratique n'ont toujours pas permis de maîtriser totalement. En outre, l'utilisation journalière du verre banalise les performances techniques qu'exige sa production.

Dans le cadre industriel classique



d'une unité de production de 500 t/jour, soit 50 000 m² environ (en épaisseur de 4 mm, valeur moyenne facile à mémoriser pour 10 kg/m²), l'épaisseur produite est réalisée à $\pm 75 \mu$, voire $\pm 50 \mu$. Si ce point n'évoque rien de très particulier, il faut penser que cette caractéristique se réalise entre 1100 et 600 °C sans possibilité de retouches ultérieures. Plus que ces définitions géométriques, la nécessité de caractéristiques physiques très stables va accroître la difficulté : la densité voisine de 2,5 doit être au sein d'une même usine, dans le cadre d'une production hebdomadaire, voire mensuelle, tenue à $\pm 5.10^{-4}$, ce qui, pour une élaboration d'un matériau de base avec au moins 5 types d'ions (SiO₂ - Na₂O - CaO - MgO - Al₂O₃) à partir de matières premières le plus souvent naturelles et de carrière, représente un certain tour de force.

Et que dire de la transparence du verre qui va exiger au sein de sa masse une absence quasi totale de défauts ? Sur la base d'un « volume » de 20 m² (unité classique de production), une altération ponctuelle (du type infondus, bulle gazeuse, dépôt de poussière adhérent à la surface du verre...) de 1 mm³ est rebutante (mise à la casse), voire contraignante dès 250 μ (marquage, déclassement), soit des niveaux de défauts de masse de l'ordre de 10⁻⁸ voire 10⁻¹⁰, donc loin du ppm et proche du ppB.

Enfin, sans entrer dans les arcanes de l'optique de plaque mince, disons que ces produits nécessitent des suivis à mieux que 10⁻² dioptrie.

Le float ou la maîtrise journalière de l'acrobatie

La stabilité de mise en forme du ruban - largeur, épaisseur - implique très logiquement une stabilité d'extraction ou de tirée meilleure que le 1 % : ± 2 à 3 t sur 600 t/jour. Rien d'extraordinaire, si ce n'est que le flux de verre conséquent qui se déverse du four sur le bain d'étain à 1100° C à partir d'un canal libre nécessite une stabilité de température à mieux que le degré près, avec un niveau de verre régulé au 1/10^e mm et un robinet (registre type vanne) actionné au 1/100^e mm. On peut aisément deviner les problèmes que pose la liaison, à l'entrée du procédé de formage, de 1 500 t de verre en fusion contenu dans un four de 70 m de long par 10 m de large avec 200 t d'étain liquide étalé sur près de 300 m². Un moment où le tour de main et le savoir-faire sont toujours nécessaires.

A la sortie du formage, les difficultés ne sont pas moindres : le ruban est supporté par l'étain liquide dans un plan horizontal ; le soulever pour l'amener hors du bain et pouvoir le conditionner implique qu'il garde une certaine plasticité, pour éviter que le ruban casse, mais aussi une certaine rigidité pour éviter des déformations et altérations de surface. Ces conditions contradictoires relevant du compromis de température dans cette zone et d'un doigté au 1/10^e mm à répartir sur les 3,60 m de largeur du ruban ont fait les cauchemars des nuits de bien des exploi-

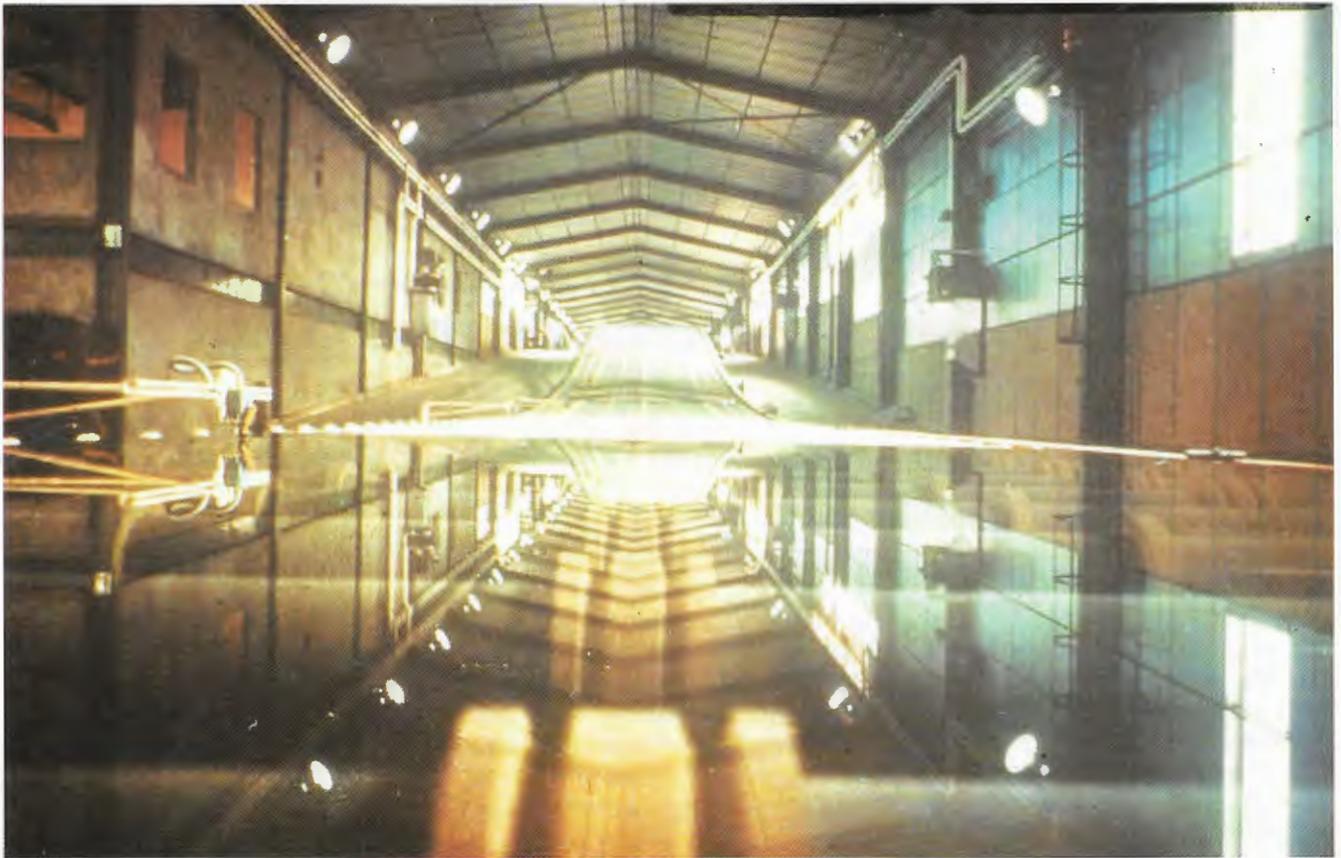
tants, même si aujourd'hui le klaxon d'alerte pour incident dans cette zone ne retentit plus que rarement.

Terminons ce tour par un aperçu théorique pour mieux éclairer le domaine des difficultés. Le déversement d'un flot de verre pour permettre l'étalement en un ruban de largeur maîtrisée et d'épaisseur précise et contrôlée ne relève (l'expérience journalière l'ayant confirmé) ni d'un filet vertical, ni, en général, d'un jet ou écoulement horizontal vis-à-vis de l'étain. L'étude théorique d'un jet libre d'un matériau visco-élastique avec étalement et disposition sous l'effet d'un champ de gravité et d'un champ de tension superficielle laisse quelques belles perspectives aux thésards, d'autant que l'intérêt est associé à celui de l'action complémentaire de champs de forces mécaniques et locales très perturbants mais nécessaires lors de la fabrication de verre hors de l'épaisseur naturelle (6 à 7 mm) - verres minces 3,2 voire 1 mm, ou verres épais 10,12 voire 19 mm.

En attendant ces confirmations théoriques, on imagine les tâtonnements qui ont entouré ces fabrications et on comprend mieux l'importance du savoir-faire dans la maîtrise du procédé où l'erreur minimale, encore fréquente en 1990, coûte classiquement 1 M FF (casse du ruban - arrêt de coulée - redémarrage).

Révolution ?

Mais alors où est cette révolution annoncée alors que le développe-



Sortie du verre float de Chanteraine.

ment du procédé apparaît plus comme un combat journalier et un travail de fourmi ?

Dans la simplicité énoncée par Sir Alastair Pilkington qui cache derrière les principes du flottage des conditions très nouvelles pour les verriers :

- Dissociation des conditions de «mise à forme» et des conditions de «maintien de la forme». Le plus souvent en verrerie, en étirage particulièrement, il y a imbrication au cœur du formage des conditions thermiques pour être suffisamment chaud et fluide et donner la forme, et pour être suffisamment froid et visqueux et la garder. Cette contrepartie du caractère visco-élastique du verre exige des compromis néfastes dans les dépendances temps, température, bilan massique et calorifique tout au long des procédés de formage. Même si, en pratique, on ne peut flotter du verre en dissociant totalement la mise en forme (à l'étalement du jet) du maintien de la forme (par refroidissement sur l'étain liquide), le flottage apporte un degré de liberté hautement apprécié

et apprécié, et c'est même une des clefs du procédé qui a permis son approche rationnelle.

- Chance d'avoir à disposition un corps liquide non agressif vis-à-vis du verre dans la plage de température d'utilisation (de 1 200 à 600 °C) permettant un poli au feu (presque) parfait des surfaces de verre, caloporteur de surcroît et conduisant par le jeu des tensions superficielles à une épaisseur naturelle voisine de 7 mm ... très proche des besoins du marché (tout au moins en 1960 pour le marché anglais du bâtiment lors du lancement du procédé par nos amis d'Outre-Manche ... lucky British !).

- Bonheur de résoudre par l'antagonisme stable des champs de gravité et tension superficielle dans un plan horizontal le formage *et* le support du verre (hantise des verriers dans tous les procédés de formage) et ce, dans un milieu en échange thermique très homogène grâce au fluide caloporteur qu'est l'étain.

Et c'est cette simplicité qui a été mise à profit par les verriers. Avec l'acharnement de professionnels

rompus au feu continu, ils ont forcé cette brèche ouverte dans les difficultés des autres procédés pour tirer parti de ces perspectives, maîtriser les pièges cachés et enfin parvenir à un outil de production en relative harmonie de produit, de tirée et de qualité vis-à-vis du marché usuel.

* *
*

L'avènement du flottage comme procédé de formage a bien été une étape fondamentale pour le verre plat. Sans parler de révolution, elle a permis aux verriers d'exprimer tout leur savoir dans la maîtrise en quelques années - une vingtaine, c'est fort peu - de ce procédé très naturel qui, derrière son apparente simplicité, exige une rigueur peu commune. Maintenant vient probablement le temps de la réflexion pour mieux gérer ces outils de production, voire mieux utiliser les possibilités de ce procédé - verre extra-mince, autres matrices de verre, verres à couches - ou, pourquoi pas, espérer des procédés tout aussi novateurs pour des formes autres que planes. ■

L'ÉVOLUTION DES VITRAGES AUTOMOBILE

Gilles COLAS
Président du Directoire
Vegla GMBH

Au cours des quinze/vingt dernières années, l'évolution des vitrages automobile a été particulièrement rapide et sensible.

En fait on peut considérer que la première crise de l'énergie au début des années 1970, marque une véritable «cassure» dans le rythme de cette évolution.

Avant d'en analyser les raisons et les conséquences, rappelons rapidement quels sont les principaux types de vitrages que l'on rencontre en général sur un véhicule.

On peut les classer en deux catégories :

◆ *Les vitrages trempés*

Il s'agit des vitrages *latéraux*, qui peuvent être soit mobiles (vitrages de portières), soit fixes (custodes arrières par exemple) et de la *lunette arrière*.

Ils sont produits au cours d'une véritable opération de trempage : après avoir été découpé à sa forme finale, le vitrage, encore plan, est chauffé jusqu'à son point de transformation, puis bombé par gravité ou pressage et enfin refroidi brutalement par projection de jets d'air froid sous pression :

cette opération confère au vitrage une résistance mécanique élevée et lui donne la propriété, en cas de bris, d'exploser en un très grand nombre de petits morceaux dont les arêtes ne sont pas coupantes.

Cette technologie a été mise au point par Saint-Gobain puis licenciée dans le monde entier.

◆ *Les vitrages feuilletés*

Dans la grande majorité des cas, aujourd'hui seul le pare-brise est feuilleté.

Ce vitrage est constitué d'un sandwich de trois épaisseurs : une feuille de verre extérieure, une feuille plastique (polyvinyl Butyral) et une feuille de verre intérieure.

Après bombage des deux verres, sans opération de trempage, le sandwich est constitué et l'adhésion des trois composants est obtenue par laminage puis cuisson dans un autoclave sous une température et une pression bien définies.

En cas de choc, intérieur ou extérieur, se développe une fracture en étoile. La feuille de plastique s'oppose à la rupture complète du vitrage et permet donc d'éviter pénétration d'objets dans l'habitacle ou éjection vers l'ex-

térieur. En outre, les morceaux de verre restant maintenus par le plastique, une certaine visibilité persiste donc.

A) *Evolution des vitrages automobile 1920/1970*

Cette période se caractérise par une évolution relativement lente et continue.

On peut dégager les principales tendances suivantes :

- Introduction puis généralisation des vitrages trempés, y compris, dans un premier temps en pare-brise.
- Augmentation progressive de la taille de chacun des vitrages et des surfaces vitrées totales.
- Passage de vitrages plans à des vitrages bombés, d'abord les pare-brise (constitués au départ d'un ou de deux vitrages plans avec une séparation médiane), puis les lunettes et enfin les latéraux.
- Mise au point de la trempage différenciée pour pare-brise, à la fin des années 50 permettant de maintenir, en cas de bris, une zone de vision minimale.
- Introduction des pare-brise feuilletés vers 1940 aux Etats-Unis, puis

généralisation progressive à mesure de l'évolution des législations nationales.

- Apparition vers 1970 et développement des lunettes chauffantes (obtenues par dépôt par sérigraphie, avant four de trempe, de fils mince à base d'argent) qui facilitent un désembuage arrière rapide.

B) 1970/1990 - Impact de la crise de l'énergie

Le premier choc pétrolier, avec le renchérissement rapide des coûts de l'énergie, a favorisé l'accélération de certains types d'évolution.

La recherche en effet d'une consommation réduite a très naturellement introduit deux objectifs importants dans la conception des véhicules :

- l'allègement,
- la recherche d'un meilleur aérodynamisme (CX).

En terme de vitrages la contrainte d'allègement s'est traduite essentiellement par la réduction de l'épaisseur des vitrages (de 5 mm à 4 mm puis à 3 mm pour les trempés, de plus de 6 mm à 4,5 mm pour les feuilletés).

Aller au-delà, en dehors des problèmes technologiques que cela pose, risque de diminuer sensiblement le confort acoustique de l'habitacle, notion à laquelle les utilisateurs attachent de plus en plus d'importance.

1. L'évolution du style

Le souci d'aérodynamisme a enclenché une évolution profonde et durable du style et de la conception des voitures.

La recherche d'un meilleur coefficient de pénétration dans l'air a favorisé au moins deux types d'évolution du style :

- des lignes fuyantes, avec le minimum de ruptures,
- des surfaces lisses, continues.

L'impact pour les vitrages de ce type de «design» est important :

- Inclinaison beaucoup plus forte du pare-brise, ce qui indirectement augmente considérablement sa taille et sa surface et accroît sensiblement les exigences en matière de qualité optique.

- Evolution identique en terme d'inclinaison, mais moins marquée, pour



Une voiture actuelle (Renault 25).



Une voiture relativement ancienne (404 Peugeot).

les lunettes arrière.

- Evolution rapide des formes des vitrages, afin de permettre une meilleure «jonction» entre la carrosserie et le vitrage, avec rupture minimale :

- suppression totale des vitrages plans ;

- apparition des formes complexes de bombage, en continuité avec la ligne générale du véhicule :

- latéraux sphériques et non plus seulement cylindriques,

- lunettes à double ou triple bombage, ou en forme de «bulles»,

- pare-brise en forme de «S», afin de se raccorder à la fois au capot moteur et au toit ;

- l'objectif complémentaire d'offrir

une «vision» maximale aux passagers (souci de sécurité et souhait des utilisateurs) contribue à intensifier encore cette évolution vers «plus» de vitrages :

- diminution des montants latéraux soutenant le toit de la voiture,

- mise en place d'une «ceinture» presque complète de vitrages,

- abaissement des vitrages latéraux sur les portières.

Au total, une augmentation importante et rapide de la surface totale de vitrages, aux formes de plus en plus complexes, s'intégrant totalement et contribuant pleinement à la ligne générale du véhicule.

Le système de montage des vitrages

Les industries du verre



Un concept-car (aérodynamisme), Activa de Citroën.

dans le véhicule a dû lui aussi s'adapter profondément :

- afin de permettre un meilleur «affleurement» entre vitrage et carrosserie, permettant un meilleur écoulement de l'air ;
- afin aussi que le vitrage, compte tenu de l'importance nouvelle qu'il prenait, puisse participer directement à la rigidité de l'ensemble de l'habitacle.

C'est ainsi que les systèmes de montage traditionnels avec des joints en caoutchouc sont remplacés progressivement par des systèmes de «collage» de vitrages leur permettant à la fois d'être solidaires de la carrosserie et d'être très affleurants.

Pour suivre une autre tendance de l'industrie automobile : la simplification et l'automatisation des chaînes d'assemblage, et donc la délocalisation chez les fournisseurs de certaines tâches préparatoires, les verriers sont maintenant en mesure de proposer de véritables «modules» constitués d'un vitrage et d'un cadre en PVC ou polyuréthane pré-encapsulé ou extrudé autour du vitrage, qui peuvent être directement et automatiquement montés sur la carrosserie, ce qui apporte un gain appréciable de place, d'investissements, de main-d'œuvre et de temps sur la ligne de montage automobile.

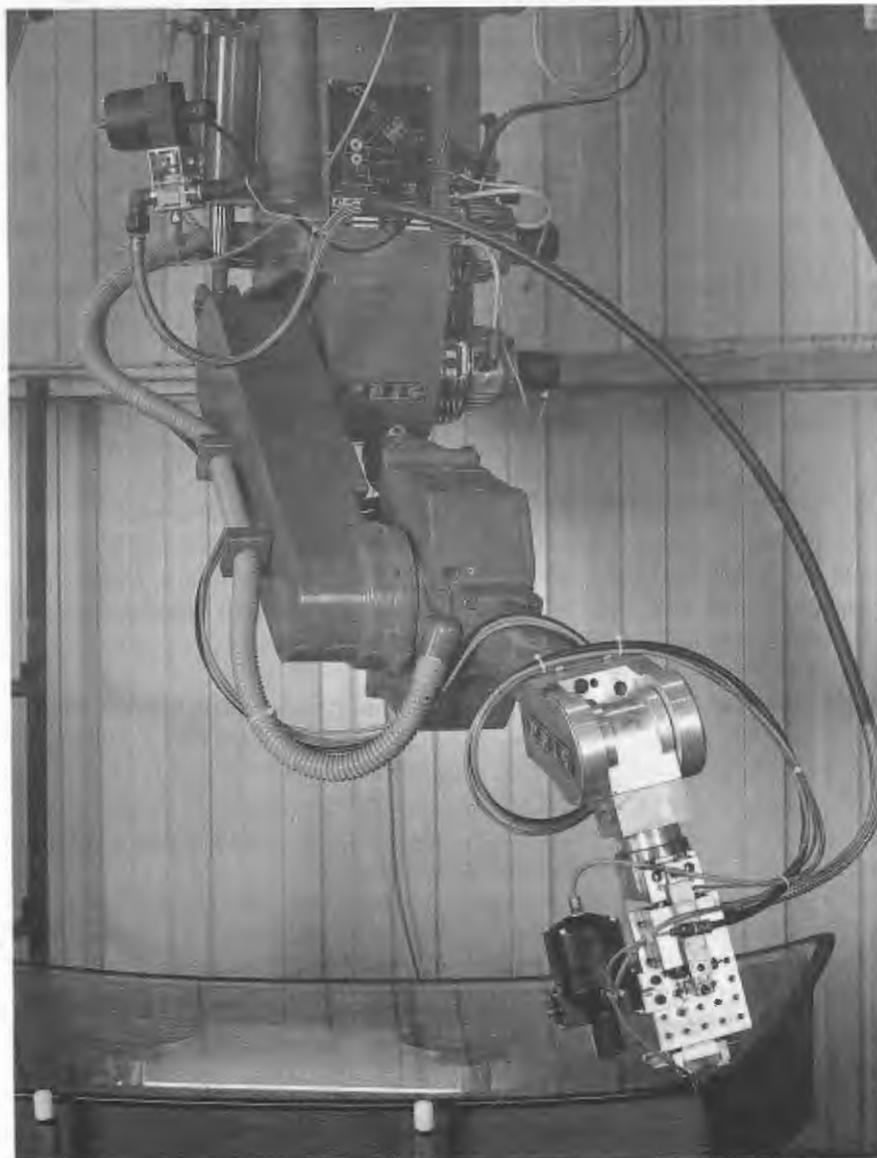
Il est évident que toutes les évolutions entraînent d'autres transformations, plus mineures, mais visibles malgré tout, des vitrages automobile :

En particulier :

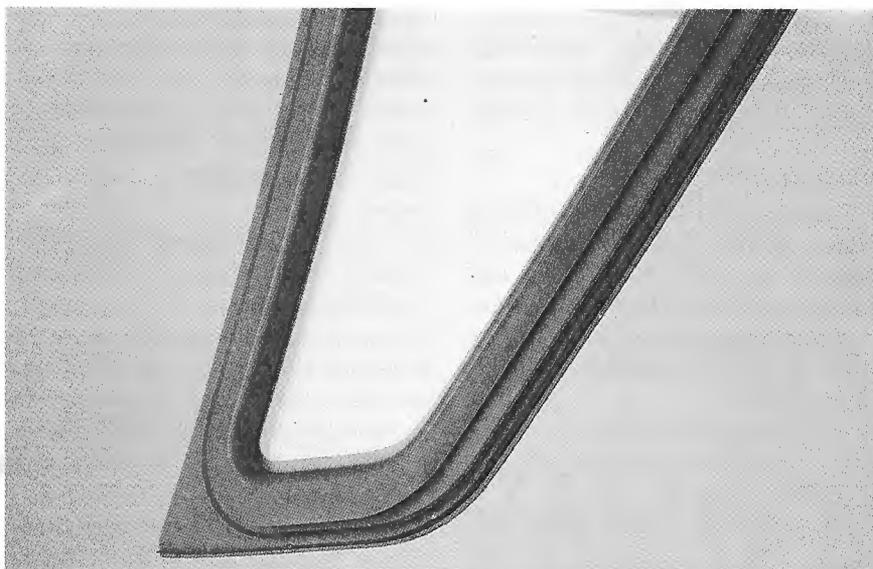
- l'apparition et l'extension rapide de bandes noires sérigraphiées sur le pourtour des vitrages, qui ont une fonction de décor esthétique bien sûr mais qui masquent aussi les systèmes de collages et les protègent contre les ultraviolets ;
- l'augmentation de qualité des joints du verre lui-même, autrefois cachés, maintenant visibles ;
- la multiplication des percages permettant soit le passage de certains éléments (axes d'essuie-glace) soit le guidage et le déplacement du vitrage.

Quant aux conséquences sur les technologies de production des verriers, elles sont bien sûr aussi très importantes, surtout en ce qui concerne les nouvelles formes complexes mais nous ne développerons pas ici cet aspect.

La vision des «Concept Cars» présentés régulièrement par les grands constructeurs mondiaux dans les différents Salons automobiles montrent bien que cette évolution n'est pas terminée, que les stylistes souhaitent donner encore plus de place aux vitrages, notamment vers les toits, et qu'en matière de formes le besoin de différenciation et l'imagination constituent pour les verriers un véritable challenge auquel ils se préparent très activement.



Pare-brise encapsulé.



Custode encapsulée (détail).

2. Le confort thermique

L'évolution du style et la forte augmentation des surfaces vitrées qui en résulte, jointe à une demande permanente et pressante d'un meilleur confort des passagers, ont fait prendre conscience, de manière plus nette, du problème du confort thermique d'hiver et surtout d'été.

La recherche des solutions à ce problème constitue un autre facteur important d'évolution des vitrages.

En effet de grandes surfaces vitrées favorisent bien entendu des échanges thermiques importants entre l'habitacle et l'extérieur notamment, mais pas seulement, par rayonnement.

Si le problème d'hiver peut-être assez bien réglé par le système de chauffage du véhicule, en dehors de l'effet de paroi froide, en revanche il est difficile l'été d'éviter une augmentation importante de la température intérieure.

Peu de voitures sont équipées d'air conditionné et il n'est pas possible au-delà d'une certaine vitesse de maintenir ouvertes les fenêtres (bruit, confort). Le renouvellement naturel de l'air n'est alors pas suffisant.

Il faut donc chercher à diminuer les échanges thermiques par les vitrages, tout en maintenant le niveau de transmission lumineuse à un niveau suffisant, compatible avec le confort visuel, la sécurité, notamment au crépuscule et la nuit, et les réglementations existantes.

Il existe pour cela un certain nombre de solutions qui sont, soit déjà opérationnelles, soit encore au stade du développement, de la mise au point, ou de la recherche.

◆ Les vitrages teintés dans la masse

Les plus efficaces sont de couleur verte assez foncée, teintés par l'utilisation d'oxydes de fer. Ils diminuent d'un facteur supérieur à deux très sensiblement la transmission énergétique tout en maintenant une transmission lumineuse satisfaisante. Ils apportent une amélioration très nette du confort thermique d'été par rapport à des vitrages clairs.

Leur utilisation a considérablement progressé ces dernières années. Ils seront les vitrages standards minimum du futur.

◆ Les bandes filtrantes en partie haute du pare-brise.

Elles sont obtenues en utilisant au sein du pare-brise feuilleté une feuille de plastique partiellement teintée sur une vingtaine de centimètres.

Elles contribuent, en réduisant le rayonnement direct en provenance du ciel et notamment du soleil dans l'habitacle, à améliorer ainsi le confort d'été.

◆ Les vitrages à couches anti-solaires

Il s'agit de vitrages sur lesquels on a déposé, sous vide, une ou plusieurs

couches très minces de métaux ou d'oxydes métalliques.

Certaines d'entre elles doivent être protégées (à l'intérieur d'un feuilleté par exemple), d'autres peuvent rester à l'air libre.

Elles sont transparentes, presque invisibles, à l'exception parfois d'une légère tonalité. Elles peuvent bien sûr se déposer sur des vitrages déjà teintés dans la masse, à condition que la transmission lumineuse reste suffisante.

Ce type de vitrage devrait apparaître prochainement sur le marché, notamment sous forme d'option.

◆ Les vitrages électrochromiques

Encore au stade de la recherche, le principe de ces vitrages est d'avoir des caractéristiques de transmission énergétique et lumineuse variables et réglables électriquement, par exemple en fonction de la luminosité ambiante.

La cellule est ici constituée d'un verre feuilleté. Chaque feuille de verre est revêtue d'une couche conductrice transparente servant d'électrode, puis d'une couche accepteuse ou donneuse de protons. Les deux verres sont séparés par un électrolyte.

La couche accepteuse de protons est souvent constituée d'oxyde de tungstène, qui est transparent dans sa forme oxydée, bleu sombre dans sa forme semi-réduite.

Relativement simple dans son principe, la réalisation d'un tel dispositif se heurte à de formidables problèmes technologiques, si on considère les conditions de température, d'humidité, de rayonnement ultraviolet qui règnent dans l'environnement automobile ainsi que la surface importante de la cellule et le nombre de cycles de charge et de décharge.

Ce genre de fonction serait toutefois particulièrement intéressante notamment pour les lunettes arrière des véhicules ou pour les toits en verre.

◆ Les toits vitrés à cellules solaires

L'objectif est dans ce cas d'utiliser l'énergie fournie par ces cellules solaires pour actionner, à l'arrêt, au parking, un ventilateur favorisant la circulation et le renouvellement de l'air et évitant ainsi la surchauffe du

véhicule arrêté en plein soleil. Ce système permet de réduire de 12 à 15° la température d'équilibre du véhicule à l'arrêt au soleil.

Enfin apparaîtront prochainement en Europe, sur certains véhicules haut de gamme, les premiers vitrages isolants (deux vitrages séparés par une lame d'air) que l'on ne trouve aujourd'hui que sur des bus ou cars.

Ils apporteront une amélioration très nette du confort thermique en hiver (réduction des échanges thermiques, suppression de l'effet de «paroi froide», suppression complète de l'apparition de la buée) et aussi un progrès sensible en matière de confort acoustique (réduction du niveau de bruit dans l'habitacle).

Bien évidemment, ils peuvent se combiner avec toutes les solutions décrites ci-dessus et contribuer à l'amélioration du confort thermique d'été.

3. Les fonctions additionnelles

L'évolution des vitrages se caractérise aussi par l'intégration progressive de nouvelles fonctions additionnelles qui répondent en général à un besoin, soit de sécurité, soit de confort accru.

Quelles sont les principales fonctions nouvelles, actuellement offertes ou encore au stade de développement ?

a) Chauffage / dégivrage

Elle est déjà bien connue sous la forme des lunettes arrière trempées chauffantes, permettant un désembuage relativement rapide.

Il est possible aussi de réaliser un réseau chauffant dans un vitrage feuilleté. Il est constitué de fils métalliques extrêmement fins, pratiquement invisibles, et qui sont déposés sur la feuille de plastique PVB du feuilleté avant l'assemblage avec les deux verres.

Ces vitrages chauffants feuilletés sont proposés en option sur certains véhicules soit en lunettes arrière (meilleur aspect esthétique, sécurité, notamment contre l'éjection, accrue) soit aussi en pare-brise.

Une nouvelle génération de vitrages chauffants est actuellement en développement avancé et devrait apparaître

prochainement sur le marché européen. Il s'agit de vitrages utilisant la même technologie de dépôt de couches très minces métalliques ou d'oxydes métalliques que celle utilisée pour les couches anti-solaires. Les mêmes couches peuvent être à la fois anti-solaires et conductrices, donc chauffantes moyennant des collecteurs latéraux et un système d'alimentation électrique approprié, ce qui est possible au sein d'un vitrage feuilleté.

La puissance de chauffage est nettement supérieure à celle obtenue par un système à fils, la répartition est plus homogène et la rapidité d'efficacité nettement plus grande. Il est alors possible, non seulement de désembuer, mais de dégivrer, en environ deux minutes, un pare-brise complètement glacé ; avantage appréciable, notamment dans les pays froids.

b) Vitrages antennes

Il est possible d'intégrer, soit à un pare-brise feuilleté, soit à une lunette arrière trempée, une ou plusieurs antennes de réception radio.

Elles sont constituées soit de fils métalliques très fins intégrés dans le feuilleté automobile, avec un connecteur, soit de fils à base d'argent déposés sur le verre avant four de trempée en même temps que le réseau chauffant et reliés aussi chacun à un connecteur.

Un système électronique permet de choisir automatiquement à chaque instant en fonction de la fréquence et des conditions d'écoute l'antenne la plus efficace.

Ces vitrages à antennes multiples permettent d'éviter les antennes extérieures métalliques et donc les problèmes qu'elles posent et améliorent sensiblement la qualité d'écoute.

c) Vision «Tête haute»

Vitrages holographiques

Il existe sur les avions des dispositifs permettant de projeter dans le pare-brise des informations intéressant la navigation. L'application la plus spectaculaire consiste à projeter, par temps de brouillard, l'image de la piste d'atterrissage telle que la verrait le pilote si le temps était clair.

Certains constructeurs automobiles

s'intéressent à ce genre de dispositif pour projeter dans le bas du pare-brise diverses informations utiles aux conducteurs : signalisation, aide à la navigation. L'information est générée sur un écran placé horizontalement sous le pare-brise. Le pare-brise doit inclure un miroir capable de renvoyer cette information vers le conducteur. Mais le miroir doit en même temps laisser passer la lumière venant de l'extérieur, conformément à la réglementation qui impose une transmission lumineuse au moins égale à 75 %.

Ceci est réalisé à l'aide d'un miroir holographique. Celui-ci est constitué d'un réseau de points généré dans l'épaisseur d'un film à base de collagène. Correctement calculé et imprimé, ce réseau est capable de réfléchir d'une façon très sélective une ou plusieurs longueurs d'ondes monochromatiques et de rester totalement transparent au reste du spectre visible.

On peut, par cette technique, générer un miroir d'une certaine puissance optique sur une surface plane, ce qui permet de faire apparaître l'information en avant du capot, voire à l'infini. On peut également compenser la distorsion due à la courbure du pare-brise.

Ce genre de miroir reste très délicat à réaliser et à intégrer dans un pare-brise, mais les progrès du calcul et de l'impression par laser permettent d'envisager un jour un coût compatible avec une application grand public.

d) Vitrages «antilacérants»

Afin d'éviter les blessures et coupures provoquées par un choc sur la face intérieure d'un pare-brise en cas d'accident, il est possible de recouvrir cette face intérieure d'un film de polyuréthane transparent, d'excellente qualité optique, autocicatrisant et qui évite tout contact avec le verre et retient toute projection éventuelle de morceaux de verre dans l'habitacle en cas d'un choc provenant de l'extérieur.

De tels vitrages ont équipé certains véhicules largement testés en Europe et aux Etats-Unis. Leur coût encore élevé n'a pas permis jusqu'à mainte-



Pare-brise holographique.

nant une diffusion importante.

e) Vitrages blindés

Ils équipent les voitures blindées et certains véhicules spéciaux. Ils sont conçus pour résister à de fortes explosions et à l'impact des balles.

Ils sont constitués d'un sandwich épais de plusieurs centimètres de verre, de polyvinyl butyral et de polycarbonate.

Leur face intérieure est souvent recouverte d'un film polyuréthane antilacérant.

Conclusion

Depuis le premier «coupe-vent» en glace polie, les vitrages automobile n'ont cessé d'évoluer.

Ils s'adaptent à l'évolution de la conception des véhicules : aérodyna-

mique et style leur imposent une liberté de formes et une précision d'exécution accrue. Leur surface brillante et inaltérable, l'agrandissement de l'espace intérieur qu'ils procurent, en font un élément de plus en plus apprécié des concepteurs qui augmentent sans cesse la surface vitrée des véhicules. Le verre devient un composant essentiel de la carrosserie. Il doit, à ce titre, participer à la résistance mécanique du véhicule, contribuer à la sécurité des passagers, maintenir, en toutes circonstances, une ambiance thermique et acoustique favorable.

Il peut intégrer des fonctions supplémentaires (réseaux chauffants, antennes, miroirs holographiques) et contribuer ainsi à l'esthétique et à la sécurité.

Ces améliorations se font, bien entendu, avec le souci extrême de la

compression des coûts et de la maîtrise de la qualité, qui sont les caractéristiques nécessaires d'une industrie de masse.

Ainsi, les procédés de formage sont complètement renouvelés tous les dix ans, entraînant des coûts de développement et des investissements dont les ratios s'approchent de ceux des industries de pointe.

Autrefois, simples surfaces de verre découpées dans un plateau, les vitrages se transforment de plus en plus en modules fonctionnels complexes, à haute valeur technologique, mettant en jeu de nombreux matériaux et des techniques variées, livrés «juste à temps» pour un montage robotisé sur les lignes d'assemblage des constructeurs.

DE LA FENÊTRE À LA FAÇADE : UN REFLET DE L'HISTOIRE DU VERRE

Jacques FRÉMAUX
Directeur scientifique
de Saint-Gobain Vitrage France

LES premières formes de l'habitat se perdent dans les archives du temps. Depuis toujours l'homme cherche à se protéger contre les intempéries, à être à l'abri des intrusions et nuisances externes, à être dehors en étant dedans, à trouver protection et cachette.

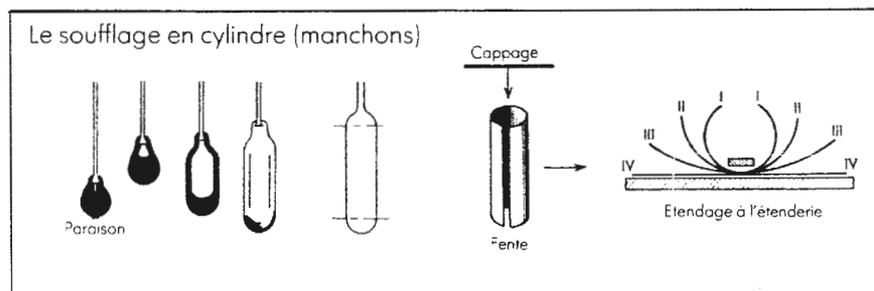
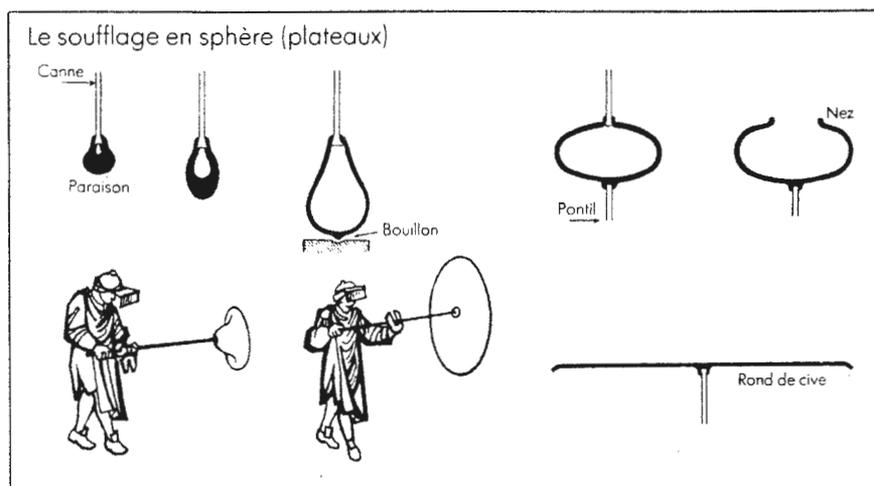
D'abord simple réponse à un besoin élémentaire, l'acte de bâtir a progressivement donné naissance à l'architecture qui magnifie l'espace : «*Les constructions doivent s'intégrer dans un site, favoriser l'interférence du préexistant et du combiné, composer avec les variations de lumière et de couleurs en y ajoutant esthétique et légèreté structurelle, transparence et reflets*» (1).

Matériau dialectique «*puisqu'il unit les milieux qu'il sépare*» (2), élément d'harmonie, le verre a tout naturellement trouvé une place essentielle dans l'art de construire.

De la technique à la mode

La première fenêtre connue provient de Pompéi. Les Romains utilisaient déjà pour leurs vitrages un verre dont la composition était, il est curieux de le constater, sensiblement la même que celle des verres industriels modernes. Son formage se faisait vraisemblablement par pressage entre des planches de bois.

L'histoire des vitrages est plus intimement liée à celle des techniques de



«Le verre, c'est du souffle solidifié». Paul Claudel

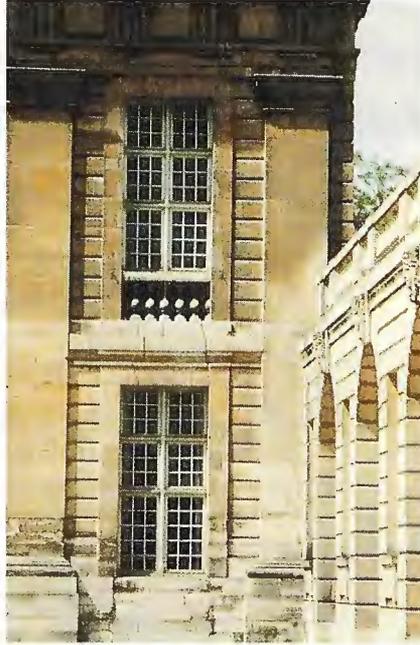
fabrication qu'à l'évolution des tendances esthétiques. A partir de l'ère chrétienne, le verre produit selon le procédé du soufflage pénètre dans l'habitat, mais son prix et ses limitations dimensionnelles en freinent l'essor. Il restera longtemps réservé aux privilégiés.

Au XVI^{ème} siècle, la technique verrière est mieux maîtrisée, les centres de production se multiplient, les fenêtres s'agrandissent. François 1^{er} n'hésite pas à élargir celles du Lou-

vre pour recevoir Charles Quint. Au XVII^{ème} siècle, le verre s'industrialise véritablement, envahit toutes les ouvertures disponibles et devient une activité profitable. Parallèlement le procédé de coulage mieux adapté à la fabrication des miroirs bénéficie de cette impulsion.

Il faudra attendre près de trois cents ans encore pour assister aux grandes révolutions technologiques verrières. Utilisé pendant plus d'un millénaire, le soufflage cède la place aux procé-

(1) d'après Le Corbusier.
(2) Max Ingrand, architecte.

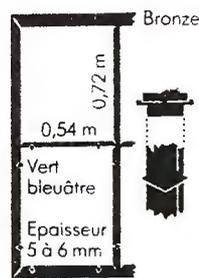


dés d'étirage qui ne dureront eux-mêmes qu'une cinquantaine d'années, jusqu'à ce que le «float», à partir des années 1960, banalise le vitrage. Le prix cesse d'être une contrainte - le verre est passé de 10 000 F/kg sous Louis XIV à 3 F/kg - et les limitations dimensionnelles ne tiennent plus qu'au transport et à la manipulation.

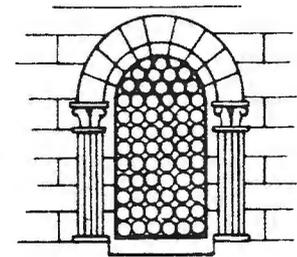
Progressivement, la fonction même du verre a changé : d'abord conçu pour combler les ouvertures, «il est devenu l'épiderme de beauté des immeubles du XX^{ème} siècle» (3). Ainsi la mode fait son apparition dans la création architecturale.

«Tiens-toi à l'écart de l'homme blanc. Le Blanc se construit une grande maison avec des murs et un toit pour en exclure la lumière, la pluie et le vent. Ensuite il fait des trous dans les murs pour permettre à la lumière d'y pénétrer à nouveau. Après cela il place dans les trous ce qu'il appelle du verre pour écarter la pluie et le vent mais permettre à la lumière d'y pénétrer. Et alors il se précipite à l'intérieur comme un singe effrayé et pend des rideaux pour arrêter la lumière. Le Blanc est fou. Tiens-toi à l'écart de lui !» (4).

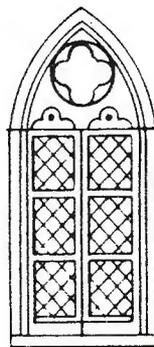
«Si le soleil n'entre pas par la fenêtre, le docteur entre par la porte», dit un proverbe persan.



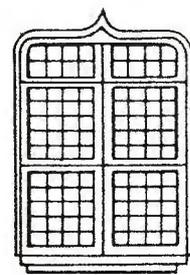
1^{er} SIÈCLE av. J.C. (Pompéi)



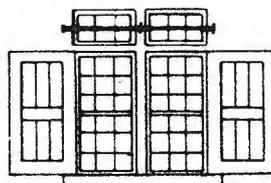
IX^e SIÈCLE



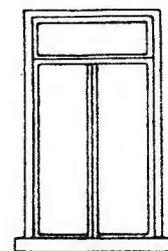
XIII^e SIÈCLE



XV^e SIÈCLE



XVI^e SIÈCLE



XIX^e SIÈCLE

Evolution de la fenêtre.

(3) Jean de Mailly (architecte).

(4) Gene Fowler.

Au-delà de la transparence

L'architecture moderne, surtout dans la deuxième moitié du XX^{ème} siècle, veut s'abstraire des conditions extérieures :

– s'affranchir des contraintes liées aux types d'assemblage des matériaux,

– laisser libre cours à l'imagination. Toute une génération de pionniers a expérimenté la toiture, la façade membrane, le plancher, avec une hardiesse des formes qui faisait fi de la dure réalité de l'érosion du temps, d'où toute une génération de bâtiments qui prennent l'eau, le vent, la chaleur, le froid.

La génération suivante (l'actuelle) doit perfectionner et rendre opérationnels les concepts initiaux. Ceci amène inévitablement un conflit entre ingénieurs et architectes, qui sera arbitré par les juristes. Il va ainsi se créer des règlements, lois, normes, labels, avis techniques, responsabilités, garanties, assurances auxquels s'ajoutent : routine, crainte, comportement pour finalement créer une inertie et une lourdeur considérable dans la profession du Bâtiment, représentant un frein énorme à la pénétration d'idées et de produits nouveaux.

Cependant les motivations originelles subsistent : protection contre le vent, le froid, la chaleur et la pluie, abri contre les nuisances et les intrusions, esthétique. A celles-ci s'ajoutent des incitations provoquées par des événements extérieurs tels que crise de l'énergie, insécurité, qualité de la vie qui poussent à l'introduction de produits améliorés sur le plan des performances et des garanties, portée par trois thèmes mercatiques : le confort (thermique, acoustique, visuel), la sécurité (des biens, des personnes, des informations), l'esthétique (des formes, des couleurs, des reflets).

Ainsi apparaissent de nouvelles exigences pour le matériau verre. «Il doit tout arrêter sauf la lumière» : la chaleur et le froid, le vent, la pluie, la neige, le bruit, l'incendie, les projectiles, les rayonnements nocifs.

Le verre est loin de répondre à toutes ces exigences. Y a-t-il d'autres matériaux de remplacement ? Le verre va-



t-il disparaître ? Victime de son succès, le verre doit sortir de sa banalisation. Il faut lui apporter des propriétés nouvelles.

Comment modifier les propriétés du verre ?

Trois façons distinctes et leurs combinaisons :

1. Agir sur les propriétés massiques (composition verrière)

• Verres industriels obtenus par ajouts dans la composition sodocalcique de base pour modifier : la couleur, la transmission lumineuse, la transmission énergétique, le facteur solaire.

• Verres spéciaux obtenus par changement de la matrice verrière pour modifier les propriétés mécaniques et physiques (principalement le coef-

ficient de dilatation thermique) : borosilicate, vitrocéramique, opale. Les possibilités sont limitées car ces techniques nécessitent des outils spécifiques coûteux pour des séries faibles.

2. Créer des composites par associations de matériaux différents :

- verres/plastiques : feuilletage avec PVB (Stadip), PVC, EVA, PU, PC, MA, PMMA,
- verres/résines (Contraflam),
- verres/gel (Contraflam),
- verres/céramiques,
- verres/verres (collage, thermocollage, placage, frittage).

3. Modifier les propriétés de surface

- par arrachement de matière (déplissage par sablage),
- par modification de structure ou de composition,

- par voie chimique (dépolissage à l'acide fluorhydrique) (échanges d'ions : trempe chimique),
- par voie thermique (trempe), (dévitrification contrôlée),
• par dépôt de matières (miroir), (verre émaillé = Emalit) (couches minces : Parelio, Stralio, Antelio, Eko, Coll-lite, Planitherm, Planisol, Reflectasol).

Nous pouvons ainsi faire varier les propriétés :

- Spectrophotométriques : transmission lumineuse et énergétique, facteur solaire, réflexion lumineuse, énergétique et dans l'infrarouge, couleur en transmission et en réflexion ;
- mécaniques : résistance aux chocs ;
- thermiques : coefficient de transfert thermique, pare-feu, pare-flamme, résistance aux chocs thermiques ;
- acoustiques : affaiblissement de la propagation sonore, disparition des fréquences de résonance et critique
- électriques : éléments chauffants, blindage électromagnétique, alarme, affichage, photovoltaïsme.

Les possibilités de propriétés variables, commandables, ajustables, pilotables par photochromisme, électrochromisme, thermochromisme, holographie, cristaux liquides complètent la panoplie à laquelle pourraient s'ajouter les couches conductrices et les couches émettrices de lumière.

Les grandes évolutions spectaculaires de l'architecture ont été apportées par les couches minces dont les premières furent faites avec de l'or. «*Seul le verre donne avec l'or une idée du prix de la sagesse*» (5). Elles ont permis non seulement d'apporter les couleurs, les reflets, l'esthétique mais aussi de limiter les déperditions thermiques, de combiner confort et sécurité par le choix judicieux de composés.

L'utilisation du verre

Le produit verrier devient de plus en plus complexe dans son utilisation. Plusieurs propriétés simultanées doivent être considérées : la performance, la durabilité, les périphériques.

- La performance souvent multi-aspect doit s'identifier, se caractériser,

se contrôler, se certifier, se comparer.

- Le produit doit être fiable et durable : maintien de la performance dans le temps. Ceci impose un contrôle qualité déterminé par de nombreux tests : résistance à la corrosion, à l'abrasion et à la rayabilité, résistance mécanique et chimique, aptitude à la salissabilité, adhésivité, comportement aux chocs mécaniques et thermiques. Il doit subir sans altération : le bombage, la trempe, la sériographie, l'émaillage, le feuilletage, le collage.

- On ne peut plus ignorer l'environnement du verre : les matériaux périphériques auxquels il se trouve associé, la méthode et les principes de pose et de fixation qui assurent l'étanchéité. Il faut étudier les interactions du verre et de la structure d'accueil, identifier l'utilisation du vitrage.

Le verre ne se contente plus de boucher un trou. Il s'est installé sur les façades, il progresse sur les toitures et les planchers. Il n'hésite pas à s'enfoncer sous la mer. L'architecture sous-marine fait son apparition. Ainsi le verre, «ce problème en suspension entre l'espace et la matière» (6), a su transformer ses propriétés et répondre à la demande des bâtisseurs tout en continuant d'affiner sa transparence, comme par exemple pour la Pyramide du Louvre.

Pour un chiffre d'affaires de 2,5 milliards de francs en produits verriers dans le marché du Bâtiment en France, les litiges représentent 3 % et les coûts de remplacement probablement plus de 10 %.

Paradoxalement le verre porte en lui-même ses propres agents destructeurs : le sodium et certaines inclusions solides dont l'assimilation n'est possible que par l'étude approfondie des conditions d'utilisation, in situ, du produit.

Quelles évolutions de l'emploi du verre dans le Bâtiment ?

«Si l'on parle du futur, même le diable en rira» (7).

Choisissons deux types d'application : la fenêtre et la cloison intérieure.

1. La fenêtre

Comment pourrait se présenter la

fenêtre du futur à partir d'éléments de base qui existent déjà aujourd'hui ? Elle serait évidemment multi-fonctions :

- isolations thermique et acoustique - coefficient K (W/m².k) très faible (0)

- affaiblissement phonique élevé (100 dBA)

- sécurité et alarme • chauffage • éclairage • transmission lumineuse commandable • facteur solaire ajustable • photopile • afficheur transparent • coloration variable pilotable.

Deux mille ans pour passer de la fenêtre mono-vitrage à la fenêtre double-vitrage. Quelques décennies pour révolutionner la baie vitrée.

2. La cloison

Les propriétés mécaniques du verre permettent de fabriquer des cloisons porteuses, mais l'originalité supplémentaire serait d'y adjoindre la décoration à la place de la peinture et du papier peint.

Tapisser la cloison avec des «afficheurs» extra plats apporterait le décor «dynamique». Il suffirait de «pianoter» sur son micro-ordinateur pour changer la couleur, composer un décor, un motif, un paysage, faire apparaître - là où l'on veut dans la dimension que l'on souhaite - un écran de télévision (un ou plusieurs), émettre de la lumière, donner ou non un effet de miroir.

«*Il y a toujours, dans ce qui plaît, quelque chose de vrai*» (8).

L'art dans l'architecture

Le matériau verre fascine les artistes qui agrémentent les abords des bâtiments et immeubles avec des œuvres artistiques monumentales en verre pour embellir, orner, parer le site. Tous les symboles que porte le verre renforcent la volonté créatrice. Dans les œuvres, la multifonctionnalité du verre est exacerbée.

Ces demandes d'artistes font souvent appel à des produits irréalisables ou inconnus de nos jours. Elles restent le plus souvent insatisfaites. Chercheurs, «*Cherchez comme cherchent ceux qui doivent trouver et trouvez comme ceux qui doivent chercher encore*» (9). ■

(5) Livre de Job.

(6) Paolo Venini.

(7) Proverbe japonais.

(8) Paul Valéry.

(9) Saint Augustin.

LA LAINE DE VERRE ET L'INDUSTRIE DE L'ISOLATION

Michèle RAIN

L'ISOLATION est une industrie jeune mais le concept est ancien. Soucieux de se protéger du froid, de la chaleur et du bruit, l'homme a longtemps trouvé des réponses dans la masse des matériaux : de la grotte préhistorique au château fort du Moyen-Age, l'isolation est d'abord affaire de densité. C'est dans une période relativement récente, avec l'apparition de la brique creuse, précurseur de la structure alvéolaire, que la construction a mis en œuvre des parois allégées. Au terme de cette évolution, l'isolation est devenue une fonction spécifique et ne fait plus partie intégrante du matériau de construction. Les isolants aujourd'hui ont pour seul objet d'isoler, par opposition aux matériaux constructibles à pouvoir isolant dont la fonction principale est de porter, comme les bétons cellulaires.

1. Les premiers temps

Cependant, quel que fût le formidable développement de l'isolation des bâtiments, c'est pour satisfaire à des besoins industriels que sont nés les premiers produits isolants : l'isolation moderne est contemporaine de

la machine à vapeur de James Watt. Pour éviter de se brûler sur les tuyauteries portées au rouge, on utilisait à l'époque des fibres naturelles mélangées à de l'argile, bientôt supplantées par l'apparition de douelles en magnésie puis par l'apparition de produits comme le silicate de calcium, le liège ou l'amiante.

C'est pour trouver un produit de remplacement à ces produits importés que des industriels allemands lancèrent, pendant la guerre de 14-18, un programme de recherches portant sur la laine de roche et la laine de verre.

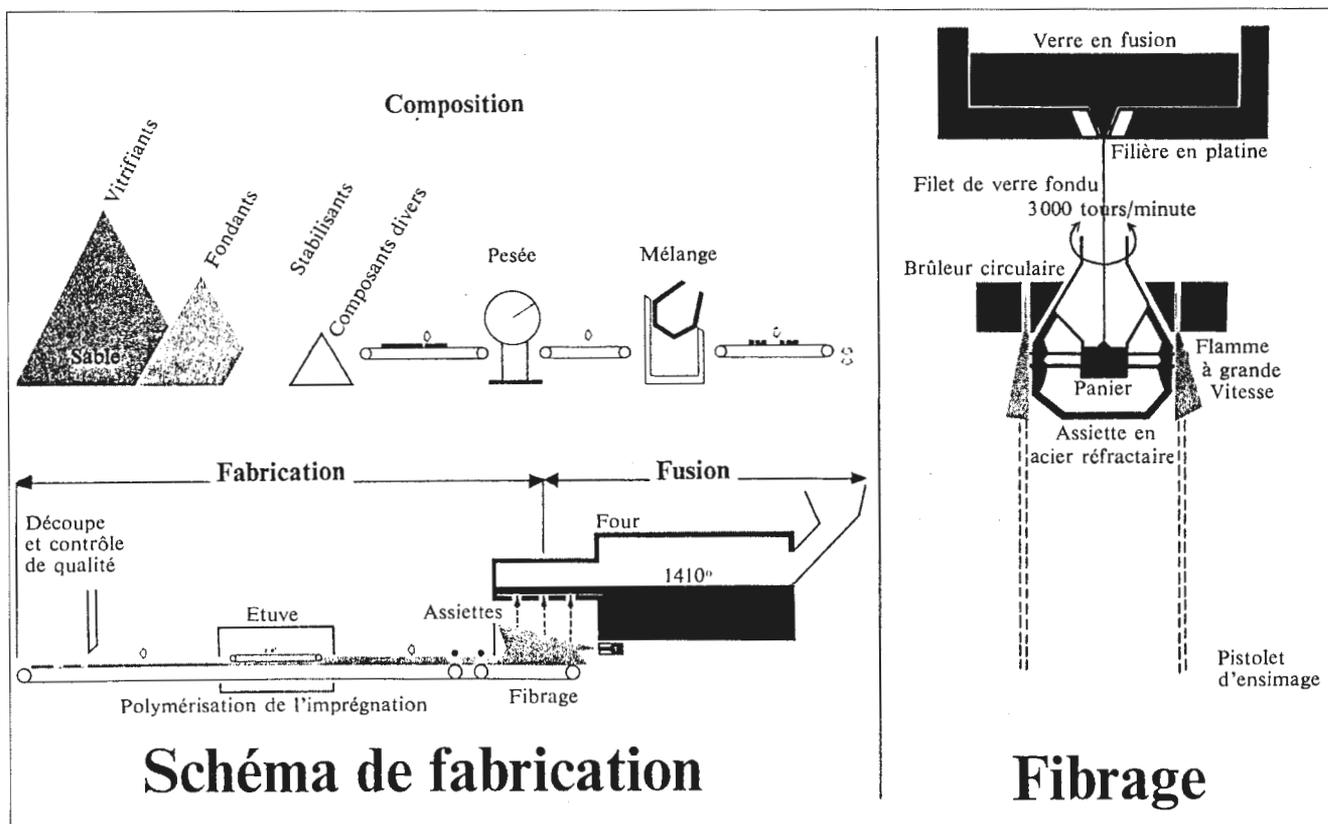
Entre les deux guerres, se développèrent de nombreux procédés de fabrication. En 1923, deux verriers américains, Owens et Corning, s'associent pour exploiter le brevet Owens de fabrication de laine de verre, qui recourt à l'étirage par fluide. En 1929, un groupe de banquiers fonde à Soissons «La soie de verre» et achète le procédé Gossler, fibrage par étirage mécanique. La Compagnie de Saint-Gobain absorbe la société en 1935 et abandonne le procédé Gossler pour un procédé rotatif Hager, développé en 1930 à Bergisch Gladbach en Allemagne.

La fibre est deux fois plus légère mais elle comporte encore un fort pourcentage d'infibrés. Aussi, dès le début des années 40, Isover Saint-Gobain développe ce procédé Hager, en combinant étirage par fluide et étirage par centrifugation.

2. Le procédé SuperTEL

Le nouveau procédé, appelé SuperTEL démarre en 1957 à Rantigny. La multiplicité des filets primaires y est obtenue par centrifugation au travers des milliers de trous d'une assiette de fibrage. La totalité de la masse de verre est ainsi transformée en fibres, sans aucune particule infibrée, avec des débits très importants : de 2 à 26 tonnes par jour et par centrifugeur, soit de 700 à 50 000 tonnes par an et par ligne de fabrication. 85 % de la laine de verre dans le monde est aujourd'hui fabriquée selon le principe rotatif.

La licence TEL est exploitée dans le monde entier par l'intermédiaire de Sodefive, filiale de Isover Saint-Gobain. Les licenciés sont souvent eux-mêmes des groupes puissants : Ahlström en Finlande, Pilkington en Grande-Bretagne, C.S.R. en Aus-



Le procédé TEL.

tralie, Hankuk Glass en Corée, Koc en Turquie ... quelque trente-cinq fours au total, alimentant deux cents machines de fibrage, bénéficient de l'assistance technique du Centre de Recherche Industrielle de Rantigny, qu'ils appartiennent ou non au groupe Iover Saint-Gobain.

3. Les producteurs

Owens Corning Fiberglass a déve-

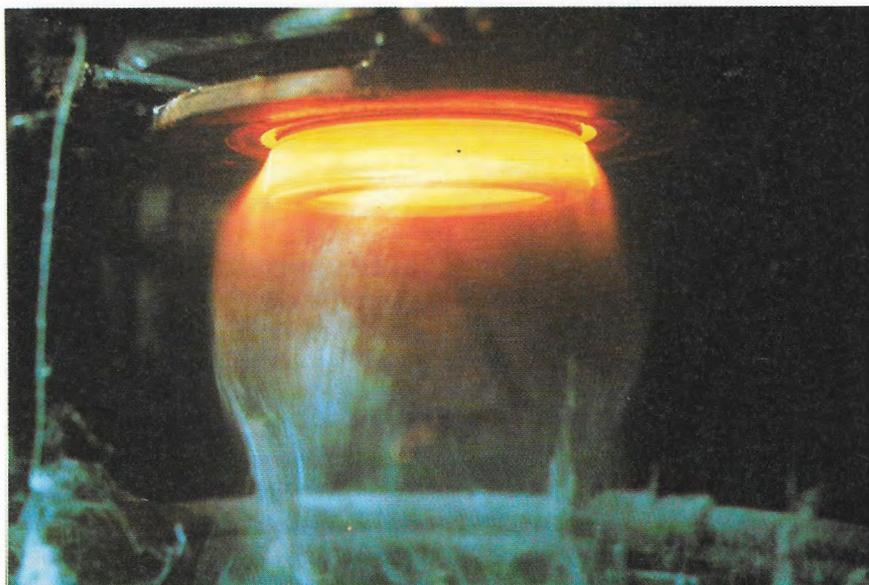
loppé de son côté un autre procédé rotatif. Ses six usines de matériaux isolants représentent une capacité de 580 000 tonnes. OCF fabrique également, outre les produits isolants, de la fibre textile, du voile de verre et des résines polyester. Ses ventes sont de l'ordre de 3 milliards de dollars dont les deux tiers pour l'isolation.

Exploitant le procédé SuperTEL, la

Branche Isolation de Saint-Gobain compte 17 usines en Europe et 4 aux Etat-Unis. Avec environ 400 000 tonnes de laine de verre, elle représente l'activité la plus internationale du Groupe : 16 % des ventes sont réalisées en France, 53 % dans les autres pays de l'Europe et 31 % en Amérique, essentiellement aux Etats-Unis.

L'Américain Manville, le plus ancien dans la profession de l'isolation, détient pour sa part une capacité de 400 000 tonnes, réparties dans dix usines spécialisées en produits pour le bâtiment, l'automobile ou la fibre fine pour l'aviation.

A côté des trois grands, un certain nombre de petits producteurs nationaux sont présents sur les marchés. Recourant aux services de petites sociétés d'ingénierie, ils ont installé des capacités limitées, de l'ordre de 5 à 10 000 tonnes. Ces petits producteurs ont choisi le plus souvent de se spécialiser sur un créneau produit/marché. Ils bénéficient d'une souplesse relative même s'ils ne peuvent offrir la même gamme, ni le même service.



24 L'assiette de fibrage TEL.



Maquette de l'usine de Bradford en Australie.

4. Les produits concurrents

La laine de verre n'est pas, en dépit de ses qualités, le seul isolant présent sur le marché : la laine de roche pourvoit un quart du marché en Europe de l'Ouest et détient une position dominante en Europe de l'Est.

Largement engagé dans la laine de verre, Isover Saint-Gobain est aussi fabricant de laine de roche en France, en Suède, en Allemagne, en Italie et en Espagne, occupant la seconde place en Europe derrière le groupe danois Rockwool.

La part de marché des mousses, polyuréthane, polystyrène, phénoliques, voire urée-formol, est très variable selon les pays, mais significative en France et en Allemagne, par exemple. Les groupes qui ont la maîtrise des grands intermédiaires chimiques disposent de moyens de recherches importants. Ils s'emploient à faire évoluer leurs produits et à trouver des substituts aux agents de fabrication comme les CFC, mis en cause dans la destruction de la couche d'ozone.

5. Les marchés de l'isolation

Il n'y a pas, même en Europe, de marché unique de l'isolation, il y a des marchés diversifiés, qui se caractérisent d'abord par leur stade de développement.

Les industriels ont été les premiers à se préoccuper d'isolation en vue de

réduire la consommation d'énergie. La petite histoire, rejoignant la grande, veut qu'après le sabordage de la flotte en 1942 à Toulon, les nappes de laine de verre qui isolaient les chaudières furent récupérées et utilisées sur le marché des équipements industriels.

Au deuxième stade, la demande émane toujours des industriels mais elle porte sur les produits destinés à l'équipement des foyers. On isole les portes des réfrigérateurs, les fours, les ballons d'eau chaude ...

La troisième étape porte sur l'isolation du bâtiment non résidentiel,

tertiaire et administratif. Enfin, l'isolation se généralise à l'ensemble du parc de logements, constructions neuves et aussi bâtiments anciens. La rénovation est dans l'ensemble moins importante que le neuf, mais significative dans les pays où le marché est arrivé à maturité, Amérique du Nord, France, Allemagne et Scandinavie.

L'industrie de l'isolation est donc largement tributaire du marché du bâtiment qui absorbe 85 % de ses produits. Aussi, il est primordial de pouvoir interpréter et anticiper les oscillations qui affectent cette activité. Dans le bâtiment neuf, l'isolation rentre progressivement dans les usages de la construction et peut s'appuyer sur un important appareil statistique. Dans la rénovation de l'habitat ancien, les données, lorsqu'elles existent, sont plus difficiles à interpréter : le développement du marché est largement fonction de la sensibilité des autorités et du public au contexte énergétique.

La demande du marché est fonction du segment d'utilisation du produit mais aussi de l'environnement économique, technique, normatif. Dans les pays du Sud et en Extrême-Orient, l'aspect extérieur du produit est une donnée importante. Les producteurs font porter leurs efforts sur ce point



Ligne de production à Orange.



Isolation technique.



Panneaux estampés pour l'électroménager.

tout en recherchant des produits à plus forte valeur ajoutée. En Allemagne, en Scandinavie où l'isolation est une seconde nature, la performance mesurable est prédominante. De plus l'isolation est regardée comme un moyen de sauvegarder l'environnement : améliorer l'efficacité du chauffage, c'est réduire la consommation d'énergie donc diminuer les rejets d'agents polluants et de poussières.

Une inquiétude s'est manifestée dans la période récente sur les effets des fibres de verre et de roche sur la santé, notamment au regard des risques de cancer. Depuis plus de quinze

ans, des études systématiques sont menées dans des laboratoires de recherche médicale, sans avoir apporté, à ce jour, la preuve d'un danger. Les programmes de recherches se poursuivent et les organisations professionnelles se sont données pour objectif d'informer en toute sérénité les consommateurs et les autorités. L'attention portée à ces problèmes est légitime. Elle doit reposer sur des travaux menés avec rigueur et persévérance.

6. Et demain ?

Issue d'une pluralité de secteurs

divers et indépendants, la demande d'isolation est globalement stable dans la plupart des pays occidentaux, à des niveaux de consommation variables selon les climats et les habitudes de construction.

En Europe de l'Est, en Amérique du Sud et en Extrême-Orient, le marché devrait se développer, l'isolation pénétrant peu à peu le logement avec l'accroissement des niveaux de vie et la prise de conscience des pouvoirs publics. Dans les pays riches, où la motivation énergétique a perdu de son acuité avec la baisse du prix du pétrole, le concept d'isolation-économie cède la place à celui d'isolation-confort.

Confort thermique d'abord : en hiver, l'isolation supprime l'effet de paroi froide, et réduit par là-même les risques de dégradation des murs. En été, elle maintient la maison plus fraîche et est indispensable au bon fonctionnement de la climatisation. Confort acoustique ensuite : la laine de verre, grâce à sa structure élastique, absorbe le bruit et est susceptible de nombreuses applications, à commencer par les plafonds.

Enfin la compétence acquise dans le domaine du fibrage a poussé les industriels à prospector d'autres marchés pour l'appliquer à de nouvelles niches. Mis au point pour supprimer le coûteux travail de sellerie, les pavillons automobiles en laine de verre gagnent progressivement du terrain. La culture hors sol sur des blocs de laine minérale imbibée d'une solution nutritive a reconstruit un grand succès auprès des serristes néerlandais, maraîchers ou horticulteurs. Elle continue à se développer en Europe et certains producteurs introduisent ce système aux Etats-Unis.

La fibre de verre pourrait aussi trouver d'autres débouchés dans les nodules drainants pour revêtements routiers, la filtration, l'élimination des pollutions aquatiques.

Les industriels de l'isolation doivent faire preuve d'imagination pour développer les applications d'un matériau dorénavant adopté par les entreprises comme par les particuliers. ■

VETROTEX : LA FIBRE DE VERRE DE RENFORCEMENT

Pierre TRACOL

Directeur de la Branche Fibres
de Renforcement de Saint-Gobain

C'est sous l'enseigne Vetrotex que la Compagnie de Saint-Gobain regroupe l'essentiel de son activité de fibres de verre de renforcement.

Avant d'aller plus loin, il faut en dire un peu plus sur ce métier verrier et sur son produit.

Qu'est-ce que la fibre de verre de renforcement ? Où la trouve-t-on ? Eh bien, elle est, par exemple, indissociable des exploits des sauteurs à la perche. Les pêcheurs à la ligne lui doivent des prises inoubliables. Elle se cache dans les skis, dans les raquettes de tennis, dans le mobilier d'un bureau design.

Mais elle a encore bien d'autres talents. C'est elle qui sert de support aux circuits imprimés, qui carrosse les voitures, qui promène les voyageurs en Concorde, en TGV, en bateau ou en hélicoptère.

Compétitive sur tous les fronts, la fibre de verre est là à chaque fois qu'il est question de performances. Elle enregistre de nombreux succès. Alors, essayons de dérouler le fil de ce matériau de haute technologie, qui incite à l'innovation et qui nous réserve encore d'autres progrès.

Tout d'abord, c'est un matériau jeune.

C'est, en fait, le fil électrique qui va entraîner, dès 1930, la fibre de verre dans l'ère industrielle, avec une première application technique : l'isolation des conducteurs électriques soumis à de hautes températures. On s'éloignera alors très vite des pratiques artisanales de production exercées jusqu'alors. Le procédé d'élaboration des fibres de verre devient l'affaire des industriels.

Portée au départ par le développement de l'électricité, la fibre de verre découvre sa principale vocation à la naissance des premières matières plastiques, des résines phénoliques tirées du charbon, puis du polyester. La Seconde Guerre mondiale accélèrera le rythme des recherches : pour remplacer les métaux, réquisitionnés pour les industries d'armement, il faut trouver un matériau résistant. Au lendemain du conflit, les Etats-Unis et l'Europe se lancent dans une nouvelle bataille : celle de l'industrialisation.

Aujourd'hui, pratiquement invisible, la fibre de verre est pourtant présente partout.

Très résistante à la traction, elle est l'armature idéale des matériaux plastiques, dans lesquels elle s'incorpore pour constituer des plastiques armés, désignés de plus en plus souvent sous le nom général de matériaux composites.

Ses multiples fonctions et la facilité de sa mise en œuvre expliquent tous ses succès dans la recherche de performances supérieures, en vitesse et en aérodynamisme. Et cela dans les meilleures conditions de compétitivité, car les techniques de production permettent de fabriquer d'un seul tenant des pièces complexes, réduisant ainsi les opérations d'assemblage.

Comme tous les matériaux de pointe, c'est dans l'aéronautique, le sport et l'automobile de compétition que les matériaux armés de fibres de verre ont fait leur première apparition à la suite d'essais sévères. Les grandes séries n'ont été atteintes qu'après des études complètes permettant de tirer le meilleur parti des propriétés particulières pouvant assurer plusieurs fonctions. On a pu alors passer de la conception de prototypes au stade industriel, les coûts ayant bais-

sé et l'effet d'expérience joué (exemple : le hayon arrière de la citroën BX).

Sous ses diverses formes, la fibre de verre est devenue le meilleur renfort des composites. Ces derniers sont des produits constitués par de la résine synthétique et des fibres de verre.

Sans pénétrer dans le laboratoire très complexe des chimistes, on peut y jeter un coup d'œil et distinguer deux grandes «familles» de matières plastiques :

- Les «thermoplastiques» sont des plastiques qui ramollissent à la chaleur et durcissent au froid. Ils représentent environ un cinquième de la production globale des composites. Caractéristique commune : ils résistent bien aux chocs, se mettent facilement et rapidement en formé. Les plus utilisés sont les polyamides, le polypropylène et les polycarbonates. Ils sont renforcés de 10 à 40 % de fibre de verre.

- Les «thermodurcissables» sont des plastiques plus fragiles et plus solides à la fois, qui durcissent de manière irréversible. Ils représentent environ les 3/4 de la production actuelle des composites. Ils ont absolument besoin d'être renforcés de fibres de verre pour acquérir une bonne résistance. Les plus utilisés sont les résines polyester et les époxydes. De très nombreux procédés de mise en œuvre existent et se développent aujourd'hui. Ils permettent de répondre à toute la gamme des besoins des utilisateurs : depuis la réalisation de prototypes ou de petites séries, avec des équipements souples et légers jusqu'aux procédés les plus industriels permettant la production de plusieurs milliers de pièces par jour, à des cadences élevées, tout en assurant une qualité suivie : on rentre alors dans le domaine des équipements lourds, pouvant être conduits par ordinateur, et fortement robotisés.

C'est dire que la variété des possibilités permet aux composites renforcés de fibres de verre de servir des usages finals très bien répartis dans l'ensemble de l'activité économique.

28 Pour illustrer la variété des utilisations,

Marchés 1988 Secteurs d'application (%) *	Etats-Unis	Europe	Japon
- Electricité / Electronique	9	23	—
- Transports	26	22	4
- Bâtiment / Travaux publics	19	17	49
- Matériels industriels/agricoles	18	17	27
- Sports et loisirs (dont marine)	17	7	10
- Biens de consommation	6	6	7
- Divers	5	8	3

* nota : valeurs indicatives, les segmentations n'étant pas rigoureusement les mêmes sur les trois marchés.

Marché des composites.

tions, citons quelques exemples : Rappelons que les professionnels de l'électricité cherchaient un isolant d'aussi faible épaisseur que possible, qui ne vieillisse pas sous l'effet de la chaleur et qui puisse résister à des températures de 180°C ainsi qu'à des surcharges de puissance momentanées (isolant classe 4) ... Cet isolant, ils le trouvèrent avec la fibre de verre, pour enrober fils et câbles, servir de support et armer des tubes en plastique.

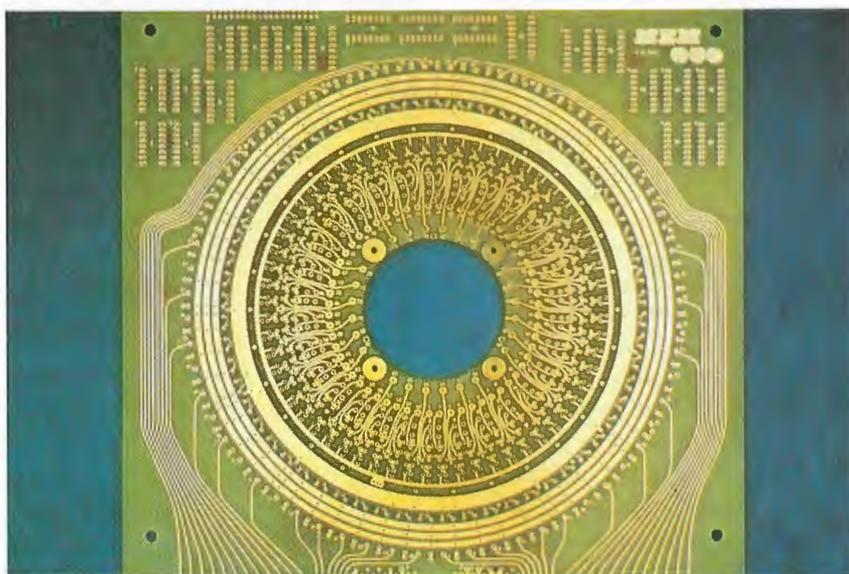
Aujourd'hui, c'est la rencontre avec l'électronique : support des circuits imprimés produits par millions de mètres carrés ou composante d'une



Le TGV.

TGV s'est choisi ce «nez» en composite fibres de verre. Le matériau a été adopté pour sa légèreté, bien entendu, mais aussi pour la liberté qu'il offrait au concepteur.

Car cette forme, longue, étroite, pro-



Circuit imprimé à base de tissu de verre.

platine d'ordinateur, elle s'est parfaitement adaptée aux besoins très pointus de l'électronique et de l'informatique.

Paris-Nantes en 2 h, Paris-Lyon à 270 km/h ... C'est pour améliorer encore son aérodynamisme que le

fonde, n'aurait pas pu être obtenue par les procédés d'emboutissage traditionnels à la tôle. Problèmes techniques et outillage onéreux ont pu être évités grâce à ce composite fibres de verre et au moulage, beaucoup plus souple.

Mais l'emploi de la fibre de verre ne se limite pas à ce « nez ». En effet, visible ou invisible, la fibre de verre est présente partout, sous forme de pièces variées. Citons les principales :

- carénage avant et pavillon des cabines de conduite,
- toit et sous-plafond de la motrice,
- carénage de toiture intermédiaire et carénage de toiture extrême avant (c'est ainsi que la SNCF désigne les capotages de protection du pantographe et du troisième phare),
- encadrements de baies, moulés en grande série par compression à chaud,
- tablettes de sièges.

D'autres pièces sont moins connues ou moins visibles : volets de portes d'accès, habillages des toilettes, supports et capotages d'équipements électriques et d'appareillages divers. Dans le bâtiment, une règle : la garantie décennale. Cette assurance de pérennité que doivent permettre tous les produits destinés à ce marché ne gêne plus la fibre de verre. Durer dix ans ? Pas de problème ...



Crédit Agricole de Valence.

Sa toute première application en tant qu'isolant électrique l'entraîne, bien sûr, le long des chemins de câbles et à tous les stades de l'installation électrique dans la maison.

Ininflammable et résistante, elle entre vite dans la construction même, avec des panneaux translucides, plats ou ondulés qui viennent recouvrir une véranda, ou cloisonner un bâtiment, tout en y laissant entrer la lumière.

Poussons la porte de la salle de bains : la couleur y est partout présente, ainsi que la fantaisie. De fait, la facilité de moulage et les coloris des composites ont inspiré les fabricants de sanitaires. Baignoires ou lavabos

en forme de cœur ? Même pour de petites et moyennes séries, la simplicité du moulage a rendu ces nouveaux articles relativement abordables.



Cabine de douche.

En plus grand, il en va de même pour les piscines, moins chères à construire et plus simples à poser que les équipements traditionnels. L'utilisateur en profite doublement, à l'achat puis à l'usage. Car le caractère isolant de la fibre de verre va lui permettre de profiter plus longtemps de la bonne température de l'eau, ... sans rallonge des factures de chauffage.

De loin, on dirait une toiture rustique en tuiles de terre cuite ou en ardoise. De près, on s'y méprend, mais il s'agit de polyester armé de fibres de verre et teinté dans la masse au coloris voulu. Les amateurs de vieilles pierres y trouvent leur compte : les charpentes de bois vétustes supportent parfois mal une toiture rénovée traditionnelle, alors qu'elles exigent une protection étanche contre la pluie et une bonne résistance aux éventuelles charges de neige ...

Du toit au sous-sol, les composites offrent toute sécurité dans le domaine des canalisations ou des gaines de ventilation, dans la tuyauterie du chauffage urbain et les réseaux d'assainissement.



Éléments de tuyauterie Wavin Repox.

Au cœur des chapes bitumineuses, la fibre de verre pénètre les matériaux de gros œuvre, arme le plâtre pour la construction de cloisons et de sous-plafonds, renforce le ciment contre les attaques du temps et la pollution.

La fibre de verre est en train de s'imposer dans la fabrication en grande série d'importantes pièces destinées à l'automobile. Remplaçant les matériaux traditionnels, notamment les métaux, la fibre de verre va offrir aux designers une grande liberté de création. Peu à peu les constructeurs automobiles s'y sont intéressés pour des véhicules de petite puis moyenne série, et enfin grande série. Car, grâce à des matériaux de base adaptés et à des procédés de moulage de plus en plus performants, ils parviennent à diminuer de façon sensible les coûts. Ils apprécient la résistance mécanique de la fibre de verre, son bon comportement aux chocs et sa tenue irréprochable à la corrosion. Ce développement vers la grande série est l'aboutissement de 20 années d'effort et de persévérance, que l'on peut diviser en trois périodes :

La première phase, de 1972 à 1980, a été marquée par la première application des matériaux composites en grande série : les boucliers de la Renault 5, renforcés de fibres de verre. Elle devait être le début d'une

Les industries du verre

longue série chez Renault, avec l'extension aux véhicules R15, R17, R14, Fuego, puis R18, et mettait en valeur plusieurs caractéristiques importantes de ces matériaux : légèreté, résistance aux petits chocs, apport dans le style, anticorrosion, rigidité. Renault ouvrait ainsi la voie de la pénétration des matériaux de synthèse dans cette fonction du véhicule.

La deuxième phase, de 1980 à 1987, a été caractérisée par plusieurs développements marquants :

- Tout d'abord, la poursuite de l'extension de l'utilisation de la fibre de verre dans la fonction protection avec, notamment les boucliers et les protections latérales des Renault 25, Super 5, et Express, et les pare-chocs des Peugeot 205, avec, pour ces dernières, des séries jusqu'à plus de 2500 voitures/jour.

- Puis la commercialisation en 1982, de la Citroën BX. Produite à plus de 1000 unités/jour, cette voiture a constitué une étape très importante, avec l'utilisation de plus de 20 kg de matériaux composites par voiture. Pour la première fois, les composites étaient utilisés en grande série carrosserie de manière significative : capot moteur, custodes, latéraux de pavillon. Ces développements ont eu des conséquences importantes :

- ils ont montré que les matériaux composites pouvaient satisfaire techniquement à la fonction carrosserie,
- ils ont aussi permis à notre profession de mesurer industriellement les progrès qui restaient à accomplir pour rendre ces matériaux compétitifs en grande série, et d'initier ainsi des travaux à tous niveaux : matières, machines, moules, automatismes. Parallèlement et toujours sur la Citroën BX, l'industrialisation du volet arrière ouvrait une ère nouvelle dans l'industrialisation de l'injection des thermodurcissables à fibres longues, et montrait la compétitivité de cette solution pour les pièces complexes à fonctions intégrées.

- Renault, en 1985, réalisait les intérieurs de portières du modèle Express, produit à plus de 700 unités/jour.

- Un troisième fait marquant de cette période a été la sortie en 1984 de la Renault Espace fabriquée par Matra. Ce véhicule est intéressant à deux titres :

- d'abord par sa carrosserie entièrement en matériaux composites,
- ensuite par la réalisation de pièces de grandes dimensions comme les panneaux latéraux, le pavillon et la porte arrière.

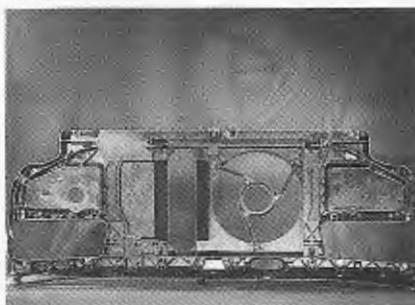


Renault Espace.

- Plus récemment, PSA ouvrait une autre voie d'applications des matériaux composites avec la mise au point, en 1987, de la façade avant de la Peugeot 405.

La troisième phase concerne les évolutions à court terme (5 ans) et moyen terme (8-10 ans), dans la carrosserie (volet AX) et les équipements, les pièces sous capot, les pièces d'habitacle et enfin les pièces de structure (ressorts à lames d'utilitaires chez Renault, arbres de transmission de l'Espace 4 x 4, organes d'embrayage ou de freinage).

Depuis qu'elle s'est mise au service de l'automobile, la fibre de verre n'a jamais déçu. De ce fait, elle est présente aujourd'hui dans tous les véhicules : volet arrière de nombreuses voitures : Citroën BX et AX, Fiat Tipo et Uno Turbo, façade avant de la Citroën XM, de la VW Passat, de



Face avant Peugeot 405.

la Peugeot 605, pavillon et intérieur de voiture, sous forme de mousse PU renforcée verre ... Aux Etats-Unis, elle est actuellement utilisée dans le «Mini Van» de General Motors, produit à près de 1000 véhicules/jour.

Grâce à la technique du moulage, elle a permis aux constructeurs d'obtenir des pièces complexes d'un seul tenant et d'en réduire ainsi le nombre. Simplification du montage, gains en investissements, gain de temps pour l'industriel : l'automobiliste reste le grand gagnant. Car cette diminution des assemblages rend les véhicules moins bruyants et plus faciles à entretenir.

Dans les années à venir, ce sont les pièces très fortement sollicitées, comme les bielles et les ressorts, voire les roues, que l'on traitera en fibre de verre. Elle nous réserve encore bien des surprises et, en plus, des gains de poids de l'ordre de 30 à 60 %.



Fiat Tipo.

Comme les pièces mécaniques de structures, les éléments composites fibre de verre disposent d'un dernier atout : ils ne rouillent pas ... Résistant à la corrosion, c'est sans danger que le composite affronte des conditions météorologiques difficiles, l'attaque de la pollution atmosphérique et, en hiver, le pire ennemi de l'automobile : le sel employé sur les routes enneigées.

Il n'est pas possible, dans le cadre de ce rapide tour d'horizon, de s'étendre sur les applications de tous les grands secteurs. En effet, il faudrait citer encore de multiples utilisations : des dragueurs de mines aux bateaux de plaisance, des cuves de stockage du vin aux silos à céréales, en passant par l'industrie du sucre et du



Hélicoptère Dauphin SA 365 de l'Aérospatiale.

papier, et jusqu'aux usages de pointes de l'industrie aéronautique.

La fibre de verre, nous le voyons, intervient aujourd'hui dans tous les secteurs de l'économie. Chaque jour, l'utilisation industrielle des matériaux composites s'amplifie et la fibre de verre s'impose comme leur principal renfort.

Convaincue de l'avenir de ses produits, la Branche Fibres de Renforcement de Saint-Gobain a une stratégie de développement. Elle est devenue aujourd'hui le premier producteur européen et le second au niveau mondial avec 6 sociétés opérationnelles en France, R.F.A., Italie (2), Espagne, Etats-Unis, ainsi qu'une participation importante en Argentine ; 1 société de transformation (tissage) ; 2 nouvelles implantations en cours au Brésil et en Corée auxquelles s'ajoutent diverses extensions de capacités.

En quelques millièmes de seconde, le verre devient fil. Le cœur du métier de la fibre de verre est là.

Pour atteindre la maîtrise de cette transformation, il faut dominer un éventail technologique large : en amont, un verre particulièrement difficile à élaborer ; avec l'étrépage et le fibrage, la filature textile d'un matériau très sensible ; la chimie pour les ensimages, indispensables traitements de surface du fil ; en aval, une connaissance approfondie des matériaux composites.

Dans toutes les étapes du procédé,

de la sélection des matières premières à la livraison des produits, les exigences de la production fixent des impératifs : rigueur, fiabilité, constance, qualité. Impératifs que seul le déploiement d'importants moyens en organisation, en recherche, en contrôle permet de garantir. Et, ici, Saint-Gobain Fibres de Renforcement dispose d'importants atouts.

La communication entre toutes les unités de fabrication a, de très loin, dépassé le stade des transferts technologiques. La flexibilité atteinte par ces unités en fait un ensemble capable de réagir rapidement et de donner à toute demande une réponse adaptée.

Car, aussi exigeants soient-ils, les procédés ne sont rien en tant que tels.

Leur amélioration est au service des produits et des clients.

La fibre de verre n'est pas, en effet, un produit unique. Des traitements de surface spécifiques, et de multiples transformations, permettent d'élaborer de nombreux types de produits adaptés aux différentes applications finales. Ainsi, quatre grandes familles de produits répondent à des besoins précis : les fils textiles, les rovings, les fils coupés et les mats.

Dans ce contexte commun à tous les fabricants de fibres de verre, Saint-Gobain Fibres de Renforcement se démarque sur deux points essentiels :

l'étendue de sa gamme de produits et sa capacité de réponse à un problème spécifique posé par un client. Son objectif principal est de garantir sur le plan international la standardisation de l'ensemble de cette gamme avec pour valeurs : qualité, homogénéité, régularité. Tout au long de ce développement, Saint-Gobain Fibres de Renforcement a appliqué une même politique de stratégie globale et d'opérations décentralisées. Les six sociétés de la Branche disposent d'une véritable autonomie, elles maintiennent des équipes locales, connaissant parfaitement marchés et développements, parlant la même langue et le même langage que leurs clients.

Sans ce respect des identités nationales, il n'y a pas de relation de confiance, base de toute activité commerciale.

Pour faire face à la mondialisation des marchés, Saint-Gobain Fibres de Renforcement va au-delà du développement des implantations. Il bâtit une organisation et une coopération internationales à tous les niveaux de l'entreprise.

Quelle que soit leur nationalité, quelle que soit leur responsabilité, quelle que soit leur spécialité, les hommes et les femmes de Saint-Gobain Fibres de Renforcement travaillent ensemble. Toutes les expériences, toutes les compétences, toutes les cultures, tous les dynamismes sont partagés.

Il ne s'agit plus d'additionner, mais de multiplier les forces.

Dans ce métier totalement ouvert à la concurrence internationale, la qualité des actes de recherche et de développement est tout à fait fondamentale.

Ceci a conduit la Branche Fibres de Renforcement à la création, au sein de Vetrotex International, d'un important Centre, inauguré à Chambéry en 1989, qui est au service de toutes les divisions et de leurs clients. Ce Centre, qui regroupe 250 personnes, essentiellement des « cols blancs », dispose naturellement des moyens les plus modernes et les plus puissants de recherche sur les procédés de fabrication et l'élaboration de nouveaux produits en fibres de verre



Bénéteau : l'Océanis.

de renforcement. Il travaille en étroite collaboration avec les laboratoires centraux du Groupe Saint-Gobain d'une part, mais aussi en synergie avec les équipes de développement de chacune des divisions nationales. Mais de plus, à côté de ce centre de recherche, le centre d'applications des produits est directement au ser-

vice du développement de la Branche et de ses clients. Il est possible d'y simuler en vraie grandeur les conditions de fabrication des composites telles que les verront les clients de fibres de verre. Les missions de ce Centre se développent dans trois directions : tester les produits et contribuer à leur évolution,

donner une assistance technique à la clientèle, développer de nouveaux composites fibres de verre. Dans ce domaine également, le relai sur le terrain est assuré par les Centres d'Applications Nationaux, très adaptés pour la communication et la réponse aux besoins spécifiques de chaque marché.

C'est ainsi, par l'effort commun sur la technologie et par la décentralisation de ses actions, que la Branche Fibres de Renforcement peut, en partenaire des industries transformatrices et utilisatrices, développer son activité au niveau mondial, face à des concurrents puissants, eux aussi animés d'une volonté d'extension. Le support et l'étendue internationale du Groupe Saint-Gobain lui apportent un atout indispensable dans ce métier où la lutte pour la compétitivité, au service des clients, est un défi permanent. ■

Cet article fait des emprunts à l'ouvrage « la fibre de verre et les composites » édité, avec la collaboration de Vetrotex, par la Nouvelle Librairie.



LES NOUVELLES APPLICATIONS VERRIÈRES

Alain ARNAUD (59)
Directeur industriel et de la R & D
de Saint-Gobain Vitrage International

QU'ILS soient destinés au bâtiment ou à l'automobile, les vitrages se sont enrichis de fonctions nouvelles : verres filtrants, couches antisolaires, décoratives. Ces évolutions, déjà répandues ou en voie de commercialisation, sont loin de représenter une évolution ultime du verre plat. Les attentes des consommateurs vont continuer à mettre à rude épreuve les talents des techniciens verriers.

Les verres pour l'électronique

Tout le monde utilise aujourd'hui des montres ou des calculatrices munies d'écrans d'affichage à cristaux liquides.

Ces écrans sont constitués de deux verres minces, de 0,5 à 0,7 mm d'épaisseur recouverts d'une couche conductrice transparente sur laquelle sont gravés les éléments des caractères à afficher.

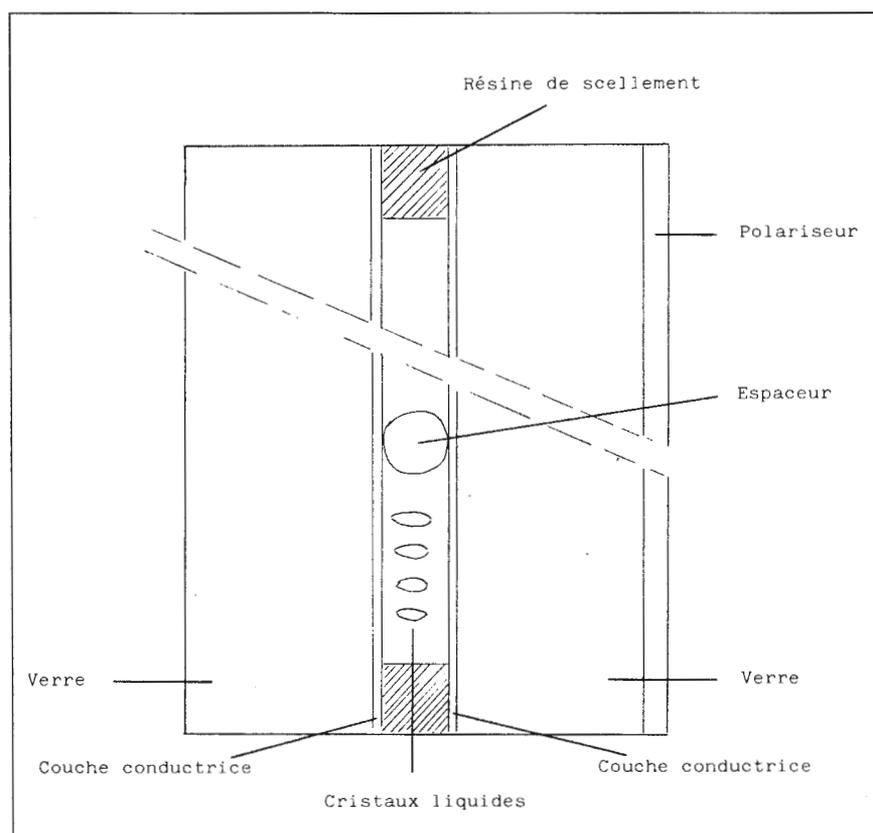
Entre les deux verres, maintenus rigoureusement parallèles à une distance voisine de 7 microns, on vient déposer une solution contenant les cristaux liquides. Lorsqu'une tension est appliquée entre deux éléments conducteurs, les cristaux liquides ont tendance à s'orienter parallèlement à la direction du champ électrique, créant ainsi une polarisation de la lumière, qui fait apparaître en sombre les plages correspondantes. De nombreux perfectionnements ont permis, depuis l'apparition de ces écrans, d'améliorer le contraste

de l'image ainsi que l'angle sous lequel l'écran reste lisible.

Les matériaux nécessaires à la réalisation de ces afficheurs sont essentiellement les verres avec leur couche conductrice transparente, la solution de cristaux liquides et un film polariseur. Ils font l'objet de spécifications très précises.

Les verres utilisés pour cet usage ont une composition assez traditionnelle

de silice, sodium, calcium, aluminium et magnésium. Ils sont beaucoup plus minces que les verres pour vitrage, qui ne descendent guère en dessous de 2 mm. Ils doivent également respecter une exigence de planéité beaucoup plus forte, typiquement 0,4 microns sur 20 mm. C'est, au départ, l'exigence d'épaisseur qui s'est révélée la plus contraignante, et les procédés de formage utilisés



Coupe d'un écran à cristaux liquides.

ont été les vieux procédés du verre étiré avec leur étirage vertical. Dans ces procédés, la convection thermique qui prend naissance autour de la feuille à haute température, conduit à un refroidissement brutal qui rend difficile le contrôle de la planéité. C'est cependant ce type de procédés qui a permis d'alimenter le marché pendant toute la phase de croissance des premières applications, essentiellement en Asie du Sud-Est où sont produits 99 % des montres et des calculettes à afficheurs à cristaux liquides.

Ces feuilles de verre doivent ensuite être revêtues de deux couches. La première est destinée à arrêter la migration éventuelle du sodium du verre dans la solution des cristaux liquides. Plusieurs technologies de dépôts ont été développées. En particulier, le procédé SOL-GEL a trouvé là une de ses premières applications commerciales.

Le procédé SOL-GEL permet la réalisation de produits vitreux sans passer par une phase de fusion. On prépare des molécules organiques incluant les éléments de la future composition vitreuse. Les molécules en solution sont ensuite condensées sous forme d'un gel dont on élimine l'eau par une cuisson ménagée. Un traitement à plus haute température permet ensuite l'obtention d'un réseau minéral amorphe ayant les propriétés d'un verre.

La seconde est la couche conductrice. Deux matériaux transparents sont utilisés : l'oxyde d'étain dopé au fluor et l'oxyde d'indium dopé à l'étain. Ils sont généralement déposés sous-vide par pulvérisation cathodique à magnétron. Ce procédé est utilisé à grande échelle pour le dépôt de couches sur le verre. On doit, pour cette application, éliminer tout défaut ponctuel dans la couche. Les verriers, déjà familiers avec les techniques de dépôt de couches conductrices, proposent souvent le produit déjà revêtu.

De nouvelles applications sont apparues, avec des écrans de taille supérieure et, souvent, l'utilisation de la couleur : les jeux vidéo, les tableaux de bord d'automobiles, les écrans pour les machines de traitement de texte ou les ordinateurs portables font appel à des principes

voisins. La surface plus grande des éléments oblige à un contrôle de qualité de plus en plus rigoureux pour éliminer tous les défauts ponctuels avant la fabrication de l'écran proprement dit.

Ces applications produisent des images statiques ou quasi-statiques. A côté des cristaux liquides, d'autres techniques sont utilisées comme celle des écrans à plasma ou des écrans plats fluorescents.

Mais à partir de 1985, les fabricants japonais d'appareillages électroniques défrichent le marché de la télévision individuelle portable. Il s'agit au départ d'appareils conventionnels miniaturisés, munis d'écrans à tube cathodique. Le faible encombrement des écrans plats et leur tension d'alimentation modérée les rendent très attractifs pour cette application.

Alors que les technologies de base pour la fabrication du verre et des couches demeurent les mêmes, cette utilisation engendre déjà des exigences de qualité très supérieures :

- les dimensions augmentent, ce qui rend plus difficile le maintien d'une planéité satisfaisante,
- la nécessité d'améliorer la qualité des images amène à renforcer la tolérance de planéité qui descend à 0,15 microns (150 nanomètres),
- la finesse des gravures et le nombre important de lignes et de colonnes d'amenée de courant obligent à diminuer d'une façon considérable le nombre de défauts admissibles. Il devient nécessaire de mener les travaux de transformation derrière dans une ambiance qui se rapproche de celle de l'industrie électronique.

Cependant, un autre besoin se dessine pour la technologie des écrans plats. Les travaux d'ergonomie remontant aux années 70 ont montré l'intérêt de la télévision à haute définition pour l'amélioration du confort visuel des usagers. Cette évolution comprend à la fois le doublement du nombre de lignes et de colonnes des images, mais également l'adoption d'écrans de 1 mètre de diagonale. Réalisés avec la technologie classique, ces écrans sont lourds et encombrants.

La technologie des écrans plats paraît, là aussi, attractive, mais la qualité des images souhaitée nécessite un saut technologique considérable.

Les temps de commutation doivent être abaissés, et surtout, il devient nécessaire de maintenir strictement chaque point de l'écran au niveau défini entre deux balayages. Il est nécessaire, pour cela, d'implanter sur la face arrière, au croisement de chaque ligne et de chaque colonne, un transistor de commande de l'électrode correspondant à chaque point. Le verre alors n'est plus seulement un substrat plan destiné à contenir un film ultra-mince de cristaux liquides, il devient un substrat pour l'électronique. Les contraintes qui en découlent sont considérables.

- Le silicium étant extrêmement sensible à la pollution par le sodium, et les dépôts sous-vide étant effectués à température élevée, les couches barrières utilisées dans les écrans plats ne sont plus suffisantes. Il faut changer totalement la matrice verrière en éliminant le sodium.

- Les performances du silicium amorphe étant insuffisantes, il faut introduire une phase de recristallisation au laser qui se déroule à haute température. Pendant cette phase, le verre doit conserver son extrême planéité. On doit donc utiliser des verres dont le point de transformation est très élevée. Tout le processus d'étirage doit être conduit à plus de 100° au-dessus des températures usuelles.

- L'implantation des différents composants des circuits de la face arrière se fait par phases successives à haute température. Etant donné la précision géométrique des dépôts, la dilatation du verre doit se faire sans aucune hystérésis. Il faut que le verre subisse un recuit de longue durée à haute température pour atteindre son équilibre thermodynamique.

- Le coefficient de dilatation du verre doit être voisin de celui du silicium.

- Le verre doit résister aux traitements acides et alcalins qui se succèdent pendant la phase de dépôt.

- La planéité et l'absence de défauts doivent être étendues à une surface de 0,5 m².

La demande actuelle est surtout japonaise. Sharp, Toshiba, Matsushita, Mitsubishi sont lancés dans la course à la dimension ; aujourd'hui, pour fabriquer des téléviseurs et des ordinateurs portables, mais avec l'objectif de la TV Haute Définition

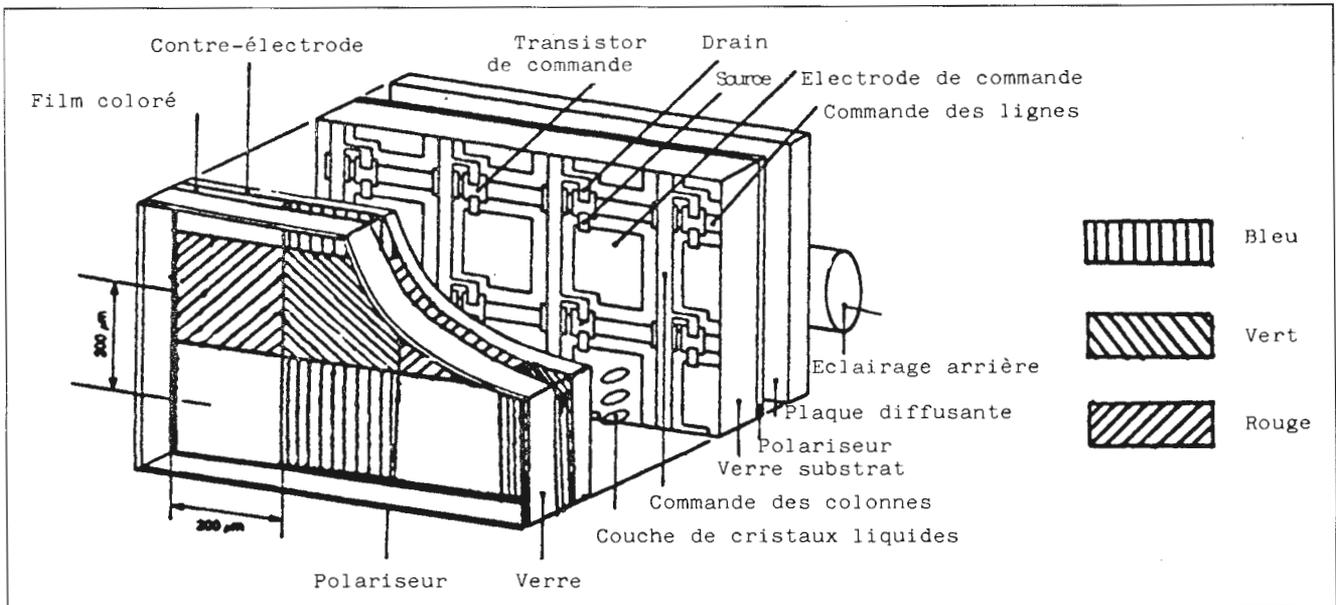


Schéma d'un écran couleur T.F.T.

de demain. C'est le verrier Corning qui, le premier a pu mettre à leur disposition un substrat plan satisfaisant à l'ensemble du cahier des charges. Il dispose d'un procédé d'étirage bien adapté aux verres à haute température. Au Japon, la Société Asahi adapte, à la fabrication de ces verres, le procédé float utilisé pour la fabrication des vitrages.

Il est vrai que les montres et les calculettes à affichage à cristaux liquides ont été produites, en presque totalité, dans le Sud-Est Asiatique. De ce fait, l'Europe a peu participé à la première génération des afficheurs. Elle est beaucoup plus présente dans la deuxième génération d'afficheurs de taille supérieure. Pour aborder la technologie des écrans plats de grande dimension, l'Europe dispose de deux atouts :

- Deux des plus grands fabricants mondiaux de téléviseurs sont Européens.
 - Sa technologie verrière est d'une très haute qualité, tant dans le domaine de la formulation et de l'élaboration des verres que dans celui du formage.
- Elle doit mobiliser ses ressources pour répondre aux défis technologiques de la télévision à haute définition.

Les verres pour table de cuisson

Que l'on puisse utiliser des articles

en verre pour cuire dans un four est une chose aujourd'hui couramment admise. Que l'on puisse utiliser une plaque en verre pour chauffer des récipients paraît encore à beaucoup une utopie. Pourtant, depuis deux ans, les ventes en France de plaques de cuisson en verre marquent une progression soutenue. Remplaçant la traditionnelle table à quatre feux, elles sont propres, esthétiques et procurent une vitesse de mise en température très supérieure aux plaques électriques traditionnelles.

Le verre utilisé pour ces plaques doit avoir une excellente résistance mécanique. Il doit surtout avoir une tenue exceptionnelle au choc thermique puisque le bord de la zone de cuisson peut être porté à plus de 600 degrés, alors que la zone voisine garde une température inférieure à 100 degrés.

Le matériau utilisé est une vitrocéramique constituée de fins cristaux de quartz enserrés dans une matrice vitreuse. Son coefficient de dilatation est voisin de zéro dans toute la plage d'utilisation. Ce type de matériau a été utilisé pour la réalisation de grands miroirs de télescopes ou pour la fabrication d'outillages d'usinage d'ultra-précision. La structure particulière des vitrocéramiques est obtenue par cristallisation de certains éléments au sein de la matrice vitreuse, pendant la phase de refroidissement.

Les verres sont des substances amorphes ou quasi-amorphes. Les

zones où règne un ordre cristallin ne dépassent pas, semble-t-il, quelques atomes ou dizaines d'atomes. Cependant, tous les verres ont tendance, dans une certaine plage de température, à former des cristaux : c'est la dévitrification. Elle est en général indésirable.

Dans les vitrocéramiques, cet effet est au contraire soigneusement contrôlé pour obtenir la structure souhaitée. Trois facteurs principaux jouent un rôle : la composition de la matrice vitreuse qui va largement gouverner la nature des cristaux formés, la présence d'agents de nucléation et la conduite thermique de la phase de cristallisation.

Dans la pratique, les verres utilisés, à base de silice, d'aluminium et de lithium ont des températures de fusion supérieures à 1600°, très supérieures aux verres classiques et à la limite des possibilités actuelles des matériaux réfractaires. Le formage, qui se fait par laminage, requiert également des températures très élevées. Le verre doit être refroidi rapidement pour éviter une cristallisation non contrôlée. Celle-ci est conduite ultérieurement dans une installation appropriée.

La réalisation de tables de cuisson en verre est un excellent exemple d'application de technologies avancées à la réalisation d'un produit grand public. Après une longue phase de latence, une frange de plus en plus importante des consommateurs a les moyens d'accéder à un produit

qui offre d'incontestables avantages fonctionnels. La croissance du marché va permettre d'investir dans des technologies de production de plus en plus performantes et d'accéder à la production de masse. L'abaissement des coûts qui en résultera permettra une généralisation progressive du produit.

Les miroirs thermiques

La production à grande échelle de doubles vitrages a permis de diminuer de façon radicale les échanges de chaleur pour conduction et convection entre la pièce habitée et le milieu extérieur. Cependant, ces vitrages ne contrôlent pas les échanges radiatifs : apports solaires ou pertes thermiques par rayonnement. Dans un double vitrage, en hiver, près de 40 % de l'énergie perdue provient des pertes par rayonnement. Ces pertes sont constituées par des radiations infrarouges autour de 10 microns de longueur d'onde correspondant au rayonnement du corps noir à 20° C. Les corps conducteurs, même en très faible épaisseur, ont la propriété de réfléchir ces radiations. Deux types de couches minces ont été mis au point par les verriers pour réaliser des vitrages barrières aux infrarouges : les couches semi-conductrices et les couches métalliques.

◆ *Les couches semi-conductrices*
L'oxyde d'étain est naturellement transparent. Il est insuffisamment conducteur pour constituer en couche mince un miroir thermique. L'incorporation de fluor en fait un semi-conducteur transparent. Une couche de moins de 300 nanomètres (0,3 Microns) suffit à conférer au verre son caractère de barrière thermique. L'intérêt principal de cette technologie vient de la possibilité de générer la couche conductrice par pyrolyse d'un composé organo-stannique directement sur le ruban de verre lorsqu'il sort, en continu, du bain float. La couche obtenue, aussi dure que le verre lui-même, est quasiment invisible. Commercialisé sous le nom d'EKO, ce nouveau produit supprime totalement l'effet de paroi froide même par les températures les plus rigoureuses et à proximité immédiate du

vitrage.

◆ *Les couches métalliques*
Les métaux conducteurs comme l'or ou l'argent constituent également des miroirs thermiques exceptionnels, mais ils ne sont transparents que sous des épaisseurs très faibles. L'argent, le métal le plus employé, est utilisé sous une épaisseur de 7 nanomètres seulement. Il est de plus déposé entre deux couches d'oxyde d'étain de quelques dizaines de nanomètres d'épaisseur. L'empilage des épaisseurs et des indices de réfraction permet d'améliorer sélectivement le passage de la partie visible du rayonnement.

En augmentant l'épaisseur de la couche d'argent, on parvient à réfléchir également la partie infrarouge du rayonnement solaire. Ces vitrages antisolaires sont très recherchés par les architectes et les bureaux d'études pour les immeubles climatisés et deviennent le meilleur compromis de confort d'été, confort d'hiver.

Ces couches viennent de trouver une application nouvelle dans les pare-brise d'automobiles, où l'on parvient avec des empilements à cinq couches à arrêter plus de 60 % de l'énergie solaire incidente.

L'industrialisation de ces produits a été rendue possible par le perfectionnement des techniques de dépôts sous-vide. La pulvérisation cathodique est aujourd'hui la technique la plus commune. Elle consiste à accélérer des ions dans un vide partiel en direction d'une cathode (la cible) réalisée dans la matière à déposer. Les ions bombardent la cible qui s'évapore à froid. La matière de la cathode se dépose sur le verre. On peut pour former les ions utiliser un gaz capable de réagir avec le matériau de la cathode. Avec de l'oxygène, on pourra faire des couches d'oxyde, avec l'azote, des couches de nitrure.

Le progrès essentiel qui a permis l'extrapolation de cette technologie à des surfaces importantes, a été l'utilisation d'un champ électromagnétique généré par un magnétron autour de la cathode. Le champ a pour effet de donner au plasma qui entoure les cathodes une forme régulière qui permet des dépôts très homogènes sur toute la surface traitée.

Les installations modernes permettent de produire en continu des plateaux de 20 mètres carrés. La production d'une ligne de pulvérisation cathodique à magnétron peut dépasser 2 millions de m² par an.

Le développement des miroirs thermiques est un bon exemple de l'enrichissement d'un produit de base : le verre pour vitrages. La fonction nouvelle est apportée par des couches dont l'épaisseur est inférieure à la longueur d'onde de la lumière. La quantité de matière mise en œuvre est dérisoire. En revanche, le contenu technologique de ces couches est extrêmement élevé. Présentées il y a trente ans comme curiosités de laboratoire, appliquées à l'origine à la micro-électronique, elles ont nécessité depuis l'origine un effort continu de développement des procédés pour parvenir aujourd'hui, avec la production de masse, à des coûts qui les rendent accessibles au grand public.

Ecrans plats de télévision, dessus de cuisinière et miroirs thermiques sont trois applications du verre plat qui desservent des marchés totalement différents, mais qui possèdent en commun plusieurs traits :

- Une ou plusieurs performances spécifiques : pour les écrans, une planéité et une stabilité thermique exceptionnelle, pour les dessus de cuisinière, un coefficient de dilatation voisin de zéro, pour les miroirs thermiques, des caractéristiques optiques particulières.

- L'obtention de cette performance par un effort technologique très important, mais à partir de l'utilisation de matériaux de base simples et rigoureusement définis.

- L'objectif d'un marché grand public, largement international, permettant la mise en œuvre de techniques de production de masse.

Cet enrichissement des produits de base par la technologie est une des caractéristiques de l'industrie lourde depuis la sortie de la crise des années 70. Il renouvelle profondément les métiers. Il transforme la nature du travail technique poursuivi dans l'entreprise. Il nécessite pour l'entreprise de savoir trouver, former et motiver de jeunes ingénieurs entrepreneurs, créatifs et capables de comprendre la logique de fonctionnement collectif de l'entreprise. ■

LE VERRE DANS L'EMBALLAGE

Claude PICOT
Directeur de la Branche Conditionnement
de Saint-Gobain

Un bref aperçu historique

L'utilisation de récipients en verre pour l'emballage des liquides remonte - nous l'avons tous appris en visitant les musées - à la plus haute Antiquité.

Pendant des millénaires, toutefois, la difficulté éprouvée à fondre et à façonner le verre le fit réserver à des usages nobles, essentiellement à de petits flacons contenant parfums et autres essences précieuses. Les liquides alimentaires de consommation courante, dont le vin, étaient, eux généralement stockés et transportés dans des amphores ou des outres, moins coûteuses et plus faciles à réaliser en grandes tailles.

Ce n'est qu'à partir des XIV^e et XV^e siècles que se répandirent flacons et bouteilles en grand nombre. Mais contrairement au vitrage et à la glace qui adoptèrent, dès les XVIII^e et XIX^e siècles des techniques et des structures de grande industrie oligopolistique, le «verre creux» restera jusqu'au début du XX^e siècle une activité très dispersée et très manuelle : à la veille de la Première Guerre mondiale, fours à pots ou à cellules de cueillage, et soufflage à la main demeuraient la règle et les premières machines de formage «semi-automatique» apparaissaient à peine.

En Europe, en raison de la Grande Crise de 1929 puis de la Seconde Guerre mondiale, c'est seulement à partir des années 50 que tout a véritablement basculé et que l'on est passé, en l'espace d'une génération, à une industrie moderne très automatisée.

La soudaineté de cette transition explique probablement certaines originalités qui demeurent encore aujourd'hui en Europe dans cette industrie, par exemple :

- la survivance de sociétés familiales dynamiques à côté des grands groupes, alors que l'intensité capitalistique de notre industrie est en train de devenir très forte ;

- des évolutions de technologie et de productivité qui restent très rapides... parce que commencées très tard.

En raison de ce basculement très tardif dans l'ère industrielle, les grands verriers avaient longtemps laissé de côté le verre d'emballage : la Compagnie de Saint-Gobain elle-même n'a commencé à s'y intéresser qu'entre les deux guerres, prenant progressivement des participations dans de petites verreries familiales incapables de franchir seules le cap de l'industrialisation. Et ce n'est qu'en 1960, que Saint-Gobain se décidait à intégrer ces petites verreries indépendantes et à les

organiser pour les regrouper finalement en 1972 - il y a moins de 20 ans ! - en une société, Saint-Gobain Emballage.

La place du verre dans le marché de l'emballage

Le chiffre d'affaires mondial des industries d'emballage peut être évalué dans une fourchette de 200 milliards à 250 milliards d'U.S. dollars, soit entre 1 200 et 1 500 milliards de francs français.

Pour l'Europe seule, le chiffre généralement admis est d'environ 400 à 450 milliards de francs pour l'ensemble des emballages. Le matériau verre représente 12 % de ce total, avec des ventes annuelles de l'ordre de 50 milliards de francs en Europe. Sa part est très variable suivant les usages :

- le verre est surtout présent dans l'emballage des liquides, beaucoup moins dans l'emballage des produits solides ou pâteux ou pulvérulents ;
- l'emploi du verre est fréquent là où des garanties de santé ou de sécurité sont souhaitables, par exemple en alimentation humaine, en pharmacie et en cosmétique, beaucoup moins fréquent pour les produits d'entretien, de nettoyage, les phytosanitaires, l'alimentation animale, etc. ;

— le verre est plus présent dans le haut de gamme, les produits de marque cherchant un emballage valorisant : vins fins, parfums, conserves de qualité, etc. En effet, non seulement il permet des choix de formes, de teintes, de décors très valorisants, mais aussi le matériau lui-même donne une impression de luxe.

Cette impression n'a pas d'ailleurs que des avantages. En effet, non seulement le grand public, mais aussi beaucoup d'industriels de l'agro-alimentaire ou de la pharmacie s'imaginent que le verre est beaucoup plus coûteux que les autres emballages quand il n'est utilisé qu'une seule fois, ce qui n'est pas vrai : les bouteilles en verre de bières ou de boissons rafraichissantes de 20 cl, de 25 cl ou 33 cl, sont un peu moins coûteuses que les boîtes métal de même taille, et beaucoup moins qu'un emballage de même contenance en PET ou en multi-couches plastique. Comment se répartit, en Europe, cette industrie du verre d'emballage ?

Des 50 milliards de francs environ, la part du lion - environ les 3/4 - va à l'industrie agro-alimentaire, avec 2 grands types de contenants :

- «les bouteilles», récipients à col étroit contenant des liquides, vins, bières, apéritifs, liqueurs, boissons non alcoolisées ... environ 40 milliards de contenants,
- «les pots», récipients à large ouverture contenant des produits pâteux, solides, pulvérulents, confitures, pots bébés, yaourts, condiments, sauces, légumes, fruits, etc. environ 10 milliards de contenants.

En dehors de l'agro-alimentaire, le verre d'emballage est surtout présent dans la cosmétique et la pharmacie, sous le nom de «flaconnage» :

- en cosmétique, il habille en particulier tous les parfums prestigieux,
- en pharmacie, il assure conservation et sécurité à de nombreux médicaments, des perfusions aux antibiotiques en passant par les sirops.

Dans cette industrie européenne qui est encore assez dispersée, mais en voie de concertation rapide, Saint-Gobain a pris dans les dernières années une place de leader, avec une forte présence en France, en Alle-

magne, en Italie, en Espagne, au Portugal. Hors Europe, Saint-Gobain est aussi implanté industriellement au Brésil. Globalement, sa position est désormais celle de N°2 mondial et de N°1 en Europe.

L'avenir du verre dans l'emballage

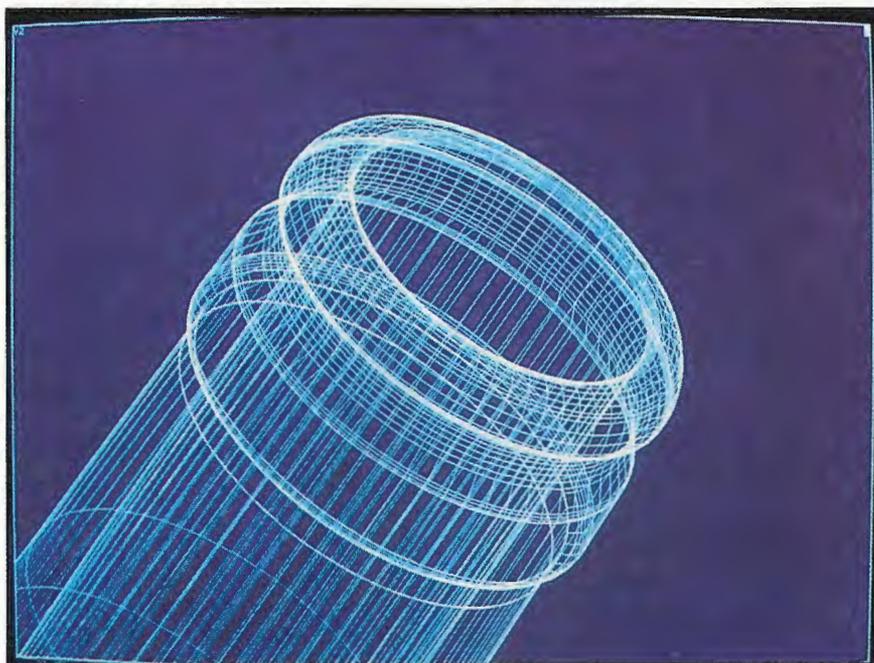
Le verre d'emballage, nous l'avons vu, n'est entré véritablement dans l'ère industrielle qu'après la Seconde Guerre mondiale. Il y a connu tout de suite une féroce concurrence intermatériaux, face aux boîtes métal, aux emballages plastiques, aux composites. Entre 1960 et 1980, notre industrie, très dispersée et mal préparée à cette bataille «dans la cour des grands» a beaucoup souffert, perdant des pans entiers de marché, en particulier au profit des matières plastiques. On a même pu croire un moment que le verre allait disparaître en temps que matériau d'emballage. Mais depuis une dizaine d'années environ, progrès

USA : les progrès techniques majeurs comme le procédé «pressé-soufflé», l'intégration dès la création produits dans le «design» et le «marketing mix» ont été leurs initiatives et leurs succès.

Aujourd'hui, la forte implantation et les atouts marketing du verre sur des marchés très porteurs - vins fins, alcools de luxe, haute parfumerie - lui ont redonné vitalité et croissance. A l'aube des années 90, ses qualités écologiques, et en particulier, son recyclage complet et économiquement rentable, organisé très tôt et très bien en Europe, lui apportent un nouvel atout.

Certes, la compétition inter-matériaux va demeurer très forte, notre industrie devra continuer à se restructurer et à évoluer, mais son avenir peut être envisagé désormais avec un raisonnable optimisme.

Le verre d'emballage, qui était entré dans le XX^e siècle comme une survivance anachronique de l'artisanat du Moyen-Age, est désormais une



La CAO des bouteilles, flacons...

techniques et dynamisme marketing ont permis des changements radicaux de prix de revient, d'approche des marchés, d'image produit.

Les verriers européens ont incontestablement mieux su relever le défi de l'emballage moderne que ceux des

industrie moderne, dynamique et sans complexe. C'est pour cela que la Compagnie de Saint-Gobain, bénéficiant de sa profonde connaissance du matériau verre, a décidé d'en faire un de ses pôles de développement. ■

FIBRES OPTIQUES

Jean-François CHARLOT (83)

CLTO (ALCATEL Câbles)

Patrice DESOMBRE (61)

Laboratoires de Marcoussis

Centre de Recherches de la Compagnie Générale d'Electricité

Dès la fin du XVIII^e siècle, les frères Chappe dans leur télégraphe utilisaient des caractéristiques des systèmes modernes de transmission de l'information, à savoir le codage à l'information et la transmission par voie optique. Dès la conception de ce télégraphe, les limitations liées à la visibilité et au faible débit d'informations étaient connues. L'idée de «guider» la lumière dans un conduit pour s'affranchir de ces aléas de propagation est donc séduisante. Ce n'est qu'un siècle et demi plus tard, dans les années 60, que des premières réalisations de transmission par fibres optiques ont été rendues possible.

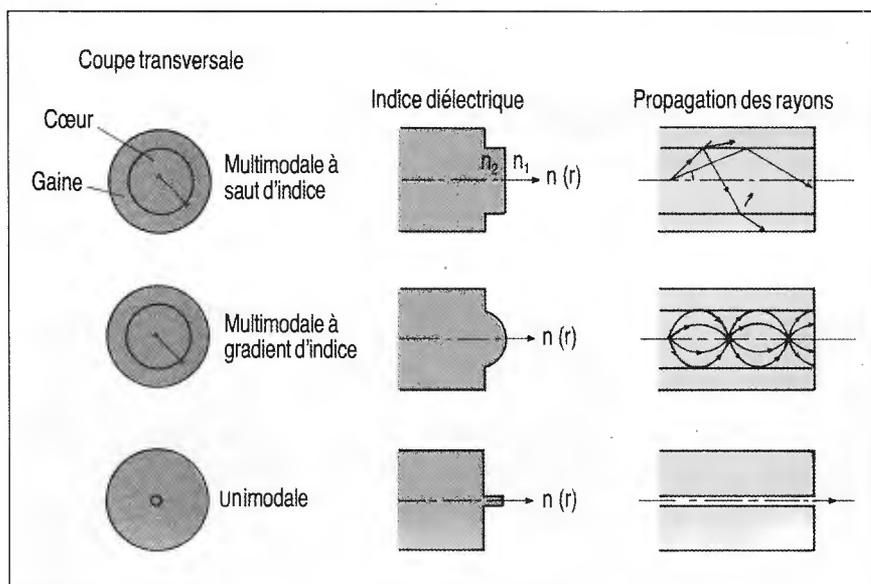
Le principe d'une fibre optique est extrêmement simple (fig. 1) : on considère un guide cylindrique d'indice n_1 appelé cœur entouré d'un milieu d'indice n_2 légèrement inférieur, la gaine. Les lois de la physique indiquent que les rayons dont l'angle d'incidence est inférieur à l'angle limite subissent une réflexion totale et sont donc guidés dans le cœur de la fibre. Si les pertes introduites par le milieu sont suffisamment faibles, la propagation des rayons lumineux pourra se faire sur de grandes distances. Ce type de fibre est appelé unimodale à saut d'indice. Le diamètre du cœur qui

dépend, entre autres, de l'application visée est de l'ordre de 50 à 200 μm , et le diamètre externe de la gaine est dans la gamme des 125 à 600 μm .

Ce type de fibre présente l'avantage de la simplicité, mais aussi un inconvénient dû à sa structure. Les rayons guidés peuvent avoir une incidence variable comprise entre 0 et l'angle limite. La distance physique parcourue par chaque rayon dépend donc de son incidence. Le cœur étant homogène, tous les rayons ont la même vitesse de propagation. Il s'ensuit donc qu'une impulsion lumineuse émise au début de fibre arrivera distordue en bout de fibre, le temps mis dépendant du chemin parcouru. Des impulsions fines et rapprochées peuvent arriver mélangées et de ce fait n'être pas reconnaissables individuellement. La bande passante est donc limitée. Il est d'usage de caractériser cette bande passante par la distance qu'il faut prévoir entre points d'amplification ; les valeurs usuelles pour ce type de fibre sont de quelques dizaines de mégahertz par kilomètre.

Une amélioration de ce type de fibre consiste à ne plus réaliser une transition abrupte, mais une variation progressive d'indice : ce sont les fibres multimodales à gradient d'indice

(fig. 2). La variation progressive d'indice courbe les rayons pour les maintenir dans le cœur grâce à la décroissance de l'indice vers l'extérieur. L'avantage de cette structure provient du fait que si les rayons arrivant avec une incidence élevée ont un chemin plus long que les rayons axiaux, ils effectuent une partie du parcours dans un milieu d'indice plus faible et où la vitesse de la lumière est plus élevée. Un choix judicieux du profil d'indice permet d'équilibrer à peu près le temps de propagation des différents rayons. L'effet de déformation des signaux émis est donc beaucoup plus faible que dans le cas des fibres à saut d'indice. La bande passante de telles fibres est de l'ordre de quelques centaines de mégahertz par kilomètre. Une dernière amélioration dans la voie de l'augmentation de la bande passante consiste à réduire fortement le diamètre du cœur (fig. 3). Lorsque celui-ci se rapproche de la longueur d'onde, un seul mode de propagation existe. Schématiquement on peut dire qu'il n'y a plus qu'un seul rayon qui se propage. Les bandes passantes théoriques de ces fibres, dites unimodales, sont alors largement supérieures à plusieurs dizaines de gigahertz par kilomètre.



Figures 1 - 2 - 3

Atténuation

Il ne suffit pas de réaliser un guide optique pour avoir résolu le problème de la transmission d'informations. Les émetteurs de lumière couramment utilisés comme la diode laser à semi-conducteur permettent d'injecter dans la fibre, une puissance de l'ordre du milliwatt. A l'autre extrémité de la transmission, les récepteurs actuels doivent recevoir

quelques milliers de photons par bit d'information reçu. Dans le cas d'une transmission à cadence de plusieurs dizaines de mégabit/s, les puissances minimales sont de l'ordre du dixième de microwatt. L'affaiblissement autorisé (rapport de la puissance émise à la puissance reçue) est donc de l'ordre de 10^4 , ou 40dB*. Les verres courants, utilisés par exemple dans la réalisation des vitres, ont des atténuations qui se si-

tuent au niveau du % par mm. Avec de tels verres, on ne pourrait réaliser que des liaisons de moins d'un mètre. Les verres d'optique, de qualité nettement supérieure, ne permettraient cependant que des liaisons de 1000 mètres. Il fallait donc mettre au point des verres spéciaux et surtout des procédés de fabrication permettant de garantir les qualités requises. Le support retenu pour la fabrication de ces fibres est la silice. L'affaiblissement théorique de la silice est indiqué fig. 4. Il décroît avec l'augmentation de la longueur d'onde jusqu'à la limite de transparence du matériau vers 1,6 - 1,7 μm . L'amélioration des procédés de fabrication a fait que l'affaiblissement réel a décroché avec le temps (fig. 5 et 6). On a pu ainsi constater l'existence de plusieurs étapes caractéristiques : tout d'abord des fibres dont le minimum d'atténuation était de plusieurs dB/km vers 0,8 μm (soit dans le très proche infrarouge). Puis l'amélioration du procédé de fabrication a permis d'obtenir des fibres dont le minimum d'atténuation se situe vers 0,4 dB/km à la longueur d'onde de 1,3 μm .

* Atténuation en décibel (dB) = $10 \log_{10} \frac{P_1}{P_2}$
 (P1 = puissance émise, P2 = puissance reçue)

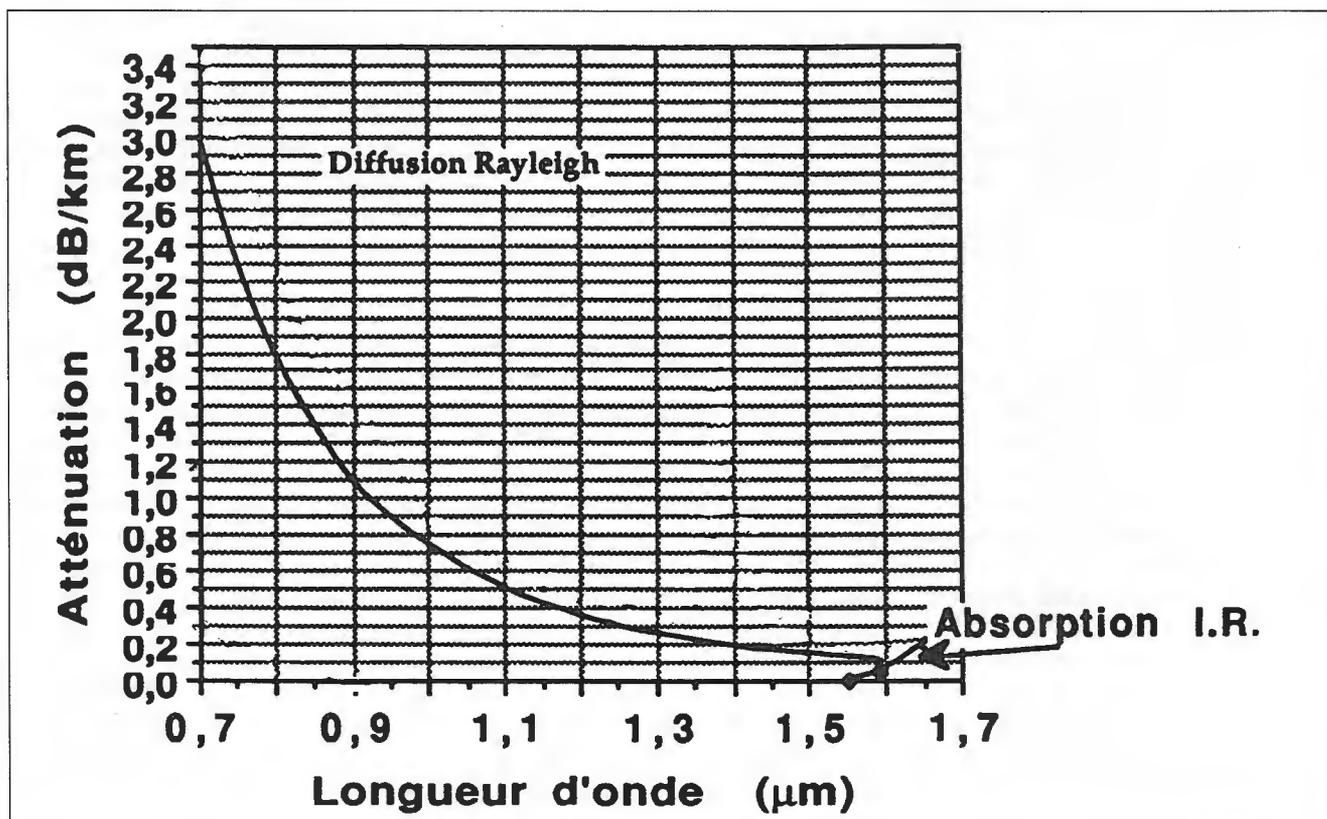


Figure 4

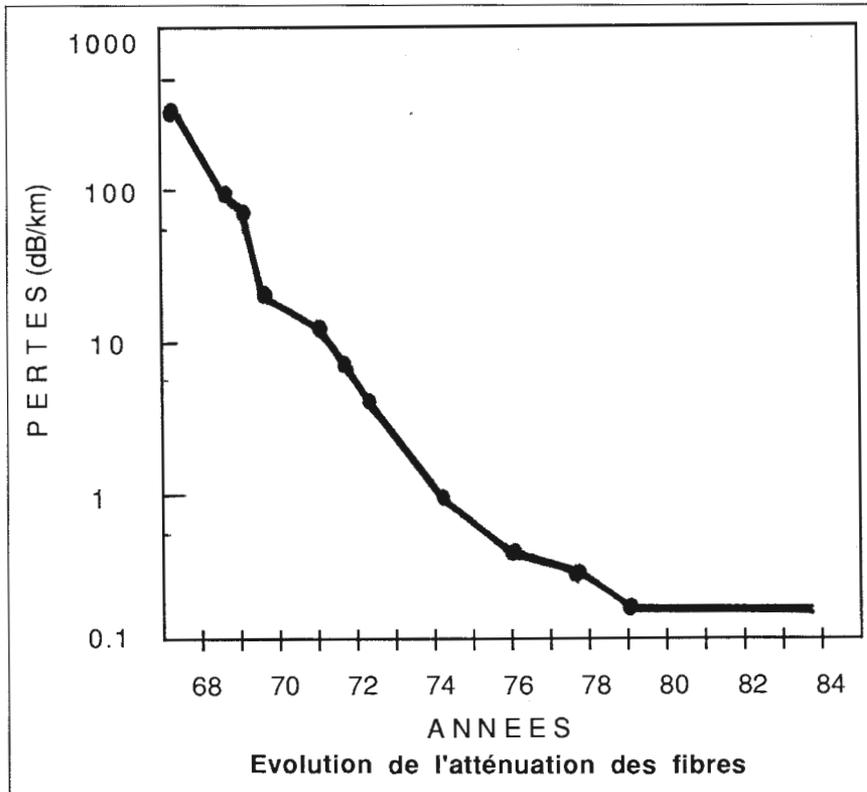


Figure 5

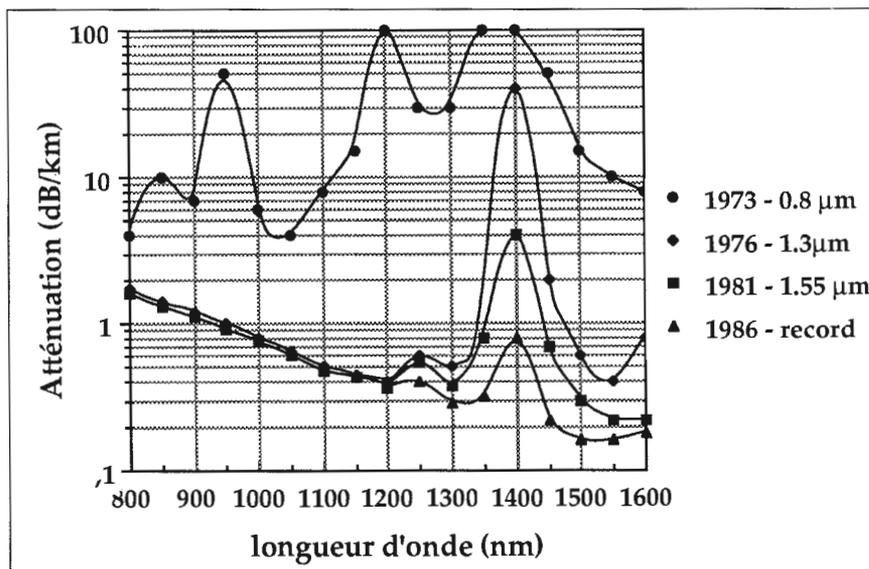


Figure 6

Aujourd'hui, apparaît la possibilité de produire des fibres dont l'atténuation est très proche de la courbe théorique, et dont le minimum d'atténuation est inférieur à 0,2 dB/km vers 1,55 μm. C'est ainsi que les Laboratoires de Marcoussis, Centre de Recherches de la CGE et CLTO (ALCATEL Câbles) ont réalisé des fibres dont l'atténuation minimale est de 0,174 dB/km. Pour obtenir de telles valeurs il est nécessaire de réaliser des verres dont le taux d'im-

pureté soit inférieur à une partie par million.

De telles fibres permettront de réaliser des liaisons de plus de 200 km entre émetteur et récepteur.

Fabrication

Le verre dont est composée une fibre optique est un verre de silice très pur. L'indice du verre est modifié en dopant la silice par des composés, comme par exemple GeO_2 , P_2O_5 (qui

font augmenter l'indice de la silice), ou F (qui fait baisser l'indice). Ces dopants sont obtenus par oxydation de chlorures : GeCl_4 , POCl_3 , CF_2Cl_2 . La silice elle-même provient en partie de l'oxydation de SiCl_4 .

La fabrication de la fibre de silice comprend deux étapes principales : d'abord la fabrication d'un barreau de verre appelé *préforme*, puis l'étirage - ou *fibrage* - de cette dernière pour obtenir la fibre.

La préforme est un barreau de silice d'environ un mètre de long et trois centimètres d'épaisseur, ayant le même profil d'indice que la fibre que l'on veut obtenir. Les procédés de fabrication les plus courants se nomment MCVD, PCVD, OVPO, VAD, OVD⁽¹⁾ ; ils font tous appel à des réactions en phase vapeur. Celui que l'on utilise en France est le procédé MCVD.

Le principe du MCVD (fig. 7, 8, 9) est de transformer des chlorures en oxydes que l'on vitrifie à l'intérieur d'un tube en silice. On part d'un tube en silice très pure (quartz naturel ou synthétique), de quelques millimètres d'épaisseur et d'environ un mètre de long, que l'on fixe sur un tour de verrier - semblable à un tour de mécanicien. A l'intérieur du tube, on fait passer un mélange gazeux de SiCl_4 , GeCl_4 , POCl_3 , et d'oxygène très pur, avec des débits soigneusement contrôlés. Le mélange gazeux, dont la température est régulée avec une grande précision, est obtenu par bullage de l'oxygène dans les chlorures à l'état liquide. Un chalumeau oxyhydrique, permettant d'atteindre une température de plus de 2000 °C, se déplace lentement sous le tube, sur toute la longueur, et le chauffe localement. Il se produit alors une oxydation, et une mince couche vitreuse se dépose sur la paroi interne du tube. On effectue plusieurs passages du chalumeau, en modifiant à chaque fois les débits, donc les concentrations de dopants dans la silice. On peut ainsi déposer une trentaine de couches d'indices différents en quelques heures.

Lorsque toutes les couches sont déposées, on supprime le creux cen-

(1) Nota :

- MCVD : Modified Chemical Vapor Deposition
- PCVD : Plasma Chemical Vapor Deposition
- OVPO : Outside Vapor Phase Oxydation
- VAD : Vapor Axial Deposition
- OVD : Outside Vapor Deposition

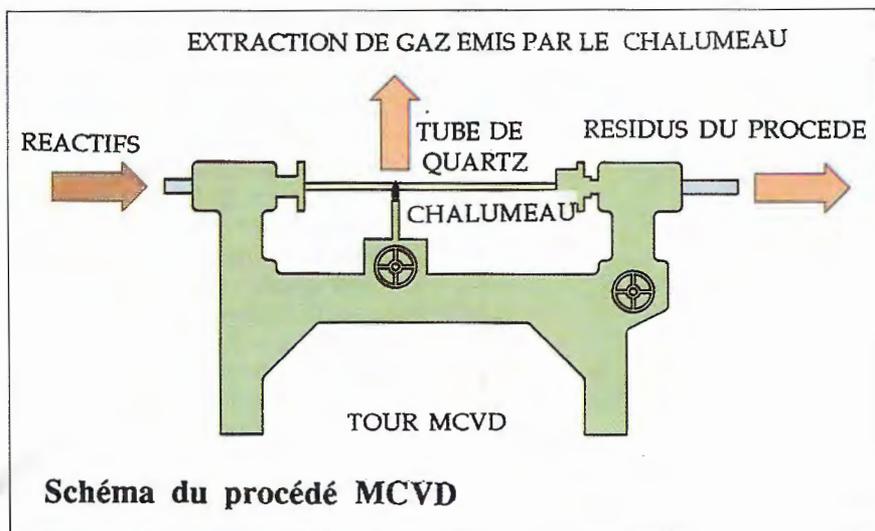


Figure 7

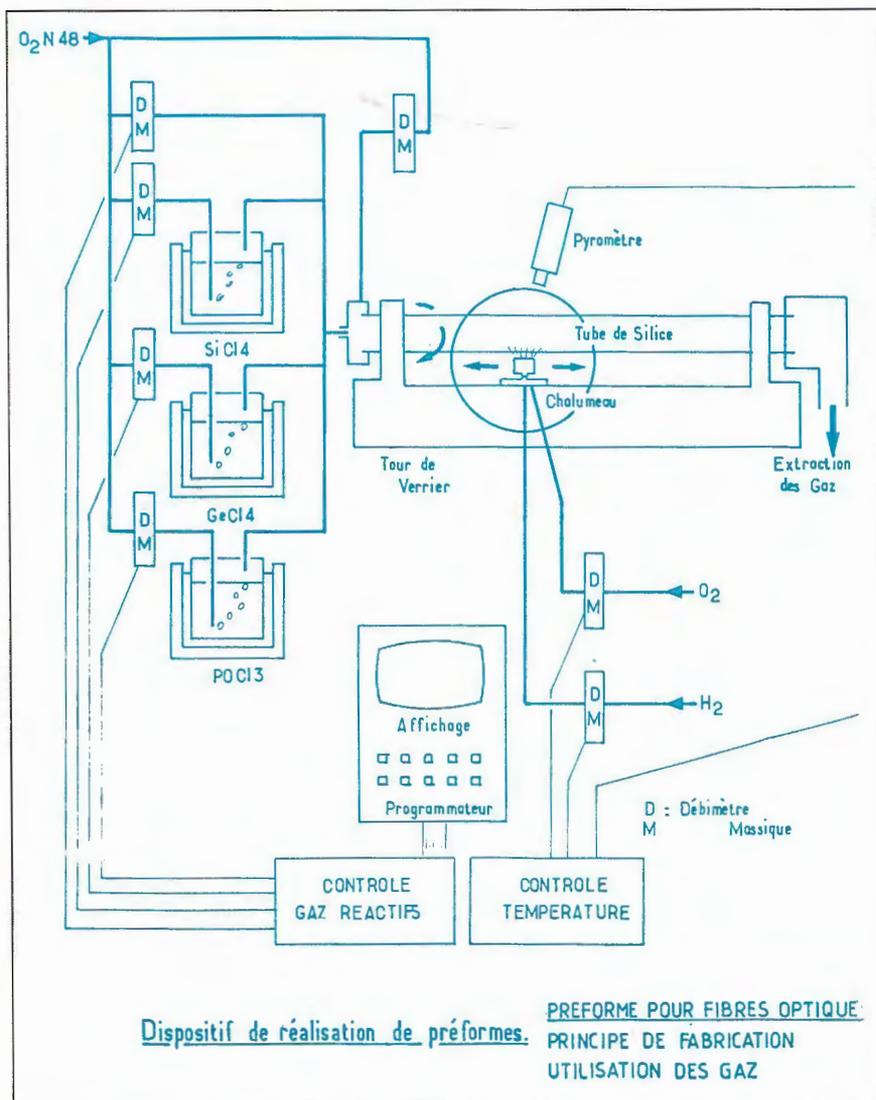


Figure 8

seur de silice. Pour cela, la préforme obtenue par MCVD est introduite dans un second tube de silice, dit tube de manchonnage (fig. 10). Préforme et tube sont fondus ensemble sur un tour semblable à celui utilisé pour le dépôt. On peut réaliser cette opération sous vide pour aider le collage du tube sur la préforme. Cette dernière phase est la plus critique pour la résistance à la rupture des fibres. La moindre poussière créera un défaut, et donc un point de fragilité, dans la fibre. Les impuretés de surface peuvent être éliminées par chauffage et par une attaque au fréon. De plus, le manchonnage est effectué dans une salle dite «blanche», dont la propreté est comparable à celle des salles d'opérations dans les hôpitaux.

Diverses opérations annexes peuvent être réalisées sur les préformes : redressage si elles ne sont pas parfaitement rectilignes, étirage pour diminuer leur diamètre...

Les autres procédés de fabrication reposent sur des principes voisins. Le PCVD, CVD activé par plasma, se distingue du MCVD par la source d'énergie qui n'est plus une flamme mais un plasma. Ce procédé permet de déposer des couches plus fines, et donc de contrôler plus précisément le profil d'indice. L'OVPO est un dépôt externe sur un mandrin en céramique ou en silice, que l'on ôte à la fin du dépôt. Le VAD, mis au point au Japon, diffère des autres procédés par la direction du dépôt. Celui-ci est fait axialement, et la préforme est tirée vers le haut.

De nouveaux procédés, utilisant par exemple les plasmas, sont actuellement étudiés pour augmenter la capacité des préformes, et réduire les coûts de fabrication.

La deuxième opération, le *fibrage* (fig. 11), est la transformation de la préforme en une fibre d'une centaine de microns de diamètre (125 µm pour les fibres unimodales). Pendant le fibrage, la fibre est aussi revêtue d'une couche plastique protectrice pour arriver à une épaisseur en général de 250 µm. La préforme est placée verticalement dans un four en haut d'une tour. En chauffant le bas de la préforme, on la ramollit, et une goutte tombe, amorçant ainsi la formation d'une fibre qui descend le long de la tour (photo

tral du tube en le chauffant à 2 400°C, jusqu'à ce que celui-ci s'effondre sur lui-même : on parle de *rétreint*. On obtient ainsi la préforme.

Mais, pour obtenir des fibres dont le cœur est petit par rapport au diamètre de la fibre (fibres unimodales), on préfère réaliser le dépôt dans un tube assez mince et enrober la préforme obtenue d'une nouvelle épais-

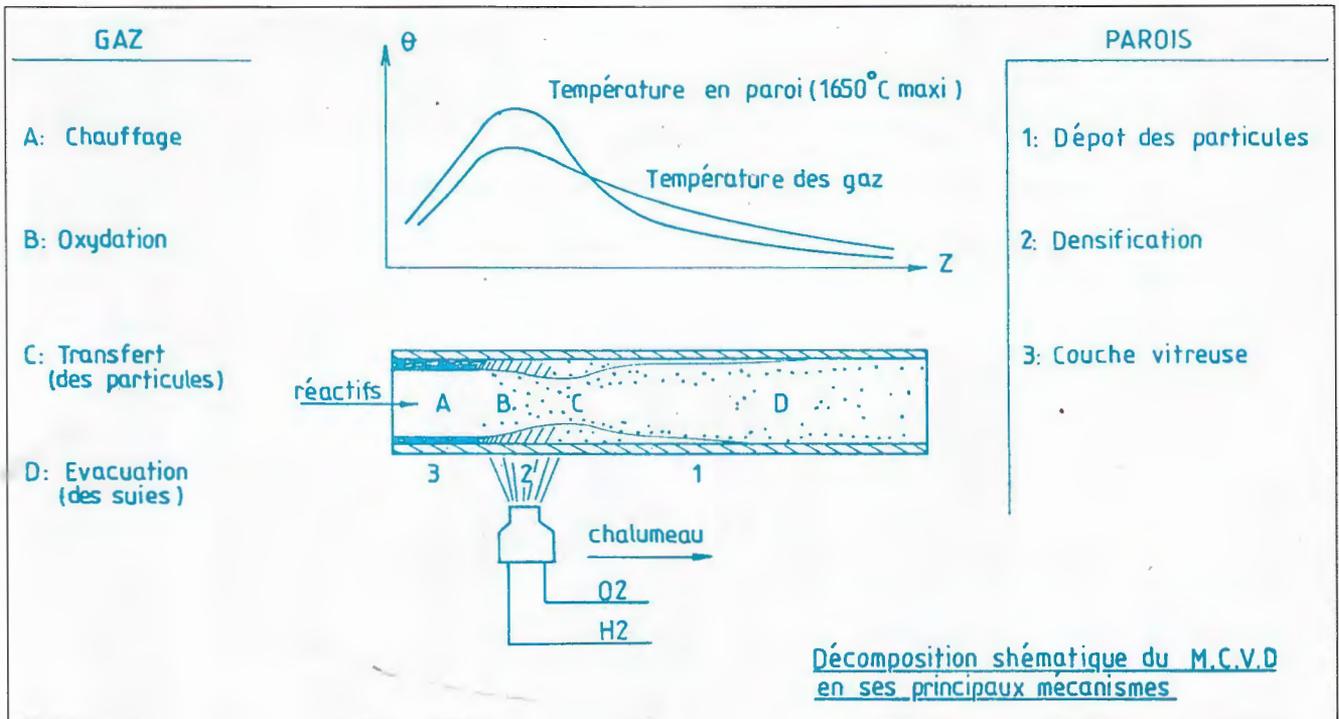


Figure 9

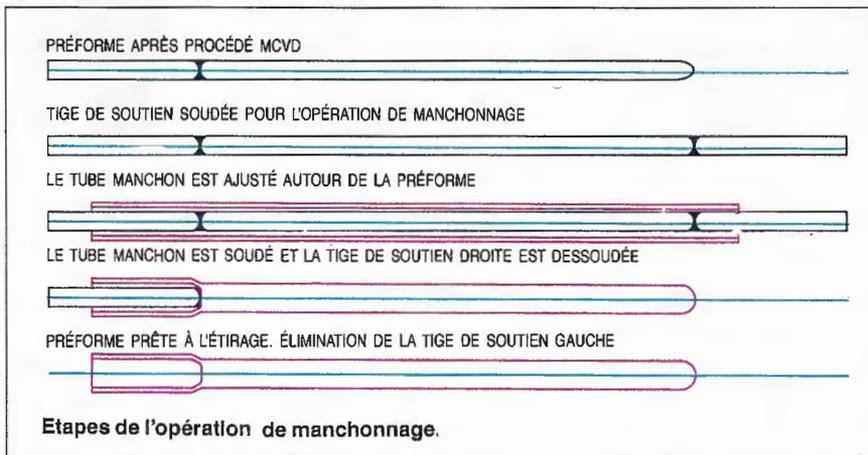


Figure 10

page 44). La fibre est alors refroidie à l'hélium. La vitesse de descente de la préforme dans le four est régulée pour obtenir le bon diamètre de fibre. Puis, deux couches de revêtement sont appliquées sur la fibre. Il s'agit de résines acrylates polymérisées avec des rayonnements ultraviolet. Le premier revêtement, élastique, sert à absorber les contraintes pendant la manipulation de la fibre. Le second, plus dur, protège la fibre des impuretés, et permet par exemple de colorer la fibre. Au bas de la tour, la fibre est enroulée sur une bobine.

Il est évident que du fibrage dépend la géométrie de la fibre. Mais les

conditions de fibrage, comme la vitesse (quelques centaines de mètres par minute) ou la tension de la fibre, conditionnent aussi les qualités optiques de la fibre, à cause des phénomènes de contraintes résiduelles ou de diffusion des dopants. La fibre obtenue a une longueur comprise entre 10 et 50 km. Mais on pense déjà à des préformes permettant d'obtenir 1 000 km de fibres... La fibre, généralement découpée en longueurs standard de 2 à 12 km, subit alors une série de contrôles :

- *mécaniques* : la fibre doit résister à une elongation de 0,5 à 2 % selon les applications,
- *géométriques* : mesures des dia-

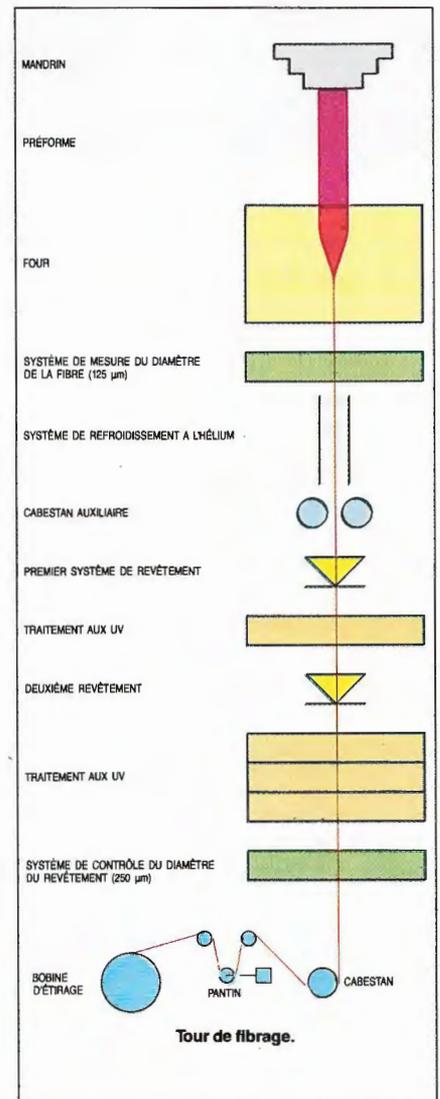
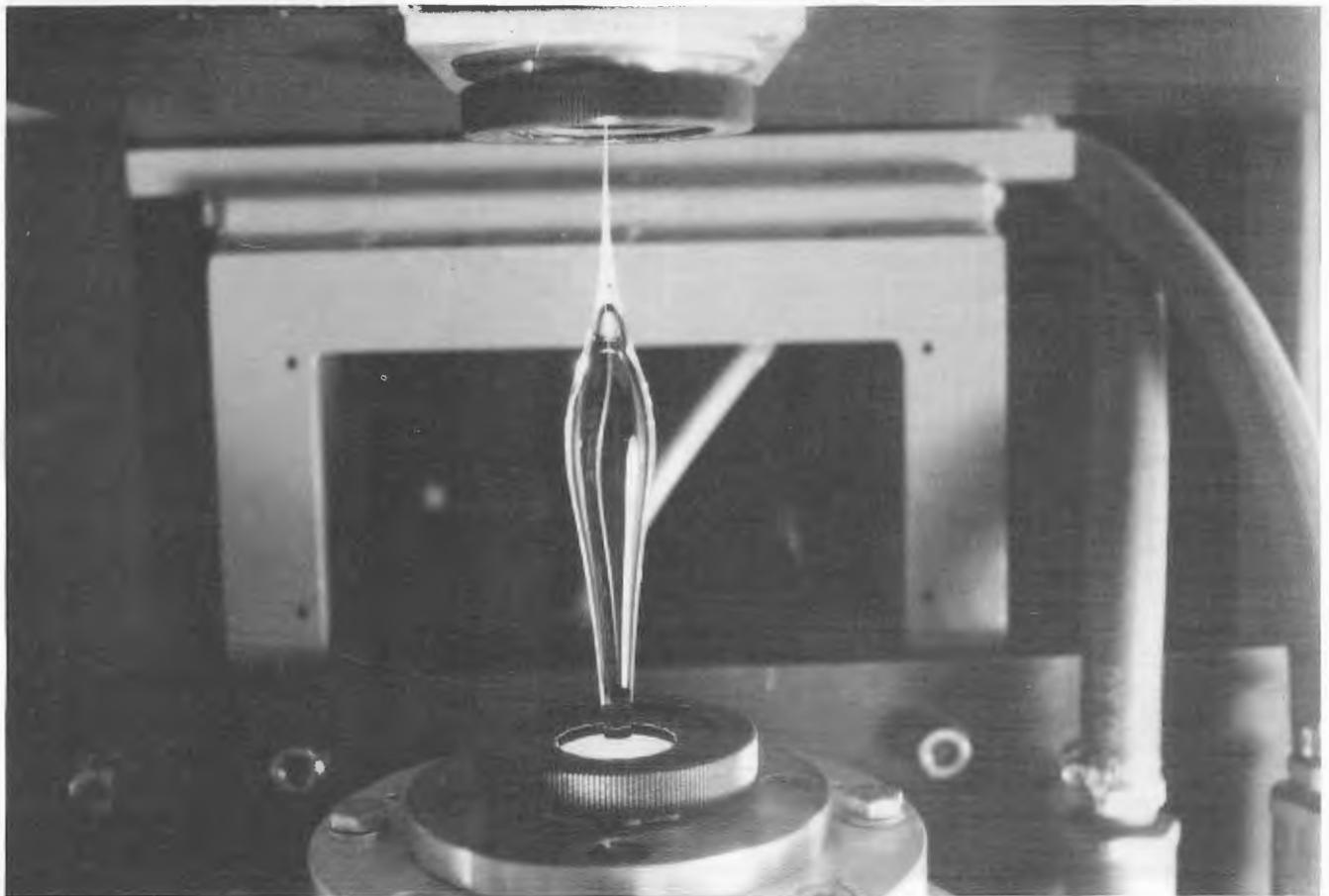


Figure 11



Début du tirage d'une fibre.

mètres de cœur, de gaine, de revêtement, d'ovalité.

• *optiques* : mesures d'atténuation, de longueur d'onde de coupure, de diamètre de champ de mode, de dispersion chromatique, de régularité de transmission.

Marchés et applications

La principale application de la fibre optique est le domaine des Télécommunications : téléphonie publique ou privée, réseaux informatiques, réseaux de télédistribution, réseaux de contrôle, télécommande et signalisation, surveillance vidéo, communications militaires, ...

Le marché français est de l'ordre de 150 000 km de fibres par an ; il est couvert presque en totalité par la production française. On peut le comparer au marché des Etats-Unis qui connaît actuellement une véritable explosion : de l'ordre de 3 millions de km/an !

Mais la fibre optique est utilisée dans de nombreux autres domaines, notamment parce qu'elle transmet un signal sans électricité. Nous

pouvons citer par exemple les applications suivantes :

- militaires : filoguidage de missiles ou de torpilles ;
- médicales : chirurgie laser et endoscopie ;
- aéronautiques : transmissions de données, capteurs, liaisons haute température ;
- transfert de puissance des rayons du laser ;
- capteurs divers : température, pression, position, vibration, déformation, hydrophone, comptage routier, ... utilisant différentes propriétés optiques des fibres ;
- spectroscopie ;
- déclenchement optique de thyristors ;
- protection anti-intrusion.

Evolutions

L'une des tendances de ces dernières années a été d'augmenter la longueur d'onde utilisée pour bénéficier d'atténuations de plus en plus faibles. Il était donc naturel d'essayer de continuer dans cette voie.

Le calcul indique que des longueurs d'onde de $2,5 \mu\text{m}$ devraient permettre d'obtenir des atténuations théoriques voisines du centième de dB/km.

Pour reprendre les chiffres cités précédemment, des liaisons de plusieurs milliers de kilomètres sans amplificateur intermédiaire deviendront possibles. Malheureusement la silice utilisée actuellement n'est pas transparente au-delà de $1,7 \mu\text{m}$; il faut trouver de nouveaux matériaux. Les recherches portent sur des fibres à base de verres fluorés. Les difficultés majeures consistent d'une part à obtenir des milieux dont le taux d'impureté se situe au niveau de parties par milliard, et d'autre part à ce que les fibres soient exemptes de défauts physiques diffusants tels que micro-germes, micro-inclusions ou micro-cristallisations.

A ce jour, les meilleurs résultats obtenus sont nettement moins bons que ceux que l'on a constatés sur des verres de silice (quelques décibels par kilomètre mesuré sur des fibres de plusieurs centaines de mètres).

Ce domaine, objet d'actives recherches, n'aboutira probablement pas à des résultats industriels avant la fin de ce siècle.

Une autre voie extrêmement prometteuse d'utilisation des fibres optiques concerne l'amplification optique. Lorsque l'on excite certains ions par des faisceaux lumineux de longueur d'onde bien choisie, le niveau d'énergie de ces ions peut augmenter. Un retour à l'état normal se fait par émission spontanée de photons. Mais si un photon traverse ce milieu excité, il engendre l'émission de photons stimulés de même énergie que le photon incident. Une amplification optique est donc ainsi réalisée. La terre rare Erbium se prête particulièrement bien à l'amplification de signaux de longueur d'onde voisine de $1,5 \mu\text{m}$ en «pompant» les atomes avec un signal de longueur d'onde qui est généralement choisi à $1,48 \mu\text{m}$ ou à $0,98 \mu\text{m}$. Une application de ce principe se fait en réalisant des fibres de silice dans lesquelles sont inclus des atomes d'Erbium au niveau de quel-

ques centièmes. Des gains de 30 à 40 dB (1 000 à 10 000 fois plus de puissance en sortie) ont été réalisés avec des fibres dopées à l'Erbium et pompées avec une puissance lumineuse de plusieurs dizaines de milliwatt (photo ci-dessous).

Conclusion

Nous avons essayé de présenter dans cet article une application des verres dans le domaine des Télécommunications. En l'espace de quelques décennies, une véritable mutation a eu lieu. Hormis le domaine des liaisons de raccordement des abonnés, les câbles de cuivre ont totalement été supplantés par les câbles à fibres optiques. Il est probable que dans les années à venir, le domaine des liaisons d'abonnés subira également cette mutation. La transmission optique n'y est aujourd'hui pas toujours compétitive, non tant du fait du prix de la fibre qui est maintenant égal à celui du cuivre que de sa mise en œuvre (raccordement en particulier) et des équipements de conver-

sion électrique : optique et optique-électrique indispensables. Nul doute que les recherches en cours aboutiront sous peu à permettre d'offrir aux abonnés des raccordements par fibres optiques au prix actuel du raccordement sur cuivre. Grâce à sa très grande bande passante, l'accès à de nouveaux services deviendra alors envisageable.

Après l'ère électronique, nous voyons donc apparaître l'ère optique, où le support d'information ne sera plus l'électron mais le photon. Déjà dans les Centres de recherches les premiers éléments de traitement, calcul et commutation «tout optique» commencent à faire leur apparition. Si le problème des «mémoires» est résolu, il n'est pas exclu que les informations se propageront un jour de bout en bout totalement, sous formes optiques sans passage à la forme électrique, étant entendu que les coûts comparés des solutions «mixte» et «tout optique» joueront à cet égard un rôle décisif.



Amplification à fibre dopée Erbium.

AU LECTEUR

ARRIVÉ à ce stade du présent numéro, le lecteur se sera peut-être posé deux questions appelant réponse de la part de la rédaction :

1) Les pages consacrées à l'Emballage - Verre n'occupent-elles pas une place bien réduite, sans commune mesure avec son importance économique et l'extrême diversité de ses produits ? Ces dernières nous ont précisément conduit à différer une analyse plus détaillée et à la reporter à un prochain numéro thématique de *La Jaune et la Rouge* dont la sortie est prévue pour l'automne prochain, à la veille du Salon international biennal de Villepinte consacré aux Industries de l'Emballage. Prenons donc rendez-vous à plus tard sur ce vaste sujet.

2) Pourquoi le Verre optique est-il absent de ce numéro ?
L'optique française, en lunetterie comme en optique scientifique, est

centrée pour l'essentiel au sein d'un même groupe devenu l'un des tout premiers au plan mondial grâce à son dynamisme, ayant su concilier : haute qualification technologique, imagination et esprit d'entreprise. Félicitons-le de son magnifique succès, en regrettant pour notre part que, pour des motifs qui lui sont propres, il n'ait pas accédé à notre demande de coopérer à ce numéro de *La Jaune et la Rouge*.

Nous avons dû de ce fait, tirer un trait (provisoirement nous l'espérons) sur cette brillante branche d'activité. En revanche, nous avons pu faire une large place à l'emploi du verre dans les arts plastiques où notre pays s'est acquis à travers les âges une enviable réputation. En l'occurrence, le riche «Vivier polytechnicien» était en mesure d'apporter à *La Jaune et la Rouge* les concours nécessaires avec :

– Noël Daum (30), petit-fils de A. Daum, le verrier bien connu de

l'Ecole de Nancy ;

– Jean Rollet (46) l'un des meilleurs spécialistes contemporains du vitrail. Ils ont bien voulu faire part de leurs réflexions sur des sujets qu'ils maîtrisent admirablement. Nous les en remercions très vivement.

Pour en terminer ici, cher lecteur, permets-moi un conseil amical. Que tu tiennes ou non à la Champagne troyenne par quelque racine, ne manque pas d'accompagner dans un périple autour de Troyes, cet apprenti-«vitrotier» que Rollet fait revivre pour nous en s'inspirant d'une vieille chronique.

Sa naïve saveur t'enchantera tout en t'instruisant et te donnant peut-être l'envie, si le coeur t'en dit, de renouveler cette merveilleuse randonnée dans des conditions plus confortables que jadis et sans risque de la voir mal se terminer.

G.P.

LA VERRERIE D'ART

Noël DAUM (30)



Trois vases d'époques différentes (1893, 1900, 1909) montrent assez bien l'évolution du style chez Daum depuis le vase bleu monochrome, peint et émaillé jusqu'au vase à relief accusé, exécuté à chaud sur un thème audacieux.



Les narcisses, Gallé, vers 1900. Dans un vase à 2 couches, la roue du graveur a taillé en camée un joli bouquet circulaire de narcisses bien blancs.

DANS un environnement presque entièrement mécanisé, voué à la fabrication en série, passé à la grande industrie, il reste une branche de la verrerie qui a conservé un caractère artisanal : la verrerie d'art. La France s'y est taillé et conserve de nos jours une place d'honneur.

Ce domaine de la «verrerie à la main» poursuit par vents et marées son objectif de plaire aux amateurs. Changeant périodiquement son style, créant pour tous les goûts, elle revendique une place, non pas dans les arts majeurs, mais dans les arts décoratifs. Pour s'être renouvelée après 1945, elle se distingue même des autres arts décoratifs français qui, malheureusement, n'ont pas su prendre le virage de l'après-guerre et renaître, défaillance qui n'a pas d'antécédent dans l'histoire.

En même temps, l'hommage rendu par les collectionneurs aux verriers de l'époque 1900 est éclatant. Sur le marché de l'art, la cote de l'objet en verre ou en cristal a, de nos jours, atteint de singuliers sommets et l'ampleur de la demande en vases et lampes, ne semble pas devoir faiblir.

C'est un phénomène nouveau. On croyait avoir touché les limites du raisonnable lorsque le vase à la rose de Daum était enlevé à plus de 4 millions, il y a 2 ans. Il n'en est rien, puisqu'à New-York, en décembre dernier, un vase de Gallé est monté à 6,6 MF et une lampe de Daum à plus de 10 MF (1 760 000 dollars). Il y a de quoi dérouter les plus indifférents. Depuis quelques années, on entendait dire que ce phénomène ne saurait durer, mais les événements ne cessent de démentir tout pronostic pessimiste. Les collections pri-

vées se multiplient, le nombre des musées du verre s'accroît et les ventes se succèdent.

Voilà un «art appliqué», comme on disait il y a 100 ans, qui se prétend à même d'accéder à des hauteurs raisonnablement réservées aux arts majeurs. Emile Gallé a même tenté, en 1897, à l'occasion de l'Exposition Internationale de Bruxelles, de renverser la barrière derrière laquelle ceux-ci se tenaient hors d'atteinte. Il demanda d'exposer près de la peinture. On lui rit au nez, et sagement les choses en sont restées là. Le temps, toutefois, a lentement amélioré la cote du verre. Mais gardons-nous bien de chercher dans la valeur vénale notre échelle des valeurs. Ce qui plaît dans le verre est ailleurs. Il se montre, en effet, particulièrement remarquable pour s'adapter à des formes séduisantes et recevoir des décorations qui plaisent. Il fut un temps où la sculpture était peinte, que ce soit dans la Grèce antique ou au Moyen-Age en France, puis un temps où, l'usure ou la patine aidant, la pierre, le bronze, le bois furent présentés dans leur totale nudité. Le verre, dans ses réalisations artistiques a su montrer la même aptitude aux divers modes de représentation. Il jouit d'une qualité supplémentaire, la transparence, qui lui vaut une originalité dont les verriers ne manquent pas de tirer parti. Faisant appel à la lumière, ils lui demandent des effets optiques qui lui sont propres: on pense alors au cristal, ce verre au plomb qui tire d'un indice de réfraction élevé des propriétés optiques et sonores particulièrement remarquables. La brillance et la luminosité d'un service de table, d'un lustre, d'un vase en cristal taillé ou même seulement façonné à la main en couche épaisse, sont universelle-

ment appréciées. Mais, pour d'autres raisons, il en est de même du verre coloré.

Ses colorations peuvent être d'une intensité qui, apparemment neutralise sa transparence. Il en reste néanmoins assez pour que la lumière joue un rôle que l'oeil aime y découvrir et qu'il ne trouve pas dans la pierre ou le bois. Ceci touche aussi la pâte de verre qui en est une version spéciale (je parle ici de la vraie pâte de verre, dont la dénomination est souvent indûment étendue à tout ce qui est verre).

Le verre coloré dans la masse est connu depuis toujours. Sait-on que dans les temps préhistoriques, il y a 4 ou 5 000 ans, pour la première fois, le verre est apparu à l'homme ? C'était, pense-t-on généralement, en Mésopotamie, au temps de l'âge de bronze. Cette dernière précision n'est pas sans valeur, car elle rappelle qu'à cette époque, l'homme était encore incapable dans ses creusets d'atteindre la température de fusion du fer, 1535°C (1). A fortiori est-ce vrai de celle plus élevée où la silice du sable se combine avec des fondants appropriés pour donner cette matière vitreuse assez remarquable, puis la maintenir à un degré de fluidité suffisant pour permettre aux gaz provoqués par la réaction de s'échapper. Inutile d'ajouter que l'homme de ce temps n'était pas assez compétent en chimie pour savoir quels composants mettre en présence pour en arriver là.

Accidentellement, il arrivait toutefois que, dans les scories des fonde-

(1) On place les débuts de l'âge du fer vers 1200-1000 avant J.C., alors que les objets en question peuvent être de 3000 avant J.C.

ries de métaux ou dans les débris de céramiques surcuites, des gouttes de matière vitreuse apparaissent : elles étaient bleues, vertes, plus rarement rouges, selon les impuretés qui s'y étaient associées. Leur parenté avec les pierres précieuses excitèrent, on s'en doute, l'intérêt des artisans. Ils en firent des perles, des amulettes ou de faux bijoux. Puis broyant ces matières, ils s'aperçurent qu'en les recuisant dans des moules de forme, à une température parfaitement accessible, (inférieure à 900°C), les grains se ressoudaient. Ils obtenaient là ce qu'aujourd'hui on appelle des pâtes de verre. A en juger par ce que les archéologues ont retrouvé, ces artisans n'ont en somme su faire que des objets d'art en pâte de verre, toujours colorée, ce qui se comprend lorsqu'on sait que pour obtenir du verre blanc, il faut prendre de grandes précautions sur le choix des matières premières.

L'amusante anecdote qui prétend mettre l'invention du verre au compte de matelots phéniciens faisant cuire leur gamelle sur la plage en la posant sur 2 blocs de nitre (nitrate de potassium) lequel, au contact du feu, se serait allié au sable pour le vitrifier, ressemble plus à une réclame publicitaire de ces astucieux commerçants qu'à une réalité crédible. En tout cas, elle a toujours laissé incrédules les verriers et chimistes qui savent combien l'opération est difficile. Grands artistes, les Egyptiens se sont emparés un jour de la découverte et l'ont portée à un haut degré de perfection et de beauté. En regardant bien, on en voit un peu partout de multiples applications : sur le trône de Toutankhamon, sur son masque en or, sur divers pectoraux, etc. Utilisant déjà le procédé de la cire perdue, ils ont même façonné des statuettes, comme une admirable tête de jeune fille en pâte de verre bleue, qui est au Louvre.

Petit à petit, les anciens trouvèrent ensuite comment, à partir de ses composants, faire la synthèse de cette matière vitreuse qui permettait si

bien d'imiter les pierres précieuses, et surtout comment atteindre les températures où sa fluidité en permet le dégazage. Puis, un peu avant ou au début de notre ère, on inventa la canne creuse avec laquelle on souffle dans la paraison. Invention majeure qui ouvrait une ère nouvelle ! La pâte de verre fut alors abandonnée au profit du verre soufflé, et ceci pendant près de 19 siècles, pour n'être redécouverte qu'en 1887 par un Français, Henri Cros, qui éveilla assez vite l'intérêt de nombreux émules. Longtemps resté essentiellement français, cet art de la pâte de verre a depuis traversé les frontières, mais chez nous, il constitue une branche toujours vivante de la verrerie d'art. Grâce à elle, prennent naissance des formes colorées que le verre travaillé vers 1000-1200°C au bout de la canne ne peut réaliser avec autant de relief, et que la sculpture néglige. Translucide et non transparente, elle met à son profit les effets que la lumière produit sur ses grains, selon les épaisseurs ou l'orientation de l'éclairage. Les myriades de petites bulles emprisonnées dans ses parois lui confèrent une matérialité que l'oeil apprécie (c'est par ses bulles et par sa technique qu'elle se distingue du verre proprement dit). Le rapprochement souvent fait d'objets identiques mais en bronze, cire ou plâtre est en général très favorable à la pâte de verre. C'est ce qui explique que plusieurs sculpteurs contemporains lui sont fidèles. Très convaincu de ce qu'il apportait, H. Cros écrivait sans scrupule : *«Si la statuaire de notre temps est rebelle à la séduction de la couleur, c'est que la couleur accentuerait des laideurs de la forme de la plupart des statues exposées annuellement, tandis qu'elle n'a jamais nui à une belle oeuvre, témoin les Grecs et nos imagiers du Moyen-Age»*.

C'était à la fin du siècle dernier.

Mais revenons au verre ! Sur le plan artistique, il eut des périodes glorieuses, entrecoupées de longues récessions. Il n'est pas possible ici

d'en reprendre en détail l'histoire, mais il est bon de savoir que, dans l'ancien temps, les Syriens réalisèrent de très beaux objets dans la technique de ce qu'on a plus tard appelé les millefiori. Les Romains en étaient éblouis au point d'en acheter à prix d'or et même d'en imposer la fourniture par centaines au titre du tribut infligé à leurs ennemis vaincus du Moyen-Orient. Eux-mêmes eurent des artistes de grande valeur dans des techniques qui font encore l'admiration des verriers d'aujourd'hui. C'est ainsi que, sur des vases à 2 couches, en général de couleurs bleue et blanche superposées, ils surent graver en camée, à la roue, des scènes vivantes dont les personnages sont surprenants de qualité ; il en a été retrouvé à Pompéi, Naples... (cf le vase dit de Portland). La dextérité de leurs graveurs semble avoir atteint son plus haut degré dans les vases, que l'on appelle des diatrètes, dont quelques exemplaires ont été découverts du côté du Rhin et du Jura : une couche superficielle, détachée du corps du vase n'y est reliée que par de fragiles colonnettes sculptées dans la masse. Cette créativité prometteuse n'eut hélas pas de suite et, après la chute de l'Empire romain, le verre subit une longue éclipse.

Puis, le temps passant, les Vénitiens, débauchant des verriers Syriens se firent une grande renommée, jalousement défendue pendant longtemps par voie autoritaire. Mais le débauchage étant difficile à empêcher, des verreries étrangères se mirent progressivement à améliorer leurs produits, avec parfois des temps forts. C'est ainsi qu'au 18^e siècle, un Anglais découvrit par hasard le *flint glass*, c'est-à-dire le cristal. Des cristalleries s'ouvrirent alors un peu partout, en France, Bohême, Belgique, etc. produisant des pièces de grande beauté que jusque-là, et à grand prix, on ne tirait que du cristal de roche. Mais d'une façon générale, outre les produits d'usage comme les services de table, il s'agissait surtout de pièces blanches que



Ancolies, par Gallé, 1892, H = 18 cm. Le vase devient fleur. D'une grande élégance de forme, il doit aussi son charme aux couleurs subtiles des fleurs posées en marqueterie.



La lampe au hibou, de Daum, 1900, H = 82 cm. D'invention récente, la lampe électrique tout en verre avait l'abat-jour ouvert pour refroidir l'ampoule au carbone (dont le spectre lumineux était plus chaud que celui de nos ampoules).

les graveurs ornaient de portraits ou de petits tableaux, à moins que ce ne soit les «tailleurs» qui meulaient des facettes et des biseaux. Il n'y avait guère d'innovation et pas vraiment de verrerie d'art (n'oublions cependant pas les belles opalines de Saint Louis et leurs délicates ornements).

Disons en bref qu'il fallut attendre la fin du 19^e siècle, en France, pour que se produise un phénomène propre à renouveler et donner un élan inattendu à cet art. Au départ, quelques Parisiens éminents y eurent leur part, mais c'est en province, à Nancy, que prirent naissance non seulement des sources de création vraiment originales et productives, mais encore un style nouveau sans équivalent dans le passé ou d'autres régions verrières.

De plus en plus poussées et élaborées, les conceptions artistiques se conjuguèrent avec des développements techniques nouveaux et même des inventions. Peu avant 1900, Gallé déposa deux brevets et Daum un. Alors qu'on s'accordait à regretter la stagnation et l'indigence de la création verrière pendant la plus grande partie du XIX^e siècle, on se félicita de la véritable révolution qui s'en dégaugea. Ce sont les oeuvres de cette époque que l'on s'arrache aujourd'hui à prix d'or.

Aussi ce phénomène de l'École de Nancy mérite-t-il ici une place privilégiée, qui va nous donner l'occasion de voir certains aspects de la création et du travail du verre à la main, dont Paul Valéry disait : «Entre tous les arts, je n'en sais pas de plus aventureux, de plus incer-

tains et donc de plus nobles que les arts qui invoquent le feu».

Je viens d'employer le mot phénomène. C'est que la surprise est grande de voir des arts décoratifs et un style naître et prospérer dans une ville de province, et qui plus est, dans une ville où, avant 1870, il n'y avait pas de verrerie ; la 1^{ère} en date est, en effet, celle de Daum dont les feux furent allumés en 1876, Gallé qui jusque-là recevait son verre de Meisenthal, ne se construisant la sienne près de lui qu'en 1894. Cette surprise se double si l'on ajoute que le retour à l'esprit de création et, de là, à la volonté de renouvellement n'a pas été le fait des verreries ou cristalleries en place. Les Gallé, Daum, Muller, Schneider étaient des *self made men* qui se sont faits verriers. Il leur a fallu des dons et de



La place Stanislas, Daum, 1908. Ce vase est à 4 couches superposées. Le profil bien connu des grilles de Jean Lamour est en intercalaire, noyé entre 2 couches. L'entourage est gravé à la roue.



Lampe aux coprins, de Gallé, 1902, H = 83 cm. D'une imagination toujours en éveil, Gallé avait des audaces qui surprennent. Avec cette lampe de collection plus que d'usage, il voulait sortir de l'ordinaire.

la volonté pour réussir au point d'attirer l'attention sur la verrerie d'art, fait tout à fait nouveau et capital pour une branche de l'art dont on peut dire que jusque-là elle n'avait pas pignon sur rue.

A l'origine de ce mouvement provincial, il y avait un homme exceptionnel, Emile Gallé, dont les dons artistiques et le tempérament lui permirent d'ouvrir la voie et d'entraîner derrière lui des hommes de grand talent. Car il y en avait à Nancy et dans tous les domaines, conjonction assez rare. Après le déplacement en 1871 de la frontière, la ville était devenue une grande métropole locale. D'où lui est venue sa réussite ? Certains pensent que, comme en horticulture où les fruits naissent là où le sécateur a coupé, la présence toute proche de la frontière

ainsi que l'émigration de nombreux Alsaciens-Lorrains stimulaient les activités dans une province qui devait lutter.

En regardant de plus près l'action de ces verriers, on constate que des 4 facteurs ou paramètres qui caractérisent une oeuvre d'art, à savoir la forme, la couleur, la décoration et la matière, il n'en est pas un qu'ils n'aient travaillé et développé. Il suffit de comparer un vase Art Nouveau à une pièce de conception antérieure ou un vase Art Déco qui lui a succédé, pour s'en rendre compte, sans qu'il soit nécessaire d'être bien compétent.

En ce qui concerne la forme, c'est-à-dire le galbe donné au vase, c'est un lieu commun que de rappeler la primauté donnée à la ligne courbe. Sou-

ple, elle ne laisse aucune place à la ligne droite ou au pur arc de cercle, comme il en sera en Art Déco, sous l'influence du cubisme. Ce qui apparaît moins à ceux qui ne sont pas avertis ou ne font pas attention aux dates de réalisations (étalées sur plus de 30 ans), ce sont les conséquences d'une recherche croissante du relief, caractéristique commune aux autres arts décoratifs, tels que l'ébénisterie, l'architecture. Pour sortir de l'implacable surface de révolution que le soufflage au moule impose au vase, on pose des cabochons, des anses, des piédouches, ou ce qu'on appelle des applications en forme d'insectes, de fleurs ou même de fruits. Parfois le vase tout entier devient fleur ou champignon. Et comme cela ne suffit pas, on déforme à la pince, aux ciseaux cette surface de révolution jugée trop banale. Avec le temps,

ce désir de reconstruction du vase, avec encorbellements, saillies, que pour bien faire on grave ensuite à la roue, ne cesse de se développer : bientôt, ce seront des ancholies aériennes, des grappes de raisin en vraie grandeur, des roses, etc. qui seront posées à chaud. Du vase à bouquet on passe à l'objet de vitrine. Mais la réussite suppose une permanente concertation entre le maître-verrier et les exécutants.

Sur le 2^{ème} facteur, la couleur, il n'est malheureusement pas possible de s'étendre ici longuement; mais là se trouve une des nouveautés majeures de l'Art Nouveau nancéien. On connaissait les verres de couleur utilisés dans les vitraux, mais d'une palette assez restreinte et mal adaptée pour représenter fidèlement la flore multicolore. Le bleu de la gentiane n'est pas celui de la pervenche ni celui du cinéraire, tandis que le rouge de la capucine ne convient pas à la tulipe ou à l'œillet. Comme l'industrie chimique, peu développée, ne s'intéressait pas à ces choses-là, la seule solution était de mettre au point, chacun pour soi, les recettes répondant aux besoins, tâche difficile et longue. Aussi ne sont-elles pas les mêmes chez Gallé, dont le verre au surplus est à la potasse, que chez Daum dont le verre est à la soude. Les petits carnets de formules qui nous sont restés de ces temps héroïques sont éloquentes, en ce qu'ils montrent à quelle complexité il fallait consentir, par empirisme, pour composer une palette toujours plus large de couleurs proches de celles de la flore naturelle. On pouvait alors, chez Daum, après 1902, s'essayer à faire de l'impressionnisme grâce au procédé de la vitrification des poudres, en proposant à l'œil de reconstituer des couleurs décomposées, positionnées avec précision. On les superposait également dans des vases à 3,4, jusqu'à 6 couches concentriques pour les ciseler ensuite à la roue, en camée.

Cette conquête du verre coloré dans la masse était, je l'ai dit, un évé-

ment fondamental. Mais elle avait une conséquence inévitable, propre à jeter le trouble dans les esprits : le verre perdait une de ses caractéristiques essentielles, la transparence (ce que Gallé, dans les 1^{ères} années, jugeait inacceptable). Le public l'approuva ; l'œil, d'ailleurs, ne s'y trompait pas, c'était bien du verre qu'il s'agissait encore.

La 3^{ème} caractéristique du style Art Nouveau, la dévotion presque entière à la fleur, permettait des décorations abondantes, parfois envahissantes. L'époque s'y prêtait: la végétation tenait une place importante dans les demeures, on avait des vérandas et on ne craignait pas la surcharge. Le champ d'action qu'elle ouvrait, Dieu sait si les verriers s'en sont emparés. C'est même, avec la couleur opacifiante, une des raisons de la désaffection dont, après 1920, a souffert le style tout entier. Il avait duré, on peut dire triomphé, 35 à 40 ans ; on n'en voulait plus, il était bon à remplacer.

Ce remplacement par l'Art Déco est instructif. Était-on allé trop loin ? Je ne sais, mais au retour d'une guerre traumatisante, la seule orientation jugée valable consistait à passer à l'extrême opposé. Le verre devait retrouver toute sa transparence, et, au risque de faire grincer les dents, les couleurs naturelles devaient laisser la place à des couleurs artificielles (chimiques, disait-on), et, pour faire bon poids, la décoration «c'était l'ennemi» ! Quel singulier rétrécissement dans le choix laissé aux verriers ! Et quelle remise en chantier des acquis de l'avant-guerre ! C'est ce que firent Daum, Lalique, Marinot..., ceux qui ne prirent pas ce virage disparaissant en quelques années (Gallé notamment).

La verrerie d'art cependant marquait un point : avec de nouvelles ressources de création, elle montrait en renaissant que le phénomène de l'École de Nancy n'était pas un accident sans lendemain ; elle savait

faire peau neuve au bon moment. Cette remarque n'est pas une simple clause de style, car la même situation redoutable se présenta en 1946 après un nouvel arrêt des fours pendant cinq ans.

L'Art Déco, à son tour, avait fait son temps, il fallait trouver autre chose et le proposer à l'approbation du public, verdict redoutable auquel sont périodiquement confrontés les arts décoratifs.

Daum et Lalique changèrent de style et, passant au cristal, créèrent une esthétique qui se révéla porteuse de prolongements. Dans une belle matière qu'il s'agissait de soigner au maximum, des formes inédites, des méthodes de travail et des techniques originales apparurent. On ne lui donna pas de nom, mais c'était un nouveau style.

Qu'on s'arrête un instant sur cette remarque pour constater qu'hélas les autres arts décoratifs ne surent pas renaître de la guerre, phénomène unique en France où, fidèlement depuis des siècles, les styles se succédèrent devenant célèbres et inspirant l'étranger. Aujourd'hui, il y a un trou dans l'arbre généalogique ; cette regrettable carence dure depuis quarante-cinq ans !

Que la notoriété acquise par les vases de l'Art Nouveau nous autorise à dire quelques mots des hommes à qui nous les devons. Jamais, disons-le tout de suite, ils n'ont dû imaginer que leur célébrité atteindrait les sommets que l'on observe aujourd'hui. Leurs ambitions, certes, étaient grandes et, au prix d'un travail acharné et d'une grande compétition, ils s'acharnèrent à faire progresser leur style ainsi que leur technique, tâche noble. Mais n'oublions pas que le souci du développement et de la prospérité de leur entreprise n'était pas moins préoccupant. En cela, ils différaient du peintre qui, dans la solitude de son atelier, entreprend un nombre relativement res-

treint de toiles. A côté de pièces d'exception réalisées à l'unité, les maîtres-verriers, eux, produisaient en nombre plus ou moins réduit, et pour toutes les bourses, des pièces moins élaborées. On le leur a reproché, utilisant à cette occasion des mots se voulant dépréciatifs, tels que «période industrielle». On ne tenait pas suffisamment compte de la façon dont ils concevaient la gestion d'une activité verrière, ainsi que de leurs besoins en verriers et graveurs de talent qu'eux seuls pouvaient former patiemment pour en faire des artistes.

Il n'y avait pas non plus de raison pour que la consécration de cet art nouvellement apparu soit réservé au monde des riches collectionneurs, des organisateurs d'expositions ou des critiques. Une clientèle plus humble était tout aussi séduite par de jolis porte-bouquets, coupes, coquetiers, vaporisateurs, délicatement ornés, qu'on leur offrait à des prix abordables. Il en reste, de nos jours, beaucoup d'exemplaires qui, pour les mêmes raisons, contribuent à l'engouement général.

A l'époque, en Lorraine, on se prévalait volontiers de la légitimité d'une tâche qui ne semblait pas dégradante, «ennoblir» ou «mettre un peu de poésie dans l'objet usuel». Tout cela se tenait, le besoin de mettre au travail une collectivité naissante d'artistes et de verriers, et le désir de satisfaire une clientèle croissante visiblement attirée par ces charmants objets jusque-là inconnus. Cela se pratiquait, lâchons le mot, dans des usines. On touche là du doigt ce qui séparait alors la verrerie du monde dans lequel prospérait l'art officiel, l'art «académique». Non seulement elle était et voulait rester provinciale, mais son organisation du travail était radicalement différente.

Qu'on ne croit pas cependant que la célébrité soit venue par surcroît. Gallé, le précurseur, était parfaitement conscient de la valeur de ce

qu'il créait, et même assez jaloux de la position qu'il avait acquise (on peut le dire parce que c'est bien connu).

A Paris, ses remarquables compositions attiraient l'attention et l'admiration. Robert de Montesquiou en faisait grand cas et lui rendait visite à Nancy, M. Proust les citait dans un de ses romans. Puis les expositions officielles se succédaient à une cadence que nous ne connaissons plus. Les Nancéiens ne manquaient jamais d'y figurer, accumulant prix et médailles, et inspirant de ce fait les rédacteurs des revues d'art. On citait alors ces nouveaux venus qui avaient l'audace de faire du grand art en dehors de Paris et de se faire connaître à l'extérieur.

Très stimulantes, les manifestations publiques se préparaient avec fièvre. On sait que la redoutable Exposition Universelle de 1900 a, dès 1897, mobilisé toutes les énergies et l'on en connaît les brillants résultats, les deux Grands Prix attribués l'un à Gallé l'autre à Daum. Mais on n'en découvre les dessous qu'en étudiant de près ce qu'en a été la préparation : en 1898, Gallé brevète la «marqueterie de verre» et la «patine», tandis qu'en 1899 Daum brevète la «décoration intercalaire» et invente la lampe électrique tout en verre, devenue célèbre, dont il expose d'un seul coup 19 modèles en 1900.

Ces quelques observations élogieuses n'ont pas la prétention de mettre en cause la suprématie des arts majeurs, la peinture et la sculpture. Qu'on en attende seulement d'illustrer l'entrée en force, il y a un peu plus de 100 ans, en France du moins, de la verrerie d'art dans un monde où elle n'était pas considérée. Il a fallu du temps d'ailleurs pour que vienne la consécration ; qu'on se rappelle la période de pénitence d'au moins cinquante ans qu'ont dû traverser ces oeuvres Art Nouveau, pour prendre fin de la façon qu'on sait il y a une vingtaine d'années.

Qu'en est-il aujourd'hui ? Soutenue par l'intérêt que portent les amateurs à ces objets de style changeant faits d'une matière séduisante, la verrerie d'art française milite toujours dans les deux secteurs du cristal et de la pâte de verre. Je ne parle ici, bien entendu, que du monde de la création et non de celui des antiquaires et des commissaires-priseurs. Elle se divise en 2 groupes, celui des 2 entreprises que j'ai citées plus haut comme ayant repris un nouveau souffle après la guerre, et celui des artistes-verriers qui travaillent plus ou moins isolément et dont le dynamisme est grand.

De Daum et Lalique, on peut dire que, pour tenir compte de la loi de caducité dont j'ai parlé, leur style a, il y a une dizaine d'années, dû évoluer. Aux pièces en cristal pur (d'une pureté dont on pouvait se lasser), sont venus se joindre des appendices colorés qui leur apportent de la variété et mettent en valeur le cristal, lequel reste cependant l'élément principal. Daum, par exemple, tire parti de sa compétence en pâte de verre pour lui demander des formes et des couleurs renouvelées à «appliquer» sur ses vases. Il y a là une orientation d'avenir.

La multiplication en France des verriers solitaires, phénomène récent et prometteur, est moins connue. On ne peut pas dire qu'ils aient adopté un style commun, encore qu'il y ait parenté entre leur manière de travailler, de décorer le verre. Celui-ci d'abord est de grande valeur décorative, bien conforme aux goûts d'aujourd'hui. Comme autre trait commun, elles sont enrobées dans une couche extérieure de cristal incolore qui, par sa brillance et sa transparence irréprochable, confère à l'ensemble un aspect éminemment verrier, derrière lequel le décor apparaît en intercalaire.

(2) On peut en voir les oeuvres à la Galerie d'Amon, 26, rue St Sulpice, 75005 Paris.



Les coloquintes, 1910, Daum, H = 53 cm. Cette vue de détail montre jusqu'à quel point était poussé le désir d'abandonner en relief la banale surface de révolution que le soufflage au moule impose au vase.



La main, de Gallé, 1902. A ses verriers, de grand talent, Gallé demandait aussi de faire de la sculpture. Les doigts sont rehaussés de bijoux.

Ces verriers travaillent seuls ou presque. Il n'est pas dans mon propos de les citer tous (2) mais il convient de nommer Louis Leloup, de Liège, Jean-Claude Novaro, de Biot également, qui fut sans doute le premier en date de cette nouvelle génération, C.N. Morin, Eric Laurent, René Raspail, Alain Bégon, etc. Avec une mention spéciale pour B. Zuber qui, contrairement aux autres, travaille le verre à froid, à l'outil.

Pour terminer, évoquons enfin le domaine de la pâte de verre où, en plus de Daum, militent des artistes isolés tels que les frères Le Perlier, (petits-fils de Decorchemont) et

Schamchula. Là encore se vérifient les observations que je viens de faire sur la possibilité de dissocier les 2 fonctions de création des modèles et de réalisation des pièces. Là où Daum fait appel à des sculpteurs en renom, S.Dali, Legendre, Couturier, etc., les autres restent maîtres de l'ensemble.

Bien des raisons font donc penser qu'en France, la verrerie d'art a du souffle. Non seulement elle crée, soutenue par un public qui, dans l'ensemble des arts décoratifs, la considère définitivement comme une branche de choix, mais elle sait se renouveler avec constance, et trouver en elle-même l'esprit de compétition qui lui évite de s'endormir. La

matière dont elle se prévaut est plus belle que jamais, et notamment qu'en 1900, et ce n'est pas un hasard.

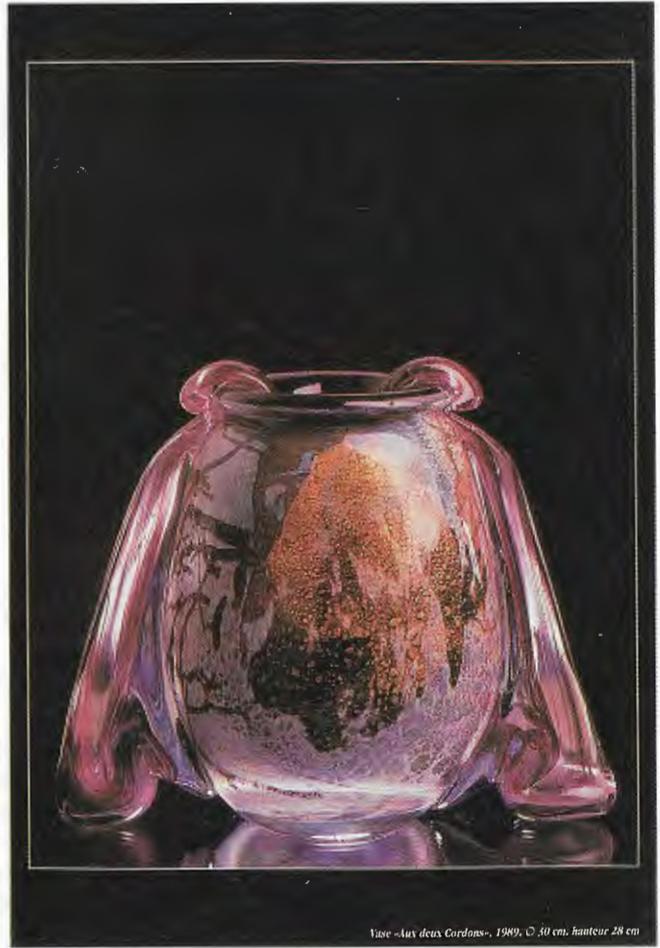
Quant aux 4 paramètres forme-couleur-décoration-matière dont j'ai parlé, il est chaque jour prouvé que l'on n'a pas encore fini de tirer pleinement parti de chacun d'eux. ■

Bibliographie :

Daum, maîtres-verriers par N. Daum chez Denoël,
La pâte de verre, par N. Daum chez Denoël,
Nancy, 1900, chez Gérard Klopp, Thionville.



Les lys de lumière, 1913, Daum, H = 50 cm. Les lys, les narcisses ainsi que le riche terreau dont ils sont issus n'ont pas demandé moins de 5 couches de verre superposées. Ce vase est le cadeau de mariage du major de la promo 1905, Léon Daum, qui épousait une fille d'Henri Poincaré.



Vase «Aux deux Cordons», 1989, © 30 cm, hauteur 28 cm

Un vase contemporain, de J.C. Novaro, 1989, H = 28 cm. Parmi diverses conceptions en voilà une qui manifeste un remarquable goût de la forme et de la couleur, aussi bien qu'une extrême habileté.

L'EMPIRE ROMAIN, UN «AGE D'OR» DU VERRE

Gérard PILÉ (41)

NOËL DAUM nous a fort opportunément rappelé que l'Art verrier (avec un grand A), avait déjà dans l'Antiquité, avant même que ne s'établisse la domination de Rome sur tout le pourtour méditerranéen, une très longue histoire. Les ateliers syriens, surtout ceux de Sidon, étaient alors les maîtres incontestés du marché. Ceci nous est attesté par Pline dans l'*Histoire naturelle* et par la rare qualité des pièces (une quinzaine) qui nous soient parvenues portant la marque, généralement en grec, de facteurs sidoniens (tels, «Ennion fete»).

Avec la «Pax Romana» instaurée par l'Empereur Auguste, la période de grande prospérité qui s'ensuivit avec toutes ses conséquences (essor des industries de luxe, libération des échanges...), les ateliers verriers essaient dans tout l'Empire, notamment à Rome, en Italie, à Cologne...

La technique révolutionnaire du verre soufflé, sans doute imaginée à l'origine par les Syriens (entre 50 et 40 avant Jésus-Christ), susceptible d'être combinée avec celle plus traditionnelle du moulage, permet la production et la diffusion en abondance d'objets d'usage, d'aspect séduisant et bon marché tels que : assiettes, plats, bols, tasses, bouteilles, jarres, voire même des lampes, encriers, cuillères, au point de supplanter en maints endroits la poterie traditionnelle et de faire

disparaître d'importantes poteries.

Or, les plus belles pièces conservées de cette période dite «Romaine» (allant de la fin du 1^{er} siècle avant Jésus-Christ jusqu'au V^e siècle), sont peu connues du public français. Elles sont en effet offertes à l'admiration des visiteurs d'un très petit nombre de musées étrangers, plus spécialement :

- au British Museum,
- au Corning Museum of Glass, près de New York,
- au Rhömisches-germanisches Museum de Cologne.

Le premier eut l'heureuse idée de rassembler en 1988 dans une inoubliable exposition (la première du genre), «Le Verre des Césars», les 50 plus belles pièces détenues par ces 3 musées et quelques autres en provenance d'Italie (Murano, Bologne, Naples...).

Il nous a paru difficile de résister à la tentation de présenter ici, à nos lecteurs, au moins deux de ces magnifiques objets, ayant aujourd'hui réintégré leurs vitrines.

Le vase Portland

Le vase «Portland» (25 ans avant Jésus-Christ), cité par Noël Daum, le plus célèbre sans doute des verres romains, non seulement par sa beauté et la qualité de son exécution mais aussi par son histoire «fracassante»

depuis le XVI^e où il ornait la résidence à Rome d'un cardinal.

Passé de main en main, il fut prêté en 1810 par précaution au British Museum par le 4^{ème} Duc de Portland (d'où son nom). Maladroitemment brisé le 7 février 1845 en plus de 200 morceaux par un étudiant (condamné à 3 £ d'amende seulement !), il fut tant bien que mal recollé pour être finalement racheté 100 ans plus tard au lendemain de la dernière guerre par le British et complètement restauré. On dut pour cela le réduire de nouveau en morceaux afin d'enlever la colle ancienne décolorée et opacifiée, et remettre en place de petits éclats négligés dans la première restauration, miraculeusement conservés. On a beaucoup débattu de la scène mythologique figurée (Mariage de Peleas et Thétis, d'Apolon et Atia...).

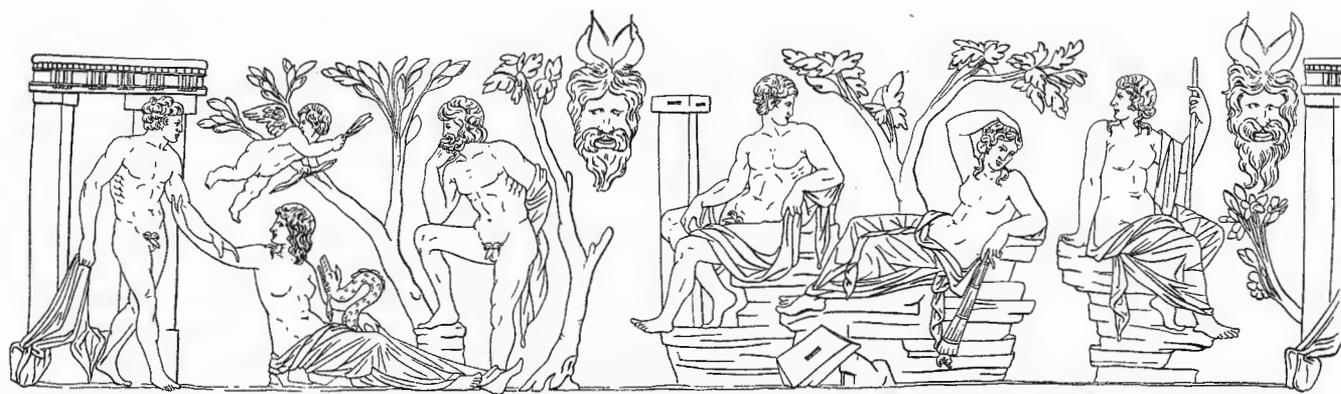
Le corps et les anses sont constitués d'un verre d'un bleu cobalt très profond, à reflet noir en lumière réfléchi. Sa forme était à l'origine plus élancée. Le vase ayant dû être, à une époque ancienne, tronqué (sans doute à la suite d'un premier accident ?) comme en témoigne son socle-disque mince et non mouluré, fait d'un verre étranger rapporté.

On peut admirer la finesse de la gravure en camée exécutée sur la deuxième couche faite d'un verre blanc laiteux.

LE VASE PORTLAND



Dessin en 1945 des fragments du verre brisé
(en médaillon le disque du socle).



LA COUPE DE LYCURGUE

«*La Jaune (ou vert pâle) et ... la Rouge*»



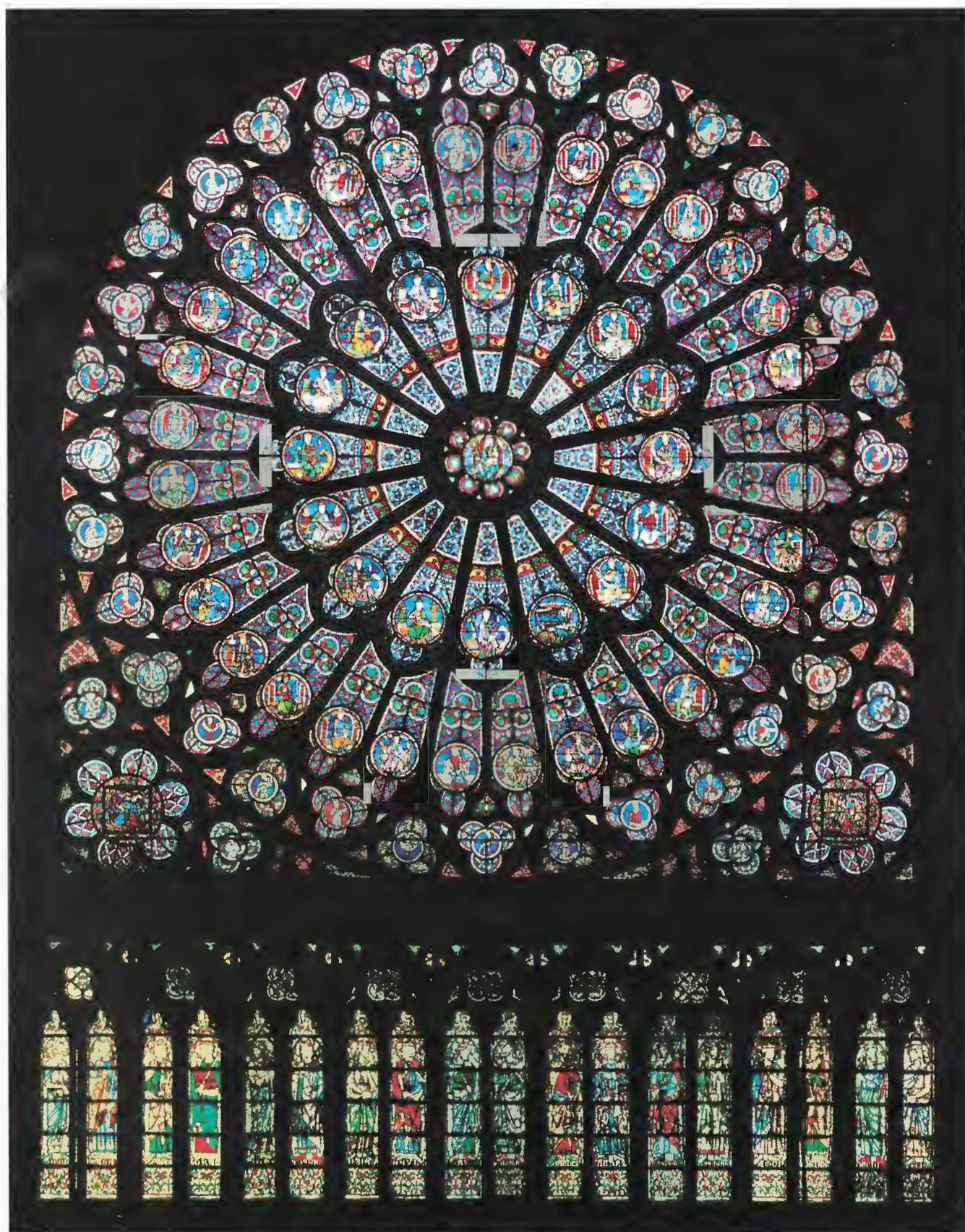
Voici sans doute l'exemple le plus somptueux et le plus connu de ce type de vase nommé diatrète dont nous parle Noël Daum : la «coupe de Lycurgue» conservée au British Museum et semblant avoir vocation à être reproduite dans le présent N°.

En effet, ce vase a la particularité d'être dichroïque, dans le cas présent, jaune-vert pâle en lumière réfléchie et rouge pourpre, éclairé de l'intérieur, couleurs que restituent les deux photos ci-dessus.

Sujet traité : un épisode de la curieuse légende du roi Lycurgue attaquant à coups de pierre Dionysos et ses compagnes. L'une d'elles, Ambrosia, lance à son tour une pierre à Lycurgue qui, en représailles, essaie de la tuer, mais la déesse-Terre vole à son secours en la transformant en une vigne qui s'enroule autour de Lycurgue et l'étrangle.

Sur la face rouge, on voit ici Lycurgue luttant pour desserrer l'étau de la vigne, Ambrosia git à ses pieds tandis qu'à proximité se tient Dionysos appelant son serviteur Pan, moitié homme, moitié chèvre.

Technique d'exécution : le décor, taillé dans une seule pièce de verre, à l'aide d'outils aiguisés, est ensuite sculpté et découpé en creux en arrière pour ne rester accroché au décor principal que par quelques points dissimulés. Taillage, meulage et polissage doivent évidemment être parfaitement maîtrisés pour obtenir des pièces d'une telle qualité d'exécution. On notera que les montures de bronze sont des ajouts du XIX^e siècle.



La rosace sud de Notre-Dame de Paris, XIII^e siècle. Surface environ 150m². La structure de pierre est aussi admirable que les vitraux. Dans ceux-ci 9 couleurs seulement ; le violet n'y est pas, il vient de verres rouges et bleus habilement juxtaposés. (Illustration de l'article page 60, «Le vitrail» par Noël Daum).

LE VITRAIL

Noël DAUM (30)

Dès que l'on parle des liens du verre et de l'art, on ne doit pas manquer d'évoquer le vitrail, cet art où la France a toujours excellé et excelle encore, au point de posséder un patrimoine exceptionnel de vitraux de tous les âges, dont l'amplitude dépasse celle de tous les autres pays réunis et ne cesse de grandir de nos jours. La France est le pays du vitrail !

Qui peut rester insensible, notamment lorsque le soleil les illumine, devant des verrières de la Sainte-Chapelle, de Notre-Dame de Chartres ou les roses de Notre-Dame de Paris, puis, plus près de nous, les vitraux de Metz, enfin parmi les plus récents, ceux de Jacques Gruber et Decorchemont au temps de l'Art Nouveau, puis ceux de Chagall, Gabriel Loire, Le Chevalier, Max Ingrand, aujourd'hui ?

On dispute sur le point de savoir si les fouilles de Pompéi ont réellement fourni la preuve que la Rome antique savait placer des feuilles de verre coloré sur leurs fenêtres. Ils en faisaient plutôt des mosaïques au sol. Quoi qu'il en soit, il est unanimement admis que c'est au Moyen-Age que le vitrail à images multicolores a trouvé son vrai développement, atteignant dans nos cathédrales un niveau incomparable tant au point de vue esthétique que sur le plan de la technique de préparation des verres et de leur fixation sur les

verrières. En relativement peu de temps sont nées, avec un art consommé, de véritables compositions imagées représentant des scènes de l'Histoire Sainte ou de l'Ancien Testament, que nous ne cessons d'admirer.

Avant l'an 1000, il y eut en France des fenêtres à verre de couleur. Des textes anciens évoquent même l'intérêt porté aux fenêtres de la basilique de Lyon vers l'an 450, ou de diverses églises de Tours vers 550, mais nous ne disposons aujourd'hui d'aucun vitrail fabriqué avant le II^e siècle. Le plein épanouissement date du XII^e et du XIII^e siècles, c'est-à-dire de l'époque de la pleine maturité des églises romanes puis gothiques et de leur rapide multiplication. Dès le début, la verrière historiée est divisée en compartiments, dont chacun reçoit un sujet à traiter. Avec ses 20 ou 30 médaillons, chaque verrière présente alors une histoire complète : c'est l'arbre de Jessé, la légende de Charlemagne, la Passion, l'Apocalypse, etc. Puis, avec le temps, la disposition change, l'intention aussi. Vers le XIV^e siècle, ces compartiments s'agrandissent et commencent à prendre l'allure de tableaux, avec de grandes figures debout, s'alignant le long des longues baies gothiques.

Cette tendance s'accroît au XVI^e siècle ; l'art du vitrail devient rival de celui du peintre. Le plus souvent, la

décomposition en médaillons disparaît et sur de grandes surfaces, ce sont de véritables tableaux qui sont exécutés. Des scènes y apparaissent sur fond d'architecture, et les donateurs s'y font représenter en bonne place. Malgré de plus grandes possibilités dans le choix des verres de couleur et la découverte du jaune d'argent dont très vite il est fait grand usage, le vitrail n'a plus l'éclat de celui du temps de Saint Louis, sans doute parce que la peinture en surface remplace le verre coloré dans la masse. Il est encore fort beau mais il fait découvrir l'extrême subtilité des vitrailliers du Moyen-Age dans leurs compositions et surtout dans la manipulation des quelques sortes de verre dont ils disposaient. Et pourtant, les couleurs qu'ils savaient fabriquer n'étaient pas nombreuses : une dizaine, jamais plus ! Mais que leur agencement et leur vivacité sont remarquables !

A cette époque, on n'avait pas besoin de beaucoup de lumière dans les nef ; une certaine pénombre poussait même, pensait-on, à la prière et la méditation. On cherchait par contre à enseigner les fidèles et à créer une ambiance. Les résultats obtenus ont dû être fort appréciés, car à maints exemples on voit les maîtres-d'œuvres subordonner l'architecture au vitrail, qu'elle doit présenter en bonne place et enchasser dans la pierre. C'est le cas sur toute la surface des murs de la Sainte-Chapelle

et de ses jumelles, ou des grandes roses de 14 mètres de diamètre de plusieurs cathédrales où la structure n'est qu'une dentelle de pierre. Tout est fait pour le vitrail !

Cette constatation ne doit pas être reléguée au rang d'une curiosité. Elle signifie que le verre, dont pourtant l'usage à cette époque est rare, se voit promu à un rang élevé dans la hiérarchie des matériaux destinés aux édifices religieux, ainsi qu'aux palais ou châteaux. C'est d'autant plus remarquable que le vitrail est né à une époque où le verre était rare, même pour l'occultation des fenêtres. Mais il montrait une telle aptitude à habiller et décorer des ouvertures parfois de très grandes surfaces que les maîtres-d'oeuvres ont dû être surpris de cette réussite. Lorsqu'on en recherche les raisons, qu'on n'oublie pas qu'à cette date, on ne savait pas donner une belle géométrie à faces parallèles à ces petits éléments à enchasser dans le plomb. Ce ne sont pas non plus des lentilles biconvexes mais presque, de sorte que la lumière ne les traverse pas tout droit jusqu'au dallage. Ils deviennent de la sorte, sources autonomes de lumière, là haut, à des dizaines de mètres du sol et avec une telle intensité qu'ils s'imposent au visiteur. Ils irradiant leur couleur !

La question se pose de la même manière pour les vitrailliers modernes qui, pouvant disposer de verres très homogènes, bien polis, bien transparents, vont presque jusqu'à y voir un obstacle à la réalisation de leurs beaux vitraux et sont conduits à chercher des parades dans la technique. Ils les trouvent dans des produits nouveaux, les dalles dont ils font sauter des éclats, le verre dit américain, le verre à coulures épaisses et irrégulières, la gravure à l'acide, etc.

Le vitrail est fait pour durer, mais que de dangers il court ? D'une façon générale, on constate qu'à travers les siècles, il se comporte, même dans ses réalisations anciennes, admirablement devant les tempêtes, la pollution, les guerres, les déména-

gements. Il en est certes qui ont dû être restaurés, d'autres ont disparu, les agents extérieurs ont parfois effacé les images ou creusé de véritables cratères. Mais que l'on songe qu'il nous reste des verrières de plus de 700 ans. Qui pense aux contraintes physiques que subissent du fait de la pression des vents comme ceux de cet hiver, la dentelle de pierre, les plombs de sertissage et les pièces de verre des quelques 140 m² de chacune des rosaces de Notre-Dame, incroyablement légères, avec leurs 50 000 morceaux chacune, répartis en 700 panneaux ? Et qui saurait dire comment lutter contre les attaques chimiques et biologiques, les écarts brusques de température ? On ne peut qu'admirer la longévité de ces fragiles assemblages de verre et de plomb. Certes, il y a de-ci de-là des plombs de casse pour réunir et ainsi sauver ceux qui sont en morceaux, et les laboratoires et restaurateurs sont en permanence à l'ouvrage, mais la tâche est redoutable par son ampleur et par les dépenses qu'elle entraîne. Et ceci pour un nombre croissant d'ensembles au fur et à mesure que le temps passe et que de nouvelles créations viennent s'ajouter aux anciennes. Il faut croire que la formule du vitrail est bonne, car il nous reste environ 1000 m² et 15 000 m² des 10 000 m² et 250 000 m² produits respectivement par les XII^e et XIII^e siècles, de quoi attirer des foules de visiteurs de toutes nationalités.

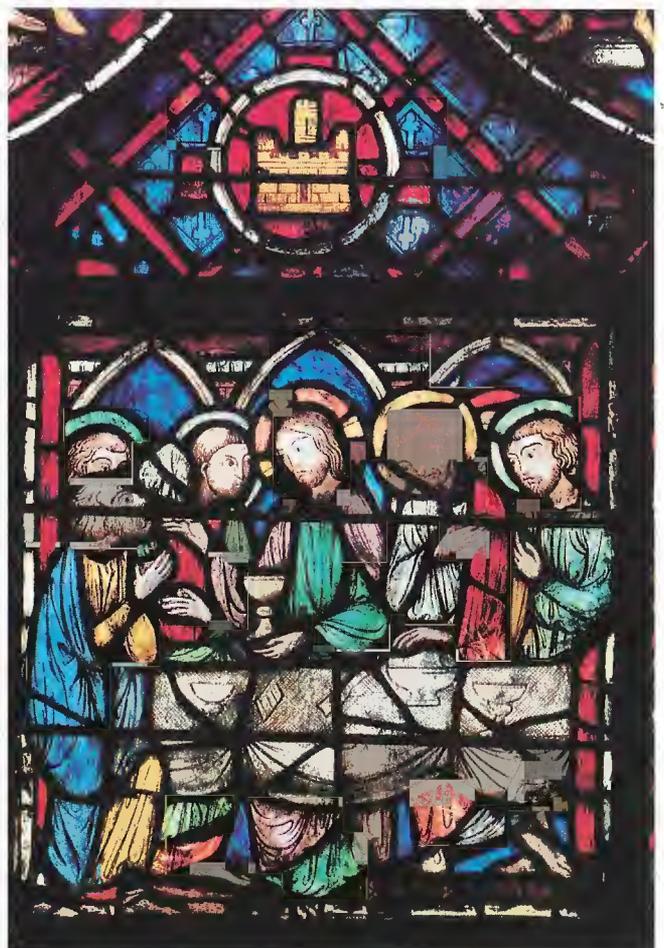
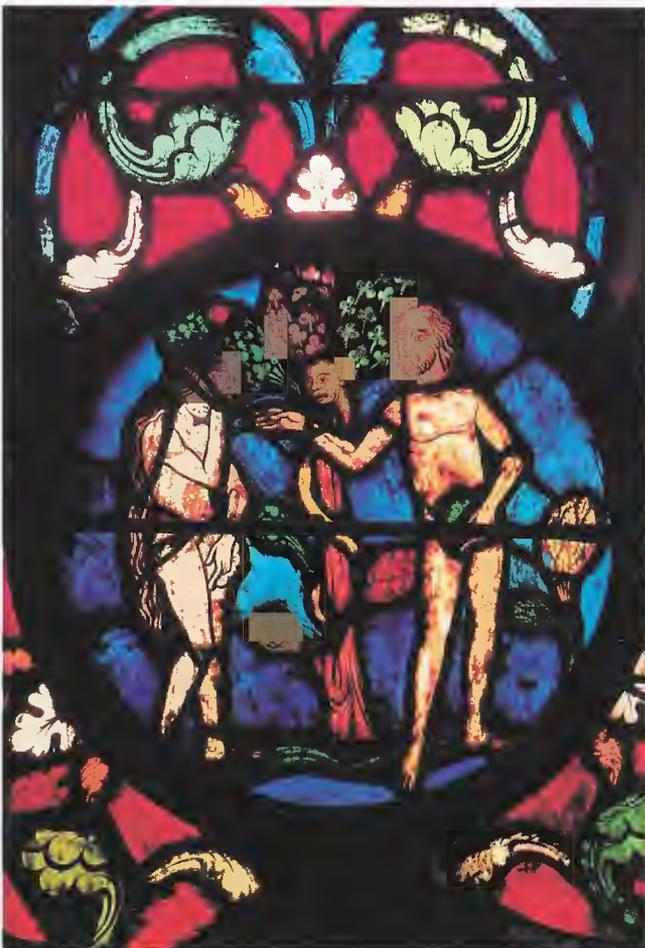
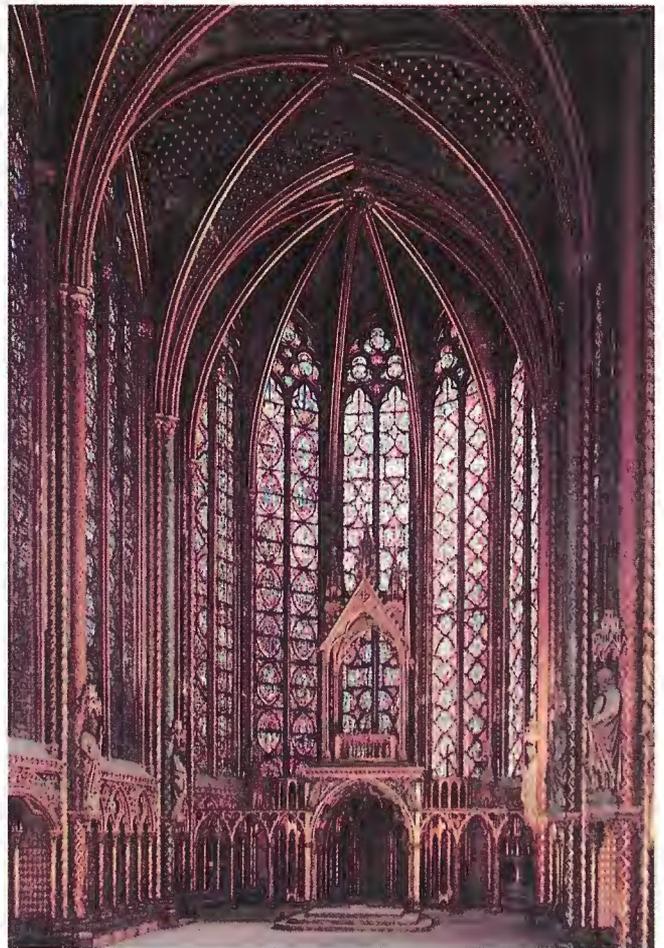
Qu'est-ce qui donne au vitrail ses lettres de noblesse et lui vaut ces nombreux admirateurs ? Comme qualité première, je citerai cette admirable faculté qu'a le verre, tout en conservant sa transparence, de réagir sur les oxydes métalliques en les assimilant comme l'eau absorbe le sucre, pour en ressortir intensément coloré. Ensuite la possibilité de le façonner à chaud, lorsque sa malléabilité devient suffisante. Enfin son caractère de substance vitreuse, donc sa stabilité et sa résistance, qui dès le Moyen-Age ont tenté les architectes.

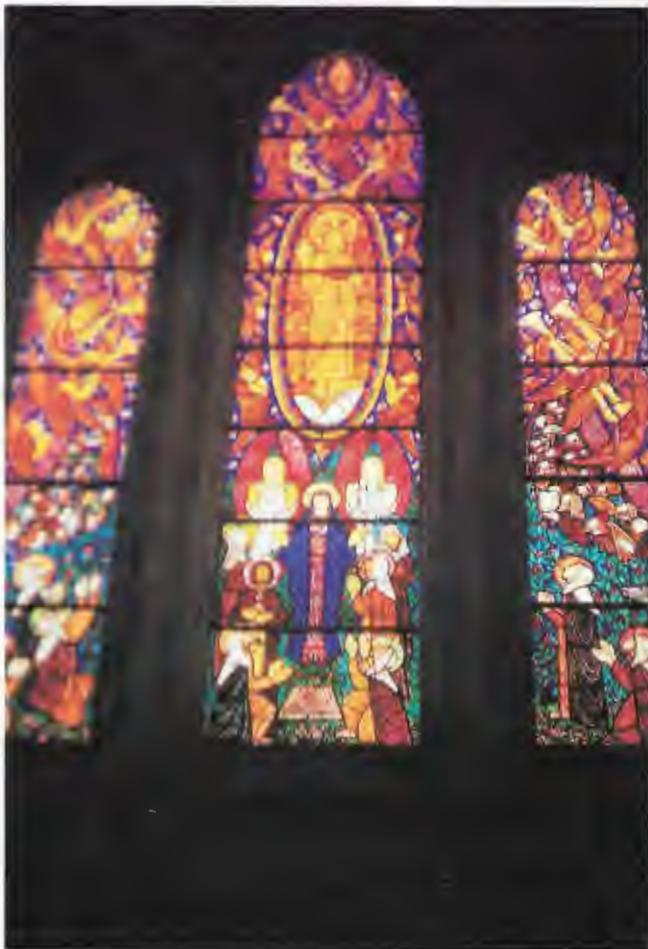
Ce qui était vrai au Moyen-Age et au

cours des siècles suivants, l'est encore aujourd'hui. Ces grandes surfaces étalées dans les hauteurs, où, mise à la disposition de tout le monde, cette « lumière-matière » si j'ose m'exprimer ainsi, fascine les plus blasés, ont séduit les peintres-verriers, chacun dans son style particulier, et ceci depuis neuf siècles. En France, il y eut des périodes de récession, le XVIII^e siècle par exemple, qui détruisit beaucoup plus de vitraux qu'il n'en créa, en raison d'une mode dans laquelle toute l'esthétique moyenâgeuse était impliquée.

Puis, passant au-dessus du XIX^e siècle qui ne se distingua guère si ce n'est à la fin, c'est à une véritable renaissance du vitrail français que l'on assista il y a 100 ans. Dès la période de l'Art Nouveau, avec Maréchal, Jacques Gruber, il s'introduit dans les demeures privées sous forme de vitrail-tableau et s'adapte au goût du jour, le décor floral. En liaison étroite avec l'architecture qui se renouvelle aussi, il se développe par exemple dans une ville comme Nancy où l'avènement d'un style nouveau dans tous les arts décoratifs stimule la création. A cet effort est associée la volonté de se libérer du poids de l'histoire, c'est-à-dire de la tyrannie des archéologues qui ne connaissent qu'un type de vitrail. « *Le tempérament de l'artiste est plus fort que l'archéologie* », écrit Gsell, peintre-verrier, dans un article qu'il intitule Parasitisme, pour y défendre cette optique rénovatrice.

Les maisons, vérandas, cages d'escalier reçoivent alors des compositions lumineuses de conception tout à fait originales, ainsi que les salles d'attente des banques, chambres de commerce, etc. Le vitrail s'évade délibérément de ses lieux jusque-là privilégiés, et J. Gruber se dépense avec succès dans de grandes verrières civiles dont les noms sont révélateurs : les Magnolias, Coucher de soleil au bord de l'étang, le Cueilleur de houblon. Au même moment, Henri Bergé, chef décorateur chez Daum, applique ses connaissances du verre et de la peinture





LA JAUNE ET LA ROUGE, JUIN/JUILLET 1990

Légendes des illustrations page 66

à couvrir les cloisons d'une brasserie en plein air de 22 vitraux à personnages évoquant les diverses boissons proposées. On devine quelle coupure avec le passé ces initiatives provoquent !

Lorsque prend fin la guerre de 14-18 et ses destructions, un vaste champ d'action s'ouvre aux nombreux artistes que tente le rééquipement des églises et des maisons. La tradition y côtoie la novation, la restauration y prépare la création. Il en sera de même après la dernière guerre qui aura vu se développer et se perfectionner, hélas, la dépose et la mise en caisse de la plus grande partie de notre patrimoine pour stockage en lieu sûr. Ce dangereux exercice en a sauvé l'essentiel mais il a aussi montré un côté intéressant à signaler, à quel point l'absence de ces chaudes images changeait l'atmosphère et entamait la beauté de nos édifices religieux. Certains ensembles ont frôlé la catastrophe, celui de la cathédrale de Metz, par exemple qui, mis en sûreté en Périgord, disparut avant d'être retrouvé par hasard quinze ans plus tard, au fond d'une mine allemande.

De cette période révolue, évoquons une initiative originale, celle de la pâte du verrier Decorchemont qui, dans les églises de Normandie ainsi qu'à Sainte-Odile à Paris (17^e) construisit ses vitraux avec des éléments en pâte de verre qui lui permettaient de jouer avec la couleur comme l'aurait fait un peintre.

Parler ici de l'art de la peinture ne doit pas être pris comme un accident de langage. Les grands vitrailliers sont en effet d'abord des peintres et pour eux, il n'y va pas que de la composition, du décor, mais aussi de la couleur. Séduits par la grande richesse décorative du verre vu en transparence, certains grands noms s'y sont essayés occasionnellement, tels Maurice Denis, Rouault, Matisse, Léger, d'autres avec plus de continuité, tels Villon, Chagall. Enfin de nombreux artistes sont allés plus loin, en s'initiant eux-mêmes à la réalisation pratique de leurs ver-

rières, s'attachant souvent à élargir et perfectionner les techniques et produisant des œuvres de grande valeur qui mériteraient d'être mieux connues. Et là, le verre, toujours, est dans toutes ses formes et toutes ses tonalités, au centre de leurs préoccupations.

Dans les vitraux récents, une grande diversité de conception, d'esthétique et de destination se fait jour. Le vitrail, on peut le dire, s'est porté à un rang comparable à celui du vitrail ancien. Du côté de la demande, les guerres et leurs destructions y sont certes pour quelque chose; de nombreuses églises et chapelles ont dû être équipées ou, jusqu'à un certain point, restaurées. Mais du côté de l'offre, sait-on que, de nos jours, il y a en France environ 200 verriers en activité ? Et que les commandes privées constituent l'essentiel de leur travail, un tiers venant de l'étranger ?

Cette observation a le mérite de faire découvrir que le vitrail n'est pas un luxe inabordable et que bien des Français savent surmonter une certaine nostalgie du vitrail narratif du Moyen-Age, dont d'autres ne peuvent pas se départir.

Le style des réalisations contemporaines est délibérément non figuratif. La couleur, comme toujours, est exaltée, ce qui ne surprend pas si l'on remarque que parmi les vitrailliers la plupart sont des peintres, je devrais dire des peintres-verriers, si j'excepte les Chagall, Matisse, Villon, Le Moal, qui ont demandé à Marq et Simon, Allain, Le Chevalier, Bony, Manessier, d'exécuter leurs cartons. Les autres sont artistes et artisans.

A-t-il été fait appel aux peintres ou une simple attirance a-t-elle porté ceux-ci à se lancer dans ce mode d'expression particulier ? Les deux sans doute, et l'enrichissement a été collectif. Ils doivent en tout cas se plier à une des exigences de cet art, à savoir adapter leurs projets à l'édifice et même au cadre qui recevra leurs projets, (les verriers exécutants

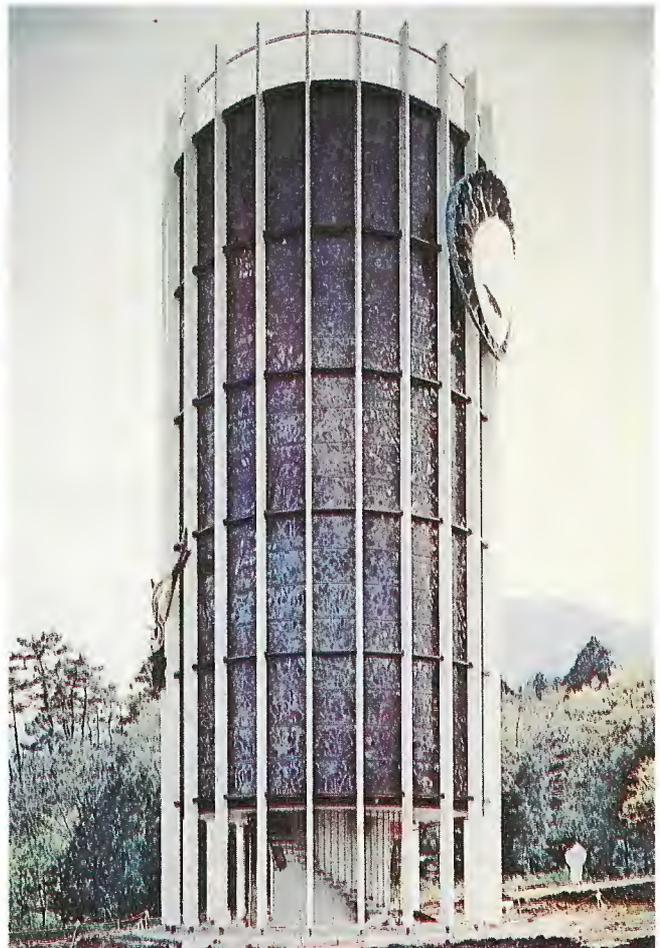
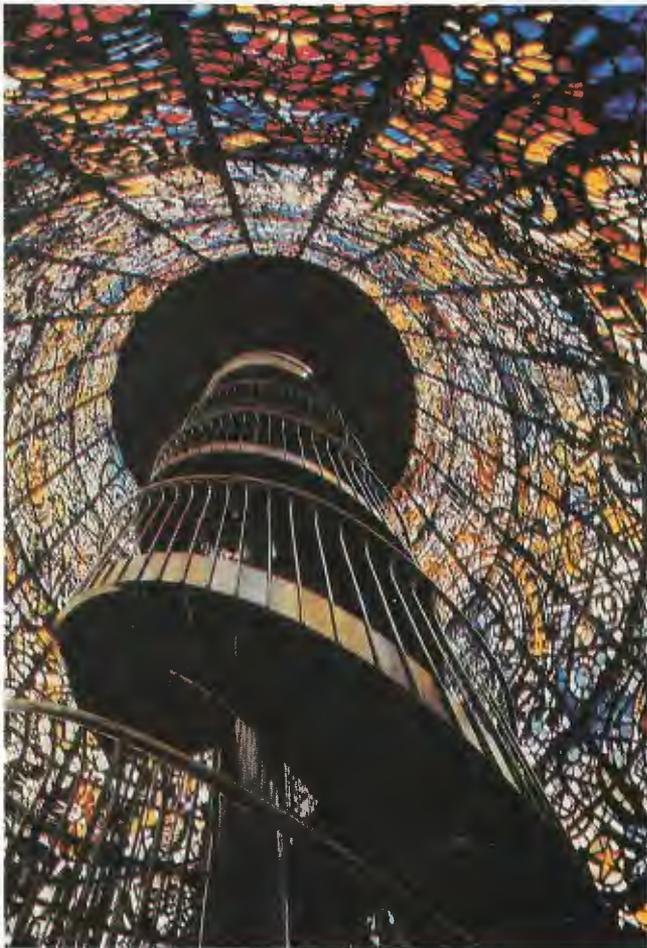
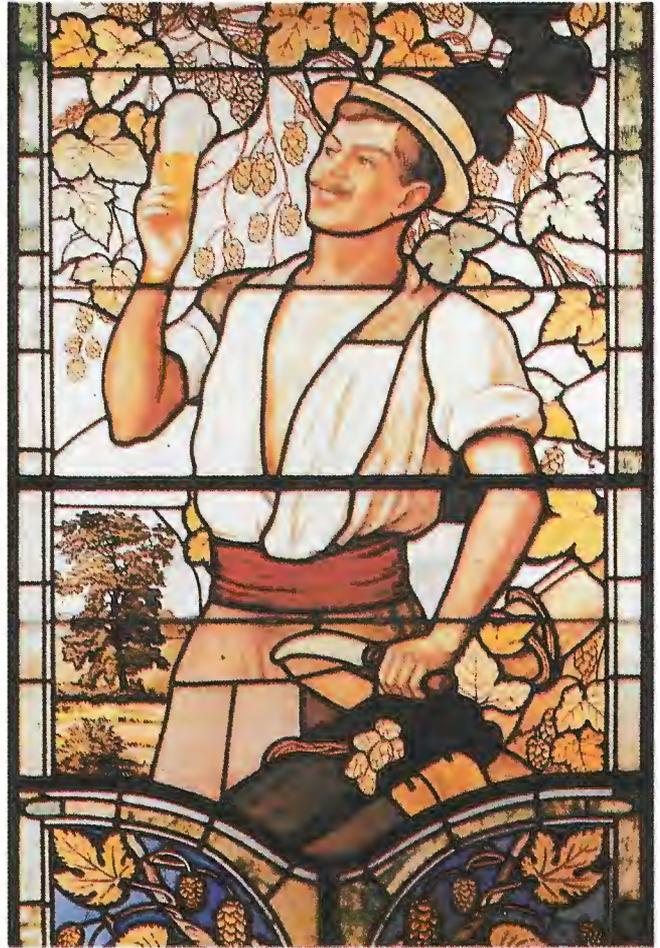
ci-dessus ont souvent dû l'enseigner aux peintres). Ils sont aussi conduits à bien assimiler les ressources mais également les limites des techniques à leur disposition.

Comme dans le passé tout est fait à la main, bien entendu, et on ne doit pas être surpris de voir adoptées des techniques relativement récentes de travail du verre, telles que le doublage ou le triplage des verres de couleur, avec gravure à l'acide fluorhydrique ou à la roue. Mais les apports récents se trouvent dans l'emploi de verres spéciaux comme la dalle de 20 à 30 millimètres d'épaisseur ou le verre américain, puis le remplacement des plombs de sertissage par du ciment ou mieux encore des époxyrésines. Les méthodes et procédures de construction des verrières restent ancestrales.

Peut-être cette activité soutenue de nos artistes n'est-elle pas suffisamment connue ? Elle l'est à l'étranger, par exemple aux Etats-Unis, au Japon, en Allemagne... qui leur ont passé d'importantes commandes que nous ignorons souvent. Il n'est pas possible de citer ici tous les noms des ateliers ou artistes mais quelques-uns doivent être connus : Frédérique Duran, J.J. et Jeannette Gruber, Jacques Juteau, Gabriel et Jacques Loire, Charles Marq, L.R et M.Petit, les Le Chevalier et les Guevel.

Beaucoup de verrières nouvelles voisinent sans souffrir avec les anciennes. On ne leur demande plus d'illustrer les Ecritures, mais par l'agencement de leurs aplats colorés de donner au spectateur une impression générale comparable à celle de leurs aînés (dont on ne chercherait pas à analyser les détails, ce qui est fréquent, avouons-le). La rose Nord de la cathédrale de Clermont-Ferrand, qui est du XIV^e siècle, est là pour montrer d'ailleurs que le procédé n'est pas nouveau : la Sainte Vierge y trône au milieu de la rose et tout ce qui l'entoure est simplement décoratif.

Critiquer cette intention louable de



compléter de nos jours le vitrage d'églises anciennes s'explique mal chez certaines personnes qui se contentent d'habitude d'y trouver une impression générale, en passant. Car il y a diverses manières de regarder les vitraux. Beaucoup, avouons-le, se contentent de l'harmonie de l'ensemble, de la vivacité des rouges, de la profondeur des bleus (1). Ils admirent la belle parure colorée de l'édifice, son agencement et son mariage avec l'architecture. Si l'heure s'y prête, ils apprécient le flamboiement des couleurs dominantes qui, souvent, sont le fruit de l'association de plusieurs couleurs élémentaires placées là sous forme de petits morceaux de verre juxtaposés. Ils découvrent ainsi des tonalités qui n'y sont pas : le violet, le mauve, l'orangé. Pour eux, comme le disait Auguste Rodin «Les éléments que votre regard sépare dans leur premier aspect, vont s'unir et composer le tout».

Variable avec la date de création, le style particulier des sujets traités les intrigue néanmoins, sous une forme plus instinctive que documentée. Mais ils ne découvrent que rarement les restaurations, et c'est très heu-

reux. Elles ont, il faut le dire, été si honnêtement et habilement menées que les guides ont tort de s'étendre longuement sur cette triste nécessité de la survie de beaucoup de vitraux. Ils se félicitent enfin de la lisibilité accrue que procure leur lavage systématique (sujet de controverse avec ceux qui regrettent l'effet de patine auquel ils sont habitués), bien que le côté narratif ne les intéresse guère.

Un visiteur plus perspicace, surtout s'il s'est muni de jumelles, sera sensible aux thèmes particuliers que le verrier-peintre a développés et les examinera de plus près. Il en appréciera plus en détail l'ordonnance et le mode de réalisation, s'apercevra que «le bleu recule, tandis que le rouge avance» (source de relief). Il constatera qu'au Moyen-Age, les vitrailliers savaient déjà habilement placer les quelques couleurs dont ils disposaient ; leur orchestration fort savante lui apparaîtra plus nettement s'il concentre son attention sur les détails. Vus à travers des jumelles, les blocs de verre lui sembleront, plus transparents et individuellement mériteront plus nettement le qualificatif de source de lumière. Sur les œuvres contemporaines, dans une

monochromie parfois voulue, il aimera la vibration de la lumière obtenue par l'emploi de dalles d'assez grande épaisseur, dans lesquelles les éclats provoqués par la marteline sont sources d'effets optiques.

L'habileté du verrier rejoint ici la volonté de l'auteur des cartons, que la symphonie des couleurs soit accompagnée d'images narratives ou de pures harmonisations de signes colorés habilement agencés.

Sur le plan esthétique, l'évolution des styles l'intéressera, comme il en est en peinture. Car si les verrières anciennes ne sont pas signées, on connaît parfaitement les auteurs des récentes et par là les dates de leur réalisation. Il y verra alors que, dans sa diversité, l'art du vitrail est, en France, toujours vivant. Le titre de pays du vitrail que j'ai cité au début devrait donc nous être conservé. En un temps où l'art décoratif français marque le pas, ce vœu a son importance.

(1) Aux XII^e et XIII^e siècles, les fonds étaient toujours bleus ou rouges.

Légendes des illustrations

page 62

Le roi Jérôme, Notre-Dame de Paris, XIII^e siècle. Le découpage en médaillons d'une grande baie verticale est une disposition typique du vitrail gothique. On y compte 7 couleurs, pas une de plus.

Adam et Eve, Notre-Dame de Paris.

page 63

L'Automne par E. Champigneulle, 1896. L'Art nouveau est en pleine expansion à Nancy, et le vitrail civil s'adapte au décor floral.

Vitraux du chœur de Pacy-sur-Eure, par Decorchemont. Réalisés en pâte de verre comme ceux de beaucoup d'églises de Normandie, ils brillent par leur luminosité et la finesse des détails.

page 65

Vitrail Art nouveau par Jacques Gruber, 1904, Nancy. Le décor floral de coquelicots et verdure ainsi que le pigeon sont typiquement Art nouveau. Les effets d'eau ridée sont produits par des verres de surface ondulée.

Vitrail-tour au musée de Hakone (Japon), 1950, par Gabriel Loire. Pour contempler les éléments de ce vitrail-tour, un escalier à vis est installé à l'intérieur. Conçu et réalisé à Chartres, sa surface totale est de 320 m².

Le chœur de la Sainte-Chapelle, XIII^e siècle. La structure même de l'édifice est toute entière conçue pour recevoir des vitraux. Chaque couple de baies est divisé en 26 ou 60 médaillons dont les couleurs irradiant l'espace intérieur.

La Cène à la Sainte-Chapelle, XIII^e siècle. De tels médaillons, il y en a sur 618 m², divisés en 46 baies verticales ; chacune comporte entre 13 et 30 médaillons. L'effet sur le visiteur est saisissant.

Un convertisseur aux Aciéries de Longwy à Mont Saint-Martin, 1928, par Majorelle. L'industrie elle-même s'intéresse au vitrail.

Triplet de la cathédrale de Salisbury (G-B) par G. Loire. Cet exemple confirme que des réalisations contemporaines s'harmonisent très bien avec le gothique.

Vitrail pour une brasserie, 1900, par J. Gruber. En prenant ici comme sujet un cueilleur de houblon pour vanter une bière, J. Gruber relance l'art du vitrail civil en s'évadant du secteur religieux traditionnel.

Vitrail-tour de Hakone.. Voici la tour du vitrail précédent, soutenue par une armature légère.

Spécialiste réputé du vitrail, conférencier recherché, notre camarade Jean Rollet, par sucroît investigateur infatigable, a constitué sur le vitrail d'art une iconographie incomparable de 20 000 diapositives.

Rollet a par ailleurs livré au public une somme sur ce sujet : *Les Maîtres de la Lumière*, Bordas, 1980. Félicitons-le et remercions-le de s'être adonné à un tel hobby dont il dispense si généreusement les fruits.

LES VITRAUX TROYENS AU DÉBUT DE LA RENAISSANCE

Jean ROLLET (46)

ON a souvent évoqué une «École Troyenne» du vitrail au XVI^e siècle, mais un tel vocable susciterait de telles polémiques entre nos savants que je ne vais pas me risquer à l'employer. En fait, il n'y eut jamais l'équivalent des écoles de la Renaissance Italienne, Siennoise, Florentine ou Romaine. Il y eut des ateliers, une tradition, des manières, un rayonnement du vitrail Troyen avec de sublimes sommets et de tristes points bas étalés depuis les dernières décennies du XV^e siècle, jusqu'à l'extrême fin du XVII^e siècle. C'est le temps qui, aujourd'hui, nous sépare de Louis David...

Sur une telle durée, dont l'ampleur se prête ainsi mieux à comparaison, il est facile d'imaginer qu'il y eut des styles, des modes et si j'ose dire (bien que Baudelaire n'ait pas retenu de verrier parmi les génies de l'Humanité) des «Phares» de toutes les magnitudes. Quelques grands verriers Troyens œuvrèrent en solitaires, d'autres donnèrent le jour à des dynasties telles celles des Macadré ou des Gonthier qui étendirent leur activité sur plus d'un siècle.

Il convient donc de se fixer des bornes ; je les ai mises très approximativement aux extrémités des cinq

premières décennies de cette Renaissance. En effet, il semble que les plus anciens témoins de la manière Troyenne, marquée par le caractère prédominant de la pleine couleur, se voient à l'église de Ricey-Haut, au Sud de l'Aube et qu'ils dateraient des environs de 1485.

A soixante kilomètres à la ronde, il ne nous est rien parvenu dans les deux cents ans qui séparent ceux-ci des trois belles verrières de Mussy-sur-Seine (fin du XIII^e ou début du XIV^e siècle), autrement qu'à l'état de débris archéologiques.

Les verriers ne travaillaient probablement plus ou peut-être leur infime production fut-elle immédiatement brisée par les guerres incessantes contre les Bourguignons. Ceux-ci, on le sait, essayaient sans trêve de relier leurs possessions flamandes au Duché. La vallée de la Seine devint donc un théâtre de guerres et de massacres jusqu'à la mort du Téméraire et même au-delà. Il en advint la suppression des Foires de Champagne et le commerce périclita.

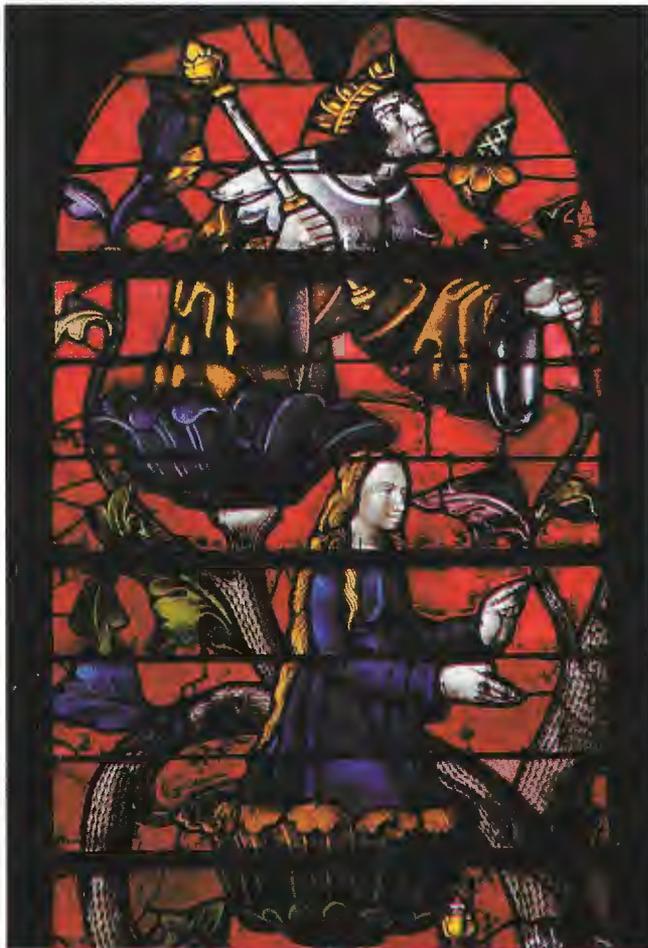
J'ai montré dans un autre ouvrage la corrélation serrée qui existe entre la richesse d'une région et son patrimoine de vitraux. On peut encore la

vérifier ici. En 1480, la vallée était exsangue. En 1485, les Foires de Champagne furent rétablies. On sait qu'elles se ranimèrent très lentement, sans jamais retrouver leur lustre passé. N'allons donc pas en déduire un effet déterminant et bornons-nous à constater qu'il ne fut pas défavorable.

Quoi qu'il en soit, dès les années 90, des verriers Troyens créent à l'église Sainte-Madeleine, une illustrissime verrière de la Passion d'un type entièrement nouveau, tant par la composition que par le mode de fabrication. Chaque panneau limité par la trame des meneaux représente un épisode bien caractérisé du récit évangélique : *Le Lavement des pieds*, ou *l'Agonie à Gethsémani*, etc. Les panneaux sont groupés en registres éventuellement superposés. On les trouve également dans le remplage. Le maître a dessiné des «cartons» qui sont des reproductions en vraie grandeur sur parchemin ou sur cuivre de chaque panneau. A partir de chacun d'eux, il a créé tous les «calibres» nécessaires. Ce sont des fragments de papier fort correspondant chacun à un morceau de verre unicolore découpé au contour du dessin. L'ensemble des calibres forme un puzzle dont la solution reconstitue exactement le carton



Cathédrale de Châlons-sur-Marne, Création de l'Homme, atelier des Henriot, vers 1510.



68 Cathédrale de Sens, Arbre de Jessé, 1502-1503.



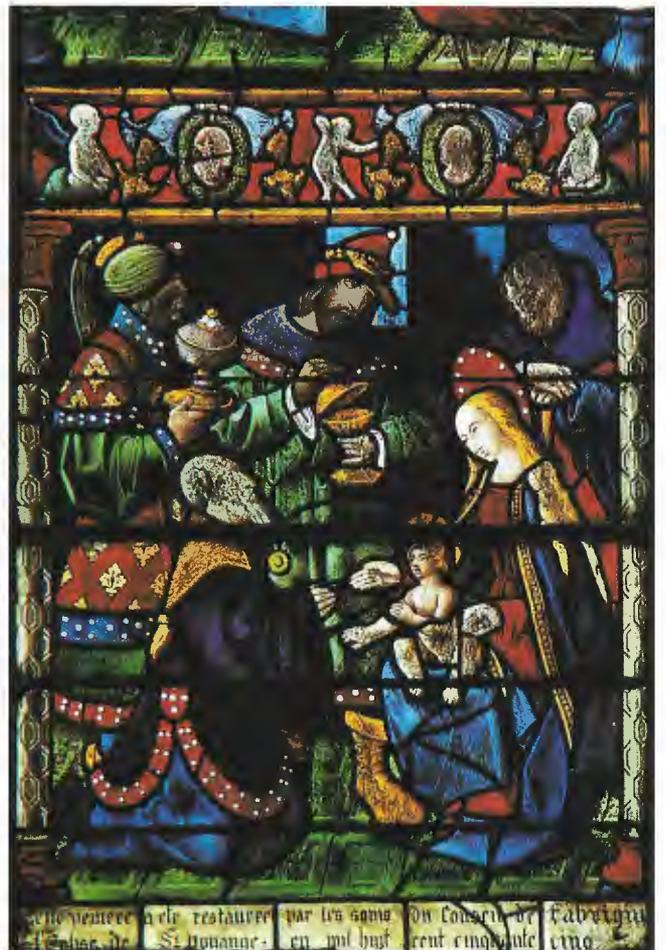
Bar-sur-Seine, église Saint-Etienne, Légende de la Croix, Bataille de Constantin, 1542.



Nozay, Danse de Salomé, 2^{ème} quart du XVI^e siècle.



Evry-le-Chatel, Baptême du Christ, 1^{ère} moitié du XVI^e siècle.



Saint-Pouange, Adoration des mages, 1^{er} quart du XVI^e siècle.

(moins l'épaisseur des plombs). Le verrier a également créé de multiples pochoirs qui permettent d'exécuter rapidement les compléments du tracé non matérialisés par des plombs, tels que le détail des visages ou les plissés des draperies, les ombres ou les inscriptions. Rien de tout cela n'est nouveau dans l'histoire du vitrail, me direz-vous. Voire ! C'est la réunion de toutes ces techniques connues qui permet à un compagnon de formation très moyenne d'exécuter, comme le maître, et à moindres frais, une bonne part du vitrail.

La vitre-mère contient tous les épisodes. Selon la richesse des paroissiens, l'artisan sert un menu plus ou moins copieux. Ainsi, la verrière de Poivres n'a que quatre panneaux. Plus encore, on peut modifier les couleurs au goût du client, quoique, dans ce domaine, le maître-verrier reste roi et fasse respecter les canons : le violet de la robe du Christ ou le bleu du manteau de sa Mère, etc.

Les Troyens ont donc inventé une certaine forme semi-industrielle du vitrail. D'autres le feront en Bretagne quelque quarante ans plus tard et ailleurs. De ce prototype aisément reproductible subsistent une dizaine de copies plus ou moins étoffées : à Chasséricourt et Creney (1512), Epernay (1505), Merges et Montfey, Puellémontier dans la Haute-Marne, Saint-Rémy, Torvilliers et Villeret dans l'Aube.

En 1505, un autre verrier crée à Troyes, pour l'église Saint-Nizier une nouvelle série de la Passion qui connaît un véritable succès et à tel point qu'au début de ce siècle on en voyait encore plus de quarante dans le seul département de l'Aube. Réduite aujourd'hui à un seul panneau à Marigny-le-Chatel, elle figure en double exemplaire à l'église Saint-Nizier, mélangée avec des panneaux de la précédente dans une seule fenêtre à Saint-Rémy-sous-Barbuise, mais aussi à Ceffonds en Haute-Marne, datée de 1511 et à Herbisse, Bérulle ou Grandville. On voit des versions différentes de la Passion en un moindre nombre d'exemplaires à Pouan-les-Vallées,

Creney datée de 1512, et en maint autre lieu.

Bien avant cela, les Troyens créèrent d'autres séries : La Vie du Christ, son Baptême, son Enfance, la Vie et La Mort de la Vierge, la Vie des Saints : St-Jean-Baptiste, St-Pierre, la Légende de la Croix, l'Arbre de Jessé, les Prédications des Sibylles, etc.

On vit également apparaître, surtout dans ce diocèse, de très nombreuses inscriptions, destinées à identifier les personnages dans l'Arbre de Jessé à Herbisse, Creney, Thieffrain et Pont-Sainte-Marie ou les donateurs à Bar-sur-Seine. Parfois déroulées sur de très longs phylactères, elles semblent préfigurer nos actuelles bandes dessinées. On les trouve en commentaire de la Passion et de l'Apocalypse (d'après les gravures de Dürer) à Chavanges ou Grandville. Elles ont la curieuse caractéristique, au moins au voisinage immédiat de Troyes, entre 1510 et 1530, d'être rédigées en un français très clair, quasi-moderne.

Très tôt les Troyens acquièrent une renommée qui les fit mander très loin. Liévin Varin, Balthazar Godon et Jean Verrat installent l'Histoire de l'Invention des Reliques de Saint-Etienne, celle de St-Nicolas, un magnifique Arbre de Jessé et vitrent la rose du Jugement vers 1501-1502 dans le transept Sud de la cathédrale à Sens. Les Hympe, père et fils s'installent définitivement ici et vitrent entre 1517 et 1520 la fameuse Rose de Paradis, ainsi que le reste du transept Nord. A Châlons, la dynastie des Henri arrive vers 1510, fait souche et monte la vitrerie du bas-côté sud de la cathédrale. D'autres établissent leurs ateliers à Auxerre et réalisent les vitraux de Saint-Julien-du-Sault, de Villeneuve-sur-Yonne, Saint-Florentin, etc., non sans mordre sur les fiefs bien défendus des Parisiens, à Champeaux ou à La Ferté-Milon.

L'extension du vitrail Troyen avant 1540 paraît sans égale. Il reste aujourd'hui plus de 200 églises qui ont conservé peu ou prou de cette vitrerie dans le seul département de l'Aube, jusque dans de très petites

paroisses, telles Villy-le-Maréchal ou Saint-Pouange voisines mais somptueusement parées. On peut présumer que 80 à 90% des églises de cette région ont été vitrées en ce temps-là.

Deux phénomènes, à première vue indépendants, vont briser l'élan sans toutefois faire disparaître le vitrail. Vers 1530, un verrier installe un Jugement de Salomon en l'église Saint-Pantaléon. La verrière est entièrement faite à base de verre blanc, dessinée en grisaille ponctuée de jaune d'argent sans verres de couleur. Assez souvent, c'est ici le cas, on abandonne le genre narratif au profit de grandes scènes synthétiques montrant un épisode-clé, un article de foi : c'est le Calvaire à Chappes, ou l'Arbre de Jessé avec quelques rehauts de verre bleu à l'église Saint-Jean de Châtillon-sur-Seine (1551). Mais les vitraux en tableaux successifs perdurent, telle la Victoire de Constantin dans un vitrail de 1542 contenant la Légende de la Croix à Bar-sur-Seine.

Curieusement, c'est l'épicentre Troyen qui résiste le moins bien (ou qui mène le jeu ?) : après St-Pantaléon, le sanctuaire de St-Nizier se laisse tenter, puis la cathédrale, l'église de Saint-Martin-es-Vignes et plus tard l'église St-Nicolas qui sera complètement vitrée ainsi. La mode suit alentour : Brienne à l'Est. Villiers au Nord, Briennon et Villemoiron à l'Occident, etc. Mais il ne manque pas d'exceptions : à Grandville où l'on exécute simultanément des verrières dans les deux styles, ni de solutions intermédiaires, par exemple, la Femme vêtue de Soleil à Dosnon. Au loin, à Epernay, Ceffonds ou à l'église de Notre-Dame-en-Vaux de Châlons, la tradition coloriste se maintient.

Cependant, la Réforme est en marche. Assez bien tolérée entre 1530 et 1540, les choses vont se gâter dramatiquement au cours des décennies suivantes. Les exactions oubliées depuis un siècle vont se renouer dans de sanglants paroxysmes. Une grande moitié des verrières en place sera détruite et bien d'autres choses vont changer. ■

LE FUNESTE ET MERVEILLEUX VOYAGE DE LIEVIN LE VITRIER AUTOUR DE LA CITÉ DE TROYES EN CHAMPAGNE

Jean ROLLET (46)

Liévin le vitrier est le petit-fils par sa mère de Liévin Varin, maître ymagier de Troyes. Il est sur le point de signer une convention avec la fabrique de Bar-sur-Seine pour «faire et parfaire quatre vitres, asçavoir de lessé, etc.» moyennant près de 150 livres. Les fabriciens tiquent sur la clause de «bonnes et fines couleurs» qui justifie la somme car ils préfèrent la nouvelle mode de vitres claires. Toutefois, Liévin ayant argué que «Dieu se plaît dans les églises illuminées par toutes les couleurs de Sa Création», le doyen lui accorde un délai pour montrer «qu'il est dans le vray». On consultera l'Abbé de Molesme sur ce point après la Saint-Robert. Liévin décide d'accomplir un «tour de Champagne». Un bachelier Sénonais l'accompagnera pour consigner le récit du «Voyage».

On en voit ici une «traduction» due à un érudit local attaché au Musée de Châtillon-sur-Seine que je fréquentais avant la guerre. Seul un chartiste pouvait décrypter le manuscrit. Il arriva cependant à le lire avec un résultat intermédiaire entre la transcription stricte et une traduction en langage actuel agrémentée de brefs passages bruts. On y a sans doute perdu beaucoup de saveur. Ce maladroit document trahit donc l'original comme une version «néo» perpétrée par un médiocre architecte trahit un monument ancien. Mais l'original a péri dans l'incendie général de la ville consécutif au bombardement du 15 juin 1940, transmuant ainsi le maladroit document, non daté, en un document précieux.

Le début est résumé ci-dessus, seul, le Voyage est rapporté ci-dessous.

NOUS commençâmes par les merveilles de la cité, en l'église de Sainte-Madeleine et à Saint-Martin. A l'église cathédrale, le Maître me montra les vitres de la nef qui ont été garnies par son (grand) père, puis les vitres de la Passion du Seigneur qui sont innombrables dans la ville et il voulut voir l'église de Saint-Pantaléon où sont plusieurs méchants vitrots dans la nouvelle manière.

Le tiers jour après Pâques, nous partîmes pour voir toutes les verrières alentour. Le Maître ne tarissait pas sur la vitrerie que son aïeul avait dressée dans la croisée de Sens, bénie chaque matin par «le vray soleil de Dieu». J'osai lui dire que j'y avais vu

la «rose de Paradis» au temps de mes études et qu'elle a mon âge. Il n'en fit pas le même éloge mais il me concéda qu'elle valait mille fois ces pâles vitres modernes.

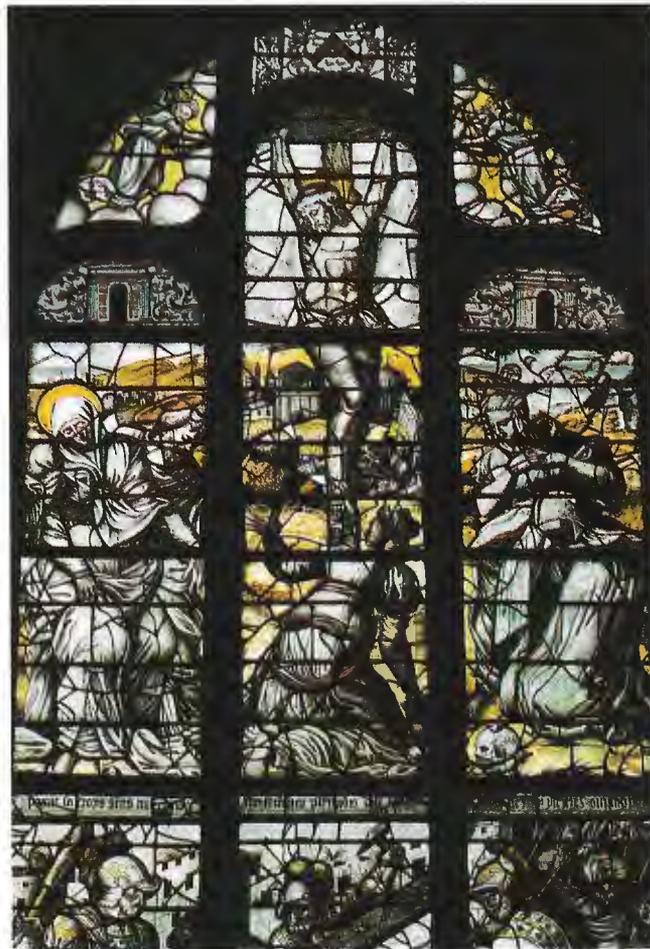
Nous gagnâmes Pont-Sainte-Marie à prime et il admira la verrière de Jessé où l'on voit tous les ancêtres du Seigneur et je crois qu'il y a œuvré. On fut bientôt en l'église de Saint-Aventin à Creney et le Maître loua encore les trois vitres de la Passion, le «Trespassement de Notre Dame» et un Arbre de Jessé. Nous gagnâmes la chapelle d'Assencières où est un autre «Trespassement de la Très Sainte Vierge». Et tirant toujours le cheval, nous visitâmes l'église de Luyères et en suivant le ruisseau, le

Baptême de Notre Seigneur dans l'autre. Et de même en l'église de Charmont il jugea que tout était dans la façon des grands maîtres et de là on revint vers Feuges où est l'Adoration des Bergers et l'on avait fait près de six lieues pour ce premier jour.

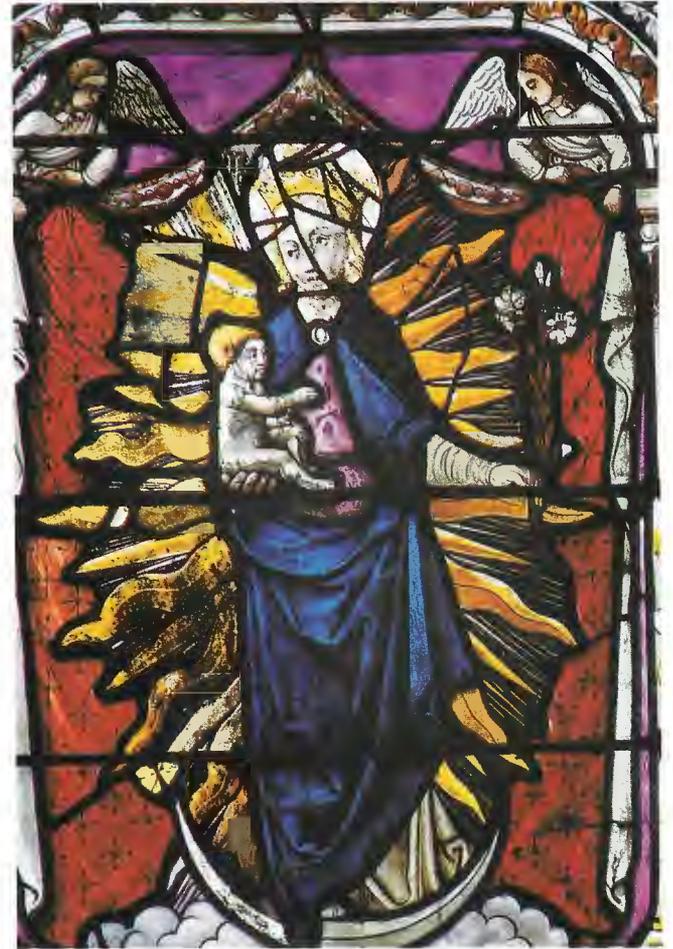
Le lendemain, nous partîmes avant prime pour Mergéy où est la Passion et il faisait froid. Puis on passa la rivière de Seine sur une mauvaise barque et l'on fut à Payns où les vitres sont mal tenues et en suivant à Saint-Lyé où sont peu de vitraux mais une belle antique sculpture. Tout près, nous trouvâmes l'église de Saint-Sulpice à Barbery où sont un curieux voutement de bois et plu-



Pouan-les-Vallées, Portement de croix, vers 1500.



Chappes, le Calvaire, vers 1530.



Dosnon, la Vierge de l'Apocalypse, debout sur un croissant de lune, 1520-1535 ?

sieurs fenêtres bien vitrées. Il se faisait des travaux à La Chapelle-Saint-Luc si revînmes vers les Noés où l'on chantait vêpres dans le chœur. Les vitres de la nef y avaient subi bien du dommage. Tant on fit sept lieues et j'avais grand mal aux pieds. Il fit meilleur le vendredi de la Saint-Léon, pour visiter Montgueux où se pressait grande foule et derechef, le Maître vanta la Crucifixion et les autres verrières. Nous vîmes aussi une Passion à l'église de Macey, on s'arrêta un instant vers none, à Messon toutes deux bien vitrées, puis le Vitrier voulut rejoindre Torvilliers où sont encore plusieurs verrières où il admira et comme il restait deux grandes lieues, il me permit de monter le cheval en raillant que je serais encore plus fatigué le jour du Jugement.

Au matin, nous vîmes les vitraux de Lépine et de Saint-André-les-Vergers qui sont merveilles avant de passer à Saint-Germain-de-Linçon où sont la Passion et la Genèse et où il dit qu'il fallait se confesser.

C'était Quasimodo. Liévin décida d'entendre la grand-messe à Saint-Léger et il y trouva de bonnes vitres, mais plusieurs fenêtres étaient veuves de leur vitrage et l'on se reposa le reste du jour au bord de l'eau.

Il ne se peut rien voir de plus beau que la Nativité de Saint-Pouange, et d'autres. Je crois qu'il y a mis la main. Et ce même lundi, nous passâmes Mousseu pour gagner l'église de la Nativité-de-la-Sainte-Vierge où la vitre des Litanies éclipsa toutes les autres. Il faut deux lieues par La Vendue-Mignot pour Montceaux-lès-Vaudes. Il s'y est fait une profusion de beaux vitraux et il y a beaucoup de fidèles. Après midi, le Maître pointa sur Vaudes où est Saint-Christophe que nous priâmes pour notre sauve(té) ? Les lilas y étaient tout défleuris.

Au-delà des gravières de Seine, nous passâmes la rivière face à la chapelle de Saint-Aventin qui attire quantité de pèlerins et y sont de bonnes vitres. Puis on passa par l'église de

Mons Saint-Pierre à Verrières et jamais je n'avais vu si grande collection de belle verrines en une si petite église, tant peut-on dire de la chapelle de Courgerennes.

Jeudi, nous poussâmes sur Saint-Julien. Les vitres y étaient en mauvais état et en suivant vers l'église de Saint-Loup à Rouilly, il est un très ancien vitrot avec d'autres. Nous passâmes la nuit à Thennelières où le Maître ne put retenir son admiration. On chantait prime au passage en l'église de Saint-Parres-aux-Tertres et y sont les hystoires de Saint-Nicolas, de Sainte-Anne, des Mages et la Chute de nos Premiers Parents. Tant à Bouranton, Laubressel et Rosson se voient de bonnes verrières. Si vint le soir que j'avais fort mal aux pieds et que nous avions déjà bien abattu plus de quarante lieues.

Nous passâmes samedi par l'autre village de Rouilly où sont de beaux vitraux et *idem* au hameau de Sacey tant que dans la cité de Piney, mais de moindre ancienneté. Le Maître voulut passer la nuit dans la chapelle de Villevoque qui est bien vitrée et là me parla de son père qui avait œuvré à la vitre de la Genèse à Châlons au temps des Henriet. Nous entendîmes la grand-messe à Montangon où se faisaient les communions et à ce qu'il a dit, je crois qu'il y a fait la vitre de la Passion.

Passé Auzon qu'il fait beau voir, nous gagnâmes Lonsols par de mauvais chemins. Et là, ils voulaient installer une hystoire de Sainte-Anne à la mode. Incontinent, le Vitrier partit pour Coclois, puis Nogent où sont de jolies verrières et surtout une Mise au Tombeau qui lui plut. Tant à Chaudrey et à Mesnil-la-Comtesse qui est à deux lieues se voit quantité de bonnes vitres. Par des chemins boueux, nous gagnâmes Nozay sous la pluie. Il s'y trouve une grande profusion de verrines bien colorées et je remarquai les musiciens au festin de Hérodes semblables à ceux d'une vitre de Saint-Florentin. Et le Maître dit que l'on y serait sous peu.

En remontant la Barbuise, tant à

Saint-Etienne qu'à Saint-Rémy, étaient la Passion et aussi à Voué où s'en trouvent plusieurs bien parfaites. A Montsuzain est la vitre de Monsieur Saint-Yves qui attire fort les pauvres gens et à Aubeterre, il se trouve des vitraux plus anciens et d'autres de ce temps. Maître Liévin me permit encore de chevaucher au matin pour les trois lieues d'ici à la Chapelle-Vallon où sont de bonnes grandes vitres et autant aux Grandes-Chapelles. Il reste peu de choses à Rilly-Sainte-Syre, mais le Vitrier admira fort l'Arbré de Jessé qui était à Chauchigny et nous fûmes à Villacerf pour la procession.

Les pluies avaient grossi la Seine tant que le passeur atterrit plus bas face à Savières où il y a peu. On tira vers le Pavillon-Sainte-Julie où le Maître fit grand éloge des nombreuses vitres qui garnissent les fenêtres et surtout (?) de Jessé et on poussa vers Villeloup la bien vitrée que l'on trouva toute embaumée par le muquet pendant les confessions.

Lundi, le Maître pointa sur Bucey en direction de Villemoiron, Bérulle et Rigny-le-Ferron où sont les plus belles verrières du bailliage mais au terme de quatre lieues qui en valaient le double tant il y avait de boue, l'église était fermée et des vitres brisées. Il était passé la troisième heure et l'on se rabattit sur Vauchassis, alternant tous deux sur le cheval. Il y avait peu à voir et l'on dormit dans une grange. La pluie cessa dans la nuit. On était à proximité de Laines où est une magnifique Mise au Tombeau et on descendit sur Bouilly où des arlandiers travaillaient à la nef sans grand ménagement pour les anciens vitraux. Et Maître Liévin stupéfait se rappela soudain que c'était Saint-Robert.

Nonobstant il tenait à Voir Auxon, Ery et Saint-Florentin et rêvait de remonter vers Auxerre le long de l'Yonne par Saint-Julien-du-Sault et Villeneuve. Nous partîmes par Javernant où est la Crucifixion. L'église de Chamoy était fermée, peu engageante et l'on passa outre. Nous atteignîmes l'église de Saint-Loup

d'Auxon avant vêpres. Elle retentissait de chants lors de notre visite et le Maître se régala, surtout de l'Arbre.

Nous partîmes au lever du jour. Les garçons avaient planté le mai devant les portes. La pluie reprit. On se perdit et l'on arriva tard à Montfey et plus tard encore à Lassois où se trouvent d'étranges ymages des Sibylles en parfaites couleurs. Alors Liévin abandonna la suite vers Saint-florentin car l'Abbé de Molesme ne pouvait attendre. Par Racines et Courtaout bien vitrées, nous gagnâmes Ervy noyé de pluie où le Maître admira longuement encore le vitrail des Sibylles et les autres.

Nous avons parcouru plus de quatre-vingts lieues et nous passâmes par Davrey, Avreuil et Metz-Robert qui sont toutes bien vitrées pour être à Chaource sur le coup de vêpres. Le Maître fut émerveillé tant par le grand sépulchre (*sic*) que par les peintures et toute la vitrerie. Il y avait foule pour la confession. La pluie avait cessé et au sortir, les gars de la ville offraient du muguet aux filles et j'en fus tout ému. Le lendemain, jour de l'Invention de la Sainte Croix, nous vîmes les belles vitres de Lantages et nous arrivâmes peu après none à Rumilly où l'Abbé de Molesme tient une grande demeure. Il avait parlé avec le doyen de Bar et savait notre venue. Si je pus dormir en un lit après quatre semaines. L'Abbé était un homme de grandes connaissances en toutes choses et parlait de tout et de même écoutait avec art aussi bien du vin des Riceys qu'il disait bien gouleyant et moins épais que les vins de la Côte et il en fit servir au Maître et autant des nombres où il était fort versé. Et à ce sujet, il conseilla au Vitrier de rabattre sur le contrat car, dit-il, si des chiffres qui expriment la somme en livres, sols et deniers on fait une partie pour les livres et de celle-ci encore deux parties et si on double la seconde et lui ajoute l'unité et la retire de la première, on trouve là et au reste un nombre encore répété cinq fois qui sent le soufre. Il dit que l'on verrait à Bar à la fête de Sainte-Germaine pour s'accorder. Ni le Maître, ni moi

n'y avons compris goutte mais il a enchaîné sur ces enragés prédicateurs qui dogmatisent dans la Montagne. Et enfin de sa grande église de Molesme qu'il fait construire aux côtés de l'antique paroissiale et qu'il veut vitrer et pendant des jours, Liévin remplit des calepins de mesures et de patronnets d'ymages que l'Abbé savait par cœur. Et il les serra dans le porte-manteau.

Le jeudi matin, ayant pris congé, le Maître visita le curé Colet qui voulait un grand fenestrage pour le bras du midi que l'on terminait et l'on fut à Fouchères où l'église n'avait pas son vitrage, guère plus qu'à Chappes où se montent des vitres claires. Le vendredi, on fut à Saint-Parres, bien vitré, pour passer la Seine en direction de Montreuil où se voit une belle Tige de Jessé et je vis que le Vitrier était soucieux. A Montiéramey sont plusieurs merveilles. Après-midi nous fûmes au Mesnil-Saint-Père. Les vitres sont de médiocre facture et comme c'était dimanche on entendit la messe et on passa le reste du jour au bord de l'eau.

Nous eûmes peine à trouver un chemin vers Géraudot entre les étangs. La chaleur se leva et nous fûmes assaillis par des nuées de tavin et cela prit la journée mais nous remerciâmes Dieu car il y est merveille. Par le nord, nous gagnâmes Villiers et Brantigny où les vitres de ces menus sanctuaires très fleuris ont comme un reflet de Paradis. Et ce mercredi veille de l'Ascension, nous passâmes par Villehardouin, Pel-et-Der, puis Précy-Notre-Dame, Précy-Saint-Martin et Lesmont toutes bien vitrées.

Dans la nuit de l'autre lundi qui a suivi la Pentecôte, des Bohémiens ont essayé de nous voler mais le Maître a joué du couteau et ils n'ont pas pris beaucoup hormis des hardes et mon dernier calepin. Par mémoire j'ai trouvé que nous sommes passés par Magnicourt pour la messe de l'Ascension, puis Brillecourt, Vaucogne, Ramerupt, Aubigny, Vinets et la cité d'Arcis pour le dimanche

chez un pays du Maître et à Pouan où l'église était embaumée par les seringats, mardi à Premierfait et Valant puis à Saint-Mesmin outre Seine et Fontaine, puis à Châtres et Méry, Etelles, Charny, Plancy et partout sont d'assez bonnes vitres. A l'Abbaye, on nous traita moins bien. L'Abbé mène moindre train, a bien moindre vin et connaissances que celui de Molesme mais il a fort gourmandé le Maître de ses inquiétudes «païennes» à cause des hérésies et il a dit que ce mauvais nombre pourrait être treizè. Ce jour nous étions passés par deux villages que l'on appelle Viapres puis à Ormes ce soir où sont plusieurs vitres estimables et nous avons bien couru trente lieues dans ce temps.

Herbisse est à deux grandes lieues. Le Vitrier était dans ses pensées mais il fut réveillé par la beauté des neuf vitres qui ornent les croisillons et le sanctuaire et surtout l'Arbre daté de mil V et XII, tant ragaillardisé qu'il mena jusqu'à Villiers où sont de très beaux vitraux. Le temps se mit au grand chaud. Par Mailly qui est bien vitré, on gagna durement, souvent sur le cheval, l'église de Saint-Antoine à Poivres et le Vitrier dit que c'était vraiment ici la maison du Bon Dieu.

En cherchant l'ombre, on descendit l'Huîtrelle par Trouan-le-Grand qui est voûté comme la cathédrale et Trouan-le-Petit où sont de belles verrières avec Jessé, mais il vilipenda celles de Dosnon sauf la Vierge vêtue de Soleil. On lambina jusqu'à Grandville où il fut partagé entre les vitraux plus anciens et ceux de l'Apocalypse que l'on vient d'installer et dont les patrons proviendraient de Maître Albert. Tant qu'il resta sur le cheval jusqu'à l'église de Sainte Tanche à Lhuître où il fut encore féroce indécis entre les belles vitres anciennes et les nouvelles mais il se contenta car il y avait grand concours de monde. On se confessa le samedi matin à Dampierre et l'on nous convia pour deux nuits au château où le Maître fut bien traité.

Mais il ne voulait plus faire de gran-



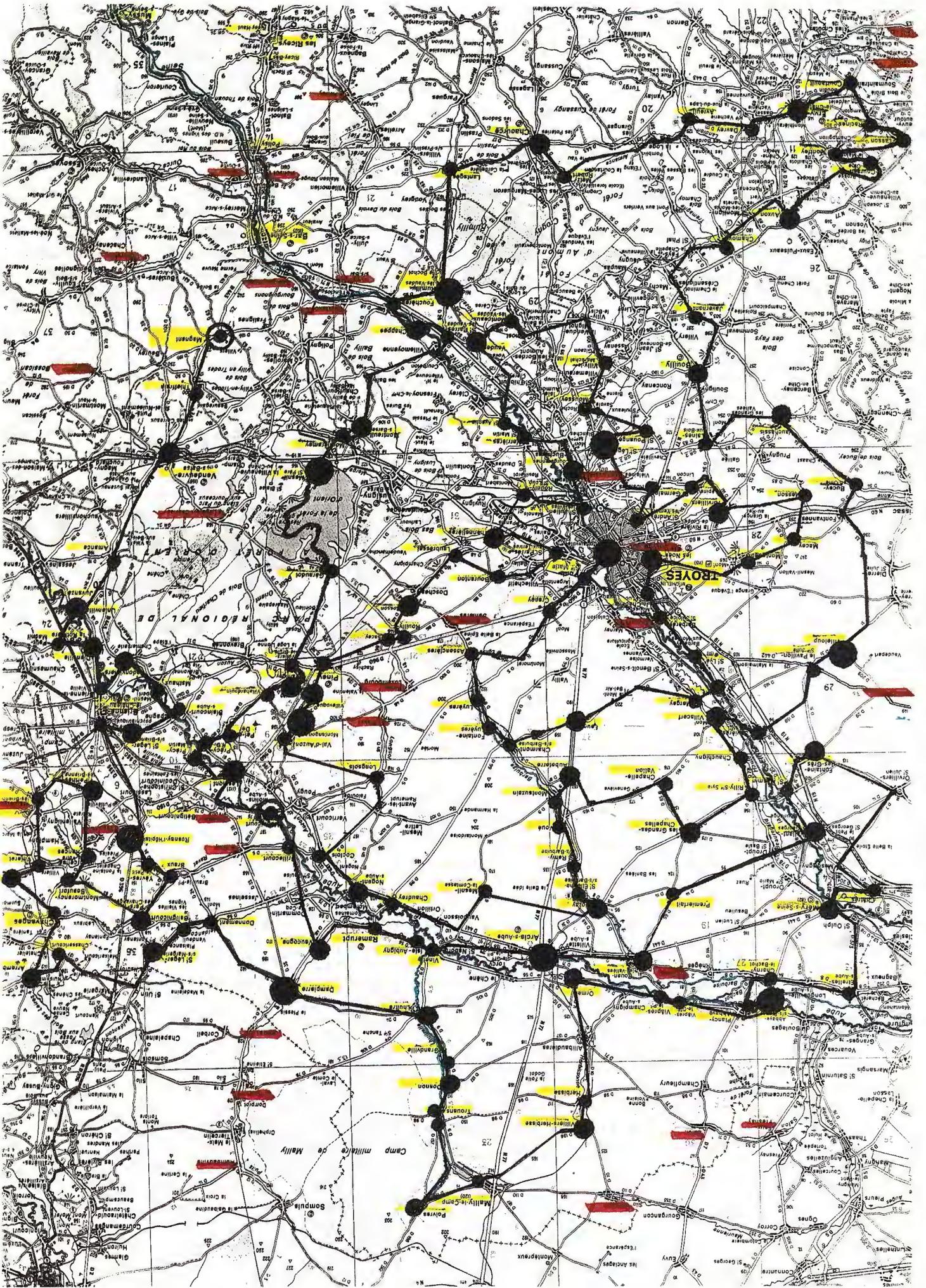
Herbisse, Arbre de Jessé, le Patriarche Abraham, 1512.



76 Saint-Julien-du-Sault, Descente de croix, 1500.



Villeneuve-sur-Yonne, Descente de croix, 1529.



des étapes bien que l'on fût en juin et je dus prendre le devant dès le matin de lundi pour gagner Donnemont puis Balignicourt et Saint-Léger où partout sont de bons vitraux, et en suivant Chasséricourt et Arrembécourt bien parfaits. Maître Liévin se leva joyeux ce mercredi, la renommée de Chavanges lui était connue et je ne l'avais point vu ainsi depuis l'Abbaye. C'est le temple des ymagiers et tout était si beau qu'il admira autant cette autre verrière de l'Apocalypse que Maître Albert a gravée. Tant il voulut faire le détour de Lentilles pour le plaisir de voir l'ouvrage de charpente et tant il fut surpris d'y trouver aussi plusieurs panneaux de qualité.

Le jeudi fut morose, on prit par Villeret, puis Maizières et Perthes où sont maintes vénérables verrières. Il aurait voulu voir Ceffonds, mais il n'en avait plus la force. Et au contraire, je m'étais aguerrri. On se rabattit sur Rances, puis Montmorency et Pars bien vitrés et le lendemain on revint péniblement par Braux et Yèvres qui ont belles couleurs pour coucher à Rosnay. On y achevait la nef et il y avait déjà plusieurs vitres dans le chœur qui n'a pas de voûte. Le prieur en voulait d'autres et le Maître coucha comme à regret quelques lignes sur son calepin. Son manège n'échappa point à cet homme qui le voulut entendre en confession et lui dit ensuite qu'il ne faut pas donner foi aux nombres. Mais Liévin ne se dérida pas. Au matin du dimanche qui tombait à la Saint-Médard, on entendit la messe à la crypte et jamais il n'a fait si chaud.

Nous piquâmes sur Brienne. On travaillait aux vitres dans le nouveau goût. Liévin très abattu ne tira rien du fabricant que je dénichai derrière plusieurs pichets vides. Saint-Léger est assez bien vitré. Le mardi, l'un traînant l'autre, on passa par Blaincourt et Mathaux puis Radonvilliers, mais le Maître parla si tristement de

sa fin prochaine que je ne vis pas bien les vitres qui pourtant étaient très belles. Ce fut Saint-Barnabé. Le Maître se tassait à vue d'œil. A Brienne-la-Vieille où les vitres sont magnifiques, il dit que l'on ne savait plus décorer la Maison de Dieu. Je dus le prier pour aller à Dienville où il ne remarqua même pas l'Arbre de Jessé. Au soir, il me dit que ce serait pour après-demain. J'eus de la peine à le lever et à le hisser sur le cheval pour voir les vitres de La Rothière et nous eûmes grand mal pour traverser l'Aube car il manquait toujours tomber et il ne voulut pas dépasser Unienville où sont de bonnes vitres. Il était comme dans un autre monde et ses pensées revenaient sans cesse à ce vendredi 13 et je mandai le curé qui le confessa mais ne l'administra point et il ne dormit pas.

Au matin il ne voulut pas voir les vitres de Juvanzé. Le cheval le porta jusqu'au bourg d'Amance. Il y avait une vitre de la Passion. Il dit que c'était un bon viatique pour cette nuit. Je le pressai d'avancer vers Vendevre. Il n'eut pas la force de refuser. Il dit que si l'on y parvenait il voudrait être assisté par son vieil ami Ramonet le Maçon. Je le fis entrer affalé sur le cheval dans l'église des Saints Pierre-et-Paul et ses yeux eurent comme une ultime lueur car nous n'avions pas vu de plus glorieuses couleurs depuis Chavanges, mais il était si bas que je dus le confier au Père pour la nuit.

On était le 14 juin, veille de Sainte-Germaine et le soleil n'était pas encore bien haut quand le Vitrier me fit un dur réveil. Il partit en avant. Bar était à moins de cinq lieues et on y serait avant vêpres. Il avait appris je ne sais comment que Ramonet avait été mandé à Magnant plus bas sur la route où un contrefort de la croisée s'était déversé. A ce train, on fut bientôt à Thieffrain et Maître Liévin transfiguré railla le verrier qui avait «galipoté» la Tige de Jessé

et qui «sûrement ne moisirait pas au Paradis». Et maintenant, il savait ce qu'il fallait faire et ceux de Bar allaient voir et après on irait à Mollesme tâter du vin de l'Abbé et œuvrer aux vitres et l'on passerait voir ces trois églises des Riceys dont il se dit tant de bien et à Mussy-l'Evêque où sont des verrières de haute antiquité et à Polisy près de la belle maison de campagne des Dinteville et, etc...

Et on fut à Magnant. Dans les jardins, les groseilliers ployaient sous le poids des fruits mûrs et les roses trémières formaient une haie multicolore. Ramonet perché sur un échafaudage le héla «ho, Vitrier prends garde dans le bras droit, ça va tomber». Le Maître me convia impérieusement et se mit en arrêt devant l'Arbre de Jessé qui est du côté de l'Epître et il étendit les bras comme pour une incantation : «Gamin, c'est cela que je ferai demain, Dieu est là». Ramonet hurla : la grande lierne écrasa dans sa chute les deux mains et broya les jambes du Maître qui tomba à la renverse. Il marmonna juste «Dieu est là» et la mort agile remonta prestement vers son cou en vagues vertes et violacées, sa bouche se paralysa et ses yeux éteints fixèrent la vitre de Jessé pour l'Eternité.

Ici se termine le funeste récit du «Gamin» qui est resté anonyme.

Trouver l'année pour qui connaît le vitrail est facile, sinon, cherche ! Trouver la somme demandée par Liévin est... facile, tu verras, cherche ! Le merveilleux, cher camarade, si ce récit t'a intéressé, réside en ce que la plupart des «vitres» qu'ils ont visitées il y a un peu plus de 4 siècles sont encore là. Nulle part au monde ailleurs qu'ici on ne peut voir, et il s'en faut de beaucoup, 160 églises «bien vitrées» en moins de «180 lieues». Prends la carte N° 61 et cherche ! ■

UN PEINTRE-VERRIER CONTEMPORAIN NOUS PARLE DE SON ART

Que de fois, enfoui sous la lumière d'un vitrail découpant l'obscurité d'une église par bonheur ouverte, m'est revenu en mémoire, comme l'écho d'un psaume, ce dialogue de «L'Annonce» :

– *Violaine : «O Maître Pierre, le beau vitrail que vous avez offert aux moines de Chinchy».*

– *Pierre de Craon : «Le vitrail n'est pas de mon art bien que j'y entende quelque chose. Mais avant le verre, l'architecte, par les dispositions qu'il sait, construit l'appareil de pierre, comme un filtre dans les eaux de la lumière de Dieu et donne à tout l'édifice l'orient comme une perle».*

Ainsi, après que l'architecte en ait réglé proportions et orientations, s'élabore cette parure de noces avec la lumière qu'est le vitrail. Demandons à l'artiste qui le conçoit, en façonne et assemble les éléments, comment, à son tour, il entend son art.

Le peintre-verrier contemporain, Henri Guérin, a apporté sa propre réponse dans un article récent «Méditation sur la lumière», publié par La France Catholique, dont nous sommes heureux de reproduire ci-dessous un large extrait. Remercions à cette occasion le directeur de ce journal, Robert Masson, d'avoir bien voulu nous y autoriser.

G.P.

SOUVENT je suis invité à témoigner, à cause de mon métier de peintre-verrier, sur l'expérience de la lumière. Quitte à décevoir, je ne crois pas avoir cette expérience. Je l'ai peut-être cru, mais avec le temps, j'ai l'impression de n'avoir rien appris depuis mon enfance. L'enfant agité que j'étais, s'immobilisait pour regarder le soir s'altérer et laisser disparaître le passage magique du bleu à l'or, fête poignante à laquelle je n'ai pu m'habituer. Ce qui semble intensifier ces moments des confins du jour, c'est le voile d'apaisement qu'ils jettent sur les paysages, villes ou nature, les réduisant à de grands mouvements d'ombre, unifiant et simplifiant notre vision, jusqu'à rendre tragique cette séparation du ciel d'avec la terre, l'un, fontaine du jour l'autre, source de la nuit.

Comme une sorte d'ensevelissement

J'ai tenté de reprendre ce dialogue dans mon œuvre de verrier. Dans les vitraux déjà l'ombre des joints charpente la lumière des verres assemblés. Je travaille les verres en de grands rapports de valeurs, la couleur sombre ou claire, apaisée ou bien vive se met au service de ces valeurs d'ombre ou de lumière. Chaque vitrail, chaque nouveau chantier s'ouvre comme une aventure. Aucune garantie ne peut m'assurer que j'évaluerai à l'origine de l'ouvrage la juste lumière inscrite dans l'interrogation béate des fenêtres. J'espère, à la pause, justifier la nécessité d'un voile plus que d'un écran qui ferait regretter la belle lumière effacée d'un vrai paysage.

Aucune expérience ne peut être renouvelée à cause de la diversité des

ouvertures et des orientations de la lumière. Je l'ai toujours su d'instinct, mais j'eus maintes fois à le vérifier cruellement. J'ai l'amer souvenir qu'à chaque fois, par paresse, fatigue ou manque d'inspiration, j'avais récidivé une expérience, je trahissais le lieu en n'acceptant pas de reconnaître l'indigence de mon engagement. A l'inverse, si je me laissais gagner par un certain dénuement face au nouveau projet, le travail obscur de l'atelier produisait à la pose un étonnement, une dépossession d'un savoir. L'œuvre semblait s'être réalisée à mon insu. Le vitrail à l'atelier se réalise dans une sorte d'ensevelissement, quand, après la taille verre par verre dressés dans la lumière, je les assemble sur la table opaque. Seule la confiance envers la petite maquette, sorte de partition d'espérance, me guide obstinément en cette obscurité de l'œuvre. Jusqu'au moment où je lèverai chaque panneau pour découvrir si la fidélité de l'intention initiale s'est réalisée ou non. Mais la grande épreuve de vérité s'établira à la pose, dans la lumière des fenêtres. Car sans lumière cette œuvre n'a aucune existence propre. Elle seule lui donnera un sens, tout son sens.

L'arbre, ce tamis de la lumière

A l'adolescence, période de ma vie haïe, j'oubliais cette lumière, seule la forêt toute proche accueillait sous son ombre ma détresse et mon angoisse.

J'ai toujours aussi beaucoup aimé les arbres, et mon œuvre en est témoin. Sous les arbres, par les nuits exaltées de pleine lune, une lumière lointaine et douce parvenait à m'atteindre. Elle me consolait d'une perte que je

croyais définitive.

Plus tard je me souviens, sur le chemin d'un emploi sans passion, je passais chaque matin devant la basilique Saint-Denis, trésor d'une banlieue alors sinistre : je me sentais chaque fois mystérieusement attiré par la vision de cette masse sombre levée sur l'aurore. J'ignorais ce qu'était cette église, elle fut pourtant un viatique, une espérance incompréhensible au jeune homme que j'étais alors. L'architecture sacrée m'a toujours semblé une magnifique réponse de l'homme à la lumière dispensée par le Créateur. Elle manifeste dans sa réponse par l'assemblage de ces pierres arrachées à la terre et levées vers le ciel, une célébration des mystères de l'univers. La Grèce aux portiques canelés d'ombre, Cîteaux plus encore par ses pierres ajustées à la perfection d'un cintre, m'émerveillant toujours. «Portes de lumière, ouvrez-vous, portes éternelles élevez vos frontons, qu'il entre le Roi de gloire» dit le psaume en écho.

Dieu appelle en toute chose, Dieu l'Appelant. Du brin d'herbe à l'étoile, tout signe est marqué de cette lumière d'appel. Dieu dévoile dans une patience sans limite par un respect infini de notre liberté, la beauté voilée de son amour. Cette clarté qui nous entoure est invitée par nos yeux à pénétrer notre cœur, ce cœur d'ombre. Si mon œil est clair, il éclairera cette ombre profonde et la changera si j'y consens en lumière. Ce regard sur l'œuvre de Dieu est transformé en regard de reconnaissance sur la création. Il devient acte de foi. La foi m'a conduit à la louange, à l'émerveillement d'être convié à ce banquet céleste qu'est déjà la lumière sur terre.

Henri GUÉRIN

79

LES VALEURS DU TRESOR

LA LIQUIDITÉ DU MARCHÉ
LA SOLIDITÉ DE L'ÉTAT



SIMPLICITÉ
COMPÉTITIVITÉ
LIQUIDITÉ
SÉCURITÉ

MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE, DES FINANCES ET DU BUDGET

F.B.L. Communication

BNP.
TOUT
CE QU'UNE
BANQUE
PEUT VOUS
APPORTER.



aérospatiale

1990: N°1 français de l' Aéronautique et de l'Espace

DES RECORDS

Premier exportateur mondial
– d'hélicoptères
– de missiles tactiques

Premier exportateur européen
– de satellites
– d'avions civils gros porteurs

DES PRODUITS DE TECHNOLOGIE AVANCÉE

• Avions :

Concorde, Airbus, ATR.

• Aviation générale :

– Avions de tourisme et d'affaires
gamme TB, TBM 700.
– Avions école militaires
Epsilon, Omega.

• Hélicoptères :

Ecureuil, Dauphin, Gazelle,
Super Puma, Panther, Tigre, NH 90.

• Missiles tactiques :

Hot, Roland, Milan, Exocet, AS 15TT,
AS 30 Laser, Eryx, Aster, A.N.S.

• Missiles balistiques :

MSBS, SSBS.

• Lanceurs de satellites :

Ariane

• Satellites :

Intelsat 5, Meteosat, Arabsat,
TDF1, Tele-X, Eutelsat, ISO.

DES RESULTATS

Un chiffre d'affaires supérieur
à 30 milliards de francs, dont plus
de 60% à l'exportation.

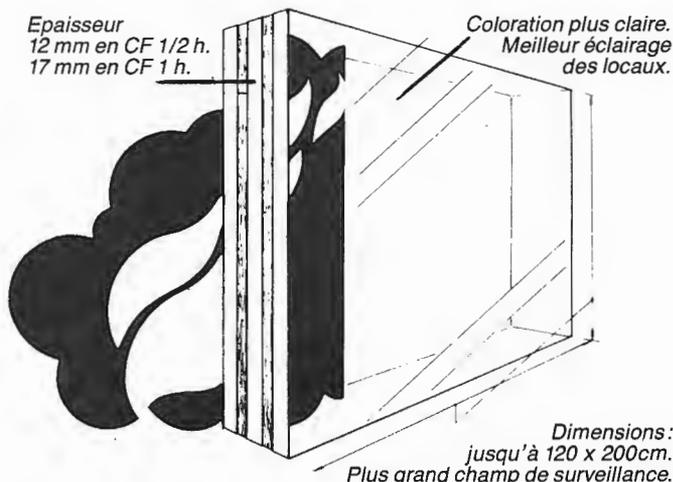
VIDEOGLASS

 THOMSON CONSUMER ELECTRONICS



VERRERIES DE TÉLÉVISION COULEUR
77167 BAGNEAUX-SUR-LOING
Tél. 64 45 41 00 - Télécopie 64 45 41 03

PYROBEL GRANDIT ET S'ÉCLAIRCIT, POUR MIEUX VOUS PROTÉGER.



Pyrobel, le fameux vitrage qui résiste au feu, se présente avec deux nouveaux atouts : il est désormais disponible en plus grand format (120 x 200 cm) et sa teinte "whisky" est devenue plus légère. Résultat ? Il protégera encore mieux vos locaux contre les flammes et les éclairera davantage.

Sa réussite totale lors des essais officiels a déjà convaincu de nombreux utilisateurs et suscite l'intérêt d'un public croissant.

Vitrage résistant au feu
 **PYROBEL**

Le bouclier complet contre l'incendie


Glaverbel
FRANCE

Innovation et maîtrise technologique
160, rue Lafayette
75010 Paris
Tél. (1) 40 37 70 81
Fax (1) 40 37 70 83

BON pour une documentation Pyrobel gratuite.

Nom

Rue

.....

Code postal Localité



Avec : AIR FRANCE • BNP • BULL • COMPAGNIE BANCAIRE • E.D.F. • G.D.F. • Mc KINSEY • PECHINEY • RHONE-POULENC • S.N.C.F.

LES PETITS DÉJEUNERS POLYTECHNICIENS
LIONEL STOLERU

L'invité de Juin :

JACQUES CHIRAC

sur le thème :

“Forces et faiblesses actuelles de la France”

Prochain invité, le mardi 11 septembre 1990 : M. KASPAR

*Maison des Polytechniciens - 12, rue de Poitiers - 75007 PARIS
Renseignements : Les Petits Déjeuners Polytechniciens : 47.20.62.81*

BIMP
une banque
à la mesure
de vos
ambitions



BIMP Banque Industrielle
& Mobilière Privée

22, rue Pasquier 75008 Paris

(1) 40.06.60.00

GÉRANCE
DE PORTEFEUILLES

H. ROGIER

S.A. au Capital de 5 226 000 Francs

51, avenue Hoche - 75008 PARIS

☎ 47 66 06 06 - Fax : 47 66 10 67

Fondateur

Henri ROGIER (pr. 1920 sp.)

43 ANNÉES D'EXPÉRIENCE

Président-Directeur Général
Claude PICHON (pr. 1946)

DÉPÔT DES FONDS ET TITRES
CHEZ TROIS SOCIÉTÉS DE BOURSE

**Envoi de renseignements détaillés
sur demande**

L'article de Marcel Macaire intitulé «Analyse Relativiste de la Structure des Systèmes Gravitationnels», publié dans le N° 471 de La Jaune et la Rouge de janvier 90, a suscité de vives réactions, parmi plusieurs scientifiques : Marcel Froissart (53), Louis Michel (43), Gunther (53)...

La qualité des intervenants (rappelons que le premier est professeur au Collège de France et le second membre de l'Académie des Sciences) nous a amené à porter une attention toute particulière à leurs observations.

Reconnaissons d'abord avec eux que La J.R. n'a pas vocation à servir de tribune pour débattre de problèmes scientifiques touchant des domaines d'accès difficile à des non-spécialistes. Tout au plus peut-on délivrer une information «neutre» exposant «l'état d'une question», lorsqu'un consensus est loin de s'être établi sur un sujet donné au sein de la Communauté scientifique. Tel est par exemple l'esprit d'un article de mai dernier consacré à «La Fusion froide».

Reconnaissons en second lieu que les conclusions de M. Macaire n'ont pas été présentées avec la prudence et les réserves nécessaires, à commencer par celles formulées par le jury lui-même, au risque de fausser l'appréciation du lecteur, enclin à prendre pour résultats acquis, des explications encore hypothétiques nécessitant un examen approfondi qu'un jury n'a pas en général le loisir d'accomplir.

Ceci admis et bien noté, nos juges au tribunal de la connaissance reconnaîtront-ils, (espérons-le), qu'il est bien hâtif et peu courtois vis-à-vis des membres du jury, de condamner une thèse dont ils n'ont pas eu le texte entre les mains et son auteur qui se serait «exclu de la Communauté scientifique».

La J.R. ne pouvait négliger de solliciter l'avis du Président de ce jury : le Professeur Pecker (du Collège de France), ex-Directeur de l'Institut d'Astrophysique. Celui-ci nous a obligeamment adressé la mise au point suivante.

G.P.

Selon le chapeau de cet article, il s'agit d'un «aperçu sur certains aspects d'une thèse de doctorat d'Etat ès sciences, soutenue... le 17 juin 1988». Toujours selon ce chapeau, largement explicité dans le texte, il est précisé que l'auteur montre «comment la théorie de la Relativité Générale permet de prévoir et d'expliquer l'existence et la formation de corps célestes ... cortège de planètes, de satellites et d'anneaux ... galaxies ... loi de Bode». *In fine*, M. Macaire tient à rendre hommage aux membres du jury, notamment au Président de ce jury, le Professeur J.-C. Pecker, membre de l'Institut. Si bien que plusieurs collègues, confrères et amis m'ont demandé des précisions complémentaires au texte de Marcel Macaire. Je me tiens donc obligé d'apporter les éclaircissements et commentaires suivants :

1. Effectivement, M. Marcel Macaire a soutenu sa thèse à l'Université Paris-Val de Marne ou Paris XII,

à Créteil, devant un jury composé de MM. R. Buvet, J. Abadie, F. Nahon, Ch. Oddou, J.-C. Pecker (Président), A. Papapetrou, le 17 juin 1988.

2. Le titre de la thèse était initialement : «Théorie relativiste de la formation des systèmes stellaires». Le jury (on va voir pour quelles raisons) a demandé à M. Macaire d'en modifier le titre et de la limiter à ses premiers chapitres. Le nouveau titre est «Analyse relativiste de la structure de systèmes gravitationnels».

3. Le jury a suivi unanimement les opinions émises par les trois rapporteurs. Le problème que se posait M. Macaire est d'abord la description relativiste du champ gravitationnel d'un corps central à symétrie axiale avec rotation, entouré par une distribution de gaz, de faible masse. La méthode suivie par M. Macaire est une méthode d'approximations successives. Puis cette description est appliquée au calcul des trajectoires

périodiques et à leur stabilité. Là encore, certaines approximations sont nécessaires. Tout en regrettant que M. Macaire n'ait pas complété ce calcul, en montrant, dans des cas où cela eut été possible, l'équivalence de sa méthode générale, mais approchée, avec la méthode exacte, mais limitée, de Kerr, ou bien en comparant ses résultats avec ceux de Magnus et Winkler, le jury a manifesté sa conviction de l'intérêt potentiel des techniques suivies.

4. En revanche, en ce qui concerne l'application de ces techniques à l'étude du système solaire, le jury a estimé que bien qu'il s'agisse là de la motivation du travail, c'en est aussi la partie la moins convaincante : or c'est celle-là qui, essentiellement, est décrite, de façon résumée, dans l'article de *La Jaune et la Rouge*. Les principales réserves du jury sont dues à ce que, dans le domaine des structures du système solaire, il existe des théories (non parfaites, mais perfec-

tibles) reposant sur l'étude de la stabilité des solutions périodiques en mécanique classique, et qui rendent compte des particularités observées, les zones de Kirkwood par exemple. 5. On peut se demander s'il était intéressant, malgré ce qui vient d'être dit de l'opinion du jury, de publier ces considérations, jugées par lui spéculatives.

Je dirai ici mon opinion *personnelle*. Je ne crois pas qu'un travail honnête, même très criticable, doive être interdit de publication. Je pense que, dans des recherches pouvant paraître inutiles, certaines idées peuvent être exprimées, et s'avérer, dans d'autres contextes, fécondes. Je crois donc que La Jaune et la Rouge a bien fait de publier le texte soumis par M. Macaire ; susciter une réflexion nouvelle est a priori sain, d'autant plus que les solutions apportées par la mécanique classique au problème posé sont loin d'être complètement satisfaisantes. Et ce, même si la solution n'est sans doute pas à trouver

dans les termes relativistes mais dans l'amélioration en mécanique classique, des solutions numériques du problème des n corps.

Je regrette deux choses : que la présentation du travail n'ait pas précisé qu'il s'agissait de la dernière partie, contestée par le jury, d'une thèse par ailleurs très honorable. Et surtout, je regrette que la substance de la thèse ne fasse pas l'objet d'une publication détaillée, complétée par une discussion quantitative des avantages respectifs de la méthode de Kerr, exacte mais très particulière, (et ne s'appliquant pas au cas étudié par M. Macaire) et de la méthode générale, mais impliquant un système d'approximations (portant notamment sur le caractère négligeable du terme non diagonal du tenseur métrique), proposée par M. Macaire (et que l'on pourrait évidemment appliquer aussi dans un cas où la méthode de Kerr est valable).

Jean-Claude PECKER

VARIÉTÉS

TRADIS CROISÉS AVEC D'AUTRES

M. RAMA (41)

*Solution des définitions publiées le
mois dernier, page 31*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	P	A	N	T	O	U	F	L	E	S
II	E	D	A	I	R	T		E	L	U
III	T	U	B		S	E		S	I	R
IV	I	L	L	E		S	P		X	L
V	T	E	A		I		E	P	I	E
VI	N		S	E	L	A	T	O	R	C
VII	A	S		T		N	O	D		U
VIII	N		M	A	R	T	I	N	E	T
IX	G	R	I	M	O	I	R	E		E
X	E	E	T	A	T		E	U	R	E

Nos lecteurs auront lu avec intérêt l'article que notre jeune camarade Hervé BEUST (84) a consacré, dans la précédente livraison de *La Jaune et la Rouge*, à la mission d'observation astronomique qu'il a effectuée à l'Observatoire de la Silla au Chili.

Nous tenons à préciser que grâce au «Fonds Dargelos» l'A.X. a pu apporter son aide au camarade BEUST.

Ce «Fonds», qui n'a pas en fait de statut juridique particulier, a été constitué par des dons successifs faits à l'A.X. par la famille de notre camarade Pierre DARGELOS (1909) décédé en 1976.

Il est spécialement destiné à aider les jeunes camarades, sortis de l'École depuis moins de dix ans, dans leur début de vie professionnelle, notamment dans les domaines de la recherche, du développement des technologies et de la création d'entreprise.

VIE DE L'ASSOCIATION

CONVOICATIONS DE PROMOTIONS

1938

Pique-nique le **mardi 26 juin** à Véron, près de Sens, chez le Camarade ROGER. S'annoncer directement auprès de lui à partir du 20 juin.

Le **mercredi 10 octobre** la promo participera en corps constitué à la cérémonie annuelle de l'A.X. au tombeau du Soldat Inconnu pour honorer la mémoire de ses cocons M.P.F., à l'occasion de la parution de la plaquette souvenir qui leur est consacrée. Rassemblement à 18 h 15 à l'Arc de Triomphe, la flamme sera ravivée par le camarade SOULA, général d'armée aérienne.

Immédiatement après, à 19 h 30, dîner avec épouses à la Maison des X. S'inscrire pour le 4 octobre au plus tard au 47.53.37.88. (secrétariat de MILLIER).

GROUPES X

LANCEMENT D'UN GROUPE X-EUROPE

L'objet du groupe est notamment de prolonger les réflexions amorcées lors du colloque organisé par l'AX en mars 1989 : « L'Europe au XXI^{ème} siècle : mythe ou première puissance mondiale ? » Il se propose d'apporter des éclairages sur les enjeux sociaux, scientifiques, technologiques, juridiques, économiques et culturels de l'Europe, en s'appuyant sur l'expérience quotidienne de ses membres, sous la forme de recherches, de débats ou de publications.

Approuvé par le Conseil de l'AX, le groupe X-Europe est patronné par un Comité d'Honneur, comprenant notamment : LEPRINCE-RINGUET (20N) Président, MARTRE (47) Vice-Président, ALLAIS (31), BARAZER (54), BEFFA (60), COLLOMB (60), DELAPORTE (49), ESAMBERT (54), FOURTOU (60), GUILLAUMAT (28), LAFFITTE (44), LEVY (46), LEVY-LANG (56), MAIRE (56), MARBACH (56), DE MONTBRIAL (63), PEYRELEVADE (58), RUTMAN (47), SYROTA (58), WORMS (55).

Son bureau est constitué de la façon suivante :

Président : KERVERN (55)

Secrétaire : De CORDOUE (78)

Trésorier : VAQUIN (65)

Les camarades qui souhaitent participer aux activités du groupe doivent se faire connaître auprès de Bertrand De CORDOUE (78) (Tél. Bureau : 40.65.45.66).

X-ENTREPRENEUR

Le groupe réunit des camarades, désireux de créer ou de reprendre une entreprise, seuls ou en partenariat, ou, détenant déjà une entreprise, désireux de céder leur affaire, de rechercher un partenaire ou d'acquiescer une autre entreprise.

Son effectif est d'environ 100 camarades de tous âges.

Des réunions ont lieu périodiquement à 18 heures, 5, rue Descartes, 75005 Paris : 19 septembre, 7 novembre, 19 décembre. D'autre part, les membres du groupe peuvent assister aux conférences organi-

sées par le GROUPEMENT DES CLUBS DES REPRENEURS D'ENTREPRISES et animées par des professionnels, dont le programme et les thèmes sont les suivants :

18 septembre - Le partenariat européen.

20 novembre - L'organisation de la recherche.

De même, les membres du groupe peuvent assister aux conférences communes organisées par le CRA (Club des Repreneurs d'Affaires - ESSEC, ESCP, Sciences Po) et le CLENAM (Club Entreprise Arts et Métiers), clubs avec lesquels X-Entrepreneur a conclu des accords de coopération.

Ces réunions auront lieu les 20 septembre, 25 octobre, 6 décembre.

Pour tous renseignements, s'adresser à : J.J. THAREL (47) ou P. SCHRICKE (47), l'après-midi, 5, rue Descartes, 75005 Paris, Tél. : (1) 46.33.44.11.

G.P.X.

GROUPE PARISIEN DES X

12, rue de Poitiers

75007 PARIS

Tél. : (1) 45.48.52.04

et 45.48.87.06

LE MOT DU PRÉSIDENT

Une saison de plus s'achève, marquée, comme de coutume, par des activités variées qui ont rassemblé et intéressé les fidèles. Nous avons eu l'occasion d'en donner un aperçu dans le dernier numéro. Je rappelle que, sur simple demande, les camarades habitant en Ile-de-France pourront recevoir nos prochaines circulaires, et donc participer aux activités de leur choix pendant un temps limité.

Est-ce trop espérer que nombreux soient ceux qui rejoindront le G.P.X. à la rentrée, en y apportant, avec leur dynamisme et leur bonne humeur, des idées nouvelles ? C'est donc en tout cas le vœu que je formule en souhaitant à tous de bonnes et vivifiantes vacances.

SECRETARIAT INFORMATIONS

Ouvert de 10 h à 12 h et de 14 h à 16 h 30 du lundi au vendredi.

Période de vacances : **le Secrétariat sera fermé du lundi 2 juillet au matin au lundi 3 septembre au matin.**

VOYAGES

- Le **Pakistan**, 18 jours du 29 septembre

au 16 octobre.

- La **Camargue** et les **Alpilles**, 9 jours, en autocar privé d'Avignon à Avignon du 29 septembre au 6 octobre.

Pour la saison prochaine nos projets actuels sont les suivants :

- Les **Émirats Arabes**, le **Sultana d'Oman**,

10 jours, 1^{ère} quinzaine de février 1991 ;

- Le **Japon**, 20 jours, début avril 1991 ;

- 3 jours à **Budapest** (date à préciser) ;

- L'**Irlande** fin mai début juin 1991, 8 jours ;

- L'**Indonésie** en automne 1991.

PROMENADES A PIED

En juin, sortie avec Gilles MOREAU (58). Pour information : tél. : 43.78.66.69 (soir).

Promenade week-ends samedi et dimanche **22 et 23 septembre** avec Daniel BERNHARD (66). Dans la région de Vernon 22 kms, chacun des 2 jours. Les personnes intéressées sont priées de contacter Daniel BERNHARD (66) **avant le 15 juillet ou entre le 1er septembre et le 10 septembre** pour inscription. Tél. : 46.66.79.51 (soir) ou 40.59.11.49 (bureau).

CARNET POLYTECHNICIEN

1913

Décès le 11.3.90 de Madame Blavignac, veuve d'**Etienne Blavignac**, belle-mère d'Antoine Thiard (47), grand-mère de Philippe Hubert (73) et de Bruno Thiard (78).

Décès d'**André Coquet** le 12.4.90.

1919S

Décès de **Gaston Dollé**, père de Jean Dollé (43) et de François Dollé (45), le 23.3.90.

1920N

Décès de **René Messbauer** le 2.1.90.

1921

Décès d'**André Weil** le 30.11.89.

1924

Madame Le Chuiton f.p. du décès de son époux **Robert Le Chuiton**, le 22.3.90.

Décès de **Fernand André** le 24.3.90, beau-frère de Guy Brunet (33) MpF en 1940.

1925

Décès de **Jean Mesqui** le 4.4.90.

1927

Décès de **Georges Desmots** le 3.4.90.

Décès le 16.3.90 de Madame veuve **Yves Thomazeau**, fille de Coqueugnot (1900), belle-sœur de Dreux (27), mère d'Alain Thomazeau (56) et Jean Thomazeau (60), belle-mère de Bruno Flichy (58), grand-mère d'Yves Thomazeau (83) et Gabriel Flichy (85).

1929

Décès de **Gabriel Guy** le 4.4.90.

1930

Décès de **Pierre-Guy Marcoux** le 16.4.90.

1933

Décès de **Jean Bourgeois-Pichat** le 15.4.90.

1934

Décès de **Marc Perraud** le 29.3.90.

1950

André Michaud f.p. de la naissance

de ses 9e, 10e et 11e petits-enfants : Ghislain Michaud chez Emmanuel et Marion, Léopold Michaud chez Pierre et Claire, Raphaëlle Michaud chez Bruno et Hélène.

Marty f.p. de la naissance de son 12e petit-enfant, Audrey, arr. petite-fille de Marty (21), chez Clotilde et Stéphane Roux le 18.4.90.

1951

Michel Goutard f.p. du décès de sa mère, sœur de Jean Devarenne (23), le 13.4.90.

1952

Roger Petit-Jean f.p. de la naissance le 5.12.89 de sa 2e petite-fille, Marion, fille d'Hervé et de Claire Gouin, arr. petite-fille de J. Berger (28) et nièce de **B. Lerouge**.

1954

François Grandpierre f.p. du prochain mariage de sa fille Virginie, avec Philippe Barot.

Christian Maldidier f.p. de la naissance de sa 2e petite-fille, Marion, chez sa fille Axelle.

1956

Bernadet f.p. de la naissance de son petit-fils Alexandre chez sa fille Corinne.

Jean-Marie Biermé f.p. de la naissance de son 2e petit-fils, Miguel, fils de Jacques et Maryline Morgny, le 9.3.90.

1958

Madame **Didier Lebel** f.p. du mariage de sa fille Anne-Sophie, petite-fille de Rain (30) et de Lebel (32), avec Marc Coroller le 28.4.90.

1964

Décès de **Shabétai Farhi** le 4.6.89.

1969

Décès de **Daniel Paquet** le 13.8.89.

1973

Florence et **Emmanuel Bouchon** f.p. de la naissance de Béatrice le 13.3.90.

1974

Anna et **Emmanuel Horowitz** f.p. de

la naissance de Raphaël, petit-fils de Jules Horowitz (41), le 7.3.90.

1975

Hervé Cohen f.p. de son mariage avec Dominique Silbert le 29.3.90.

1977

Patrick et Marie-France **Tejedor** f.p. de la naissance de leur 4e fille, Florine, le 15.10.89.

Catherine et **Eric Debroeck** f.p. de la naissance d'Emilie le 30.3.90.

Décès de **Didier Raoul-Duval** le 22.9.89.

Catherine et **Nicolas Jachiet** f.p. de la naissance de Louis le 6.4.90.

1978

Caroline et **Michel Sabatier** f.p. de la naissance d'Emmanuelle le 3.1.90.

Agnès et **Michel Bouvet** f.p. de la naissance de leur fils, Alexandre, le 2.2.90.

Eric et Valérie **Radenac** f.p. de la naissance de Cécile le 22.3.90.

Claude et **Olivier Guillermin** f.p. de la naissance de Nils le 6.4.90.

1981

Christophe Rossi f.p. de son mariage avec Agnès Tourné le 2.12.89.

1982

Olivier de Guibert f.p. de son mariage avec Sophie Lelarge d'Ervau le 12.5.90.

Patricia et **Gilles Cochevelou** f.p. de la naissance de Anne-Sophie le 11.4.90.

1984

Jean-Philippe Huguet f.p. de son mariage avec Marie-Laure O'Mahony le 16.9.89.

1986

Nadine et **Jean-Marc Fernandez de Grado** f.p. de la naissance de leur 2e fils Robin le 7.1.90.

1987

Hervé Tête f.p. de son mariage avec Anne Mirlie le 5.5.90.



Le Collège de Polytechnique

Les prochaines sessions :

Réseau - Communication - Informatique		
Stratégie en moyens de communication de l'entreprise	OCTOBRE	8 - 9 - 10
La sécurité logique des systèmes et des réseaux informatiques	OCTOBRE	18 - 19
Les réseaux informatiques : architecture et mise en œuvre	NOV./DÉC.	10 jours
Gestion - Organisation - Finance		
Le langage dans la gestion des organisations	JUIN	20
Les mathématiques de la finance	OCTOBRE	11 - 18 - 25
Modélisation numérique		
Modélisation des écoulements fluides	OCTOBRE	1 - 2 - 3 - 4
Outils scientifiques nouveaux		
Les principes de la cryptographie et leur mise en œuvre	NOVEMBRE	26 - 27 - 28
Les fractales : la hiérarchie de taille dans la nature	OCTOBRE	11 - 12
Ressources nouvelles pour l'instrumentation		
Sources X créées par laser	NOVEMBRE	19 - 20 - 21

Contact & inscriptions : F. SALOMON 60 19 40 18

École Polytechnique 91128 Palaiseau Cedex - Maison des X 12, rue de Poitiers - 75007 Paris

**LA RECHERCHE
POUR LA DEFENSE**

LASERS
DETONIQUE
BLINDAGES
DOMAINES "NBC"
MOYENS D'ESSAIS
ANALYSE DE SYSTEMES
PHYSIQUE DES SURFACES
SYSTEMES DE PERCEPTION
ENDURANCE DES MATERIAUX
RECHERCHE OPERATIONNELLE
DETECTION - PROTECTION - DURCISSEMENT



Etablissement Technique
Central de l'Armement

16 bis, Avenue PRIEUR DE LA COTE D'OR 94114 ARCUEIL CEDEX TEL : (1) 42.31.94.63

P.F.A. IMMOBILIER

45 66 95 60

1, rue Falguière - 75015 PARIS

Directrice Mme USUNIER (épouse X 72)

ARAGO 13°

Imm. récent standing, STU-
DETTE, sur jardin, parfait état,
kitch. équipée, sdb, w.-c.
Px : 490 000 F.

GOBELINS 13°

Bel imm. pdt ravalé, 2 PCES,
kitch., s. d'eau, w.-c., calme,
très clair.
Px : 890 000 F.

PROX-LE-VESET (78)

Bel imm. récent, entrée, grand
séjour, 2 chambres, cuisine,
sdb, w.-c. indép., plein sud,
vue superbe, parking.
Px : 1 100 000 F.

MONTPARNASSE 15°

Imm. pdt, ascenseur, 3 PCES,
entrée, cuisine équipée, sdb,
w.-c., parfait état, calme.
Px : 1 600 000 F.

CONVENTION 15°

Bel imm. 1930, ascenseur,
entrée, double living, 2 cham-
bres, cuisine, sdb, w.-c. indép.,
expo sud-est.
Px : 1 995 000 F.

UNESCO 15°

Bel imm. 1930, ascenseur,
entrée, salon, salle à manger,
chambre, cuisine, sdb, w.-c.,
sur verdure, soleil.
Px : 2 400 000 F.

PASTEUR 15°

Imm. pdt ravalé, ascenseur,
entrée, salon, salle à manger,
2 chambres, cuisine équipée,
sdb marbre, w.-c. indép., nbreux
rangements, soleil, calme.
Px : 2 625 000 F.

LUXEMBOURG 5°

Imm. récent standing, entrée,
living, bureau, chambre, cui-
sine avec coin salle à manger,
sdb, w.-c. indép., sur jardin,
soleil, calme, très bon état.
Px : 2 940 000 F.

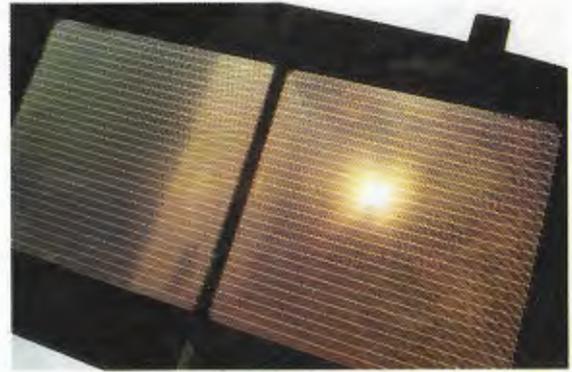
DUROC 7°

Imm. pdt, 4/5 PCES, entrée,
cuisine, sdb, w.-c., possibilité
profession libérale.
Px : 3 675 000 F.

VILLAGE SUISSE 15°

Imm. 1930, ascenseur, ATELIER
d'ARTISTE en duplex, entrée,
double séjour, chambre, cui-
sine équipée, sdb, 2 w.-c., soleil,
parfait état.
Px : 3 990 000 F.

SOLEMS LA MAITRISE DES COUCHES MINCES



Première société européenne de recherche dans le domaine des couches minces pour l'industrie photovoltaïque, SOLEMS est associée au Groupe Phototronics créé par TOTAL et MBB pour le développement de la filière silicium amorphe.

Parmi les principales applications, le développement du silicium amorphe sur les panneaux mobiles de toit ouvrant des automobiles, avec semi-transparence lumineuse, destiné à l'alimentation d'un système de ventilation autonome.

SOLEMS à Palaiseau, c'est déjà l'Europe

3, rue Léon Blum - Z.I. "Les Glaises" - 91124 PALAISEAU CEDEX
☎ (1) 60 13 34 40 - Fax : (1) 60 13 37 43 - Télex : 604 549

GROUPE
FÉAU



IMMOBILIER D'ENTREPRISE

IMMOBILIER RÉSIDENTIEL

ADMINISTRATION DE BIENS

PROMOTION-CONSTRUCTION

COURTAGE D'ASSURANCE

132 BOULEVARD HAUSSMANN 75008 PARIS

40.08.10.00

Paul-Louis CAMIZON (61)
PRÉSIDENT-DIRECTEUR GÉNÉRAL

BANQUE INTERNATIONALE DE PLACEMENT

Parce que les choix financiers sont décisifs, notre vocation est de tout mettre en œuvre pour prendre avec vous les bonnes décisions au bon moment.

Henri PLISSON - 1962

Jean HURET - 1965

Jean-Michel MEPUIS - 1974

Alexis VIRY - 1982

Philippe ROUSSEAU - 1985

Serge GLANDARD - 1984

Banque Internationale de Placement
108, boulevard Haussman
75008 Paris - Tél. : (1) 42.93.14.14

bip

LA BANQUE D'AIDE A LA DÉCISION



Fondée en 1889 par Ernest Abbe, la Carl Zeiss Stiftung (Fondation Zeiss) regroupe dès 1919 les entreprises Carl Zeiss et les verreries Schott de Mayence.

Cette fondation oriente son action autour des objectifs suivants : promouvoir une technique de haute précision dans les domaines de l'optique et de la verrerie ; consolider sa situation économique et faire bénéficier le personnel de formations et d'avantages sociaux.

A l'issue de la seconde guerre mondiale, la Carl Zeiss Stiftung est expropriée sans dédommagements à l'ena. Elle réussit à se perpétuer dès 1949 lorsque le gouvernement du Land de Bad-Würtemberg lui fixe Heidenheim pour nouveau siège social.

La fondation Zeiss consacre 10 % de son chiffre d'affaires aux activités de recherche et de développement (C.A. 88 : 4 milliards de DM), les innovations en verres correcteurs sont diverses et multiples.

En France, la société Zeiss est la doyenne de l'optique. Elle a fêté son 75ème anniversaire en 1988. La filiale française Zeiss basée au Pecq, offre un vaste éventail de verres ophtalmiques de très haute définition aux opticiens français. Les verres Zeiss sont la référence technique en matière de correction des amétropies de tous types ; du simple verre de protection solaire aux systèmes d'aide visuelle en passant par les verres de vision simple ou progressive, réalisés dans les matériaux les plus performants dotés de traitements anti-réflexion de qualité inégalée.

Zeiss commercialise une toute nouvelle génération de verres progressifs qui offrent aux presbytes la garantie d'avoir sur les deux yeux la même acuité visuelle quelque soit l'angle et la position du regard. Ces verres progressifs "Gradal HS" sont uniques sur le marché. Ils sont surfacés dans des matériaux spécifiques pour chaque cas d'adaptation.

Autre exclusivité de Zeiss, pour les hypermétropes et les astigmatés, le verre "Hypal", verre asphérique et atorique de grand diamètre, qui, tout en étant esthétique, offre une image de définition ponctuelle aux porteurs.

Zeiss France possède un stock de 35 000 verres différents pour répondre aux commandes journalières. Un atelier de surfacage ultra-moderne permet la réalisation rapide des verres de prescription. Les fabrications très spécifiques sont élaborées en Allemagne dans un délai n'excédant pas 15 jours.

Fier de ses produits et de leurs qualités, Zeiss signe désormais ses productions au laser.

CARL ZEISS FRANCE

Carl Zeiss s.a.r.l.

60, route de Sartrouville - 78230 LE PECQ - Tél. (1) 34.80.20.00 - Téléc. : 696 330

S.A.R.L. au capital de 22780 000 Francs

BUREAU DES CARRIÈRES

12, rue de Poitiers, 75007 Paris

Tél. : 45.48.41.94

· Ouvert tous les jours, sauf samedi

PETITES ANNONCES

CONNAULT (46) et LEROGNON (39) du BUREAU DES CARRIÈRES sont à la disposition des camarades - en recherche d'emploi ou souhaitant réfléchir sur l'orientation de leur carrière - pour les recevoir, les aider dans leur réflexion et les conseiller. Il est essentiel qu'un tel entretien ait lieu avant toute demande conduisant à un changement de situation.

Les offres d'emploi disponibles sont publiées dans les listes bi-mensuelles, auxquelles il est possible de s'abonner (120 francs pour 6 mois), cet abonnement donnant droit à leur consultation gratuite par MINITEL.

S'adresser au bureau des Carrières pour tout renseignement complémentaire.

Sauf cas spécial, le Bureau ne transmet pas les demandes des camarades intéressés par ces offres : ceux-ci s'adresseront au Bureau des Carrières, par écrit ou par téléphone, pour recevoir les informations détaillées sur la situation offerte et connaître les modalités de contact avec l'«offreur» d'emploi.

POUR TOUTES LES OFFRES ET DEMANDES DE SITUATION, SAUF EXCEPTION,
S'ADRESSER AU BUREAU DES CARRIÈRES

OFFRES DE SITUATION

Ces offres de situation sont réservées exclusivement aux anciens élèves de l'Ecole polytechnique.

1°) Paris et ses environs

5279 - CGI-INFORMATIQUE se situe dans le peloton de tête des sociétés de services et d'ingénierie informatique internationales ; 2500 personnes, 1,2 milliard de chiffre d'affaires, 80 % de cadres, 36 camarades. Implantée dans 9 pays : France, Belgique, Espagne, Italie, Grande-Bretagne, Pays-Bas, Suisse, Etats-Unis, Canada ; recrute **ingénieurs débutants ou confirmés**. Evolution de carrière rapide dans un environnement de pointe. Possibilités de stages. Prise en charge de la pantoufle. Ecrire à Mme D. JAMET, Service du Recrutement, CGI-INFORMATIQUE, 30, rue du Château des Rentiers, 75640 Paris cedex 13.

8129 - PEAT, MARWICK CONSULTANTS accompagne les grandes entreprises françaises dans leur développement : organisation, logistique, systèmes d'information, planification et gestion, ressources humaines. Nos atouts : le respect de nos clients, l'enthousiasme de nos équipes et notre structure qui fait de Peat Marwick le premier grand cabinet français soutenu par un réseau international. Expérience souhaitée de 3 à 7 ans en entreprise - Contacter Jean-Louis RICHARD (Associé, X73), Tour Fiat Cedex 16, 92084 Paris La Défense, tél. 47.96.57.02 ou 47.96.20.00.

8732 - ARTHUR ANDERSEN & CIE recrute en permanence des **ingénieurs-conseil en organisation**. Participation à des missions de conseil en organisation (Production, Commercial, Finances, Informatique) dans des entreprises de tous secteurs d'activité. Importante formation en France et aux U.S.A. Postes à pourvoir à Paris. Débutants ou première expérience.

• Contacter :
Paule BOURY
Tour GAN
Cedex 13
2082 Paris la Défense 2

0286 - PICODATA, Conseil en Systèmes d'Information et Ingénierie Informatique, recherche des **ingénieurs** 1 à 5 ans d'expérience, pour participer à son développement. Domaines d'activité : Décentralisation de l'informatique dans les grandes organisations, micro, réseaux locaux, UNIX, SGBD/R, C, télématique, systèmes experts.

Contacteur :
Thierry SCHWAB (PDG, X 66)
François VADROT (X 76)
2 bis, avenue Desfeux, 92100 Boulogne
Tél. 46.09.19.00.

0504 - M2i, Société de conseil de direction en stratégie et marketing dans le domaine industriel, cherche à intégrer dans son cabinet un **jeune consultant** passionné par l'industrie et la technologie. Il devra à la fois s'intégrer dans une équipe dynamique et lui apporter un «plus» original. Ceci pourra être une formation complémentaire de nature commerciale ou financière, ou une première expérience dans un secteur d'avenir tel que l'informatique ou l'électronique. La dimension internationale pour mener nos interventions est indispensable : la plupart des missions exigent des déplacements en Europe et aux Etats-Unis. Le candidat recherché devra avoir le potentiel pour devenir partner du cabinet au bout de quelques années.

Contacteur : J. DALY 11 bis rue Balzac 75008 Paris - tél. 42.89.08.09.

0888 - EUROPE INFORMATIQUE, S.S.I.I. recherche **jeunes ingénieurs**, même débutants, intéressés par :

- l'Informatique Technique (réalisation de systèmes complexes, process, systèmes d'armes, espace...)

- l'Informatique de Gestion (SGBD/R, L4G sur grands systèmes et système UNIX).
Vous rejoindrez Jean-François JACQ (58), Lionel HUBER (80), Pierre BOUGERET (81), Christophe COGNE (82).
12, rue Godot de Mauroy, 75009 PARIS,
Tél. : 42.65.10.10.

1212 - QUADRANT SA, Conseil de Direction en Organisation, Gestion et Traitement de l'Information, rech. **consultants seniors**, 30/35 ans, grande école + MBA, expér. grande entr. direction comptable, financière ou de gestion, ou 3/5 ans Consulting dans cabinet anglo-saxon. Ecrire à P. MICHAKA (X 67) 171, rue Saint-Honoré 75001 PARIS, tél. 40.20.95.40.

1656 - SILOGIA - Conseil en Informatique et Organisation auprès des grandes entreprises, recherche des **ingénieurs-conseil**, 3 à 5 ans d'expérience, pour participer à son développement. Domaines d'activités : Schémas Directeurs, conception de systèmes, génie logiciel, systèmes experts. Qualités requises : goût des contacts, dynamisme, réalisme. Evolution des responsabilités et de la rémunération liée aux performances individuelles, au sein d'une entreprise de taille humaine. Contacter LE DONG (X 62), G. LE GALL (X 72), P. LEMOISSON (X 77), 47, rue de Ponthieu, 75008 Paris, tél. 42.25.65.05.

2134 - SYCOMEX - Spécialisée dans le progiciel de haut niveau (produits financiers, aide à la vente), très bonne image dans le secteur bancaire et l'assurance souhaite renforcer son équipe de Direction et recherche **ingénieur débutant** ou expérience 2 à 3 ans, motivé secteur financier, assurance... avec connaissance informatique pour prendre en main ou développer un nouveau secteur (aide à la vente, gros système, notaires, videotex, systèmes experts...).

Expérience préalable pouvant être très différente de notre secteur. Fort potentiel recherché. Formation assurée. Evolution rapide de la rémunération.

Contacteur directement :
Philippe JOURNEAU (X 77),
Armand GAUTIER (X 78),
66, rue de la Chaussée d'Antin 75009 Paris.
Tél. : 40.16.07.22.

2273 - BOSSARD CONSULTANTS, un des premiers cabinets français de conseil en management, offre aux **ingénieurs** qui le rejoignent de participer ou d'animer, selon leur expérience, des missions de conseil en organisation, en stratégie, en mobilisation des hommes, pour des entreprises de tout secteur (industrie, sociétés de services, administration...).

Contacteur : Florence HADJAB,
12 bis, rue Jean-Jaurès,
92807 PUTEAUX CEDEX. Tél. : 47.76.42.01.

2438 - GAMMA INTERNATIONAL recrute des **ingénieurs-conseil en organisation** expérimentés ou débutants. Intervention dans les entreprises de tous secteurs d'activité, pour des missions dans les domaines de l'organisation stratégique et opérationnelle et la conception des systèmes d'information.

Contacteur M. N. RAINON - GAMMA INTERNATIONAL, 3, place de Valois, 75001 Paris.

2444 - AURALOG, jeune société d'informatique spécialisée en conseil de haut niveau et technologies de pointe, rech. **polytechniciens** (1 à 5 ans d'exp.) : entrepreneurs, dynamiques et ambitieux, pour créer et diriger de nouvelles activités, intervenir sur de gros projets et participer à des recherches dans des domaines pointus.
Contacter : M. SIOUFI (X 80) ou M. DUFOUR (X 64), AURALOG, 22, rue Emile Baudot, 91120 PALAISEAU, tél. : 69.30.71.30.

3048 - COOPERS & LYBRAND, cabinet international de conseil aux entreprises (plus de 42.000 personnes dans 100 pays), recherche pour accompagner le développement de son activité de conseil en France (Paris et Lyon) des **Ingénieurs-conseil** débutants ou de préférence avec 2 à 10 ans d'expérience en entreprise, organisme financier ou société de conseil. Prendre contact avec Etienne JACQUEMIN (X69) au 56, rue de Ponthieu - 75008 Paris - Tél. : 45.63.11.13.

3290 - AT KEARNEY, Management Consultants - Cabinet international de conseil, plus de 600 consultants, 27 bureaux dont 10 en Europe, recrute en permanence des **ingénieurs-conseil** (juniors, seniors et directeurs de mission) pour ses bureaux de Paris et de Lyon.
Expérience en entreprise (industrielle, service ou conseil) de 3 à 5 ans.
Anglais courant, si possible allemand, italien ou espagnol.
Domaines d'intervention : stratégie, organisation, gestion industrielle, systèmes de gestion, systèmes d'information.
Adresser CV détaillé à AT KEARNEY, 32/34, rue Marbeuf, 75008 Paris.

3605 - ASTEK, société de services et de conseil en forte croissance, recherche plusieurs camarades attirés par un environnement technique et humain exceptionnel :
- pour son département informatique technique, des camarades de 1 à 5 ans d'expérience en temps réel, télécommunications, génie logiciel, langages orientés objet, informatique graphique ;
- pour son département conseil (schémas directeurs, architecture de systèmes, études préliminaires), des camarades ayant quelques années d'expérience en entreprise ou en société de services ;
Contacter Jean-Luc BERNARD (X78, PDG), Can-Hoang NGO (X67 responsable du secteur Banques-Assurances), Jacques EUDES (X83) au 49.10.94.66., ASTEK, 54 rue Danjou, 92100 Boulogne.

3645 - EUROGROUP CONSULTANTS, Groupe de conseil en management (60 personnes) rech. des **consultants** dotés de réelles capacités d'imagination et de communication, souhaitant participer activement à notre fort développement.
Nos principaux domaines d'intervention dans les secteurs financiers et industriels sont :
- Orientations stratégiques et Plans d'entreprise,
- Organisation et systèmes d'information de gestion,
- Optimisation des performances,
- Stratégie informatique.

Evolution rapide des responsabilités et de la rémunération, liée aux performances individuelles et à la forte croissance de la société.

Contacter : M. NOGARO Jean-Marie ou M. JACQUETIN Pascal (X 80) au : EUROGROUP CONSULTANTS, 17, rue Louis Rouquier, 92300 LEVALLOIS PERRET. Tél. : 47.58.12.03.

3963 - A2C, conseil et ingénierie en système d'information rech. **des ingénieurs-conseils** (1 à 4 ans d'expérience), passionnés par l'informatique, pour rejoindre son équipe de direction. Domaines d'activité : schémas directeurs, intégration de systèmes, réseaux locaux, systèmes experts, logiciels scientifiques et techniques. Contacter T. de VIARIS (X77), Société A2C, 233, rue de la Croix-Nivert 75015 PARIS. Tél. : 48.28.38.18.

LE BUREAU DES CARRIÈRES est intéressé par toutes activités de bénévolat susceptibles d'être confiées à des camarades retraités, en situation de précarité ou garantie de ressources

4836 - Le GROUPE ALPHA (150 personnes, 20 % de croissance par an, un secteur passionnant : l'assistance aux Comités d'Entreprises) recrute **consultants** (3 à 5 ans d'expérience) pour examens de plans de restructuration et étude d'introduction de

nouvelles technologies. Missions variées, évolution assurée, formation à l'audit financier et stratégique. Contacter Alain PETITJEAN, GROUPE ALPHA, 18, rue Dubrunfaut - 75012 Paris.

5242 - Consultant - Jeune société fort développement, secteur conseil en management - exp. 3/5 ans dans le conseil - Importantes opportunités - 25/30 ans - anglais, allemand apprécié - 250/300 KF.

5282 - Responsable des risques de marchés - Importante banque - exp. mise en place «back office» en milieu industriel ou financier - conn. opérations de marchés et de l'informatique - 35 ans env. - MBA.

5283 - Chef d'agence - Société ingénierie (bâtiments industriels, immeubles de bureaux, hôtels...) (100 P) - exp. bâtiment dans une fonction de chargé d'affaires ou chef de projet - possède un bon réseau relationnel en région parisienne - 30/40 ans.

5285 - Directeur Commercial - Un des plus importants organismes contrôle et assistance technique domaines prévention, sécurité et protection environnement (CA. 330 MF, 1.000 P) - form. technique ou commerciale - 15 ans exp. min. dans commercialisation de services ou produits à l'industrie -

5288 - Responsable Développement Informatique - Société de distribution (CA. 5 Mds, 4.000 P) - exp. mise en place grands projets - conn. du monde UNIX, outils d'aide à conception, réseaux, SGBD... 35/40 ans - anglais.

5290 - Responsable agence - SSII (270 P) - exp. gros systèmes BULL et de management commercial - 35/45 ans - anglais.

5292 - Directeur de l'Immobilier - Un des plus importants groupes français BTP - professionnel de l'immobilier et de l'aménagement, habitude conception programmes immobiliers complexes - exp. dans le «Public» et l'Economie mixte et chez promoteur privé - conn. Province et Ile de France - 40/45 ans 1.000 KF +

5293 - Ingénieur systèmes IBM - Sous-direction informatique télécommunications et bureautique d'une société leader aéronautique et espace - exp. 3 ans min. dans fonction - habilitation confidentiel Défense - 260/300 KF.

5294 - Directeur Général - Association Professionnelle internationale rassemblant importants groupes de distribution de 15 pays européens - exp. 15 ans env. acquise chez distributeur, dans société produits grande consommation, dans sociétés de services ou dans une Association - double nationalité souh. - 32/48 ans - anglais - 400/600 KF.

5297 - Adjoint au Directeur de la division informatique - Centre de Recherche d'un grand groupe français industries de pointe (CA. 300 MF, 400 P) - exp. direction équipes de recherche dans labo. informatique comme chef département ou chef de groupe - conn. monde industriel - spécialisés intelligence artificielle - 35/45 ans - anglais - agréé Défense.

5298 - Chef de projet Intelligence Artificielle - Centre de Recherche grand groupe français industries de pointe (CA. 300 MF, 400 P) - exp. 2/3 ans Intelligence Artificielle.

5299 - Directeur de filiale - Groupe français dimension internationale, secteur des services - exp. solide de direction au sein structure décentralisée - animation équipes importantes - 40 ans env.

5301 - «Quality product manager» - Très important groupe international - exp. acquise dans électronique (composants, informatique...) form. compl. MBA, ISA, INSEAD... - 30/35ans - anglais - 400 KF

5302 - Architecte technique des systèmes d'information - Grand groupe industriel français à vocation internationale - exp. chef de projet informatique connaissant environnement IBM ayant culture communication réseau - conn. architecture technique répartie - 30/35 ans - anglais.

5304 - Directeur du Développement - Société de promotion immobilière en forte expansion (CA. 1,5 Md) - exp. 7 ans min. dans le montage de programmes immobiliers taille importante - bonne culture de l'immobilier en général - 35/42 ans - 600/700 KF +

intéressé.

5305 - Responsable de programmes - Société de promotion immobilière forte expansion (CA. 1,5 Md) - exp. 3/5 ans gestion programmes Immobiliers taille importante - 28/35 ans - 300/350 KF.

5306 - Directeur technique - Filiale française d'un très important fabricant européen équipement automobile (CA. 7,5 Mds, 18.000 P) - exp. 5 ans min. dans industrie automobile (constructeurs ou équipementiers) - 32/40 ans - anglais et allemand - 350/400 KF.

5308 - Chef de projet (composante télécom.) - Société biens équipement, filiale groupe US (CA. 2,4 Mds, 5.400 P), premier réseau hertzien français - spécialisé télécom. ou connectique et exp. 3/5 ans conduite grands projets - 28/30 ans - anglais - 300 KF.

5310 - Director, Manufacturing-Engineering - Filiale important groupe US spécialisé production biens équipement industriels (CA. 1,7 Md \$) - Exp. 10 ans production dans environnement industriel international (mécanique et électromécanique) - 35/40 ans - anglais + autre langue européenne - 500/600 KF.

5311 - Responsable des relations avec les Ministères et Collectivités Publiques - Grand groupe de BTP - qualités relationnelles très développées - 35/50 ans - 500/600 KF.

5316 - Informaticien-Organisateur de salles de marchés - Direction des Marchés financiers d'une grande banque française (4.000 P) - exp. programme scientifique et gestion - conn. des produits de trésorerie - 28/45 ans - anglais - 350/450 KF.

5317 - Directeur Technique - Filiale française (CA. 150 MF, 100 P) d'une entreprise internationale origine US fabriquant valves pour aérosols - exp. R & D dans société industrielle fabrication produits grandes séries domaine touchant soit emboutissage, soit plastiques, soit chimie ou parachimie et exp. mise en place assurance qualité - 32/38 ans - 300/350 KF.

5318 - Consultants haut niveau - Conseil en Marketing Industriel et Stratégie, leader européen d'un domaine plein essor - exp. du marketing - 27/35 ans - angl. - Possibilités partenariat.

5320 - Camarade (71), créateur SYSDATA - CONSEILS rech. des **Camarades, débutants ou expérimentés**, salariés, indépendants ou associés intéressés par conseil grande informatique dans grandes entreprises : Conception systèmes d'information, Pilotage grands projets, Architecture, Organisation, Audit informatique, Optimisation et Planification.

5321 - Consultants en organisation informatique - Cabinet de conseil en organisation anglo-saxon (45.000 P dans le monde) - 5/10 ans exp. en qualité de conseil - conn. organisation d'entreprise - 30/40 ans - anglais .

5322 - Jeunes ingénieurs de très haut niveau - le C.E.A./D.A.M. (Direction des Applications Militaires) (7.000 P) - conn. physique des solides et des matériaux, physique des plasmas, électromagnétisme et rayonnement, mécanique des milieux continus, analyse numérique et informatique scientifique - déb. ou qqes années exp.

5324 - Délégué Général - Etablissement de nature financière, secteur de la prévoyance - première exp. acquise dans établissement nature financière lié à prévoyance ou à la retraite - 40 ans env.

5325 - Directeur Général, futur Président Directeur Général - Important Groupe de conseil, recrutement de cadres par approche directe (60 P dont 20 consultants, 7 implantations en France et 3 à l'étranger) - exp. réussite de direction dans activité de services - conn. milieux industriels et des affaires - goût des relations publiques et bonnes introductions - anglais + autre langue.

5327 - Directeur Informatique - Premier Groupe Européen de Distribution Informatique et de Services associés (3,1 Mds, 2.100 pers) - exp. conduite de projets, responsabilité d'exploitation en SSII ou chez utilisateur - 35/40 ans - 350/400 KF.

5328 - Directeur de l'Organisation et de l'Informatique - Pôle bureautique d'un groupe international distribuant informatique en Europe (CA. 1.2 Md, 900 p), exp. conduite projets informatiques chez utilisateur ou en SSII - conn. AS400 appréciée -33/40 ans - 350/400 KF.

5329 - Responsable du marché aéronautique - Division d'un groupe nucléaire et spatial spécialisée automatismes et instrumentation d'un groupe international français, leader ingénierie électrique (30.000 P) - conn. milieu et techniques aéronautiques - 35/40 ans - 300/350 KF.

5330 - Consultants déb. ou qqes années exp. - NODAL CONSULTANTS, jeune cabinet conseil en stratégie - possibilités de partenariat -

5331 - Responsable marketing et qualité des Services - Entreprise leader domaine biens équipement secteur commerce et grande distribution (CA. 1,5 Md, 2.200 pers. dont 200 en France) - exp. de manager - conn. domaine des services.

5332 - Directeur Industriel - Société spécialisée fabrication produits mécaniques de précision de techniques multiples et nombreux matériaux (acier, cuivre, alliages et composants chimiques) - exp. production et méthodes acquise dans société aux techniques fabrication diverses, et de la maintenance industrielle - anglais apprécié.

5333 - Directeur marketing stratégique, recherche et développement - Grand groupe industriel secteur produits électroniques, multi-produits et multi-marchés - form. compl. type MBA - exp. marketing acquise dans industrie intern. multi-produits ou produits et services ou dans le conseil - 38/45 ans - anglais - 650/700 KF.

5334 - Directeur Général - Filiale immobilière un des plus importants groupes intermédiation financière en Europe - exp. de direction générale ensemble activités immobilières - conn. marchés immobiliers, produits et techniques construction acquise chez promoteur, service promotion banque d'affaires ou investisseur institutionnel - 38/45 ans - anglais.

5335 - Responsable Organisation - Société (CA. plusieurs Mds) rattachée à groupe international premier plan - exp. 4/5 ans conseil en organisation acquise de préférence en cabinet - 28/35 ans -320/360 KF.

5336 - Chef de Produit - Société leader en optronique (430 P) - première exp. industrielle nécessaire - conn. matériels avioniques et infra-rouge thermique -

5337 - Négociateur - Société d'origine suisse, de conseils dans le domaine des fusions et acquisitions - exp. préalable en matière de fusions-acquisitions souhaitée - conn. parfaite de l'anglais.

5338 - Spécialiste montages financiers grands projets - Jeune cabinet conseil financier spécialisé stratégie, ingénierie et intermédiation financière, filiale premier groupe français de services - conn. des règles et fonctionnement finances des Collectivités Locales acquise au sein Directions Administratives ou Direction Financière grand groupe - 35 ans env. - 400 KF env.

5339 - Ingénieur chargé d'affaires - Filiale important groupe réalisant installations équipements thermiques et hydrauliques (chaufferies, réseaux distribution, génie climatique) - exp. mini. 5 ans dans installation climatisations centralisées et gestion chantiers - 35 ans env. - 300/350 KF.

5342 - Ingénieurs et Chefs de projets - Très grande société ingénierie - exp. responsable de projets dans société ingénierie ou dans grand groupe secteur chimie, pétrochimie, cimenterie... - 33/50 ans - anglais - 350/600 KF.

5343 - Ingénieur process - Très grande société ingénierie - exp. du process dans secteur chimie, pétrochimie, agro-alimentaire acquise dans société ingénierie ou dans grand groupe secteur concerné - 30/35 ans - anglais - 300/350 KF.

5344 - Directeur Général - L'Activité SEARCH d'une société Conseil de Direction faisant partie jeune groupe présent dans domaines gestion des

Ressources Humaines - exp. en entreprise à des postes de direction et dans cabinet de conseil recherche de cadres dirigeants -35/45 ans - 2 langues européennes - 600 KF.

5345 - Chefs de projet industriel - Société spécialisée ingénierie industrielle (CA. 3 Mds, 1.400 P) filiale d'un groupe opérant dans ingénierie nucléaire et productique - exp. 5/7 ans réalisations ensembles industriels avec technologies nouvelles (robotique, productique...) domaine process discontinus - 30/35 ans.

5346 - Responsable Développement et Diversification - Filiale française (450 MF, 1.500 P) d'une société intern. services techniques (inspection, surveillance, contrôle qualité...) - exp. marketing, commerciale, technique, projet ou d'affaires dans contexte aéronautique - 30/35 ans - anglais + autre langue.

5348 - Directeur adjoint - Groupe création récente, de distribution fournitures industrielles (CA. 350 MF - 7 filiales) - conn. problèmes liés à distribution de fournitures industrielles - exp. centre de profit avec mise en place stratégies marketing et politiques commerciales - 30/35 ans - anglais.

5350 - «Business Development Manager» - Leader mondial Electronique et Défense (CA. 10 Mds, 2.500 P) - compétences techniques (Défense, Armement) - conn. marketing et stratégie -35/45 ans - angl. - 450 KF +

5351 - Partner - Société de recherche directe de dirigeants, filiale réseau international Human Resources Group - exp. réussie à des postes direction en entreprise à l'international - 35 ans min. -

5352 - Consultants - O.I.C. (Organisation, Information, Conseil), jeune société de conseil - exp. organisation et conn. systèmes d'information en entreprise, 5 ans env. exp. en informatique.

5353 - Chefs de projets - Leader mondial télécommunications militaires (CA. 5 Mds, 4.500 P) - excellentes conn. techniques de pointe en télécommunications - 28/35 ans - anglais - 250/300 KF.

5354 - Responsable commercial Europe - Leader mondial Electronique et Défense (CA. 10 Mds, 2.500 P) - compétences techniques et commerciales très haut niveau (Electronique et Défense) - 45/50 ans - anglais + autres langues - 450/500 KF.

5355 - La Fédération des Eclaireuses et Eclaireurs Unionistes de France rech. des Camarades bénévoles pour effectuer divers travaux administratifs au sein de l'Association.

5356 - Directeur général - Filiale d'un groupe assurances étranger, assurance directe et réassurance (branches Incendie, Perte exploitation et risques annexes) - exp. souscription des risques entreprises acquise en Compagnie, branche «dommages» niveau direction - origine courtage possible - 35/45 ans - anglais -rém. + voit.

5357 - Directeur général filiale commerciale française (OEM et revendeurs) et SAV - Important constructeur matériel bureautique - exp. direction centre profit ou direction commerciale dans domaines bureautique, micro-informatique ou électronique grand public - exp. réseau revendeurs spécialisés - 33 ans min. - anglais.

5359 - Directeur de Secteur (stratégie et développement filiales, montages financiers) - Banque d'affaires-holding -conn. montages financiers sophistiqués et opérations purement financières - 35/40 ans - anglais + autres langues européennes souh. - 600/1.000 KF.

5361 - Directeur Général - Filiale française (60 MF, 30 P) d'un groupe multinational, elle fabrique aménagements modulaires pour immeubles bureau et salles réunion - exp. 5 ans chez constructeur matériel second oeuvre pour bâtiment bureaux ou chez installateur - conn. et commerciales, actuellement resp. centre de profit - 35/45 ans - anglais.

5362 - Directeur attaché à la Direction Générale Construction - Grand groupe secteur bâtiment/ Génie Civil - exp. qqes années secteur construction dans fonctions secrétaire général, resp. planification/stratégie ou chef cabinet dans organisme

public ou para-public - 30/35 ans - 350/400 KF.

5363 - Chef de Service «Etudes et Devis» - Important industriel franç. construction électrique (CA. 1,6 Md, 3.000 P), domaine câbles électriques et réseaux communication - électrotechnicien - exp. similaire acquise chez fabricant câbles ou dans société ingénierie spécialisée installations électriques - 35 ans - anglais - 400/450 KF.

5364 - Responsable du Département Pharmacie, service commercial - Société filiale groupe très diversifié domaines technologiques secteur ingénierie - form. pharmacie ou chimie - exp. min. 5 ans dans industrie pharmaceutique, chimie fine ou cosmétique - première exp. commerciale souhaitable - 30/40 ans - anglais - 350/400 KF

5366 - Directeur Technique resp. gestion vaste projet construction locaux commerciaux - Grande société services immobiliers liés à distribution - form. Ponts et Chaussées, T.P. - exp. gestion grand chantier France ou étranger - conn. ingénierie/BTP - 500 KF +

5369 - Chef de produits France et Export - Filiale française premier groupe mondial spécialisé domaine manutention (CA. 1 Md, 1.000 P) - exp. 2/3 ans marketing dans société industrielle - 26/30 ans - anglais - 230/280 KF.

5370 - Directeur spécialiste contrôle gestion et planification secteur industriel - Cabinet de conseil international - exp. dans conseil et/ou grands groupes internationaux méthodes modernes contrôle gestion, planification et mise en place outils de gestion performants - Evolution vers Direction centre de profit - 40 ans - anglais -500/600 KF + intéressement.

5372 - Consultant manager productique - Filiale française d'un des premiers cabinets audit et conseil - solide exp. informatique - 35 ans env. - pratique une langue européenne - 420 KF +.

5373 - Consultants organisation et systèmes information - Société conseil en organisation et informatique - 0/5 ans exp.

5375 - Directeur Industriel - Très important groupe européen fabriquant équipements et systèmes secteurs haute technologie - form. électromécanique ou mécanique - exp. responsabilités unités de production (aéronautique, automobile, constr. mécanique, électromécanique ou hydraulique) - 50 ans env. - anglais.

5376 - Responsable du marketing industriel - Société de conseil spécialisée développement industriel - exp. marketing industriel acquise en cabinet et/ou en entreprise industrielle et de la vente de prestations de services techniques - 30/40 ans.

5377 - Consultants industriels haut niveau - Société conseil spécialisée en développement industriels - exp. 3 ans min. en développement produits industriels - 28/32 ans - anglais.

5381 - Responsable Informatique Individuelle - Groupe industriel français secteur parachimie (CA. > 25 Mds) - exp. dans fonction analogie - très bonne conn. produits micro-informatique - 30/35 ans.

5382 - Responsable des Etudes - Groupe industriel français secteur parachimie (CA. > 25 Mds) - grande exp. gestion projets en milieu industriel et du management d'équipes - 35/45 ans.

5383 - Responsable du personnel - Importante société biens équipement à technologie avancée - première exp. de la fonction personnel dans environnement production - 30/35 ans - 350/400 KF.

5384 - Responsable télématique - Etablissement financier, filiale Crédit Agricole - exp. des télécom. 3/5 ans - conn. services France-Télécom., de la monétique et de la Vidéotext (Centre Serveur) pour management sur plan applicatif - 350 KF.

5385 - Analyste de crédit junior - Filiale française d'une importante banque internationale - première exp. ou stage dans service d'analyse de crédit dans une banque de préférence - 25 ans -anglais - 200/250 KF.

5387 - Commercial haut niveau vente produits de communication financière - Filiale française

important groupe international de communication financière - exp. 2/3 ans dans la vente services (ou matériels) informatiques ou financiers dans entreprise reconnue - 25/35 ans - anglais

5390 - Responsable de l'Activité Immobilière d'Entreprise - Société de promotion immobilière d'importance nationale - véritable professionnel de l'Immobilier d'Entreprise - Fixe + intérêts.

5393 - Conseiller en développement - Filiale de l'I.D.I. spécialisée dans le conseil et services financiers pour pays en développement - exp. de la banque ou de l'audit et du conseil financier - jeune cadre capable de rédiger en anglais.

5394 - Conseiller-Associé - CONVERGENCE, société de conseil en stratégie - exp. de l'entreprise ou d'un grand corps d'Etat 15 ans env. - 40 ans env. - possibilité devenir membre associé.

5395 - Directeur des relations extérieures du département promotion et exploitation - Filiale à 100% d'un groupe Travaux Publics - exp. problèmes collectivités locales en matière concessions service public - conn. problèmes financement équipements publics - 35/45 ans - anglais - 500 KF +

5396 - Directeur des opérations (en charge grand projet sur la ville de Lyon) - L'un des tout premiers groupes français promotion immobilière avec prédominance grands projets - exp. en matière de montage opérations financières acquise dans contexte analogue - conn. questions de droit relatives à cette activité - 30/35 ans - anglais - 450 KF env.

5397 - Directeur de la Division Maintenance - Société (CA. 706 MF, 600 P) systèmes de transport automatique - form. électronique - exp. 10 ans env. domaines exploitation et maintenance systèmes industriels - sachant gérer centre de profit - 38/45 ans - anglais + autre langue européenne - 450/500 KF.

5400 - Directeur commercial - Leader européen domaine systèmes aide à la vente de produits financiers (CA. 60 MF) - exp. 5 ans min. dans informatique (constructeur, SSII, distributeur...) acquise sur marché de l'assurance ou de la banque - 400/550 KF + Voiture.

5401 - Ingénieur consultant - Leader européen systèmes d'aide vente produits financiers (CA. 60 MF) - exp. 3/5 ans analyste ou technico-commercial acquise dans environnement informatique (cabinet organisation, SSII, bureautique, support avant-vente...) - 300/350 KF.

5403 - «Trader Options Pibor Senior» - Importante société d'intermédiation - exp. 2 ans mini. marchés optionnels acquise au sein d'un agent des marchés inter-bancaires - 25/35 ans - 500 KF +.

5405 - L'ASSOCIATION VALENTIN HAUY pour le bien des Aveugles rech. des copistes bénévoles pour transcrire en braille des ouvrages facilitant l'accès des aveugles à la culture.

5407 - Ingénieurs chefs de projets - OTH BATEMENTS, première filiale du groupe OTH un des premiers bureaux ingénierie générale dans domaine bâtiment - qualité de négociation et de contact - compétence d'organisation et d'animation - 30/35 ans.

5408 - Chef de Service Etudes Informatiques - Importante société distribution eaux et assainissement (CA. 4 Mds, 6.500 P) - form. gestion - exp. 5 ans en informatique dont 3 comme chef de projet - conn. environnement HP 3000 et conn. équipements et applications micro-informatique - 30/40 ans - anglais et si possible allemand ou espagnol - 400 KF.

5411 - Directeur Développement et Ressources Humaines - Société spécialisée supervision chantiers, mise en route installations, formation personnel et organisation (CA. > 100 MF, > 200 P) - exp. production/Ressources humaines ou conseil.

5413 - Ingénieur Sécurité-Fiabilité - Filiale d'un des premiers cabinets internationaux (1.200 P dans le monde) spécialisée études de sécurité, exploitation installations industrielles, environnement, enquêtes après sinistres... - exp. opérations de terrain, raffinage, industrie chimique, énergie nucléaire - 30/

35 ans - anglais.

5414 - Directeur de l'aménagement - Direction de l'Aménagement d'un grand groupe de promotion spécialisé immobilier d'entreprise (CA. 2 Mds, 150 P) - exp. de l'aménagement et conception ouvrages grande dimension - 35/45 ans - anglais - 600/800 KF +.

5415 - Directeur général - Banque française de petite taille (40 P) - exp. secteur banque/finance et responsabilité centre de profit - 35/40 ans - anglais.

5416 - Contrôleur de gestion - Holding industriel et financier - exp. audit et contrôle de gestion - 28/32 ans - anglais - 280/350 KF.

5419 - Ingénieur consultant - Filiale S.I.E. du GROUPE ARM, SSII française spécialisée ingénierie systèmes informatiques secteurs télécom. et industries tertiaires - form. télématique et exp. conseil souh.

5420 - Ingénieurs méthodes et essais (déb. et confirmés) - Société d'ingénierie industrielle et nucléaire (600 P) - conn. systèmes conduite des process et automatismes - Habilitation «Confidentiel Défense» - 25/30 ans.

5421 - Chef du département mécanique - Groupe de 3 sociétés spécialisé services de maintenance et d'interventions techniques de pointe pour grandes entreprises - bonnes conn. gestion - exp. de l'atelier de conception de machines et automatismes spéciaux - conn. CFAO - 30/40 ans

5422 - Ingénieur d'Affaires en Systèmes d'Informations - SSII spécialisée réseaux à valeur ajoutée et systèmes échanges de données informatisées (CA. 130 MF, 80 P) filiale multinationale US - exp. 3/4 ans dans la vente et dans la vente solutions informatiques auprès grands comptes acquise en SSII - conn. financières et informatiques - 28/30 ans - anglais.

5423 - Directeur Industriel - Filiale d'un groupe industriel international premier plan, secteur électronique - exp. réussie direction d'une unité production - 32/45 ans - 450 KF.

5424 - Consultant-Associé - Cabinet de recrutement de Cadres par approche directe - solide exp. en matière Ressources Humaines - 40 ans min.

5426 - Responsable des comptabilités et du contrôle de gestion - Banque d'Affaires étrangères - exp. 3 ans dans grand cabinet audit et 4 ans dans une banque à poste de responsabilités au sein direction comptable et financière - 30/35 ans - 350/400 KF.

5427 - Directeur comptable - Banque de grand renom - exp. 5 ans à postes de responsabilités (audit, directions comptables et/ou contrôle gestion) acquise dans société financière, banque ou cabinet audit - 33/40 ans - anglais - 400/450 KF.

2°) Province

3620 - ARTHUR ANDERSEN & Cie intensifie son recrutement en :

- Conseil en stratégie,
- Planification marketing,
- Structure des organisations
dans tous les secteurs d'activité, et recherche des candidats à fort potentiel.

Importante formation en France et aux Etats-Unis. Postes à pourvoir à Lyon. Débutants ou première expérience.

Adresser lettre manuscrite, et C.V. détaillé à :

Pierre Nanterme
Cabinet Arthur Andersen - Tour Crédit Lyonnais
129, rue Servient - 69431 LYON Cédex 03

5286 - Vernon (Eure) - Responsable département Etudes et Recherches - UNIC-INDUSTRIES secteur aéronautique et spatial (30 ingénieurs et techniciens) - bonnes conn. calculs de structure, vibrations, mécanique des fluides, thermo-hydraulique - 35/40 ans - 400 KF.

5289 - 30 Km. Poitiers - Responsable Etudes/Méthodes - Société biens équipement pour bâtiment et T.P. (ensembles mécano-soudés complexes) (CA. 100 MF, 150 P) - exp. quelques années dans industrie mécanique, en B.E. ou Méthodes, éven-

tuellement production - 30/40 ans.

5295 - Provence - Responsable logiciel - Importante société française, charnière entre CEA et développement industriel matériels et procédés (1.000 P) - exp. 3 ans min. chef de projet logiciel dans développement projets informatiques domaine logiciel temps réel embarqué - 28/35 ans -

5296 - Provence - Chef de la section système et ingénieur système - Importante société française charnière entre CEA et développement industriel des matériels et procédés (1.000 P) - exp. 5/8 ans env. en étude et développ. de système domaine aéronautique, spatial ou nucléaire - 28/40 ans - anglais.

5300 - Frontière Suisse - Directeur Commercial - Filiale groupe leader en France fabrication pièces acier moulé - exp. biens équipement industriels ou ingénierie dans poste à dominante commerciale, marketing, responsabilités projets ou Ingénieur affaires - bonne conn. de l'industrie - 35/40 ans - anglais et/ou allemand.

5303 - Normandie - Directeur Informatique - Filiale française grand groupe multinational US, construction mécanique secteur automobile - exp. informatique de gestion, gestion de production, CAO mécanique - 35/40 ans - anglais - 400/450 KF.

5309 - Toulouse - Chef de programme - Filiale française groupe US (200 P) systèmes avioniques et de Télécom. - exp. pratique Instances Marine Nationale (lutte anti-sous-marine) - habitude mode management anglo-saxon - conn. mise en place systèmes temps réel, traitement du signal - 32 ans min. - anglais - habilité Secret Défense - 300/350 KF.

5313 - Lyon - Directeur industriel - PMI, leader sur son marché produits béton destinés au TP, bâtiment, collectivités locales - conn. fabrication produits béton - 35/45 ans - 400 KF +.

5314 - Lyon - Directeur commercial de l'Agence de Lyon (CA. 150 MF, 300 P) - Un des grands installateurs électriques nationaux (CA. 300 MF, 500 P) - bonne formation terrain dans environnement technologique et marchés complexes (grandes industries et collectivités) - 350/400 KF.

5315 - Lyon - Directeur Général des Opérations - L'un des grands installateurs électriques nationaux (CA. 300 MF, 500 pers) - exp. acquise dans société ou centre de profit (équipements électriques, engineering...) - 3ème cycle gestion apprécié - 48 ans min. - 550/600 KF.

5319 - Nord ou Saône-et-Loire ou Savoie - Développeurs d'Applications Informatiques (futur Chef de projet) - Filiale groupe international dont l'informatique se développe dans environnement IBM grands systèmes - débutants ou première exp. Formation aux outils et méthodes assurée.

5326 - Centre de la France - Directeur Industriel - PME, composants et systèmes électroniques - exp. production grande série - très bonne conn. secteur de l'électronique - 35/45 ans - 400 KF.

5347 - Paris ou grande ville allemande - Consultant - Petite firme internationale de conseil créée par très grand groupe français (transfert technologie internationale, assistance à exportation...) 32/36 ans - allemand - MBA souh.

5349 - Paris et Province - Jeune manager - Société importante (plusieurs milliers pers., plusieurs Mds), filiale d'un groupe français, services au collectivités et à l'industrie - 2/3 ans exp. réussie dans entreprise performante - 26/32 ans - anglais + autres langues souh. - Voit. fonction.

5358 - 60 Km. Est Paris - Responsable Logistique Usine - Filiale française groupe US, leader secteur matériel TP et agricole - exp. logistique usine acquise dans univers industriel multinational, automobile idéalement - conn. techniques modernes gestion production - Evolution vers direction Usine - 35/40 ans - anglais.

5360 - Normandie - Directeur d'Usine - Groupe français dimension internationale matériel électrique (CA. 5 Mds) - exp. gestion centre production moyenne série - 35/45 ans - anglais - 350/400 KF.

5365 - Noyon (Oise) - Chef de secteur «bâtiments industriels» (280 MF.) - Société BTP (CA. 800 MF, 1.000 P) - formation gestion appréciée - exp. engineering industriel/bâtiments et management et gestion chantier - 30/40 ans - anglais, allemand souh. - 300/350 KF + Voitt.

5367 - Province - Chef de production sidérurgie - Important groupe sidérurgique - exp. première transformation ou transposable conduite des fabrications - 30 ans env.

5368 - Paris, Bordeaux, Toulouse ou Marseille - Responsables commerciaux programmes hélicoptère et Airbus - Société domaine aéronautique (6.000 P) électronique de vol, calculateurs et instruments de bord - exp. commerciale ou affaire dans produits lourds à technologie avancée - 32/45 ans -

5371 - Provence-Côte d'Azur - Chef de département informatique, scientifique et technique - SSII, filiale groupe très important (CA. 80 MF, 150 P) - exp. qqes années dans commercialisation services ou produits informatiques à caractère scientifique et technique dans contexte relations haut niveau - 28/35 ans - anglais - 350/400 KF.

5378 - Nantes - Chefs de projet X 25 - Division Télématique (500 P) d'un important groupe industriel spécialisé télécommunications (en charge réseaux du futur) - exp. 10/15 ans de développement logiciel temps réel, sont 5 ans sur X 25 - conn. SNA X28, X29, X75 souh. - langages Pascal, Assembleur 680 x O.C appréciés - 30/35 ans - anglais - 280/350 KF env.

5379 - Paris et Sud-Est - Ingénieurs de Synthèse (chargés mise en place moyens intégration systèmes complexes) - Société électronique, filiale groupe industriel international équipements haute technologie - exp. 2/6 ans généraliste à dominante électronique - 27 ans min.

5380 - Grande Ville de l'Ouest - Professeur permanent de Politique Générale et Stratégie - Grande Ecole de Gestion (Budget fonctionnement : 60 MF) - Homme de recherche et publication - exp. professionnelle en entreprise et/ou en cabinet complétée par pratique pédagogique - 180/220 KF.

5386 - Paris/Francfort - Responsable ventes des futurs financiers auprès clientèle institutionnelle allemande - Filiale grande banque, intermédiaire sur marché futurs financiers - bonne conn. marchés financiers - 30 ans - allemand, anglais apprécié.

5389 - Grenoble - Ingénieur CAO micro-électronique - La direction R & D d'un des premiers groupes mondiaux semi-conducteurs - déb. ou première exp. conception milieu électronique ou développement de programmes CAO (langage C, stations UNIX) - anglais.

5391 - Sud-Ouest - Directeur de département (CA. 80 MF, 120 P) - Filiale française (250 P) d'un important groupe US (CA. 8 Mds, 55.000 p), produits haute technologie pour industries de pointe - exp. plusieurs années en usine et de direction marketing et commerciale produits techniques industriels - conn. matériaux inorganiques (céramique, verre, métallurgie) - 35/45 ans - 450 KF+

5392 - Centre - Directeur Général - PME, filiale groupe multinational secteur chimie (CA. 100 MF, 90 P) - exp. direction centre de profit industriel dans secteurs chimie ou parachimie dans environnement anglo-saxon - 35/45 ans - 600 KF.

5398 - Sud-Ouest - Responsable Génie Civil - Groupe BTP très implanté Sud Frnce (CA. 200 MF) - compétences techniques, commerciales et de gestionnaire - 400 KF+.

5399 - Bretagne - Directeur d'exploitation - Filiale grand groupe BTP - exp. de direction et gestion activité TP (CA. 300 MF.) - supervision responsables d'agence - 550/600 KF.

5402 - Lyon - Chef de projet industrie - groupe indépendant de l'ingénierie, organisé en filiales (industries, constructions, productique...) et en directions régionales (1.200 P env.) - exp. direction technique ou direction de production ou direction Travaux Neufs acquise soit dans l'ingénierie soit dans groupe BTP, soit dans l'industrie - 30/40 ans -

5404 - Province - Directeur d'usine - Filiale grand

groupe international - généraliste ou électronicien avec form. compl. gestion - exp. diversifiée dans industrie à postes fabrication, production en grande série - 33 ans min. - angl. - 400 KF.

5406 - Metz - Ingénieurs production/recherche - IRSID, Centre de Recherche USINOR-SACI-LOR souhaite intégrer, au cours de l'année 1990, une cinquantaine d'ingénieurs dans disciplines variées.

5409 - Région lyonnaise - Directeur technique - Société (CA. 300 MF, 550 P) spécialisée fabrication équipements électriques pour industrie automobile (faisceaux allumage et capteurs électroniques) - exp. de l'industrie automobile acquise chez équipementier, industrie électrique ou électroménager grande série - 35/40 ans - anglais + allemand si possible.

5410 - Région Lyonnaise - Chef de projet - Société spécialisée fabrication équipements électriques pour industrie automobile (CA. 300 MF, 550 P) - exp. 5 ans min. développement équipements électriques ou électroniques grande série - conn. fonction moteur et de la connectique - 30 ans env. - anglais.

5412 - 20 Km. Compiègne - Jeune ingénieur de production - YVES SAINT LAURENT PARFUMS (parfums et cosmétiques haut de gamme) - animation équipe 40 personnes - goût innovation, sens de l'objectif.

5418 - Pays de Loire - Responsable produit (Division électronique groupe) - Equipementier ferroviaire, leader mondial dans son domaine (CA. 600 MF, 1.000 P) - form. compl. marketing, spécialiste micro-électronique - exp. 10 ans env. secteurs activité similaire (aéronautique, spatial, télécom.) - 33/40 ans - anglais - 450 KF env.

5425 - Doubs - Adjoint au Directeur Industriel (chargé de l'organisation et contrôle de gestion) - Filiale groupe multinational secteur industrie horlogère (CA. 600 MF, 650 P) - exp. 3/5 ans dans cabinet de conseil en organisation et/ou en univers industriel - 30/32 ans - anglais - 300 KF.

3°) Etranger

5287 - Tunisie - Ingénieurs (nationalité tunisienne) formés en France susceptibles d'être intéressés par opportunité de carrière dans leur pays pour le compte du groupe THOMSON.

5291 - Luxembourg - «Régional Manager» Europe Sud - Groupe bancaire origine européenne (2.500 P) - exp. acquise dans structure bancaire internationale à des fonctions dominante commerciale/développement - 35 ans env. - anglais, autre langue appréciée - MBA - 500/600 KF.

5307 - Ankara (Turquie) - Directeur Général Adjoint - Société d'engineering, filiale d'un grand groupe français, secteur matériaux (CA. 13 Mds, 12.000 P) - exp. réussite domaine engineering (expertise technique et de gestion) - conn. secteur matériaux - 30/40 ans - anglais.

5312 - RFA (Mannheim ou Heidelberg) - Directeur Coordination stratégique - Groupe allemand fabriquant composants destinés chimie, nucléaire, bâtiment et industries diverses - exp. marketing - vente ou type industriel avec management équipes - conn. méthodes de développement stratégique ou exp. consultant cabinet conseil en stratégie - 32/40 ans - allemand, anglais apprécié - 600 KF.

5323 - Luxembourg - Senior Manager Crédit et Marketing - Banque internationale à management français et capitaux privés (total bilan 600 MF, 75 P) - exp. opérations de financement en milieu international auprès d'une banque ou crédit-bail - 35/50 ans - anglais, allemand souh. - 650/750 KF + frange benefits.

5374 - Etranger (Grands Centres d'affaires) - Consultants internationaux : recrutement cadres, conseil en management et développement, développement ressources humaines... - exp. conseil en entreprise dans environnement international ou direction unités - 35/60 ans - langues étrangères souh.

5388 - Portugal - Directeur de projet d'importance nationale - Société maître d'ouvrage des opérations aménagement urbain assistance aux collectivités - form. architecte urbaniste + gestion IAE, CPA ou équivalent - exp. correspondante dans sociétés d'aménagement ou BTP et conn. conduite grands chantiers - portugais souh. - 500 KF +

5417 - Espagne - Directeur de filiale - Grand groupe de l'agro-alimentaire - exp. direction centre de profit dans le domaine de l'agro-alimentaire - 30/35 ans - espagnol.

DEMANDES DE SITUATION

Insertions gratuites

4891 - X 71, ENSTA, anglais, exp. responsable projets dans importante multinationale anglo-saxonne (industrie lourde), rech. poste de responsabilité France.

4892 - X 83, ENSPM, exp. professionnelle développement informatique scientifique, interactif graphique (XII) stations de travail et gros systèmes, modélisation et analyse numérique secteur pétrolier (géophysique). exp. biotechnologies ; bonne conn. milieu US, cherche situation région New York ou état Nex Jersey - Domaines intérêt : informatique, rech. industrielle, production ou finance.

4893 - X 46 ans, Armement, CPA, anglais, exp. de direction générale société ingénierie automatismes et robotiques, et de fabrication équipements mécaniques production haute technologie, rech. poste de responsabilité.

4894 - X 42 ans, ENPC, anglais, exp. de conception et mise en œuvre systèmes informatiques décentralisés et management grands projets domaine nouvelles technologies de communication, rech. poste de responsabilité.

4896 - X 34 ans, ENSTA, anglais, exp. de management de projets industriels complexes haute technologie, rech. poste de responsabilité.

4897 - X 70, Dauphie, anglais, exp. d'audit et restructuration d'entreprises, de direction générale de PME (production équipements mécaniques et métallurgiques moyenne série), d'implantation internationale (5 filiales à l'étranger) rech. poste de responsabilité.

4899 - X 69, ENAC option économie et gestion, anglais, exp. création et direction centre formation haute technologie, puis de conseil en développement et direction centre de profit, rech. poste de responsabilité.

4900 - X 83, ENST civil, allemand, anglais, formation conception et architecture systèmes informatiques, exp. d'études avancées logiciel et d'intégration des processeurs dans systèmes informatiques, dans cadre projet ESPRIT, rech. poste de responsabilité.

4901 - X 33 ans, Mines gestion, anglais, arabe, exp. de mise au point d'équipements péri-informatiques complexes haute précision et de direction technique commerciale haute technologie aux U.S.A., recherche poste de responsabilité.

1001 - X 72, Sup Aéro., exp. responsables d'études équipements électroniques, de stratégie et marketing, et de direction de projets systèmes électroniques complexes, rech. poste de responsabilité..

1002 - X 36 ans, ENSAE (Statistiques), Sciences PO, exp. pilotage projets informatiques, et de direction organisme financier, rech. poste de responsabilité.

1004 - X 31 ans, anglais, allemand scolaire, exp. utilisation données satellites (SPOT) pour étude aménagements infrastructure au sol (Génie Rural, T.P., canalisation) rech. poste de responsabilité.

1006 - X 83, DEA Informatique, exp. étude de programme utilisation CAO pour VLSI, rech. poste de responsabilité.

1008 - X 54, Sup Aéro, exp. de Directeur Général (Mécanique, électronique...), pratique des grandes Administrations. Négociations internationales à haut niveau rech. poste de responsabilité haut niveau.

1010 - X 37 ans, Mines de Paris, anglais, allemand, exp. de responsabilité conception, construction et exploitation réseaux distribution et de négociation contrats internationaux, rech. poste de responsabilité.

1011 - X 71, Mines, exp. production, gestion de production, logistique, études économiques (domaine pétrolier) cherche poste de responsabilité région parisienne - très motivé par domaine culturel.

1012 - X 80, ENPC, Master informatique Unité Californie Santa Barbara, anglais, 5 ans exp. développement projets de pointe (systèmes experts, SGBD, X-11, langages objets), rech. poste de responsabilité Rhône-Alpes, France Sud, Etranger.

1014 - X 31 ans, PhD, anglais, russe, exp. 3 ans USA, puis trois années gestion financière ; compétences informatique financière, rech. poste de responsabilité.

1016 - X 82, Ecole Météo, en fin de Thèse de Mathématique (Analyse non standard, EDP, Infographie), anglais courant, chinois (mandarin), rech. poste dans équipe de recherche mathématique (algorithmie : calcul numérique en nombres entiers, par exemple).

1017 - X 61, anglais, allemand, italien, exp. de direction de recherche et de collaboration industrielle dans un cadre international, rech. poste de responsabilité dans organisation française ou internationale.

1018 - X 75, doctorat sciences informatiques, anglais, espagnol, exp. de responsable R & D logiciel et d'applications électroniques et informatiques temps réel haute sécurité, rech. poste de responsabilité.

1021 - X 30 ans, Supaéro (option avionique), anglais, espagnol, exp. grands programmes aéronautiques et spatiaux, rech. poste de responsabilité.

1024 - X 42 ans, exp. de direction projets secteur Energie et Eau, négociation de contrats, direction équipe ingénieurs et experts, responsabilité centre de profit, rech. poste responsabilité dans société ingénierie, de conseil ou grande entreprise.

1025 - X 40 ans, Ponts civil, anglais, allemand, exp. direction industrielle (production, politique investissements, lancement fabrication) et de marketing, rech. poste de responsabilité.

1028 - X 77, Ponts + MS Stanford Engineering Management, anglais, exp. marketing, commercial, direction filiale US société française, rech. poste de responsabilité aux U.S.A.

1033 - Binôme X 86, Ponts civil - Agro-Paris 86 parlant anglais, russe, espagnol, indonésien effectuera un Tour du Monde en 90/91 et réalisera vos missions export en URSS, Asie, Amérique du Sud.

1034 - X 60, CEPE, anglais, espagnol, longue exp. en économie des transports et secteur du BTP, cherche mission longue durée (au moins un an) à l'étranger, tous continents sauf Afrique.

1035 - X 38 ans, Ponts civil, anglais, exp. opérationnelle BTP internationale et France, puis de conseil en organisation générale et stratégie, rech. poste de responsabilité.

1036 - X 47 ans, Sciences éco., allemand, anglais, exp. de responsabilité et mise en place grands systèmes informations financières et comptables, domaine bancaire, rech. poste de responsabilité.

1037 - X 39 ans, doctorat Sciences économiques (Dauphine), anglais, exp. approfondie prévision économique, planification, étude investissements lourds (calcul économique) et conseil direction générale grand groupe - longue pratique informatique décision - rech. poste de responsabilité.

1038 - X 64, exp. de direction système informatique complexe décentralisé à caractère national (750 p) impliquant mise en oeuvre stratégie informatique, politique de production informatique commune et de contrôle, rech. poste de responsabilité.

1039 - X 62, ENST, anglais, allemand, exp. internationale approfondie d'études stratégiques grands réseaux public et privé, télécommunications avancées, de leur mise en oeuvre et leur exploitation pour applications diversifiées temps réel, rech. poste de responsabilité ou de consultant.

1040 - X 40 ans, ENA, allemand, anglais, italien, notions espagnol, exp. acquise dans les domaines

liés aux affaires sociale et aux problèmes gestion de la santé, rech. poste de responsabilité.

1041 - X 76, Mines Civil, exp. de direction société ingénierie informatique et conduite projets informatiques scientifiques et techniques, conn. domaine pétrolier, rech. poste de responsabilité.

1042 - X 29 ans, ENSTA, Master of sciences, allemand, anglais, conn. milieux maritime et spatial, exp. management de projets, rech. poste de responsabilité Sud-Est/Sud-Ouest.

1043 - X 72, ENAC, anglais, retour job USA, grande exp. développement en informatique scientifique et industrielle temps réel (définition d'architecture système, méthodologie de développement, implémentation ADA) rech. poste de responsabilité.

1045 - X 32 ans, conseiller financier indépendant, spécialisé opérations «haut de bilan» (restructuration capitaux propres, rapprochement d'entreprises) et dans le conseil en investissement (entreprises et particuliers), ayant solide exp. internationale des grands groupes industriels et financiers, des PME et banques d'affaires spécialisées, vous propose missions courte ou longue durée.

1046 - X 36 ans, docteur es Science biochimie, anglais, espagnol, exp. de direction laboratoires biochimie et pharmacologie rech. poste de responsabilité.

1047 - X 83, MBA INSEAD, nationalité italienne, anglais courant, exp. 3 ans conseil en management, cherche poste à SYDNEY AUSTRALIE.

1048 - X 60, anglais et espagnol courants, exp. direction générale France et étranger (domaine T.P. et promotion immobilière) rech. représentation société française et européenne en Argentine, Uruguay, Paraguay et Chili.

1049 - X 67, exp. ingénierie et réalisation : bâtiments complexes et industrie (cellulose et papier). Projets, négociations et gestion en milieu international. Pratique du conseil : maintenance, organisation, analyse financière et gestion PMI. Allemand, anglais, italien, rech. poste de responsabilité.

1050 - X 57, anglais, spécialiste gestion industrielle (10 ans ingénieur-conseil groupe US/8 ans Directeur technique dans PMI domaine transports) rech. missions temporaires domaine industriel (contrôle gestion/études de rentabilité/études de faisabilité/conduite de projets).

1051 - X 74, Mines civil, allemand, anglais, exp. d'études et de chantier d'installations et pose de tuyauteries industrielle haute sécurité, rech. poste de responsabilité.

1052 - X 74, Mines civil, formation approfondie en anglais, exp. négociations grands contrats industriels et de responsabilité domaine téléinformatique, rech. poste de responsabilité.

1054 - X 50 ans, MS, bilingue anglais, ing. gén. Armement (CR), exp. du privé, spécialiste prog. plurinationaux, rech. poste de responsabilité secteur services ou biens industriels, France ou pays de langue anglaise.

1056 - X 32 ans, ENSTA G.M., anglais, exp. de conception, réalisation et maintenance équipements et matériels navals, rech. poste de responsabilité.

1057 - X 81, ENST option informatique systèmes, anglais, allemand, exp. de responsable de projets logiciels systèmes télécom. et aide à la décision ; pratique langages divers et systèmes exploitation divers (Unix,...) rech. poste de responsabilité.

1058 - X 67, ENPC, allemand, russe pratiqué en URSS (études), anglais, exp. de responsable informatique scientifique appliquée à la conception d'ouvrages BTP et d'enseignement ; connaissance problèmes de normalisation BTP, rech. poste de responsabilité.

1061 - X 33 ans, Doct. ès Sciences (Biophysique), MBA INSEAD, anglais, espagnol courants, allemand, 9 ans exp. prof. : R & D biotechnologie, stratégie, réorganisation, secteur public et privé, rech. poste de responsabilité.

1062 - X 48, Sup'Aéro, grande exp. direction de services informatiques et de systèmes d'informations en gestion production (MRP) et technique, rech. missions de conseil auprès d'entreprises ou administrations, en France ou à l'étranger.

1063 - X 32 ans, ENSTA, exp. analyse numérique, développement logiciel pour modélisation fluide/structure - responsable projets R & D en mesure/calcul - exp. professionnelle US, rech. poste de responsabilité France/USA.

1064 - X 41 ans, Aviation civile, CPA, anglais, espagnol, arabe, expériences variées Direction Générale grosses PME secteurs aéronautique, transport aérien, restauration, rech. poste équivalent ou à forte implication stratégique.

1065 - X 46 ans, MS MIT génie chimique, anglais notions japonaises, exp. direction de services développement électromécanique, électrometallurgique et affinage, puis de centre de profit métallurgie fine, rech. poste de responsabilité.

1067 - X 33 ans, ENSTA, Sciences Po., exp. énergie/chimie, conn. de l'Administration française et CEE, pratique des négociations internationales haut niveau, cherche poste de responsabilité intéressant.

1068 - X 66, MS MIT, anglais, exp. d'étude et marketing logiciels, et de responsable technique, domaine équipements lourds, rech. poste de responsabilité.

1069 - X 65, ENSAE, anglais, exp. bancaire diversifiée, en particulier ingénierie financière, capital market, rech. situation dans direction financière entreprise, assurances et banque.

1070 - X 64, D. es Sc. (Génie chimique, informatique), exp. direction générale PME, direction technique et d'usine chimie, matières plastiques, exp. affaires sociales, négociations de contrats et transfert de technologie (usine clés en main) France et Etranger, rech. poste de responsabilité.

1073 - X 82, ENST, anglais, allemand, exp. télécommunications par satellite et secteur audiovisuel, rech. poste de responsabilité dans les domaines de la gestion de projet technique ou de l'organisation de la production industrielle, dans un environnement international.

1079 - X 80, ESE, Sciences Po., anglais, espagnol, exp. étude grands projets techniques domaine électricité et utilisation moyens informatiques diversifiés ; études montages affaires dans cadre diversification, rech. poste de responsabilité.

1080 - X 69, Ponts civil, anglais, espagnol, exp. chef de projets complexes d'infrastructures France et International, rech. poste de responsabilité.

1082 - X 38 ans, Armement, exp. d'organisation et conduite de projets de systèmes électroniques complexes, rech. poste de responsabilité.

1083 - X 32 ans, 5 ans d'expérience dans gestion de portefeuille, 2 ans USA, spécialiste gestion quantitative actions, cherche poste à responsabilités dans gestion OPCVM.

1084 - X 43 ans, ENSAE, anglais, exp. direction générale société financement PME et habitat ; exp. internationale, rech. poste de responsabilité.

1097 - X 80, Sup'aéro, anglais, 5 ans exp. secteur de pointe (études avancées, simulations, intelligence artificielle), rech. poste de responsabilité.

ENTREPRISES

Vous désirez vendre, acheter, créer une entreprise... Vous recherchez un partenaire. Le groupe X-ENTREPRENEUR peut vous aider. Il dispose d'opportunités, régulièrement renouvelées, d'entreprises à céder. Il opère en concertation avec les principaux clubs de repreneurs d'affaires : issus des grandes écoles (ESSEC, A et M, etc.). Pour tous renseignements, s'adresser à J.J. THAREL (47) ou P. SCHRICKE (47), tél. : (1) 46.33.44.11, l'après-midi.

AUTRES ANNONCES

Secrétariat général de l'A.X.
5, rue Descartes
75005 Paris
Tél. : (1) 46.33.74.25

DEMANDES DE SITUATION

30 F la ligne

424 - Fille cam., 26 a., retour d'Angleterre, ch. emploi secrétariat. Tél. : (1) 42.50.44.19 BOREL X 26-63, 3e avenue - 60260 LAMORLAYE.

DEMANDES DE LOCATIONS

50 F la ligne

428 - Fille cam. (45) hôtesse de l'air ch. gd studio ou ppt 2 p. calme PARIS 15^e. Tél. : 39.51.30.92.

OFFRES DE LOCATIONS

50 F la ligne

Paris / Banlieue

B624 - A louer PARIS 16^e sud 1^{er} août, 2 p. + cuis. équipée + bain. 40 m², 3^e ét. asc. 3 750 + ch. Tél. : 47.55.02.82.

B625 - Loue PARIS 15^e vrai 5 p., récent, meublé ou non, libre août 90-mars 92. Tél. : 46.45.38.51.

B626 - Cam. loue ILE SAINT-GERMAIN, ISSY LES MOULINEAUX, prox. imméd. Paris 15^e et 16^e, appt NEUF 2 p., 53 m², disp. 1^{er} juil. (poss. 15 juin). Px 4 400 F + ch. Tél. : 39.51.35.21.

B627 - M^o ST-MANDE-TOURELLES prox. RER A, studio 34 m² loggia, exp. sud, imm. récent, 3^e ét. 2 900 + ch. meublé ou non. Tél. : 43.98.02.65.

B628 - A louer SEVRES 92 près gare ligne Montparnasse libre 1^{er} juil. 1990 appt 3 p. 70 m², cave, park., parc privé 2 ha. 4 000 F + ch. 1 200 F/m. Tél. : 45.34.18.37 ou (16) 86.88.09.20.

Province

B629 - Cam. loue villa 10 à 14 lits, Bouches de BONIFACIO, tennis, golf, plage, site except. Ecr. A.X.

B630 - 34 LA GRANDE MOTTE splend. vue mer 6/8 pers. STANDING, prox. plage et commerces. Juil.-Août. Tél. : 43.37.70.51

B631 - ARCACHON cam. loue 3 p. sud, 2^e ét., sur la plage, ds mais. stand. Tél. : (16) 61.54.13.11. Juin, juil., août.

B632 - TIGNES Grande Motte ds Club Hôtel pisc. à louer en juil. : 2 studios de 4 pers. mitoyens 900 F le studio, la sem. Tél. : 45.03.31.84.

B633 - Chalet LE BETTEX-MT ARBOIS vue Mont Blanc, cft 10 pers., juil., août. Mois 9 000 F. Tél. : 40.50.71.51 ou 45.25.03.88.

B634 - LE BRUSC près TOULON à louer juin et à partir du 15 août belle villa sur mer, gd liv., 5 ch. (10 pers.), lave-l., lave-v., télévision, tt cft. Tél. : 43.31.20.60.

Ne joignez pas de règlement à votre annonce. Une facture vous sera adressée dès parution.

Les annonces sont publiées à titre de service rendu aux camarades et n'engagent pas la responsabilité de l'A.X.

TARIFS 1990

Demandes de situation : 30 F la ligne.
Offres d'emploi : 35 F la ligne.
Demandes de locations, Offres de locations, Ventes d'appartements et propriétés, Achats d'appartements, Echanges : 50 F la ligne.
Achats et ventes divers, Divers, Industrielles et commerciales : 60 F la ligne.
Les annonces à publier dans le n^o d'octobre 1990 devront nous parvenir au plus tard le 30 août 1990.

ACHATS D'APPARTEMENTS

50 F la ligne

151 - Ch. à acheter 5 p. 130 m² minim. + ch. de service si possible, PARIS 16^e ou 17^e ou 8^e ou 9^e. Tél. soir : 47.80.93.46.

152 - Cam. ach. appt. 50 à 60 m² ds imm. anc. PARIS 5^e, 12^e, 13^e ou 14^e, étage élevé même ss asc. Tél. : 45.40.69.69 dom.

VENTES D'APPARTEMENTS ET PROPRIÉTÉS

50 F la ligne

Paris/Banlieue

V957 - Cam. vd appt. stg 100 m² VILLE D'AVRAY prox. parc St-Cloud, libre 9/90. Px 2 MF. Tél. : 47.95.17.44.

V958 - Fils de cam. vd CHATENAY MALABRY 6 p. 125 m² (+ 10 m² loggia) park. Px 1 450 000 F. Tél. : 46.60.78.83.

V959 - PARIS XIV^e près Parc Montsouris vd 2/3 p., 5^e ét. ss asc, 60 m² env. (living dble, chbre, cuis, sdb) ensol., porte blindée, cave. Px 1 300 000. Tél. : 40.44.64.74 soir ap. 20 h.

V960 - Appt. 125 m² plein soleil ds résid. bordure bois à MEUDON-BELLEVUE (92), cave, park. Px 3 100 000. Tél. : 45.34.51.89.

Province

V961 - Cam. vd COLLIOURE (66) bel appt meublé ou non 70 m², living, 2 ch., sdb, cuis. équipée, gde terrasse, ds résid. privée, calme, verdure, accès direct plage et commerces. Tél. : 47.32.39.82.

V962 - Cam. vd BELLERIVES (près VICHY) t. beau 3 p., 70 m² + balcon., 4^e ét., résidence ds parc, vue splend., prox. tennis pisc., golf 18 t. Libre. 520 000 F. Tél. : 47.49.53.63.

V963 - Cam. vd NORMANDIE 76 près mer mais. à restaurer terrain 16 000 m². Tél. : 47.45.79.75.

V964 - Vd STE CROIX DU VERDON mais. F6 (4 ch.) terrasse 40 m², très belle vue lac. Px 900 000 F. Tél. : (16) 94.38.79.38.

V965 - UHRY (36) vd LUNEVILLE appt. 5 p., cave, grenier, gar., 4^e ét. asc. Px 420 000. Tél. : 42.29.47.85 Paris - (16) 83.74.03.73 Lunéville.

V966 - Cam. vd 7 km ANGOULEME Manoir 15-16^e 500 m² hab. sur 3 ha 70, parc arboré, terrasse, source, rivière. Libre fin 90. Tél. : (16) 87.92.54.97.

DIVERS

60 F la ligne

401 - GROUPE X ENTREPRENEUR rech. cam. retraité disponible pour faire étude intéressant communauté polytechnicienne s'étalant sur quelques mois. Tél. après-midi : 46.33.44.11. THAREL (47) - SCHRICKE (47).

402 - Veuve cam. (29) souhaiterait vivre retraite moins solitaire avec veuve cinquantaine même situat. Vie agréable (Paris-Cannes) pas de gros travaux. Tél. : 43.43.02.66 repas.

403 - R. BERNANOSE (51) expose ses huiles :
- à la Galerie Ariane (Esplanade Fr. André) à La Baule de mai à sept.
- à la Galerie du Manoir du Moustier à Saint-Evarzec (10 km S.E. de Quimper) de juin à sept.

INDUSTRIELLES ET COMMERCIALES

60 F la ligne

779 - Fils TUGAYE (48) ébéniste d'art effectue restauration et trav. ts styles s/plan. Cond. spéc. aux X et familles. Tél. : 43.79.13.52.

780 - Chau VU HOANG (61) vous recom. vvt TIPHANIE - 55, av. de Suffren - 75007 PARIS - Tél. : 45.66.53.66. Maître fleuriste qui allie le talent à l'originalité de ses compositions florales réalisées par des professionnels de haut niv. TIPHANIE vous offre ses serv. pour l'art de la table et met ttes ses compétences à la disposit. des particuliers et des entreprises.

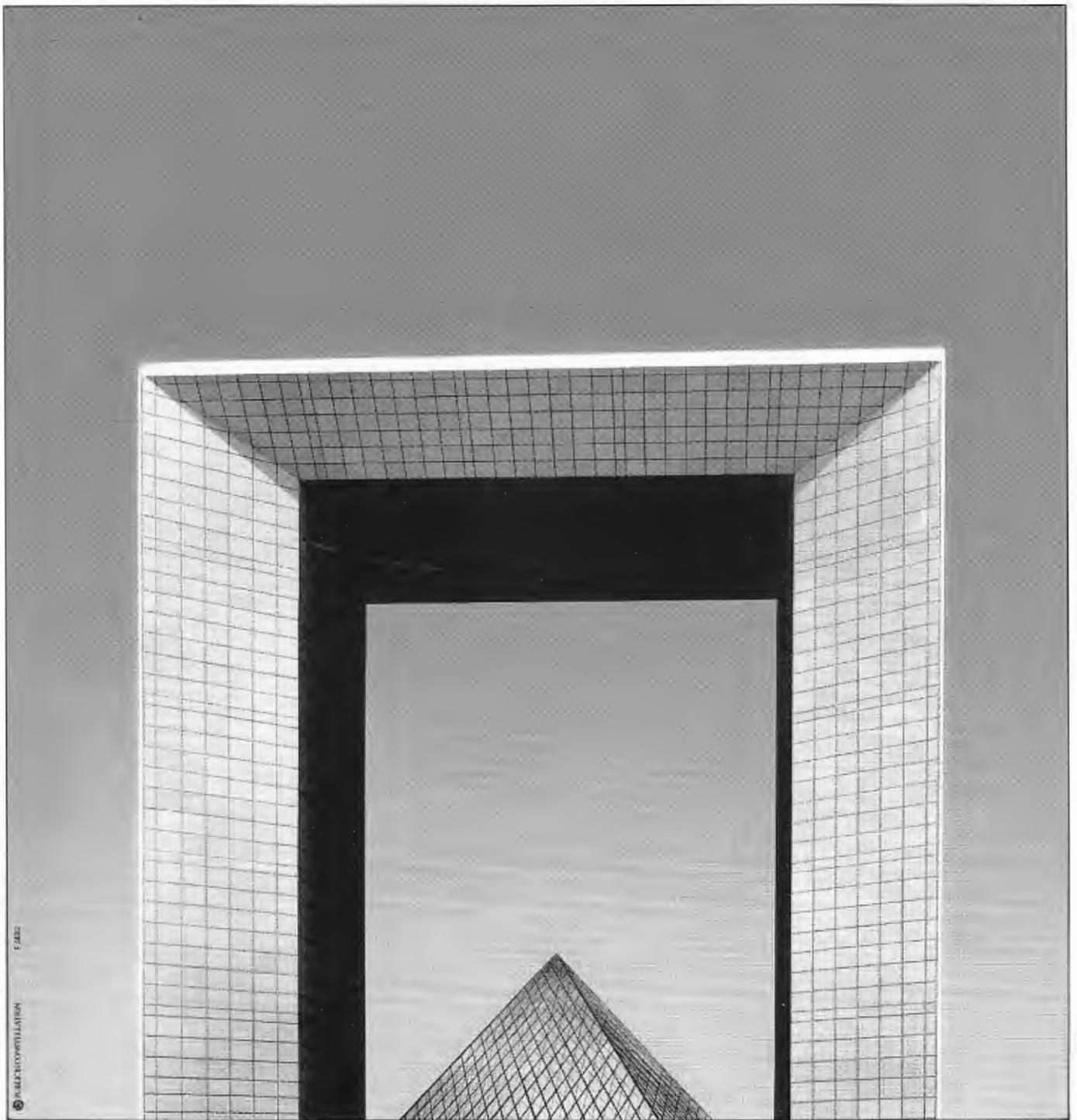
781 - EDWIGE, fille de LEFORT DES YLOUSES (39), lauréate des «Cœurs de la Création 1988» sera heureuse de vous présenter ses créations COUTURE et HAUTE COUTURE (chemisiers haut de gamme, robes et ensemble de ville, robes de cérémonies, robe du soir, robes de cocktail, robes à danser «Rallies» ...) qu'elle pourra réaliser à votre taille et ds le tissu de votre choix. Cond. spéc. aux X et familles. Poss. LOCATION pour robes du soir ou de cérémonies et robes à danser. Atelier Show-Room : 10, r. Lekain - Paris 16^e (2^e ét.). Tél. : 42.88.90.20.

782 - Véronique LARGUIER fille (31) et b. - fille (42) s'occupe de ttes transactions immob. (achat-vente) haut de gamme (appts, mais., hôtels particuliers, Immeubles). VPL INVESTISSEMENTS : 30.24.32.12.

783 - Pour les séjours linguistiques de vos enfants, contacter Michèle CARROUE. Tél. : 46.04.77.26. Recomm. par THAREL (47).

784 - STEINBERG recom. mère documentaliste INTD spécialisée affaires économiques. Recherches et synthèses documentaires ; revues de presse franç. et étrang. ; vieille technologie. Adresse : Hélène STEINBERG 84 quai de Jemmapes 75010 PARIS. Tél. : 42.49.53.68.

785 - Cam. SAUVY 20 sp. recom. vvt jeune décorateur intérieurs. Ecr. A. SAUVY - 76 r. Lepic - Paris 18^e.



F. 2022

© SAINT-GOBAIN

Saint-Gobain suit les grandes perspectives du début à la fin.

Pour la Pyramide du Louvre, Saint-Gobain avait déjà mis au point le verre le plus transparent. Aujourd'hui, pour l'Arche de la Défense, Saint-Gobain fournit 20.000 m² de verre feuilleté réfléchissant. Bientôt, pour le prestige de l'architecture,

nous proposerons "cool-lite", vitrage associant à une large variété de teintes une protection solaire efficace.

Pour le progrès de la technique et le bien être des hommes, Saint-Gobain promet encore de belles perspectives.



SAINT-GOBAIN

CITE DE VERRE

Demain l'espace urbain sera fait de verre. Ville cristal, ville lumière, SEPR contribue avec les verriers à élaborer la cité du futur. 60 ans d'expérience au service de l'industrie du verre, SEPR apporte les solutions pour accéder aux technologies les plus sophistiquées. Leader mondial dans le domaine des réfractaires électrofondus, SEPR est présent dès la conception du four jusqu'à l'expertise en fin de campagne. Objectif prioritaire : la qualité. Pour cela, SEPR investit depuis de nombreuses années, dans la recherche et l'innovation. S'appuyant sur son savoir-faire, SEPR applique aussi ses technologies dans les domaines qui débordent largement l'univers du verre.



SEPR 

LA QUALITÉ, L'EXPÉRIENCE, L'INNOVATION