

de l'épitaxie s'installe et induit une orientation préférentielle.

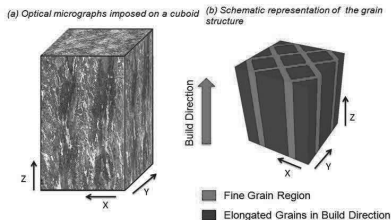


Figure 4– Orientation des grains*

Il est important de prendre en compte ce phénomène notamment pour sélectionner la position dans laquelle sera construite la pièce. Ce positionnement sur le plateau de construction sera en fait le résultat d'un compromis entre plusieurs paramètres : l'anisotropie inhérente au procédé bien sûr, la géométrie de la pièce mais aussi la stratégie de disposition des supports de la pièce, Ces supports sont en effet parfois nécessaires pour maintenir la pièce durant la construction et éviter son effondrement dû à une géométrie non adaptée.

Cette anisotropie microstructurale induit une anisotropie des propriétés mécaniques qui a été vérifiée à de multiples reprises. Les propriétés mécaniques mesurées sur des éprouvettes brutes de fabrication

obtenues dans un plan parallèle à l'axe de construction sont différentes de celles mesurées sur des éprouvettes obtenues dans un plan perpendiculaire à l'axe de construction. Si cette anisotropie n'est pas prise en compte lors de la conception et du dimensionnement des pièces il est possible que localement la tenue mécanique ne soit pas suffisante. On retrouve alors des phénomènes comparables à ceux que l'on peut observer dans des pièces forgées, laminées pour lesquelles le fibrage de la matière induit là aussi une anisotropie des propriétés mécaniques.

Notons qu'il est aussi possible d'atténuer ce phénomène d'orientation préférentielle par traitement thermique post fabrication qui va homogénéiser la microstructure. En règle générale, une fois ce type de traitement thermique appliqué, les propriétés mécaniques mesurées se situent entre des propriétés obtenues avec des éprouvettes issues de fonderie et des propriétés obtenues avec des éprouvettes issues de bruts forgés.

En première approximation et pour des pièces non soumises à des chargements complexes en service, il peut alors être suffisant de dimensionner les pièces avec des propriétés matière de fonderie pour ne pas rencontrer de problèmes

lorsque ces pièces sont fabriquées en LBM.

Les paramètres de fabrication doivent être maîtrisés et leurs influences connues sur chacun des matériaux mis en œuvre. Cette dépendance doit être étudiée sur différents lots de poudre et sur différentes machines du même type pour s'assurer de la reproductibilité de ces procédés. Il est important de continuer les recherches associées à ces procédés afin d'acquérir le niveau de maturité suffisant pour se créer de nouvelles opportunités et ouvrir de nouvelles voies d'application. Microturbo et plus généralement le groupe Safran sont confiants en leurs capacités à acquérir un niveau de maturité technologique élevé quant à l'utilisation de ce procédé : la fabrication de pièces innovantes à géométrie complexe, et dont les propriétés physiques seront comparables aux pièces coulées, usinées ou assemblées, est donc bien engagée.

*F. Wang et al. Materials Science and Technology, 2011, VOL 27, NO 1

EMILIE HERNY ET STÉPHANE VAILLANT

Microturbo – Safran

LE CONTRÔLE LOCAL DE LA GRAVITATION MYTHE OU PERSPECTIVE ?

« Combien de fois vous ai-je dit qu'après avoir éliminé l'impossible, ce qui reste, si improbable soit-il, doit être la vérité » (Conan Doyle / Sherlock Holmes)

L'approche scientifique du phénomène OVNI suppose un examen sans concessions d'observables significatives, autant que possible quantifiables et vérifiables. Certains d'entre eux, notamment cinématiques et dynamiques, semblent en contradiction radicale avec les lois connues, ce

qui les rend inexplicables.

On propose ici une interprétation basée sur une généralisation de l'électromagnétisme de Maxwell qui pourrait permettre de modifier localement la gravitation et rendre compte ainsi de ces observations inédites. Par ailleurs, elle peut également expliquer une partie des effets secondaires observés. Cela étant, cette théorie n'est, pour l'instant, aucunement validée tant il apparaît très difficile de créer les

conditions permettant de l'expérimenter. Mais il arrive que la théorie précède l'expérience ou bien, plus prosaïquement, qu'elle soulève un coin du tapis...

INTRODUCTION

L'accès à l'Espace est aujourd'hui possible grâce à la mise au point, au cours de la deuxième moitié du 20ème siècle, des fusées porteuses multi-étages à propulsion chimique, seul moyen de sortir du puits de gravitation

terrestre. Mais les limites et les contraintes qu'imposent ces engins et l'absence d'alternative suffisamment crédible, amènent à chercher à contrôler localement la gravitation plutôt que de lutter contre elle. Toutefois, sa nature reste un mystère et donc évidemment le moyen d'y parvenir.

Il semble pourtant qu'un tel moyen se manifeste si l'on cherche à interpréter certains phénomènes aérospatiaux non identifiés (PAN). On sait qu'une proportion importante d'entre eux est le fait de témoignages considérés comme irréfutables sans qu'aucune explication relevant de nos connaissances scientifiques ou technologiques actuelles ne puisse en être donnée. Dans l'hypothèse où certains de ces PAN/D [1] ne seraient pas tous naturels mais, pour certains cas, des machines, leur comportement et leurs effets observés suggèrent, parmi différentes hypothèses, que l'intensité de la gravité à l'endroit où elles se trouvent serait modifiée.

Il n'est pas commode de traiter le sujet. Il n'a aucun rapport avec la science aérospatiale d'aujourd'hui toute faite de thermodynamique, de mécanique des fluides, de mécanique du vol et de physico-chimie des matériaux. Par ailleurs, aux préventions de la plupart des scientifiques envers les PAN, s'ajoute un rejet quasi-viscéral d'une possibilité de contrôler la gravitation. Seule la science-fiction l'a depuis longtemps intégrée. Il arrive qu'elle soit prémonitoire. Comme notre démarche ne privilégie aucune hypothèse, on ne peut s'interdire d'explorer celles qui nous semblent dignes d'intérêt. Essayons donc...

GRAVITATION ET INERTIE

En montrant, il y a trois siècles, que la chute des corps (Galilée) et le mouvement des planètes (Kepler) procédaient de la même cause: la force d'attraction mutuelle des corps

matériels, Newton a fondé la mécanique céleste, toujours largement en usage de nos jours. Mais à la fin du 19^{ème} siècle, la théorie électromagnétique de Maxwell s'avère incompatible avec la mécanique classique du fait qu'elle ne vérifie pas le principe de relativité de Galilée [2]. En 1905, Einstein les réconcilie avec une théorie révolutionnaire: la Relativité Restreinte qui, en réalité, généralise le principe de Galilée à toutes les lois physiques. Dix ans plus tard, le même propose la Relativité Générale (RG) où la force de Newton est remplacée par la modification de la métrique (et, partant, de la courbure) de l'espace-temps [i] par la matière. Pratiquement inutile et inutilisée dans la vie courante [3], la RG est, par contre, l'outil incontournable de la cosmologie moderne.

Pour illustrer le concept, on utilise souvent l'image du drap tendu horizontalement et creusé en son centre par le poids d'une boule de pétanque [4]. Alors, une bille lancée depuis le bord va décrire une courbe (on dit une géodésique [5]) et non une droite. Tout se passe comme si la boule «attirait» la bille alors que c'est l'espace (ici à deux dimensions) dans lequel se meut la bille qui est déformé par la boule.

Imaginons alors une bille «magique» qui, au lieu de subir passivement la déformation du drap, s'emploierait à la contrer en créant à chaque instant une sorte de bosse dans le drap à l'endroit où elle se trouve. Entendons-nous bien: «l'attraction» de la boule n'est pas compensée par une quelconque force extérieure ou par l'éjection d'un fluide propulsif mais par la modification de l'espace à l'endroit de la bille.

Le mouvement de la bille dépendra évidemment de la hauteur de la bosse: faible, la trajectoire sera moins incurvée, élevée, la courbure sera inversée comme si la gravitation était devenue répulsive [6]. Un cas intermédiaire donne une trajectoire rectiligne ou pas de mouvement du tout, comme

si la boule de pétanque n'était plus là (mais ce n'est vrai que localement). Ainsi cette petite bosse, en modifiant la courbure de l'espace à l'endroit où se trouve la bille, lui permet de décrire n'importe quelle trajectoire et non pas seulement celles qu'impose la forme du drap.

Une conséquence essentielle de ce processus est l'absence apparente de forces d'inertie et, partant, une cinématique plutôt inédite. En effet, la bille n'étant soumise à aucune force autre que gravitationnelle, elle est toujours en chute libre, comme l'est un satellite ou, temporairement, un objet lâché dans le vide. Ainsi, la bille ne subit aucun effort inertiel quelle que soit sa trajectoire [7].

Remplaçons maintenant le drap à 2 dimensions par notre espace à 3+1 dimensions (l'espace ordinaire + le temps), la boule de pétanque par la Terre et la bille magique par un engin tout aussi étrange (un PAN/D peut-être ?). Quelle ne sera pas la perplexité d'un observateur devant un phénomène qui défie son entendement? Or, dans certains cas de PAN de type D2 [8], il s'agit là d'observations: l'immobilité (pas de courbure) suivie d'un départ fulgurant, comme une «chute vers le ciel» (courbure inversée), des accélérations foudroyantes suivies d'un arrêt brutal ou des virage instantanés (pas d'inertie apparente). Il y a plus étonnant: si l'observateur est un pilote d'aéronef et qu'il s'approche du PAN, celui-ci va l'attirer comme s'il créait un champ de gravitation autour de lui en jouant, cette fois, le rôle de la boule de pétanque. De sorte que l'aéronef, s'il se rapproche par dessous, peut se retrouver en vol ascensionnel contre la volonté du pilote. Ce type d'observation étonnante a été consigné dans des comptes rendus sérieux de pilotes de l'US Army confrontés à un PAN et étudiée par A. Sturrock et un groupe de scientifiques en 1998 (voir note en fin d'article).

Si donc on disposait d'une machine

capable, à l'endroit où elle se trouve, de modifier la courbure du 4-espace, elle se déplacerait naturellement, c'est-à-dire sans aucun moyen de propulsion, le long d'une géodésique dont la déformation locale l'accompagnerait. Choisir une trajectoire reviendrait donc à la considérer comme une géodésique du 4-espace et à en déduire un programme de modification de la courbure préexistante pour qu'il en soit ainsi.

Malheureusement, nous ne savons pas agir directement sur le champ gravitationnel et donc réaliser ce phénomène étrange et fabuleux. Sauf, peut-être, si...

GRAVITATION ET ÉLECTRO-MAGNÉTISME

Les équations d'Einstein relient la courbure de l'espace-temps à la masse m qui l'engendre [ii], c'est-à-dire à l'énergie équivalente mc^2 . Mais elles sont valables pour toute autre forme d'énergie et, notamment, l'énergie électromagnétique (EM).

Malheureusement, celle-ci est trop faible, et de très loin, pour un effet mesurable. Ainsi, la densité d'énergie d'un champ électrique de 10^4 V/m est 10^{24} fois plus faible que celle de la Terre [iii]! La meilleure preuve est que les lois de l'EM classique (deuxième groupe des équations de Maxwell [9]), dont la validité est largement prouvée, ne font pas apparaître de champ de gravitation induit. Exit donc la possibilité de créer un champ de gravitation appréciable à partir d'un champ EM !

Les lois de la nature diffèrent de celles des hommes du fait qu'on ne peut pas les changer! Toutefois, on peut en imaginer de plus générales sous réserve qu'elles ne contredisent pas les lois en vigueur dans leur domaine de validité. Ainsi, la RG redonne la loi de Newton pour les champs de gravitation faibles. C'est ce que je propose pour les lois de l'EM avec l'espoir que ces lois plus générales, à condition évidemment d'être validées par l'expérience, permettront de

contourner l'impossibilité précédente. Cela peut paraître un pari insensé mais il ne faut y voir qu'une proposition sans la prétention ridicule à refaire la physique.

En voici le principe. D'un point de vue formel, en ignorant le champ de gravitation créé par le champ EM, les équations de Maxwell (dans le vide) contredisent la RG, ce qui incite à penser qu'elles ne sont peut-être plus vraies pour des champs extrêmement élevés. Cette hypothèse semble raisonnable dans la mesure où ces équations sont linéaires, traduisant le fait que le champ EM obéit au principe de superposition [10] quelle que soit son intensité, ce qui n'est le cas d'aucun système physique. On peut donc supposer que le domaine de validité des équations de Maxwell n'est pas illimité mais si étendu qu'on n'en a jamais observé (et encore moins franchi) la frontière.

Dans ces conditions, il se peut qu'il existe des équations plus générales qui, linéarisées, donnent les équations de Maxwell du 2ème groupe. C'est le cas si l'on suppose que le lagrangien du champ EM est fonction non pas seulement du champ lui-même mais également, via les coefficients de la métrique, des potentiels électrique V et magnétique A dont dérivent les champs E et B . Il n'y a pas place ici pour en dire beaucoup plus. Cette approche a fait l'objet d'un article publié dans les «Annales de la Fondation Louis de Broglie» (numéro 34-1/2009), sous le titre «Effets gravitationnels des champs EM intenses» auquel on pourra se référer [11].

Il n'est pas impossible que des effets «gravitoélectromagnétiques», traduisant la relation entre champ de gravitation et électromagnétisme, puissent être mis en évidence au sein d'étoiles ou au voisinage de supraconducteurs haute température ou de lasers à haute énergie. Depuis une vingtaine d'années, nombre de chercheurs s'y emploient, apparemment sans succès pour le moment. Ainsi, en 1992, le

chimiste russe Eugène Podkletnov, spécialiste des supraconducteurs haute température, pense avoir observé une réduction de 2% du poids d'un objet placé au-dessus d'un disque supraconducteur en rotation. De même, en 2006, Martin Tajmar de l'Austrian Institute of Technology, financé par l'ESA, observe des effets gravitométriques avec un disque supraconducteur mais différents de ceux qu'a observé E.P. Par ailleurs, le sujet a suscité nombre d'études théoriques mais rien de tout cela n'a été validé [12].

Revenons aux PAM/D. Nombre de témoignages font état d'effets lumineux (du halo à la lueur aveuglante et de l'orangé au bleu), thermiques (sol brûlé, sensations de chaleur) et électriques (pannes de véhicules, perturbation d'instruments de bord, paralysie), semblant révéler la présence de champs EM intenses. On peut évidemment penser qu'il s'agit d'effets secondaires mais aussi que cela révèle un principe antigravitationnel basé sur l'énergie EM, cette hypothèse étant cohérente avec ce qui précède. Toutefois, la prudence s'impose. Ainsi, il est souvent rapporté que les PAN/D se déplacent à très grande vitesse dans l'atmosphère sans onde de choc et sans le moindre bruit. Au stade de notre réflexion, ce phénomène n'est pas facile à expliquer [13].

POUR ALLER PLUS LOIN

Si quelque expérience ou observation venait à justifier cette analyse, le contrôle local de la gravitation cesserait peut-être d'être de la science-fiction même s'il paraît impossible aujourd'hui de créer les champs EM nécessaires. Sur le plan théorique, bien qu'Einstein et ses contemporains aient échoué à unifier l'EM et la gravitation dans un cadre classique [14], il me semble que la théorie EM modifiée, évoquée ci-dessus, mériterait d'être considérée sachant, par ailleurs, que cette approche reste «classique» (au sens de non-quantique) et ne peut donc prétendre qu'à une

contribution partielle à l'unification des forces fondamentales activement recherchée aujourd'hui [15].

En ce qui concerne les PAN/D, il faudrait disposer de capteurs tenant compte des caractéristiques (observations, mesures) d'un phénomène EM tel que décrit précédemment, notamment sa signature radar. Il faut aussi confronter les manifestations supposées d'une machine gravitationnelle avec les observations de différentes natures comme l'influence éventuelle sur les champs EM et gravitationnel. C'est pourquoi l'une des voies de réflexion de notre groupe concerne l'observabilité des PAN au sens large, qu'il s'agisse des observations cinématiques mesurables (radar, optique) mais aussi de leur influence sur l'environnement naturel.

LE CAS DE MANSFIELD

Extrait de l'ouvrage de Peter A. Sturrock: « La Science face à l'énigme des OVNIS » - Presses du Châtelet.

Le 18 octobre 1973, vers 23 h, près de Mansfield (Ohio), l'équipage (pilote, copilote et deux passagers) d'un hélicoptère de l'US Army, observe, pendant environ une minute, une lumière rouge paraissant accompagner l'appareil avant de s'en rapprocher à grande vitesse (estimée à 600 noeuds). Le pilote amorce alors une descente à 500 pieds /mn et contacte la tour de contrôle de Mansfield pour s'informer du trafic aérien avant que les radios VHF et UHF cessent de fonctionner.

La collision semblant imminente, le pilote accélère la descente. La dernière altitude notée est de 1700 pieds MSL [16]. Mais la lumière décélère et se place au-dessus et en avant de l'appareil. L'équipage observe la silhouette d'un objet métallique gris en forme de cigare avec une lumière rouge à l'avant et blanche à l'arrière. La silhouette emplit toute la vitre frontale et le cockpit baigne dans une lumière verte. Quelques secondes plus tard, la lumière

s'éloigne puis disparaît.

Pendant que la lumière blanche est encore visible, les pilotes notent que l'appareil est remonté à 3800 pieds MSL avec une vitesse ascensionnelle de 1000 pieds/mn alors que la commande de profondeur est toujours en position de descente toute. Bien qu'ayant ressenti la descente rapide, aucun des membres de l'équipage n'a éprouvé d'effet G à la remontée [17]. Par la suite, le vol se déroule normalement jusqu'à Cleveland, sa destination.

L'enquête longue et minutieuse, notamment auprès de témoins dignes de foi qui, sans se connaître, donnent un récit identique, n'a fourni aucune explication plausible. Pour Peter A. Sturrock, il s'agissait d'un objet matériel, sans pouvoir en être certain et sans qu'on puisse rien dire de son fonctionnement ni de son origine.

Né en Angleterre en 1924, Peter A. Sturrock est un astrophysicien mondialement connu. Réputé pour sa rigueur scientifique, il a publié plus de 200 articles ainsi que plusieurs ouvrages. Fondateur de différentes institutions prestigieuses, membre de sociétés savantes réputées, consultant de la NASA, titulaire de nombreux prix, médailles et distinctions, il a fondé en 1982 la «Society for Scientific Exploration», forum professionnel d'investigation de sujets ignorés ou mal étudiés par la science institutionnelle. En 1997, le mécène Laurence S. Rockefeller lui a demandé de réunir un panel de scientifiques de haut niveau pour faire le point sur l'énigme des UFO's (Unidentified Flying Objects ou OVNIS en français). La synthèse de ces travaux a été publiée en 1999 sous le titre «The UFO enigma» puis traduite en français sous le titre «La Science face à l'énigme des OVNIS» (Presses du Châtelet).

Pour les références [i], [ii], et [iii], voir la note à télécharger à http://www.3af.fr/sites/default/files/notes_0.pdf

[1] Le CNES-GEIPAN classe les PAN en quatre catégories:

PAN/A: clairement expliqué (11%)

PAN/B: hypothèse retenue très probable (29%)

PAN/C: témoignage non exploitable (37%)

PAN/D: non expliqué (23%).

[2] Le principe de relativité de Galilée stipule que toutes les lois de la mécanique sont identiques dans tous les référentiels «inertiels», Dans de tels référentiels, tout corps «libre» (i.e. soumis à aucune force) est soit au repos soit en mouvement linéaire uniforme et son moment angulaire est constant.

[3] Le seul exemple où les deux relativités trouvent une application dans la vie quotidienne est celui de la localisation par satellites (GPS). La vitesse relative et l'altitude de ces derniers (variation de g) par rapport aux terminaux nécessitent une correction relativiste pour synchroniser les horloges en orbite et sur Terre.

[4] Figure illustrant le texte de David Louapre sur le Big Bang (Francetveducation).

[5] Dans un espace courbe, le plus court chemin entre deux points n'est pas une droite mais une courbe appelée géodésique (du nom des arcs de grands cercles à la surface de la Terre).

[6] La gravitation répulsive est plus ou moins réfutée par la science actuelle bien que la RG ne l'interdise pas formellement. Par ailleurs, l'accélération de l'expansion de l'univers, découverte en 1998 (Perlmutter, Schmidt, Riess - prix Nobel 2011) semble être le fait d'une forme d'énergie inconnue, dite «énergie sombre» ou «énergie noire», qui baignerait tout l'univers (70% de sa densité) en jouant un rôle antigravitationnel.

[7] Purement fortuite en mécanique classique, l'identité des masses grave et inerte fonde la RG sous le nom de «principe d'équivalence». Ainsi le passager d'une station orbitale ne peut savoir si celle-ci

SCIENCES ET TECHNOLOGIES

est en mouvement uniforme, loin de tout centre d'attraction ou en chute libre (perpétuelle) dans un champ de gravitation.

[8] Les PAN/D2 correspondent à des phénomènes très étranges et «de consistance forte» avec plusieurs témoins indépendants, et/ou des enregistrements photo ou vidéo et/ou des traces au sol.

[9] Le 1er groupe stipule que le tenseur de Faraday (qui regroupe les champs E et B) est antisymétrique. Le 2ème groupe constitue les équations de Lagrange de l'espace de configuration du champ EM.

[10] Ce principe stipule que toute combinaison linéaire de champs solutions des équations, est également une solution.

[11] L'article est disponible sur le site de la Fondation et directement consultable à l'adresse: <http://www.ensmp.fr/aflb/AFLB-341/aflb341m569.pdf>

[12] L'e-book «Gravity-Superconductors Interactions: Theory and Experiment» (2012) recense l'ensemble de ces travaux. Bentham@ebooks - Editors Giovanni Modanese - Free University of Bolzano - Faculty of Science and Technology Bolzano University - Italy & Glen A. Robertson - Institute for Advanced Research in the Space, Propulsion and Energy Sciences - USA

[13] La propulsion magnétohydrodynamique (MHD) est une explication au mode de propulsion des PAN/D mais elle n'est pas sans poser des problèmes technologiques apparemment insurmontables.

[14] en imaginant des espaces plus généraux que l'espace-temps de la relativité générale. Cf. A. Lichnerowicz, Théories relativistes de la gravitation et de l'électromagnétisme, Ed. Masson & Cie, Paris (1955).

[15] La RG et la mécanique quantique (MQ) qui régit l'infiniment petit sont actuellement incompatibles. Or cette dernière est incontournable dans son domaine opératoire, précisément là où la RG ne fonctionne plus (singularités telles que le centre des trous noirs, le point origine du Big Bang,...). On attend une nouvelle physique pour les réconcilier.

[16] pour Mean Sea Level : niveau moyen des mers. L'altitude moyenne de Mansfield est d'environ 1000 pieds.

[17] Sensation d'augmentation du poids lors d'une accélération centrifuge, notamment lors du redressement après un piqué.

PIERRE MARX

Membre de la Commission Technique Sigma 2

CULTURE

CES ARTISTES INSPIRÉS PAR L'AÉRONAUTIQUE ... JEAN LETOURNEUR ET MARC NEWSON

L'art et la science ne sont pas des univers disjoints, l'artiste ne puisant pas seulement son inspiration dans la nature mais aussi dans les réalisations humaines. Jean Letourneur et Marc Newson, chacun dans son domaine, créent un art empreint de science et de technique. Le grand avionneur Marcel Dassault, dont on connaît le célèbre adage « Pour qu'un avion vole bien, il faut qu'il soit beau », n'aurait pas renié cette connivence entre l'art et la recherche et technologie.

JEAN LETOURNEUR

Jean Letourneur, sculpteur du mouvement fluide, est un passionné d'aérodynamique. Sa vocation de sculpteur il l'a trouvée dans son berceau, auprès de son père René Letourneur, Premier Grand Prix de Rome de sculpture en 1926. Sa passion il l'exerce aujourd'hui encore dans l'atelier

paternel à Fontenay aux Roses. C'est auprès de lui, dont il fut le praticien durant 8 ans, qu'il acquiert la technique de la taille directe. Il est à l'heure actuelle l'un des rares sculpteurs français à maîtriser cette technique qui ne tolère pas la faute. Comme il le souligne : « Tailler le marbre ne s'improvise pas, l'erreur est interdite ». Son attrait pour les sciences il le doit également au milieu familial, son grand-père maternel Henri Gondet ayant dirigé durant trente ans les Etablissements Beaudoin (fabricants d'instruments de mesures de précision) avant de devenir Directeur Scientifique de la Physique à l'Onera puis de prendre la direction des laboratoires du CNRS de Bellevue à Meudon, à la demande de Frédéric Joliot-Curie. Jean Letourneur a trouvé son chemin de Damas en 1973, l'année de son bac, en visitant l'exposition « Sciences, Formes, Couleurs » au Palais de la Découverte, où l'Onera présentait ses travaux en Mécanique des Fluides. Ce fut pour