

AUVERGNE SCIENCES

BULLETIN DE L'ADASTA

Mars 98

N° 41



Mesurer la terre
Le Damas
Centenaire
du radium
La radio
numérique

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

- Le dossier
La mesure de la Terre :
quelques étapes de
l'antiquité à nos joursp. 3
- Le dossier
Matériau noble du passé,
l'acier Damas
émerveille le monde
d'aujourd'hui p. 14
- Histoire des Sciences
Centenaire de la
communication à l'Académie
des Sciences
annonçant la Découverte
du Radium
12 avril 1898..... p. 20
- Le dossier
La radio numérique
(D.A.B.) p. 22
- Publications
Les instruments
d'optique..... p. 26
- Activités diverses
Visite d'Issoire - Aviation
Le 14 janvier 1998..... p. 27

PERMANENCES :

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

AUVERGNE-SCIENCES

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

Photo de couverture :
GLOBE de Martin BEHAIM
L'original, construit en 1492,
est la plus ancienne sphère
terrestre occidentale connue,
et se trouve au musée
de Nuremberg. La photographie
a été prise sur une copie
manuscrite de l'original faite
en 1847 pour la Bibliothèque
Nationale de Paris
(cartes et plans,
Res. Gen. A. 276).
On reconnaît à droite l'Europe
(Grande-Bretagne, France,
Espagne) et l'Afrique, à gauche
le Japon et la Chine.

Dépôt légal Mars 1998

Imprimeries Centre France - REIX 04 73 60 75 75 - 97404

MESURER LA TERRE QUELQUES ETAPES DE L'ANTIQUITE A NOS JOURS

Conférence par Paul-Louis
Hennequin : professeur honoraire
de l'Université Blaise Pascal

Mercredi 22 avril à 18 heures.
Amphithéâtre de l'IUFM
20, avenue Raymond Bergougnan
Clermont-Ferrand.

Chers amis



Voici un nouveau numéro de la Revue AUVERGNE-SCIENCES rédigé par l'équipe fidèle et compétente de l'ADASTA, autour de notre rédactrice Jocelyne Allée qui fournit un travail remarquable. Paul-Louis Hennequin, notre vice-président y explique comment la "mesure de la terre" a commencé dès l'Antiquité pour contribuer en 1793 à la définition du mètre. Ce fut une grande et passionnante aventure, capitale pour les Sciences, et qui peut suggérer des activités pratiques dans les collèges et lycées (voir notre supplément pédagogique).

L'ADASTA est repartie en avant, dans le partage des responsabilités, et l'union autour de nouveaux projets. Tout est mêlé dans nos activités, l'inquiétude, et l'espérance, mais nous avons la joie de voir notre association reconnue et soutenue par de nombreuses instances.

Merci pour le renouvellement de vos cotisations, pour vos encouragements, votre fidélité et votre soutien chaleureux. Nous accueillons volontiers toute idée nouvelle et serions heureux de créer une rubrique "COURRIER DES LECTEURS".

Suzanne GELY

Ce numéro a été réalisé grâce à l'aide de France-Télécom.

Merci à nos sponsors



MINISTERE
DE LA RECHERCHE
ET DE LA TECHNOLOGIE



La mesure de la Terre : Quelques étapes de l'antiquité à nos jours

1 - L'ANTIQUITE

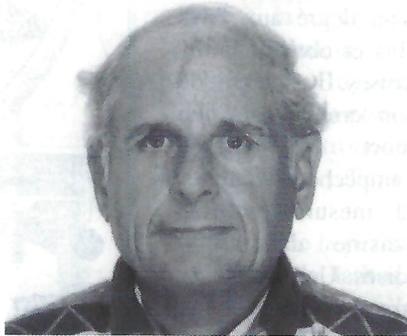
Bien qu'Aristote (-384, -322) fasse référence à des estimations antérieures en particulier Chaldéennes de la circonférence de la terre, c'est à Eratosthène (-273, -192) qu'il convient d'attribuer la première mesure scientifique. Né à Cyrène en Lybie, il fait ses études à Athènes ; Callimarque l'appelle en Egypte pour participer à la confection du catalogue de la bibliothèque d'Alexandrie dont l'"Académie" regroupait tous les savants de l'époque. Poète, grammairien, philologue, astronome, mathématicien, géographe, il mérite son surnom de "Pentathlos". (cf [19], [25]).

Sa mesure porte sur l'arc Syène (l'actuelle Assouan) - Alexandrie, ces deux villes étant situées toutes les deux sur le Nil.

Elle comporte :

a) une évaluation de latitude.

A Syène, au solstice d'été, le soleil est réputé passer au zénith ; il le vérifie en faisant creuser un puits dont le fond est éclairé par le soleil à midi. Il mesure donc la hauteur maximum du soleil à Alexandrie le jour du solstice d'été, à l'aide d'une scaphé, petit gnomon comportant une tige verticale dont l'ombre se projette sur un arc gradué. Il obtient 7,2 degrés, soit $1/50^{\text{ème}}$ de circonférence comme distance du soleil au zénith, donc comme différence de latitude entre Syène et Alexandrie qu'il suppose sur le même méridien. (Le Nil coule sensiblement du sud au nord).



Paul-Louis HENNEQUIN
Professeur honoraire
de mathématiques
à l'Université Blaise-Pascal.

Mesurer la terre a été une préoccupation des sociétés humaines dès qu'elles sont devenues sédentaires et ont pratiqué l'agriculture. De la mesure des champs on est passé à celle des itinéraires des conquérants et des explorateurs, terrestres d'abord tels Alexandre, maritimes, de la méditerranée aux océans, aérospatiaux enfin. L'apparition de la lunette astronomique au XVII^e siècle et des satellites artificiels au XX^e sont les deux progrès technologiques les plus importants qui ont permis d'effectuer des sauts prodigieux dans la précision des mesures. Nous retraçons ici quelques étapes de cette longue quête de connaissances sur notre Terre qui associe étroitement physiciens, mathématiciens, techniciens et explorateurs dans des projets collectifs et qui donna lieu à des débats animés tout en contribuant à l'émergence de la théorie de la gravitation, de l'hydrodynamique et du calcul intégral.

b) une évaluation de distance

Pour mesurer la distance qui sépare Syène d'Alexandrie., il utilise à la fois - le relevé cadastral, soigneusement tenu à jour par l'administration des terres cultivées de la vallée du Nil, - la longueur des relais de halage le long du fleuve.

- le relevé des longueurs des routes effectué par les "bematistes" qui accompagnaient les armées et leur fournissaient des renseignements sur les itinéraires.

Il obtient 5 000 stades. Il en déduit donc que la longueur de la circonférence terrestre est de 250 000 stades qu'il arrondit à 252 000 pour obtenir un nombre divisible par 12.

Quelles erreurs comporte cette mesure ?

Les coordonnées géographiques d'Alexandrie et Syène sont les suivantes

(à la minute près)

	Latitude nord	Longitude est
Alexandrie	31°12'	27°31'
Syène	24°5'	30°35'

La différence de latitude est donc de 7°7' ou 7,12 degrés ; la mesure est excellente car en fait le diamètre angulaire du soleil (32 minutes) ne permet pas de dépasser une précision de 0,08 sur les mesures d'angles. C'est ainsi que Syène est considéré comme sur le tropique du cancer dont la latitude est de 23°27'. La distance Syène - Alexandrie est en fait de 846 kilomètres. Pour comparer il faut convertir les stades en mètres. Pour les grecs il pourrait s'agir de la longueur de la piste pédestre d'Olympie (192,3 m)

ou de celle de Delphes (177,55 m). Si on convertit 5 000 stades en 846 kilomètres on trouve un stade de 169,2 mètres, 252 000 stades en 40 000 kilomètres, un stade de 159 mètres. La différence s'explique en partie par l'écart de longitude de Syène et Alexandrie qu'Eratosthène place sur le même méridien.

Retenons qu'avec une erreur de l'ordre de 10 % la précision est tout à fait remarquable.

2 - LA CONQUÊTE DU GLOBE

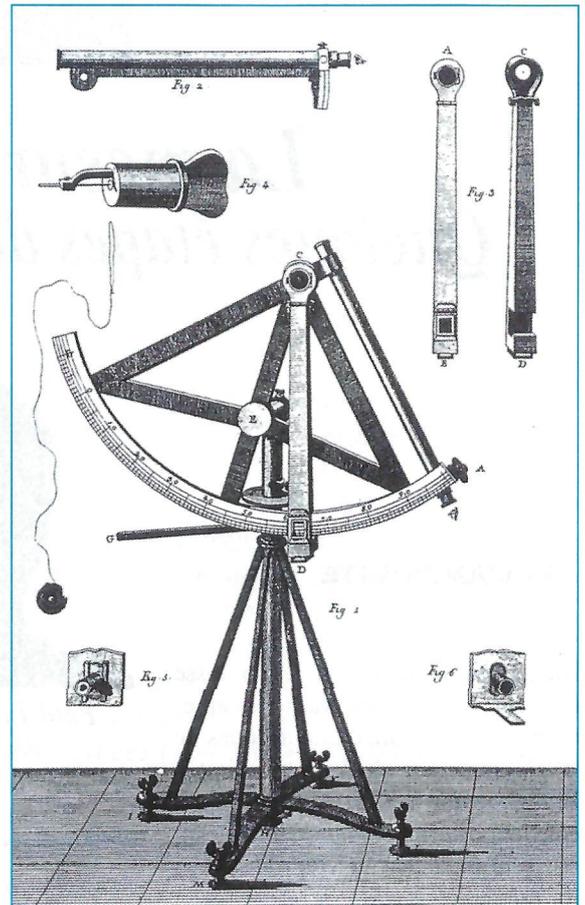
Au XV^{ème} siècle, les progrès des navires amènent peu à peu Espagnols et Portugais à la conquête des océans (cf [25]). Christophe Colomb (1450 - 1500) part de la géographie de Claude Ptolémée (100 - 170) elle-même dérivée de la mesure d'Eratosthène, et la seule alors en usage, qui repose sur un degré de 92,5 km. Influencés par le cosmographe florentin Paolo Toscanelli (1397 - 1482), par une série d'erreurs de conversion, Christophe et son frère le ramènent à 69 kilomètres. Le globe de Martin Behaim construit pour le Conseil municipal de Nuremberg en 1492 et reproduit sur la couverture de ce numéro montre le Japon (Cipango) en plein Atlantique à 4 200 kilomètres des Açores. La Chine est donc accessible par l'Ouest ! Colomb atteint les Antilles en 1492 grâce ou malgré cette erreur. Il ne faut alors que cinq ans pour que Vasco de Gama (1469 - 1524) atteigne l'Inde en contournant l'Afrique, et que trente ans pour que l'équipage de MAGELLAN (1480 - 1521) rentre en Espagne après un tour complet du globe terrestre.

3 - LA PRÉCISION ASTRONOMIQUE

En 1550, Fernel, mathématicien et médecin mesure la distance Paris-Amiens et parcourt un degré de méridien en comptant le nombre de tours

de roues de sa voiture ; par un heureux hasard il obtient 56746 Toises (1) au lieu de 57060 soit une précision de 6 pour mille. L'astronome hollandais Snellius (1580 - 1626) est le premier à employer la triangulation pour la mesure d'un degré aux Pays Bas et obtient 55021 Toises. Il s'aperçoit de son erreur mais une mort prématurée l'empêche de publier la mesure rectifiée voisine de 57000 toises. Un disciple du grand astronome Danois Tycho-Brahé (1546-1601), Blanc entreprend d'autres mesures mais ne les publie pas. En Angleterre, Richard Norwood mesure la distance de Londres à York (environ 300 kilomètres), la chaîne à la main, en suivant les chemins dont il évalue, segment par segment, l'angle avec le méridien et la pente puis en réduisant ces mesures ; il obtient un degré de 57300 toises. En Italie les mesures contemporaines de Riccioli et de Grimaldi manquent de précision. (Cf [29]). En France, l'Académie Royale des Sciences est fondée par Colbert en 1666, l'observatoire de Paris construit de 1667 à 1672 par Claude Perrault, et dès 1669, l'académie confie à l'abbé Jean Picard (1620 - 1682) la mesure d'un degré terrestre dans les environs de Paris. (Cf [21]).

L'innovation due à Picard est l'utilisation de la lunette astronomique introduite par Galilée (1564 - 1642) en 1609, au lieu des alidades à pinnule. Cette lunette est montée sur un quart de cercle (cf. figure) et le repérage précis d'une direction se fait par une vis micrométrique. On passe ainsi pour la précision des mesures angulaires, tant de la triangulation que des latitudes, d'une minute à une seconde d'arc.

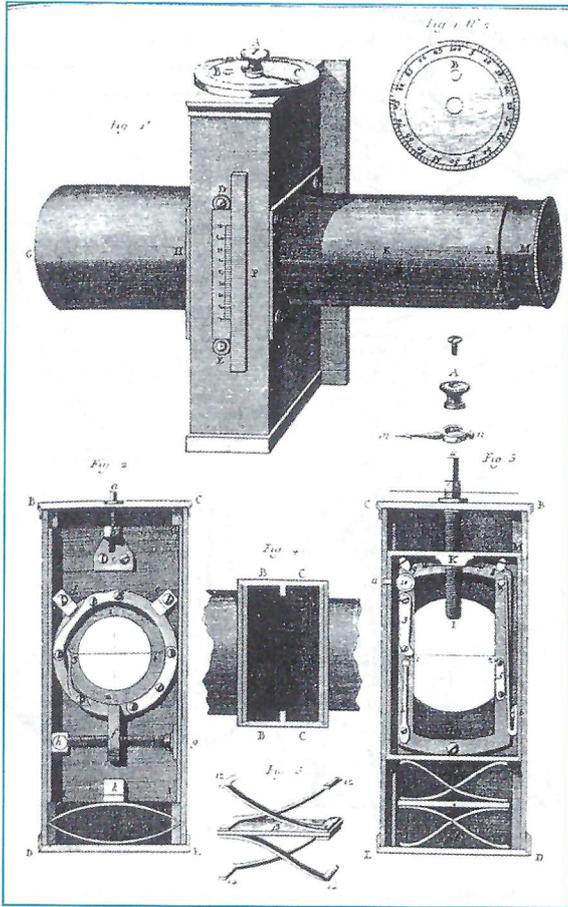


Le quart de cercle et son micromètre (Encyclopédie).

Pour la base longue d'environ 11 kilomètres, les deux mesures qu'il effectue diffèrent de moins d'un mètre. Ainsi obtient-il 78850 pour la distance Amiens-Malvoisine (à une trentaine de kilomètres au sud de Paris), soit un degré de 57060 toises et une erreur de l'ordre d'une trentaine de toises. En 1671, en vue d'utiliser les observations astronomiques de Tycho Brahé qui datent de près d'un siècle et de déterminer la position précise de son observatoire Uranibourg, dans une île du Jutland, qui est en ruines. Si la latitude utilisée par Tycho était bonne, la longitude comportait une erreur de quelques degrés et la méridienne était décalée de dix huit minutes au point que certains astronomes évoquent la possibilité d'un déplacement de celle-ci dans le temps.

Tandis que Picard était à Uranibourg, l'académie souhaitait mesurer avec précision différents paramètres du soleil (déclinaison de l'écliptique, parallaxe...) Il fallait pour cela que le soleil soit proche du Zenith (à moins de 20°) pour éviter l'influence de la réfraction atmosphérique. Le voyage

(1) Rappelons qu'une toise \approx 1,95 mètres et que une toise = 6 pieds = 72 pouces = 864 lignes.



seconde à Paris ; ayant réglé son pendule pour qu'il batte la seconde à Cayenne, il constate à son retour à Paris qu'il faut le rallonger de 3 millimètres. Dans un premier temps quelques physiciens attribuent cette variation à la dilatation due à la chaleur mais Christian Huygens (1629 - 1695) physicien et astronome neerlandais, relie ce phénomène à la variation de la pesanteur avec la latitude et démontre que la terre en rotation doit être aplatie. Newton (1642 - 1727) arrive à la même conclusion mais à une valeur différente de l'aplatissement.

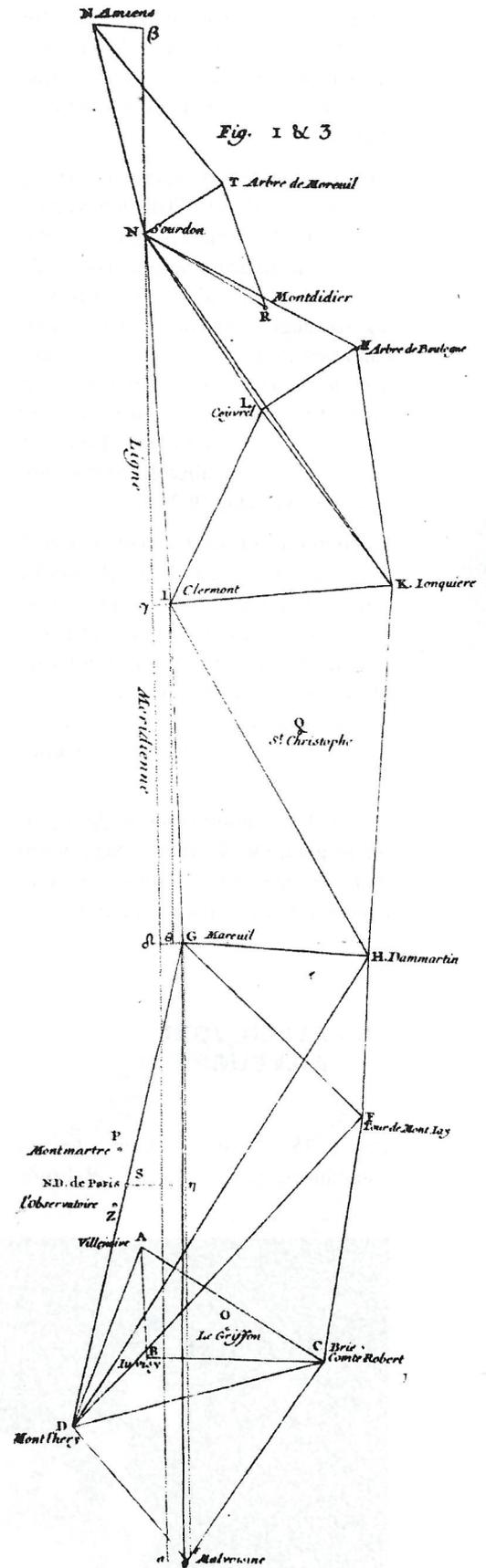
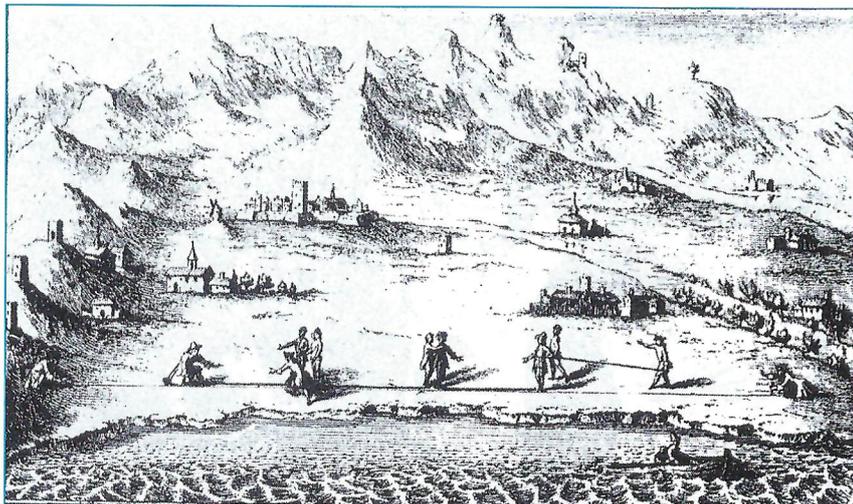
permettrait aussi de mesurer la distance au soleil de Mars et de Vénus et le parallaxe de la lune.

Cayenne, possession française fut choisie et Richer, académicien, chargé de la mission. Parti fin 1671, il arrive à Cayenne en avril 72. Indépendamment d'observations astronomiques étudiées sur une année, il est le premier à noter le retardement d'environ deux minutes par jour du pendule qui battait la

4 - LA TERRE EST ALLONGÉE

Quelques années plus tard un Alsacien, Eisenschmidt, s'appuyant sur les mesures d'Eratosthène, Riccioli, Picard et Snellius, affirme que la terre est un sphéroïde allongé.

La mesure d'une base.



La triangulation de Picard (échelle 10^{-6}).

En 1672, en vue d'appuyer la cartographie du Royaume sur un châssis général, Jean Dominique Cassini (1625 - 1712) est chargé de mesurer la méridienne de Paris de Dunkerque au Canigou, en reprenant la chaîne de Picard, (cf [2]).

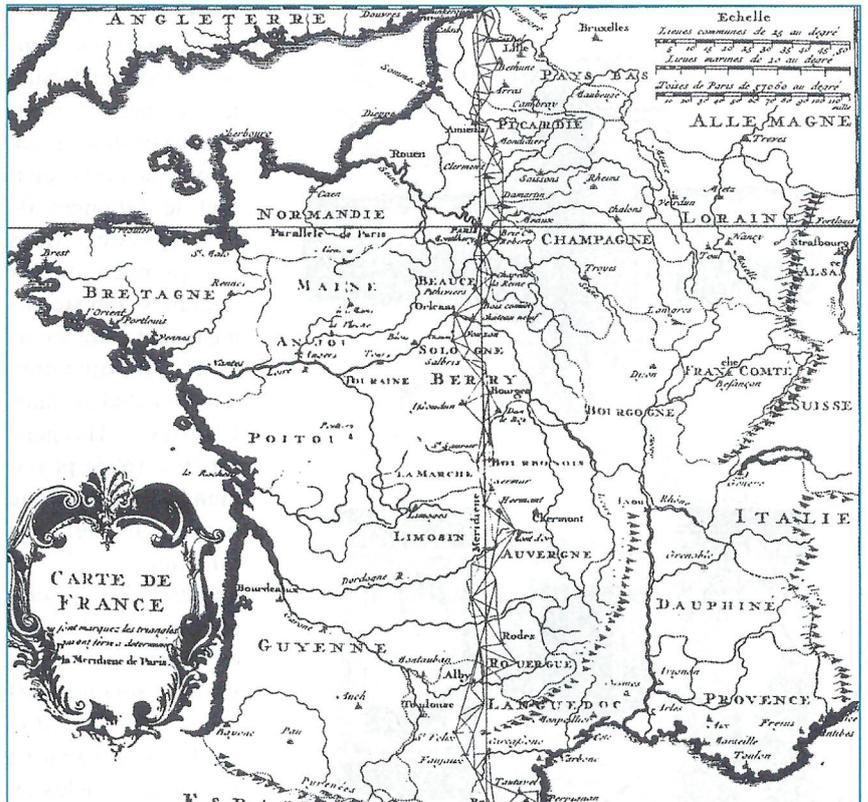
L'opération est suspendue en 1673, reprise en 1700 et 1701, achevée en 1716. Or il paraît résulter de cette mesure que le degré, loin de croître de l'équateur au pôle allait en décroissant : les six degrés au sud de Paris donnaient en moyenne 57080 toises, tandis que ceux du nord 56960 ; cela donnait un allongement moyen de 30 toises par degré du Pôle à l'Equateur d'où un ellipsoïde allongé dont le rapport des axes était 96/95.

L'opinion scientifique se partage alors ; ainsi le physicien Jean Bernoulli (1667-17..) frère de Jacques (1654-1705) adversaire de Newton et partisan de la théorie des tourbillons de Descartes, le géographe d'Anville se rallie à Cassini. Les Anglais, fidèles à Newton, demandent de nouvelles mesures.

En 1733 J. Cassini propose de mesurer le parallèle St Malo - Strasbourg mais les mesures de longitude sont trop peu précises pour conclure.

5 - ALLER VOIR AILLEURS

En 1735, Charles Henri de La Condamine (1701 - 1774) et Louis



La Méridienne de Cassini.

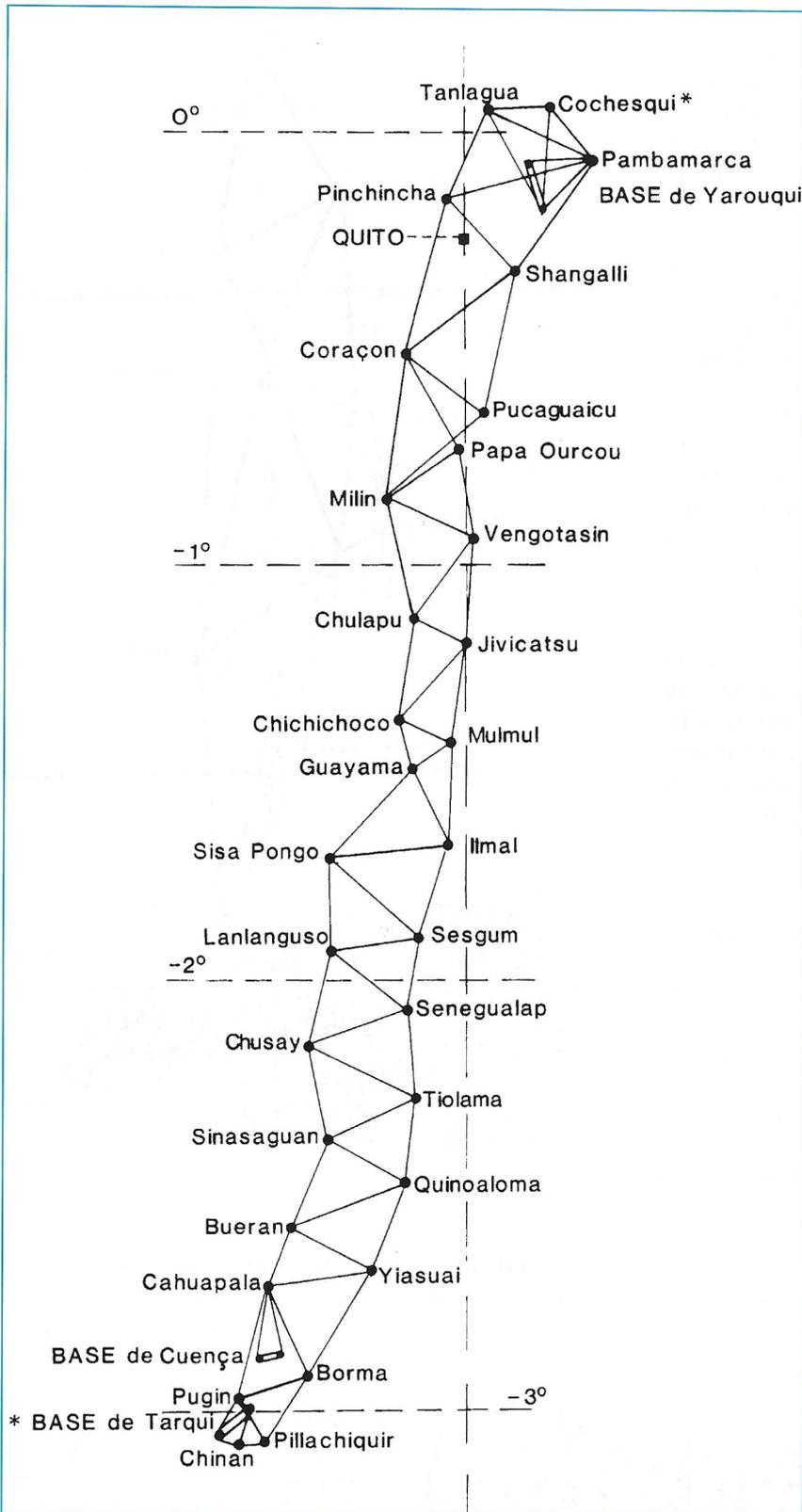
Godin (1704 - 1760) proposent une mesure directe sous l'équateur. Après avoir songé à Cayenne, ils pensent que la double chaîne de montagnes alignées du nord au sud qui forme la cordillère du Pérou offrira des points commodes pour la triangulation. (cf [12]).

A l'initiative du Comte de Maurepas (1701 - 1781), la Condamine, Godin, Pierre Bouguer (1698 - 1758), Joseph de Jussieu (1704 - 1779), accompagnés d'ingénieurs, d'un dessinateur et d'un chirurgien partent de La Rochelle le 16 mai 1735 et, après

avoir traversé l'isthme de Panama, ils atteignent la côte du Pérou le 9 mars 1736. Primitivement ils devaient mesurer un degré de l'équateur et un du méridien mais l'académie décide de se limiter à ce dernier. Ils mesurent d'abord une base dans la plaine de Yarouki près de Quito et obtiennent 6272 toises 4 pieds, 7 pouces – par deux mesures qui diffèrent de 2 pouces – soit une erreur relative de 5 millionnièmes. La triangulation en haute montagne dure plus de deux ans et elle est menée indépendamment par deux équipes :

Mesure au quart de cercle la nuit.





L'arc mesuré par Bouguer et La Condamine au moyen de 32 triangles joignait Cochesqui au nord à Tarqui au sud ; pour vérifier ils déterminent une nouvelle base de 5259 toises au sud, qui s'accorde à 1 toise près à l'estimation donnée par la triangulation. Pour déterminer la latitude, ils obser-

vent, tantôt à Tarqui, tantôt à Cochesqui, l'étoile ϵ_3 d'Orion et notent d'abord de nombreuses irrégularités dues à la nutation et aux longs intervalles de temps qui séparaient deux mesures avec le même instrument, jusqu'à ce qu'ils en réalisent deux identiques pour les effectuer

simultanément. Ce qui leur donne une différence de latitude de $3^\circ 7' 1''$ à trois ou quatre secondes près. Une fois leurs mesures ramenées au niveau de la mer ils obtiennent un degré de 56749 toises.

Les officiels espagnols qui opéraient de leur côté avec Godin furent appelés à commander deux frégates contre les Anglais et ne purent achever le travail que deux ans plus tard. Ils obtiennent 56768 toises. Durant leur séjour, les académiciens font de nombreuses autres observations : raccourcissement du pendule, mesures de réfraction, déviation du fil à plomb au flanc des montagnes, variation de la pression atmosphérique.

Bouguer revient le premier en France en juin 1744 et rend compte aussitôt à l'académie. (cf[1])

La Condamine entreprend la descente de l'Amazone et n'arrive qu'en 1745. Godin est retenu au Pérou jusqu'en 1748 ; il y subit le tremblement de terre de 1746 et rentre en 1750 par le Paraguay, Buenos Aires, le Portugal et l'Espagne.

En 1736, Pierre Louis Moreau de Maupertuis (1698 - 1759) propose à l'académie un voyage au cercle polaire pour y mesurer un degré de latitude.

Maupertuis, Alexis Claude Clairaut (1713 - 1765), Pierre Charles Le Monnier (1715 - 1799) et Réginald



La Condamine (1701-1774)

Outhier (1694 - 1774), arrivent en juillet 1736 au fond du golfe de Botnie. Ils pensaient effectuer la triangulation à partir des îles de ce golfe mais réalisent sur place qu'il faut remonter vers le nord, en Laponie. En

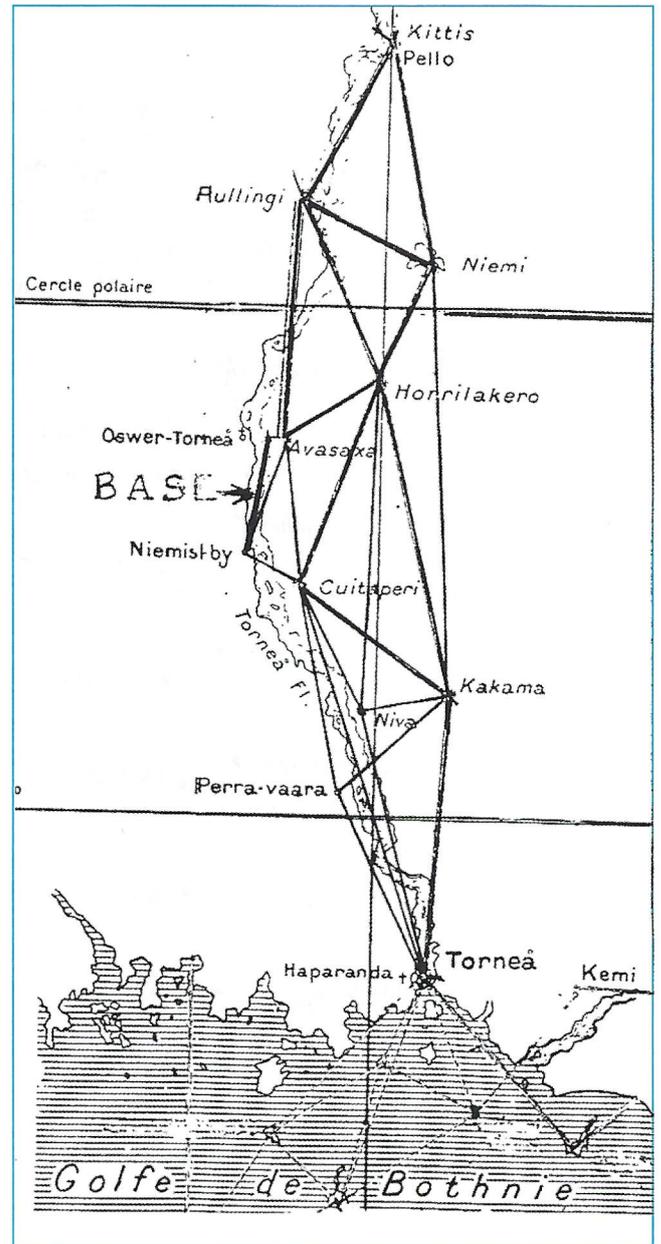
soixante trois jours, ils achèvent les triangles de Tornea à Kittis : la latitude de ces deux points est mesurée successivement en observant l'étoile du Dragon ce qui donne un arc de $57^{\circ} 30''$ _ puis, après l'hiver l'étoile du Dragon qui donne $57^{\circ}, 28''$ _ . La base est mesurée en décembre alors que le fleuve est gelé ; les deux mesures donnent une différence de 4 pouces soit une erreur relative inférieure à un dix-millième. Ils aboutissent à un degré de 57437 toises contre 57060 entre Paris et Amiens et Maupertuis conclut à un aplatissement de $1/129$ (cf[18]).

Simultanément la longueur du pendule à secondes est trouvée à Pello (latitude $66^{\circ}3'$) supérieure de 0,6 lignes à la longueur à Paris soit environ $1,35/1000$.

Après ces deux expéditions, il fut évident que les degrés terrestres diminuaient de longueur du pôle à l'équateur et que la terre était aplatie. Il fallait donc vérifier les mesures du degré de France. Les académiciens commencèrent par le degré de Picard. Celui-ci, après réduction, avait évalué l'écart de latitude entre les tours des cathédrales d'Amiens et de Paris à $1^{\circ} 2' 30''$. De nouvelles mesures, utilisant le même secteur qu'au cercle polaire donnèrent $1^{\circ} 2' 29''$ d'où un degré de 57183 toises et un aplatissement de $1/178$.

Pour répondre à une brochure polémique de Maupertuis en 1740, César François Cassini de Thury (1714 - 1784) petit-fils de Dominique et fils de Jacques voulut rectifier les opérations de son père et de son grand-père. (cf[3]). Aidé de Nicolas Louis

de La Caille (1713 - 1762), il divise la méridienne Dunkerque-Collioure en quatre parties par Paris, Bourges et R o d e z . Reprenant tous les triangles anciens. Ils se servent d'un grand instrument de 6 pieds à lunette dotée d'un micromètre (alors que les mesures précédentes faites dans des clochers de village ne permettaient que de petits instruments). Le degré moyen e n t r e Dunkerque et Paris est évalué à 57084 toises. Ils mesurent de n o u v e l l e s bases près de Bourges et de Rodez et obtiennent 57071 toises pour un degré entre Paris et Bourges, 57040 entre Bourges et Rodez, 57048



sur Rodez-Perpignan ce qui, aux erreurs de mesure près, confirme l'aplatissement. En 1740, une vérification de la base de Picard donne 5657 toises au lieu de 5663. Finalement en 1756, l'académie conclut que Picard avait utilisé une toise plus courte d'un millième que celle de Cassini ; comme elles ont été perdues toutes les deux, une vérification directe est impossible. Le degré moyen est donc fixé à 57012 toises à la latitude de 45° .

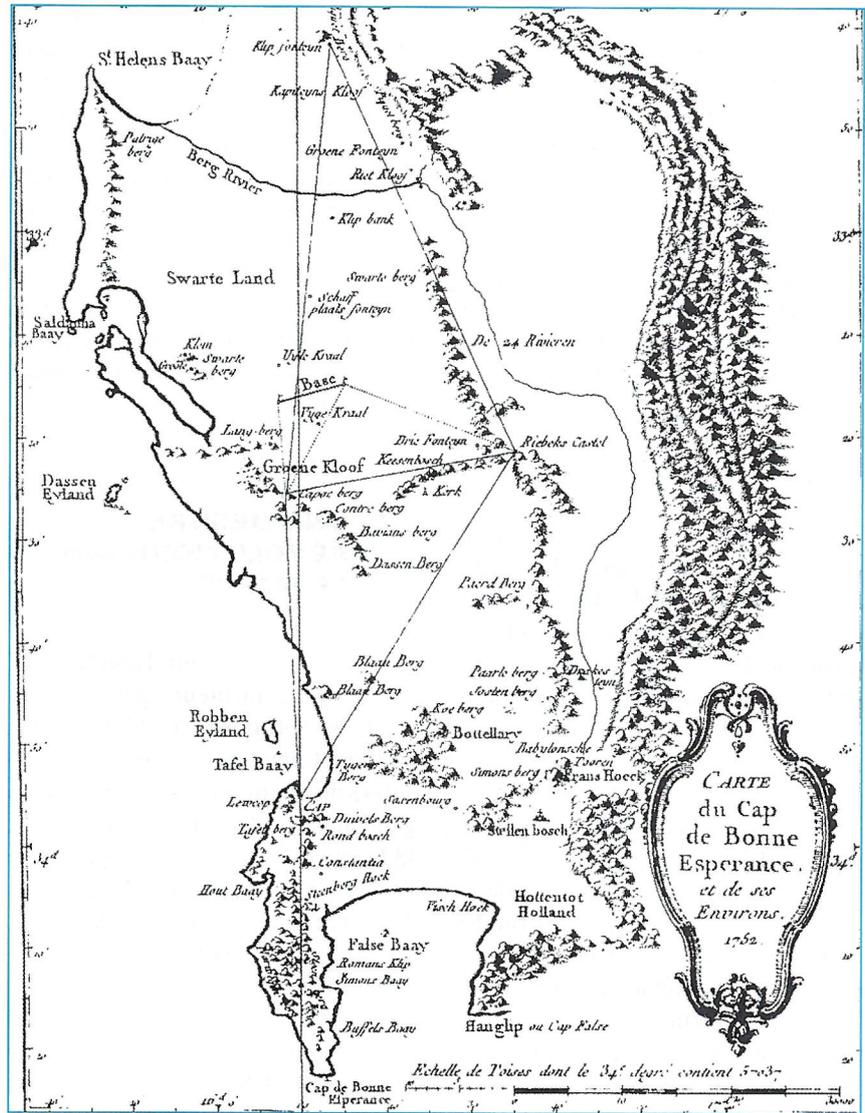
Cassini et La Caille effectuent aussi la mesure d'un degré de parallèle à la latitude de $43^{\circ}30'$, utilisant une méthode proposée par La Condamine : l'un des observatoires se place à la

Montagne Sainte-Victoire près d'Aix en Provence, l'autre sur le Mont Saint-Clair près de Sète et, pour assurer la coïncidence de leurs pendules, ils observent la nuit l'explosion de 10 livres de poudre sur le clocher des Saintes Maries de la mer. Cela leur donne un écart en minutes et secondes de temps de $7' 33''$ _ ou $1^{\circ} 53' 19''$ en degrés, minutes et secondes de longitude. Par une triangulation de six triangles et une base de 9000 toises dans la Crau d'Arles, ils obtiennent un degré de parallèle de 41358 toises, ce qui confirme l'aplatissement.

En 1750 La Caille se rend au cap de Bonne Espérance pour y observer les étoiles australes et déterminer le parallaxe de la lune. En septembre et octobre 1751 il obtient 57037 toises pour l'arc de 1° à la latitude de $33^{\circ} 18'$. Un jésuite, Roger Joseph Boscovitch exécute de 1751 à 1753 sous les auspices du Pape une mesure entre Rome et Rimini ; Giovanni Battista Beccaria (1716 - 1781) effectue en 1777 une autre mesure dans le Piémont et observe de grandes irrégularités de la pesanteur aux approches des montagnes.

En 1768, deux Anglais, Mason et Dixon déterminent le degré terrestre en Pensylvanie ; en 1770 deux mesures en Hongrie et en Autriche sont publiées par Liesganig.

Ces résultats sont rassemblés dans le tableau ci-dessous extrait de [8] Figure de la Terre [Tome second p 19] qui diffère légèrement de celui de [19] Vol IV p. 174 ; il en résulte qu'il est impossible de concilier avec ces mesures un géoïde qui serait un ellipsoïde de révolution.



6 - PLACE A LA THEORIE

Nous avons déjà dit quelques mots de Newton (cf [20], [9]) et de Huygens

(cf [11]). Les recherches de Newton sur la figure de la terre sont contenues dans les propositions XVIII, XIX et XX du livre III des "Principia" dont la première édition est publiée en 1687. Il considère la terre comme une masse fluide en rotation dont toutes les particules s'attirent mutuellement proportionnellement à l'inverse du carré de leur distance. Il imagine qu'on puisse percer jusqu'au centre de la terre deux puits, l'un à partir du pôle, l'autre à partir de l'équateur. En écrivant l'équilibre des deux colonnes, la première sous son propre poids, la seconde soumise en outre à la force centrifuge due à la rotation d'un tour par jour, il obtient pour aplatissement $1/231$. Il examine ensuite le cas où la terre serait plus dense au centre qu'à la périphérie et en déduit, à tort, que cela augmenterait l'aplatissement. Deux ans plus tard, Huygens reprend le calcul en supposant, suite aux idées

Latitude moyenne des degrés mesurés	Valeur des degrés en toises	Auteurs d'où les mesures sont tirées
0° 0'	56753	Bouguer & la Condamine.
33 18 M.	57037	La Caille, Mém. Acad. 1751, page 435.
39 12 S.	56888	Mason & Dixon, Phil. Trans. 1768, page 326.
43 1 S.	56979	Le P. Boscovich, de Litt. Exped. 1755.
44 44	57069	Le P. Beccaria, en Piémont, 1768. Gradus Taurinensis.
45 0	57028	Mérid. Verif. Mém. Acad. 1758, page 244.
45 57	56881	Le P. Liesganig, en Hongrie, dimens. Grad. 1770, page 256.
48 43	57086	Le P. Liesganig, en Autriche.
49 23	57069	De Paris à Amiens, mérid. vérifiée. Astronomie, tome III.
66 20	57422	Sous le cercle polaire, Maupertuis, Figure de la terre.

de Descartes que la gravité est dirigée vers le centre de la terre et constante à toutes distances. Il obtient un aplatissement de $1/578$, moitié de celui de Newton. Prenant pour point de départ le principe que sur la terre la surface d'équilibre d'un liquide est perpendiculaire à la verticale, direction de la pesanteur donnée par le fil à plomb, il recherche la courbe méridienne d'un géoïde de révolution et obtient une courbe du quatrième degré, très voisine d'une ellipse.

En 1734 Bouguer (cf[1]) et Maupertuis (cf[17]) montrent que les deux principes hydrostatiques de Huygens et Newton s'accordent mais qu'ils sont indépendants. En 1735, James Stirling (1692 - 1770) montre que, si l'aplatissement est petit et qu'on néglige les termes du second ordre, l'ellipsoïde de révolution peut-être une figure d'équilibre, ce que Newton s'était contenté d'affirmer. Colin Mac Laurin (1698 - 1746) généralise au cas d'un ellipsoïde quelconque. Clairaut publie [4] en 1743. Dans la première partie il fonde la théorie de l'hydrostatique des fluides homogènes et hétérogènes, dans la deuxième il applique ces principes à la terre et donne les équations qui relient l'aplatissement, la vitesse de rotation et la pesanteur. Il considère ensuite une terre composée d'un noyau sphérique ou elliptique de densité variable ou constante et recouvert d'un fluide ; il trouve que la forme de

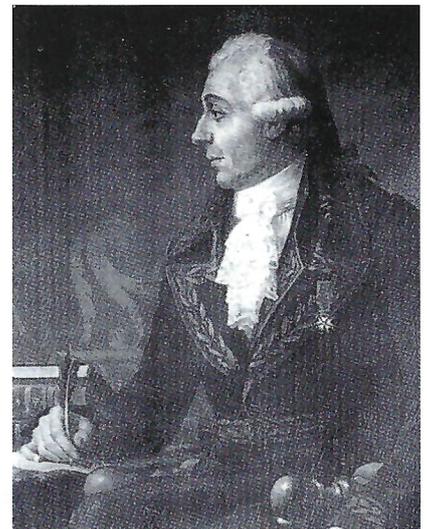


J.-B. Delambre (1749-1822).
Observatoire de Paris.

celui-ci sera voisine d'un ellipsoïde aplati au pôle si le noyau l'est et allongé si le noyau l'est aussi et que la vitesse de rotation n'est pas trop grande. (on consultera [31] pour une analyse détaillée de l'apport de Clairaut). Léonard Euler (1707 - 1783) mathématicien universel s'intéresse à la question (cf[10]) ainsi que d'Alembert ([5]) et [6] Lagrange Legendre et Laplace qui traite en détail dans [14] l'équilibre de l'anneau de Saturne.

7 - UNE MESURE RÉVOLUTIONNAIRE : LE MÈTRE

En 1775, Anne Robert Turgot, (1727 - 1781), contrôleur général des finances propose à Marie Jean Antoine Cantat de Condorcet (1743 - 1794) de mettre en place un système général de poids et mesures cf [6],[7], [32] et [33]. Suite au rapport de Condorcet à l'Académie le 19 mars 1791, le roi sanctionne le 30 un décret qui institue le quart de méridien terrestre comme base du nouveau système et décide une nouvelle mesure d'un arc de 9 degrés et demi entre Dunkerque et Barcelone. Charles de Borda (1733 - 1799) propose l'utilisation de son cercle multiplicateur (cf figure) qui permet en répétant la mesure, d'utiliser la totalité du cercle et de diviser l'erreur. Pierre Méchain (1744 - 1804) et Jean-Baptiste Delambre (1749-1822) sont chargés de l'opération, le premier de Rodez à Barcelone, le second de Dunkerque à Rodez. Pour 90 triangles, l'excès angulaire est exact à une seconde près, à 2 pour 27, à 3 pour 18 et il n'y en a que quatre où l'erreur dépasse

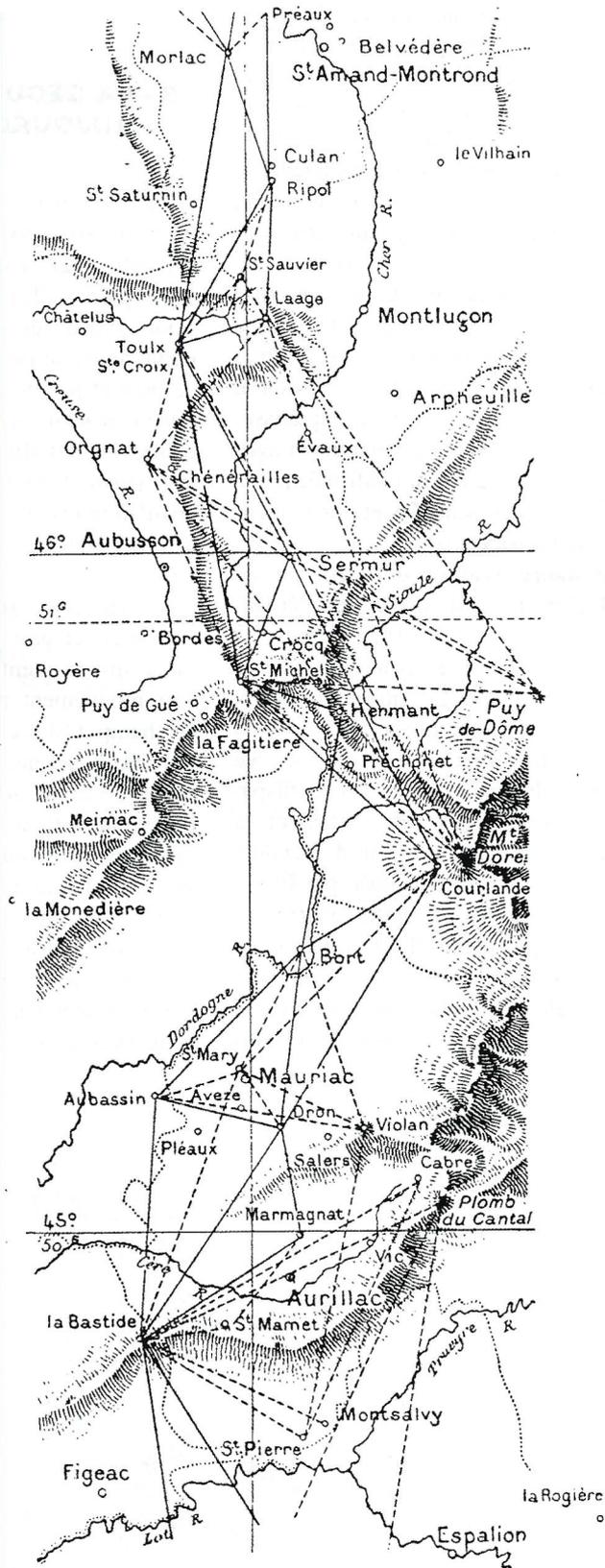
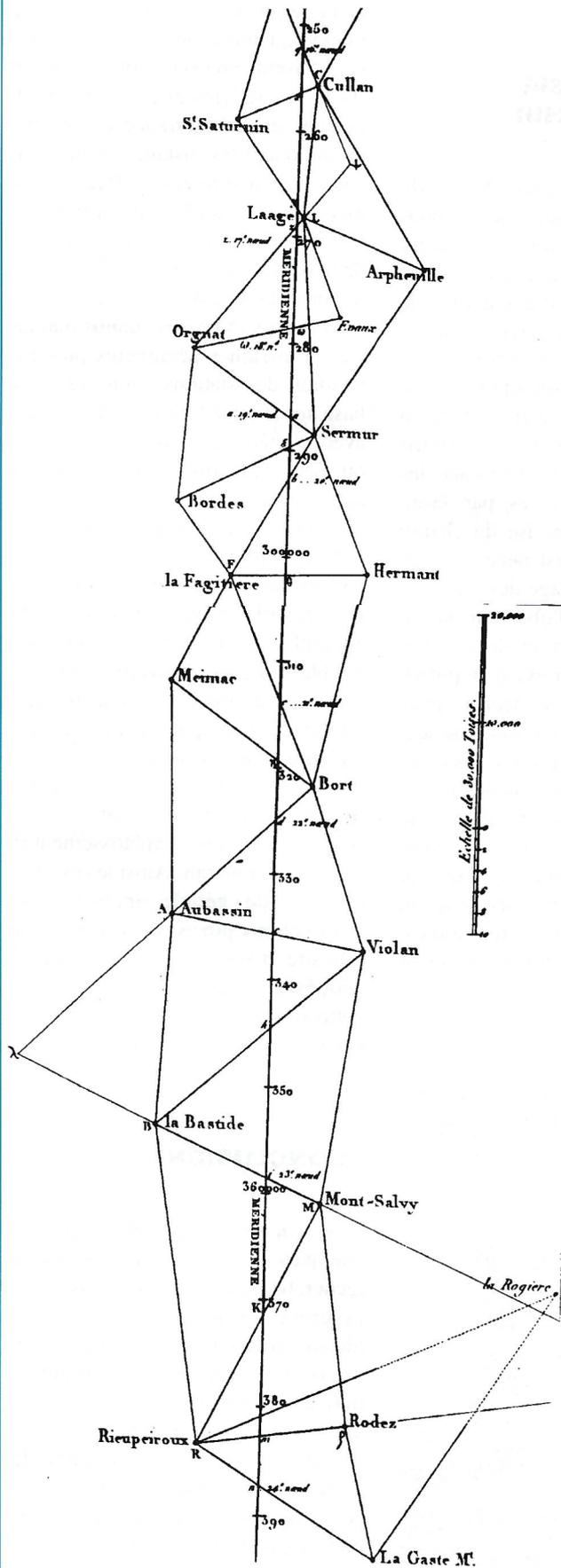


Méchain (1744-1804). Observatoire de Paris.

4 secondes. On peut donc considérer que les angles sont mesurés à la seconde près. Pour les bases, l'une vers Melun, l'autre vers Perpignan, on utilise quatre règles de platine, de 2 toises chacune, doublées d'une règle de laiton qui permet à l'aide d'un vernier une mesure de la température par la différence de dilatation qui a été étudiée par Lavoisier ; le module est exactement la double toise à la température du 16,25 degrés centigrades. Comparées entre elles, ces règles diffèrent de moins de $1/200.000^{\text{ème}}$. Elles concordent avec la toise du Pérou à $1/100.000^{\text{ème}}$ près. Une seule mesure d'azimut suffirait mais les observateurs en effectuent cinq à Watten, Paris, Bourges, Carcassonne et Barcelone. Ils évaluent aussi cinq latitudes avec les mêmes cercles à Dunkerque et Evaux (Delambre) Carcassonne et Barcelone (Méchain) et enfin à Paris d'une part à l'observatoire par Méchain et au Marais par Delambre qui y possède son propre observatoire.

Ils obtiennent :

	Latitude	Distance en modules
Tour de l'église de Dunkerque	5° 2' 10", 5	62472,59
Panthéon de Paris	48° 50' 49", 7	76145,74
Clocher d'Evaux	46° 10' 42", 5	84424,55
Tour de St Vincent à Carcassonne	43° 12' 54", 4	52749,48
Tour de Montjoux à Barcelone	41° 21' 44", 8	



La Méridienne de Cassini dans les régions Auvergne et Limousin (échelle 10⁻⁶).

Quatre commissaires nationaux et étrangers vérifient ces mesures. Il résulte de ce tableau que le degré décroît beaucoup plus rapidement d'Evax à Carcassonne que de Dunkerque à Evax ou de Carcassonne à Barcelone ; l'ellipse osculatrice aurait un aplatissement de 1/150, double de ce que donne la mesure du Pérou : il y a une irrégularité dans le méridien. Après une longue discussion, la commission adopte un arc Dunkerque - Barcelone de 275792,36 modules et en déduit le quart de méridien dans l'hypothèse elliptique, choisissant un aplatissement de 1/334 par comparaison avec l'arc du Pérou, valeur confirmée par la longueur des pendules et par la théorie de Laplace.

Le mètre vrai et définitif est de 443,296 lignes de la toise du Pérou à la température de 16,5 degrés, le mètre provisoire avait été fixé à 443,44 lignes. Le nouveau mètre, déposé le 4 messidor an 7 (23.06.99) aux archives nationales sera conservé avec soin, mais, s'il venait à disparaître, on retrouverait facilement sa valeur grâce à la longueur du pendule battant la seconde évaluée par Borda à l'observatoire à 0,993827 mètres.

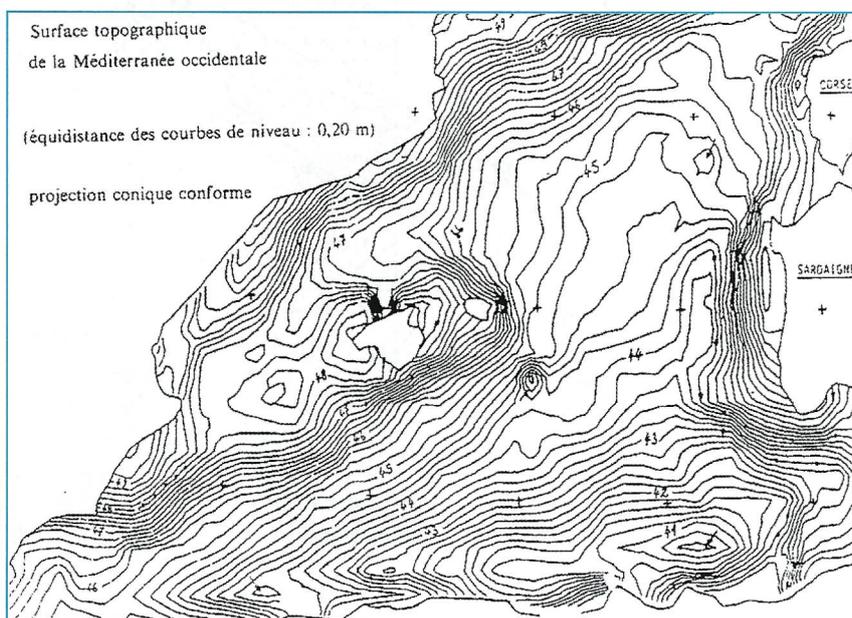
On sait que, depuis, la définition légale du mètre a évolué : la conférence générale des Poids et Mesures l'a fixé en 1983 à la longueur parcourue dans

le vide par la lumière en $1/299792458$ ème de seconde.

8 - LA GEODESIE AUJOURD'HUI

Le lancement il y a quarante ans du premier "Spoutnik" apportait un nouvel outil pour la mesure de la terre. (cf[23], [26], [27]). La géodésie classique, basée sur la triangulation de points fixes ne peut opérer en mer et ne permet pas de relier entre eux les divers réseaux continentaux ; par contre les satellites artificiels de la terre peuvent être utilisés pour une triangulation instantanée de l'espace, les distances étant mesurées par laser. Une connaissance précise du champ de gravité terrestre est nécessaire au lancement et au guidage des satellites mais inversement l'observation de leur mouvement permet de mesurer ce champ. Celui-ci dérive d'un potentiel c'est à dire que le vecteur d'attraction est le gradient d'une fonction scalaire, donc orthogonal aux surfaces de niveau de cette fonction qu'on appelle potentiel. Le géoïde n'est autre que la surface de niveau dont la valeur moyenne correspond au niveau moyen de la mer. Cette surface qu'on mesure maintenant avec précision est beaucoup plus compliquée qu'un

ellipsoïde de révolution : alors que la description de celui-ci se ramène à deux paramètres (demi-axe polaire et rayon équatorial) les modèles actuels en utilisent environ 1500. La figure (tirée de [27]) montre la forme du géoïde en méditerranée occidentale en indiquant les distances à un ellipsoïde d'aplatissement 1/298,25 : à 100 mètres près la surface de la mer, une fois éliminés les effets des marées et de la houle, coïncide avec un ellipsoïde mais dans le détail il y a de nombreux creux et bosses connus maintenant à quelques décimètres près ; la position des stations géodésiques de base sur la terre ferme est déterminée avec la même précision ; localement on peut atteindre le centimètre. Il apparaît alors que ce géoïde change au cours du temps et la mesure de cette évolution (plusieurs centimètres par an) apporte des informations sur la tectonique des plaques. Par exemple, le 17 janvier 1997 une double faille s'est ouverte à 14 kilomètres du pont en construction Akashi-Kaikyo qui reliera deux îles du Japon, provoquant une ouverture de 80 centimètres sur la travée centrale et de 30 sur la travée sud. A plus long terme, l'aplatissement de la terre diminuerait. Ainsi les mesures précises du géoïde apportent des informations précises sur le manteau terrestre et ses mouvements. Ainsi la géodésie, devenue dynamique, concourt-elle à la fois à la géophysique et à l'océanographie.



CONCLUSION

Nous n'avons apporté ici que quelques éclairages sur une longue recherche, oeuvre collective associant expérimentateurs, théoriciens et techniciens utilisant les instruments nouveaux dès leur invention et les perfectionnant ; le lecteur intéressé pourra approfondir les problèmes et les débats, les avancées mais aussi les erreurs en consultant la bibliographie. Nous montrons dans le supplément pédagogique de ce même numéro comment ce thème peut être utilisé pour un travail interdisciplinaire avec des élèves de collège ou de lycée.

BIBLIOGRAPHIE

1 - Textes historiques du XVII^{ème} et du XVIII^{ème} siècles.

- [1] BOUGUER PIERRE :
Figure de la Terre.....1749
- [2] CASSINI JACQUES :
Traité de la grandeur et
de la figure de la Terre.....Paris 1718
- [3] CASSINI DE THURY :
La méridienne de l'Observatoire
Royal de Paris vérifiée dans toute
l'étendue du Royaume.....1744
- [4] CLAIRAUT ALEXIS, CLAUDE :
Théorie de la figure de la Terre
tirée des principes de l'hydrostatique
.....1^{ère} édition Paris 1743,
.....2^{de} édition Coucier, Paris 1808
- [5] D'ALEMBERT JEAN LE ROND :
Sur la figure de la Terre, Opuscules
mathématiques, t. VI, p 46-67.....1773
- [6] DELAMBRE JEAN-BAPTISTE :
Grandeur et figure de la Terre,
publié par Bigourdan
.....Gauthier-Villars 1912
- [7] Les bases du système
métrique décimal
(trois tomes).....Paris 1806 - 1910
- [8] DIDEROT ET D'ALEMBERT :
Encyclopédie méthodique,
mathématiques
(trois tomes).....Paris 1784 - 1789.
Réédition du bicentenaire, ACL édi-
tions Paris 1987
- [9] DU CHATELET, EMILIE
DE BRETEUIL, MARQUISE :
Principes mathématiques de la philo-
sophie naturelle, traduction française
de la 3^{ème} édition, suivie de
"Exposition abrégée du système
du monde"..... Paris Lambert 1759.
Réédition Jacques Gabay Paris 1990
- [10] EULER LEONARD : éléments
de la trigonométrie sphéroïdique tirés
de la méthode des plus grands et plus
petits. Mémoires de l'académie des
Sciences de Berlin 1755 pp 258 -
293.
- [11] HUYGENS CHRISTIAN :
Oeuvres complètes t. XVIII, XIX
et XXILa Haye, M. Nijhoff 1937
- [12] LA CONDAMINE, CHARLES
MAURICE DE : Mesure des trois

premiers degrés du méridien dans
l'hémisphère austral.....1751

[13] LAPLACE, PIERRE
SIMON DE : Applications du calcul
des probabilités aux opérations géo-
désiques 1818 (Œuvres complètes
t. VII, p 531 - 580
.....Paris 1878 - 1912

[14] Œuvres complètes t. XII
Mémoire sur les approximations
p 301 - 353 et Mémoire sur la figure
de la Terre p 415 - 469
.....Paris 1878 - 1912

[15] LEGENDRE, ADRIEN MARIE :
Eléments de géométrie
.....Paris 1^{ère} édition 1794,
.....12^{ème} édition, Firmin Didot 1823

[16] MAC LAURIN :
Exposition des découvertes
philosophiques de M. Le Chevalier
Newton (traduction de M. Lavirotte),
livre 4^{ème} chap. VI p 368.....Paris 1749

[17] MAUPERTUIS,
PIERRE LOUIS MOREAU DE :
Discours sur les différentes figures
des astres avec une exposition
des systèmes de MM. Descartes
et NewtonImprimerie Royale 1732

[18] La figure de la Terre déterminée
par les observations
de MM. Maupertuis Clairaut
...faites par ordre du Roy au
cercle polaire
.....Imprimerie Royale 1738

[19] MONTUCLA
JEAN-FRANÇOIS :
Histoire des mathématiques
(4 tomes).....Paris 1802.
Réédition Blanchard 1960

[20] NEWTON ISAAC :
Philosophiae Naturalis Principia
Mathematica.....1^{ère} édition 1687,
.....2^{de} édition 1713,
.....3^{ème} édition 1726

[21] PICARD JEAN :
Mesure de la Terre, Histoire
de l'Académie Royale des Sciences
1666 - 1699 t.VII.....publié en 1729

[22] TO DHUNTER ISAAC :
A history of the mathematical
théories of attraction and the figure
of the earth Mac Millan
.....(London) 1873

2 - Ouvrages contemporains

23 BALMINO GEORGES
et CAZENAVE ANNY :
La gravité de la Terre
.....La Recherche n°176
(avril 1986) p 438-447

[24] BERGER MARCEL :
Géométrie
.....deux tomes, Nathan, Paris, 1990

[25] BLAMONT JACQUES :
Le chiffre et le songe, histoire
politique de la découverte
.....Odile Jacob, Paris 1987

[26] BOTTON SERGE et autres :
G.P.S. localisation et navigation
.....Hermès, Paris 1997

[27] COSTABEL PIERRE
et LACOMBE HENRI (éditeurs) :
La figure de la Terre du XVIII^{ème} à
l'ère spatiale
.....Colloque de l'Académie des
Sciences, Gauthier-Villars, Paris,
1988.

[28] JOZEAU MARIE-FRANÇOISE :
Géodésie au XIX^{ème} siècle,
de l'hégémonie française
à l'hégémonie allemande
.....Thèse soutenue
le 18/06/97 à l'Université Denis
Diderot, Paris VII

[29] LEVALLOIS JEAN-JACQUES :
Mesure de la Terre, 300 ans
de géodésie française
.....Presses des Ponts et Chaussées,
Paris 1988.

[30] LEVALLOIS JEAN-JACQUES :
Géodésie générale 4 tomes
(le tome IV en collaboration avec
KOVALEVSKY JEAN
.....Coll. Sci. de l'IGN. Paris 1970.

[31] PASSERON IRENE :
Clairaut et la figure de la Terre
au XVIII^{ème} siècle.....Thèse soutenue
le 19/12/94 à l'Université Denis
Diderot, Paris VII

[32] MARQUET LOUIS et autres :
Le système métrique hier
et aujourd'hui.....ADCS Amiens 1996

[33] MOTAIS DE NARBONNE
ANNE-MARIE et ALEXANDRE
JOSETTE :
Une mesure révolutionnaire :
le mètre.....Observatoire de Paris 1988.

Matériau noble du passé, l'acier Damas émerveille le monde d'aujourd'hui

14

Une équipe thiernoise fait revivre le Damas

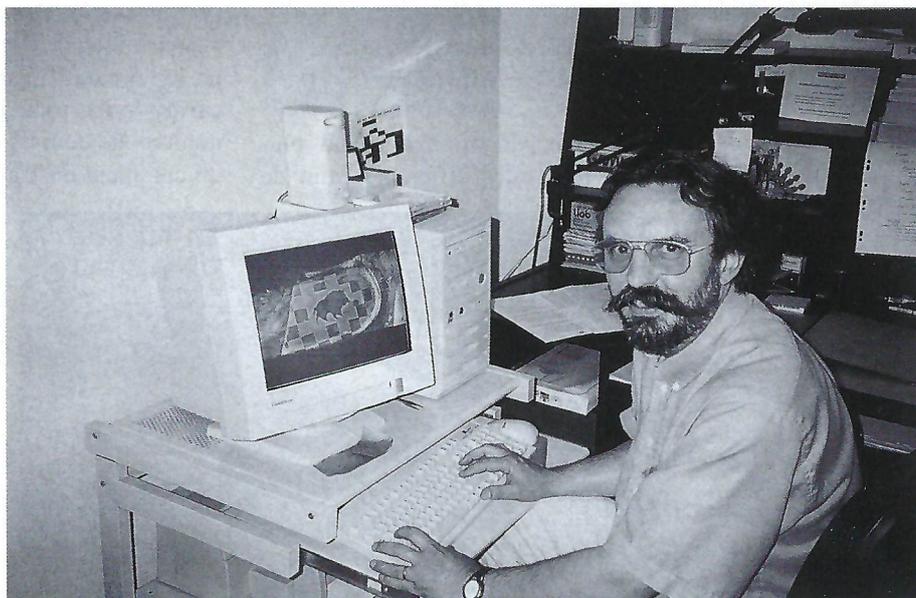
C'est avec plaisir que nous insérons dans Auvergne-Sciences, ce court article sur l'acier damas. Depuis quelques années, une équipe thiernoise s'efforce de percer les secrets de ces magnifiques lames ouvragées aux qualités mécaniques surprenantes. L'initiateur en est Alain Dumousset, forgeron, qui, depuis 1991, met tout son savoir-faire au service du renouveau du damas. Maurice Rochefolle, professeur de mathématiques, ami de longue date d'Alain Dumousset, passionné d'informatique et de modélisation mathématique, a découvert par hasard le damas en 1991. A cette époque, les logiciels de modélisation en 3D n'ayant pas atteint les performances des outils actuels, il décida de développer sa propre modélisation. Il a participé avec Lionel Isolda, ingénieur, ancien élève de l'ISIMA, à la conception d'un CD-ROM sur le damas pour le musée de Thiers. Il est, depuis, responsable de ce projet et travaille en collaboration avec un laboratoire de création multi média.

Des prix prestigieux sont venus récompenser la compétence de cette équipe dynamique en 1997. En particulier le festival du couteau d'art de Thiers lui a décerné le 1^{er} prix pour son couteau "Le Thiers". Ce festival aura lieu cette année à Thiers les 4 et 5 avril 1998. Cependant l'équipe souhaite élargir son domaine de recherche, et fait appel à des spécialistes de physique et de chimie des matériaux, car de nombreux phénomènes physico-chimiques mis en jeu lors de l'élaboration des lames, demeurent en partie mystérieux.

Nous remercions vivement Maurice Rochefolle pour son texte et ses photos. Nous souhaitons qu'il trouve des collaborateurs pour partager sa passion. C'est avec beaucoup d'intérêt que nous l'écouterons en conférence dans le courant de l'année 1998.

Jocelyne ALLEE

Maurice ROCHEFOLLE
Professeur de mathématiques
au Collège
LA-MONNERIE-LE-MONTEL



LE "DAMAS" : QUI CONNAÎT CET ACIER ?

Tout d'abord, les **métallurgistes** ont entendu parler sans doute de cet acier mythique utilisé par le monde islamique depuis l'époque des croisades et dont la coupe, paraît-il, était inégalée. En fait, aujourd'hui, on désigne plutôt cet acier par Wootz et bien que de nombreux chimistes et métallurgistes, surtout au XIX^{ème} siècle et en particulier en Russie où on l'appelait Bulat, aient essayé de le reproduire, il demeure encore mystérieux. C'était un acier obtenu par fusion avec une forte teneur en carbone, environ 1,8 %. Aujourd'hui, certaines personnes travaillent encore sur cet acier, en particulier Alfred Pendray aux Etats Unis. Cependant nous ne désignerons pas par damas mais par Wootz, ce type d'acier dans cet article.

De même les **archéologues**, ayant découvert des lames vikings ou mérovingiennes, ont désigné par acier damassé vermiculé ou damas un assemblage de fer doux et d'acier corroyé, replié puis parfois torsadé. Ce métal reforgé en plusieurs blocs servait à confectionner tout ou partie des scramasaxes, épées ou pointes de

lances et laissait apparaître en surface comme dans sa masse des dessins assez réguliers et périodiques. Malheureusement peu de lames en bon état de cette période sont parvenues jusqu'à nous. Bien que quelques archéologues en Europe, depuis les années 1950, aient fait des recherches sur ce sujet, en particulier le Hollandais Jaap Ypey, les résultats restent, surtout en France, assez confidentiels. De plus, il semble que cette technique ait cessé d'être employée en Occident à partir du XI^{ème} siècle.

Quant aux **amateurs d'armes** anciennes, en particulier les possesseurs de fusils du XIX^{ème} siècle, ils désignent par damas (souvent prononcé dama selon la tradition des canonniers belges) le métal utilisé pour confectionner la plupart des canons de fusils produits en Europe occidentale au XIX^{ème} siècle. A ce propos, la technique de fabrication avait été étudiée, par le mathématicien Gaspard Monge et le chimiste François Clouet à l'époque de la révolution française ; elle servit de base aux armuriers liégeois qui fabriquèrent des chefs d'œuvre extraordinaires, certains révélant des monogrammes dans leur masse.

Et enfin les **collectionneurs, costumers et autres artisans couteliers** fréquentant le microcosme du "couteau d'art", depuis qu'un Américain nommé Bill Moran a "réinventé" le damas en 1974 aux Etats Unis, ne jurent presque plus que par ce mot magique.

COMMENT RECONNAÎTRE UN ACIER DAMAS ?

Faute d'une définition précise et rigoureuse, du moins pour l'instant en France, nous désignerons dans cet article par damas un acier obtenu par soudage à chaud puis martelage (corroyage) de plusieurs barres d'acier à teneurs de carbone différentes. Nous distinguerons ainsi le damas de l'acier "corroyé" obtenu en soudant puis feuilletant des aciers identiques ainsi que de l'acier Wootz dans lequel les zones différemment carburées sont obtenues par fusion.

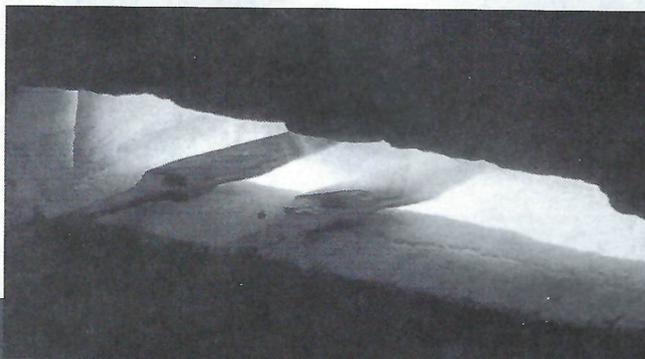
De par sa composition et sa fabrication, l'acier damas est un acier composite obtenu par forge et soudure. Il allie des qualités esthétiques à des qualités mécaniques spécifiques liées

à la fois à l'alternance spatiale des aciers durs et des aciers mous et à leur forge. Il réunit et associe les qualités contradictoires des aciers mous, souples et résilience, à celles des aciers durs, rigidité et dureté. En effet, il faut préciser pour le lecteur n'ayant jamais vu d'acier damas que cet acier a la particularité de présenter un aspect moiré alternant des zones claires et des zones sombres, l'ensemble représentant des motifs plus ou moins réguliers et périodiques selon la technique et la maîtrise du forgeron ayant créé le damas. La "révélation des dessins" est obtenue après oxydation de sa surface (par exemple à l'aide d'une solution de perchlorure de fer). On voit donc que indépendamment de ses qualités mécaniques, l'acier damas possède également des qualités esthé-

tiques et artistiques beaucoup plus subjectives, ces deux propriétés n'étant peut-être pas complètement indépendantes, comme on pourrait le penser a priori.

COMMENT FABRIQUER DE L'ACIER DAMAS ?

Assembler par forge à chaud plusieurs plaquettes différentes afin de



former un bloc appelé "lopin". Etirer ce lopin, le couper puis reformer un nouveau lopin ayant deux fois plus de couches, répéter l'opération suffisamment de fois afin d'obtenir une structure feuilletée (le nombre de couches pouvant varier d'une centaine à plusieurs milliers). Reforme à la forge un lopin parallélépipédique à section carrée puis torsader le lopin (le nombre de tours pour un lopin de 20 cm allant de 1 à 50 par exemple).

Reforger le lopin pour réaliser une lame de couteau. Polir cette lame, puis à l'aide d'une solution acide faire apparaître les motifs sur la lame.



Alain Dumoussset torsade le barreau d'acier.

PARTICULARITÉS DE L'ACIER DAMAS

Comme les aciers utilisés pour créer la structure composite du lopin ont des teneurs en carbone différentes (par exemple acier doux et XC100), après "révélation de la lame", les parties fortement carburées apparaissent en sombre et les autres en clair. On reconnaît ainsi les lames damas aux motifs apparaissant sur celles-ci. La forme, la régularité, l'épaisseur des motifs dépendent de la composition géométrique et physique du lopin de départ, de la maîtrise du forgeron ayant fabriqué le damas, des techniques utilisées pour le réaliser, de la forme de lame ainsi que de la partie du lopin dont cette dernière a été extraite. Tous ces paramètres paraissent difficilement maîtrisables. On pourrait penser que chaque motif est très aléatoire surtout si on compare la précision des outils de fabrication (marteau, martinet archaïque) et la finesse des couches finales obtenues (quelques dizaines de micromètres). Cependant, en étudiant le travail d'un même forgeron sur une période longue, on s'aperçoit que le côté aléatoire diminue en même temps que la maîtrise s'affirme.



*Des outils rudimentaires,
mais un résultat d'une grande finesse.*

UN FORGERON THIERNOIS SE PASSIONNE POUR LE DAMAS

Alain Dumoussat, métallier à Viscomtat près de Thiers, a découvert en 1991 l'utilisation de cet acier en coutellerie d'art. Coup de marteau après coup de marteau, ce chaudronnier, ancien élève des compagnons du devoir de Strasbourg, a compris que l'acier damas serait la passion de sa vie. Ainsi il pourrait sublimer tous les savoirs et tours de main appris pendant 35 ans de "travail de la ferraille". Il décida donc de mettre son immense énergie et beaucoup de son temps au service du damas. Il voulait apprendre le damas, connaître le damas et enfin le maîtriser.

Maurice Rochefolle, professeur de mathématiques dans la région thiernoise, assista fortuitement aux essais de forge d'Alain Dumoussat. Étonné et intrigué par les photos de lames que lui montra le forgeron, il décida de

s'intéresser sérieusement à cette technique.

Alain Dumoussat venait de rencontrer un allié dans sa quête du damas.

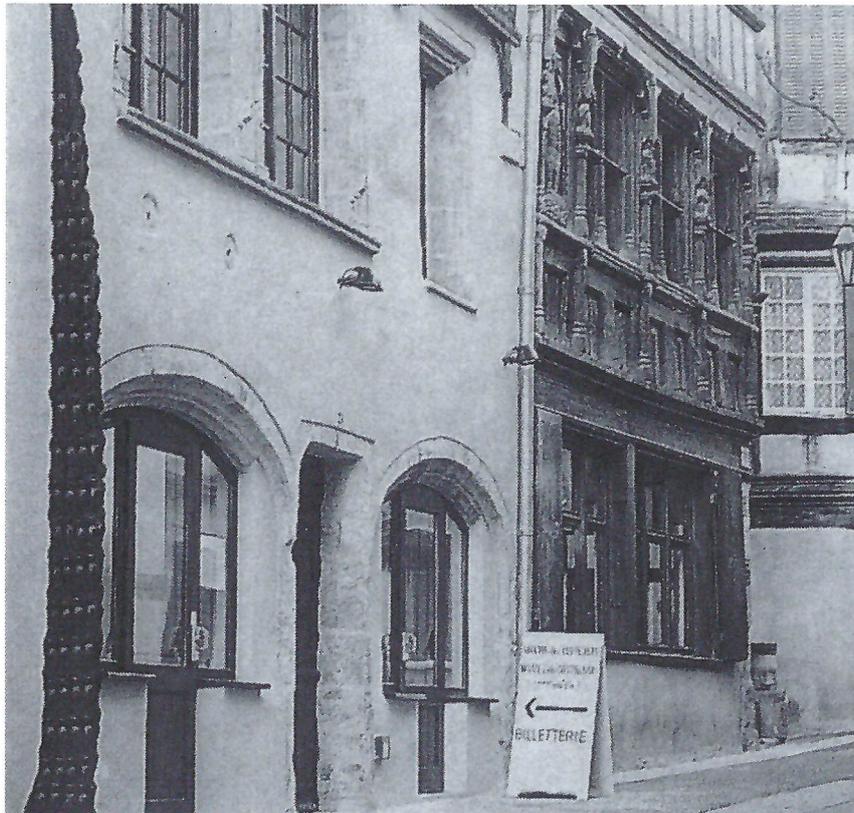
LIEN ENTRE LES ASPECTS ESTHÉTIQUE ET MÉCANIQUE

Un débat oppose parfois les partisans du damas esthétique à ceux du damas utile mécaniquement. Les deux aspects ont cohabité depuis plusieurs millénaires ; aujourd'hui encore l'un peut aider à comprendre l'autre. En effet l'observation des motifs permet d'obtenir une idée de l'hétérogénéité du mélange et de sa répartition spatiale, de la qualité des soudures, de la présence d'éventuelles inclusions ainsi que du travail de forge effectué. D'ailleurs, à la fin du siècle, les amateurs avertis pouvaient en voyant les motifs d'un canon de fusil en damas juger de la qualité de celui-ci et même certains experts pouvaient, en voyant les motifs, retrouver la technique de fabrication.

UNE APPROCHE SCIENTIFIQUE POUR UN TRAVAIL ARTISANAL

Après s'être aperçu que les bases de données classiques restaient très évasives sur le sujet et que les divers "tuyaux" glanés dans les salons internationaux de couteaux d'art étaient souvent partiellement erronés ou volontairement déformés, ils décidèrent de reprendre le problème à zéro. Pour ce faire, ils utilisèrent le plus possible une démarche scientifique : expérimentation, choix et séparation des paramètres pertinents, rigueur et déduction. Très tôt ils furent convaincus que les approches mécanique et esthétique étaient liées.

Ils développèrent des outils de modélisation, modélisation d'abord physique en utilisant des pâtes à modeler,



L'entrée du musée de la coutellerie à Thiers.

puis modélisation conceptuelle avec la mise au point d'un modèle mathématique développé sur informatique. Après 6 ans de travail, d'expérimentations et de recherches communes, une partie du programme a été atteinte. Le forgeron Alain Dumoussset a réussi à réaliser la plupart des types de damas déjà fabriqués par des forgerons d'autrefois ou d'aujourd'hui (pièces vues en musées, dans des revues spécialisées ou des salons). Un logiciel de modélisation a été développé qui permet de reconstituer, à partir de l'observation des pièces finies, les techniques utilisées. Il a en

particulier été utilisé pour refaire des types de damas vus en musée et non réalisés par d'autres forgerons contemporains. Il permet également de prévoir avec une relative bonne précision les motifs apparaissant sur les lames finies.

La plupart des grands forgerons français allemands ou américains se sont inspirés des travaux de Gaspard Monge et de François Clouet pour l'élaboration de leurs motifs. Au contraire, Alain Dumoussset, grâce au logiciel, a pu créer des dessins originaux jamais réalisés (voir photo du Thiers).

UNE RECONNAISSANCE DU TRAVAIL EFFECTUÉ

En avril 1997, un couteau damas "le Thiers" réalisé en collaboration avec le graveur Jacques Gazzotti, a obtenu le premier prix du festival de couteaux d'art de Thiers. Vingt-six couteliers Européens participaient à ce concours organisé par la "confrérie du couté de tié" dont le thème était la réalisation d'un "Thiers" (couteau exclusivement créé et fabriqué dans le bassin thiernois).

De même, au salon international du couteau d'art et de collection de Paris, en septembre 1997, le même trio a obtenu le prix du "concours Opinel" pour un couteau Opinel entièrement en damas qui constitue un raccourci de l'histoire de cet acier.

D'ailleurs, ces deux couteaux, ainsi que d'autres réalisations, seront présentés dans un CD-ROM sur lequel Alain Dumoussset et Maurice Rochefolle travaillent depuis deux ans pour le compte du musée de la coutellerie de Thiers. Cet outil multimédia (vidéos, images de synthèses, animations 2D et 3D, hyper mots) est réalisé dans un but didactique. Le sommaire de ce produit consacré au damas comprend : historique, fabrication, diverses techniques de réalisation, pièces spécifiques commentées, questions au forgeron, jeu.

Maurice ROCHEFOLLE
e. mail : damas @ club-internet. fr



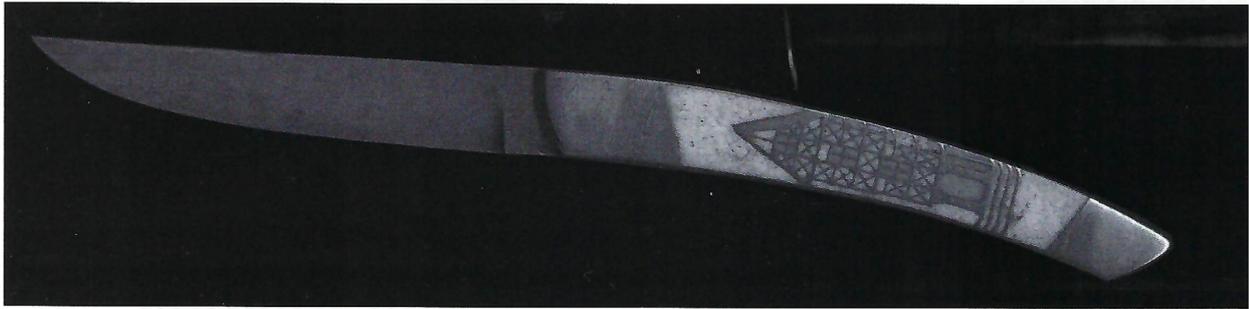
Couteau réalisé par Alain Dumoussset et Jacques Gazzotti pour le « concours OPINEL » organisé lors du SICAC 97.

La lame, petit clin d'œil aux MEROVINGIENS, s'inspire de la fabrication des SCRAMASAXES :

- Un **tranchant** fortement carburé composé dans ce cas de mille couches d'acier corroyé.
- Une **partie décorative**, reprenant la technique Germanique traditionnelle de préformage, composée de trois barreaux torsadés (le nombre de tours étant en progression géométrique).

La virole reprend la technique des canoniers du XIX^e siècle : 4 barreaux torsadés soudés ensemble ont été enroulés autour d'un mandrin.

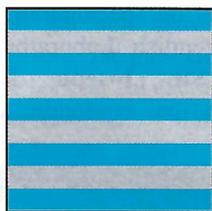
Le manche est composé de 9 barreaux torsadés en damas au nickel afin de donner un aspect plus contemporain. 17 barreaux de damas différents ont été utilisés pour ce couteau, plus un 18^e petit morceau pour bloquer la virole.



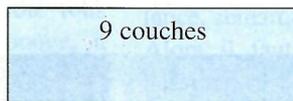
Couteau « Le Thiers » réalisé pour le Salon du Couteau d'Art de Thiers en avril 1997.

Alain Dumoussset a réalisé un bloc de damas « mosaïque », composé de plusieurs barreaux multicouches, qu'il a ensuite torsadé pour réaliser la lame. Pour le manche il a choisi deux côtes de damas torsadé dans lequel Jacques Gazotti a gravé en fond creux le château du Pirou dont on distingue la façade à colombages.

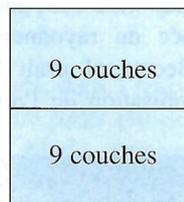
Pour fabriquer un barreau multicouche d'environ 300 couches on doit :



Recommencer 5 fois ce cycle d'opérations



étirer



replier

Préparer par exemple 5 plaquettes d'acier doux au nickel et 4 plaquettes d'acier fortement carburé (équivalent XC100),

Former un lopin en alternant les aciers,

corroyer à la forge (souder)

Etirer le lopin pour doubler sa longueur,

Couper partiellement puis replier afin de former un nouveau lopin ayant deux fois plus de couches.

Remarque : à chaque chauffe on perd environ 10 à 15% de matière

Pour fabriquer un barreau torsadé on doit :

Fabriquer un bloc multicouche voir ci dessus
Chauffer le bloc puis le forger afin d'obtenir une section carrée

Torsader le bloc à l'aide d'une clé ou d'un tourne gauche

(selon la section et le nombre de tours les dessins obtenus sont très différents)

corroyer puis reforger le barreau

Choisir la position adéquate de la lame dans le bloc

Remarque : la perte de matière pour fabriquer une lame dans un barreau torsadé est d'environ 65%

Pour fabriquer un multi barreau on doit :

Fabriquer le nombre nécessaire de barreaux en tenant compte des dessins souhaités

Assembler les barreaux selon le dessin et la technique voulus

Corroyer le bloc tout en maîtrisant au mieux les déformations déjà effectuées

Forger le bloc avec les mêmes contraintes que précédemment

Choisir dans le bloc la position adéquate de la lame afin d'obtenir les dessins souhaités

Remarque : la perte de matière pour fabriquer une lame dans un multi barreau peut atteindre 90 à 95%

*Centenaire de la communication
à l'Académie des Sciences
annonçant la Découverte du Radium
12 Avril 1898*

La radioactivité n'a pas été inventée par l'homme. C'est un phénomène naturel qui existe depuis l'origine de l'Univers et qui imprègne notre environnement quotidien.

La revue « Auvergne - Sciences » de Mars 1996 (n° 37) a déjà publié un article consacré à la découverte par Henri Becquerel le 1er Mars 1896 des rayons uraniques manifestant un phénomène jusque là insoupçonné.

Il convient seulement dans ce numéro de rappeler, qu'il y a cent ans, en

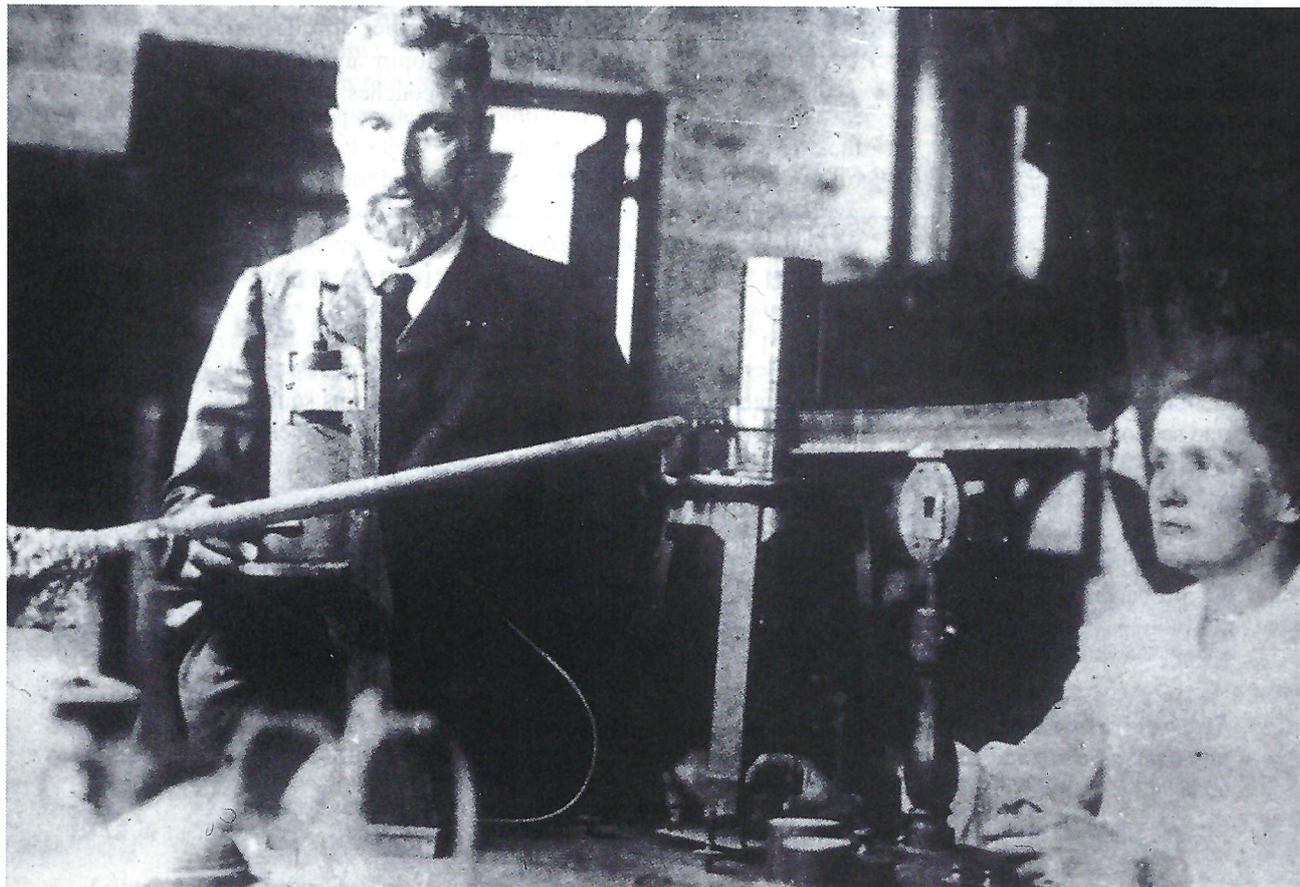
Susanne GELY

Le 12/02/98

1898, Marie Sklodowska-Curie conduisait avec ténacité, intelligence, courage et beaucoup d'habileté des mesures très précises concernant les faibles quantités d'électricité apparues dans l'air par l'émission spontanée du rayonnement de l'uranium. Becquerel avait bien constaté cette ionisation de l'air mais l'étude était

restée qualitative, faute d'appareil suffisamment précis, aucune mesure n'avait été faite, l'origine et la nature des rayons uraniques restaient mystérieuses.

Le monde scientifique, il y a 100 ans, était cependant en pleine ébullition : l'atome, dont on ne connaissait presque rien à l'époque était un grand sujet d'étude et de spéculations. En 1897, au Cavendish Laboratory à Cambridge, **Sir Joseph John Thomson** (à ne pas confondre avec

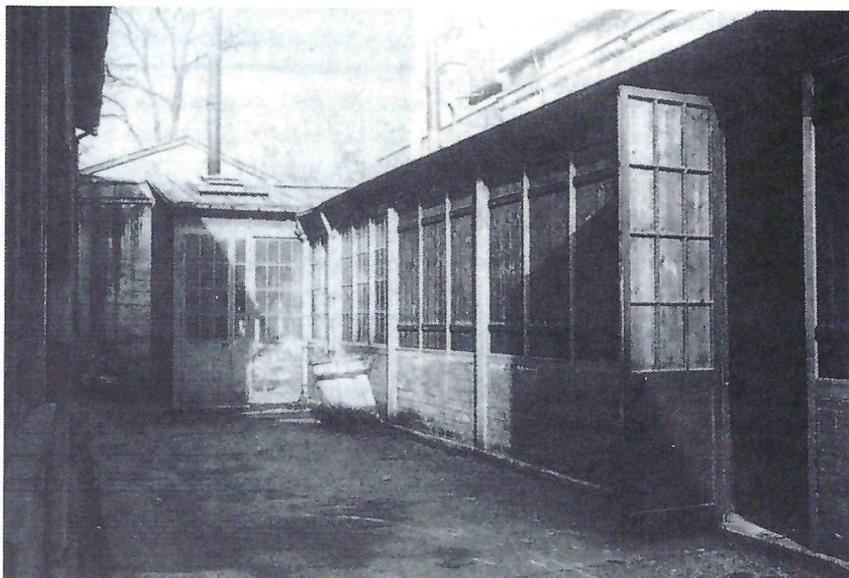


Pierre et Marie Curie dans leur laboratoire (photographie aimablement prêtée par le Musée Curie).

William Thomson son contemporain qui deviendra Lord Kelvin) venait en étudiant les rayons cathodiques de découvrir l'électron et d'en mesurer la charge. Le Français Jean Perrin avait bien, en 1895, mis en évidence cette particule négative dans les rayons cathodiques mais c'est J.J THOMSON (1856-1940) qui caractérisa l'électron et lui donna son nom en 1897.

Dans cette période bouillonnante et féconde, la jeune **Marie Sklodowska-Curie**, âgée de 30 ans, immigrée polonaise, totalement inconnue, mère d'une fillette de 3 mois, Irène, mais brillante étudiante scientifique en Sorbonne, reçue première à l'agrégation de physique en juillet 1896, décide de faire une thèse de doctorat et choisit en Décembre 1897 comme sujet l'étude quantitative de l'ionisation de l'air par l'uranium. Elle utilise l'électromètre à quartz piézo-électrique inventé quelques années auparavant par son mari Pierre et son beau-frère Jacques (les deux frères Curie sont un bel exemple de collaboration familiale). Marie étudie tous les éléments connus à l'époque, à l'état pur ou sous forme de sels. Elle vérifie ainsi les conclusions de Becquerel, affirme comme lui que ce rayonnement est indépendant de la combinaison chimique dans laquelle l'uranium est engagé (c'est donc une propriété **atomique**) et que son intensité est d'autant plus forte que la quantité d'uranium est plus grande mais elle annonce que le thorium émet lui aussi un rayonnement analogue et propose alors le nom plus général de « radioactivité ». Mais elle découvre aussi des résultats troublants : certains minerais uranifères (pechblende et chalcolithé) sont beaucoup plus actifs que ne le laisse prévoir leur teneur en uranium !. Elle émet alors l'hypothèse audacieuse qu'il existe dans ces minerais un élément inconnu radioactif dont la teneur serait de 1 % !

C'est alors que Marie demande à son ancien professeur Gabriel Lippmann - physicien célèbre, académicien et qui la tient en grande estime - de présenter ses premiers résultats à l'Académie des Sciences (seul un Académicien



Le hangar de la rue Lhomond.

peut présenter une note à ses confrères !).

C'est la communication prophétique du **lundi 12 Avril 1898**. « *Ce fait est remarquable, écrit-elle, et porte à croire que ces minerais contiennent un élément beaucoup plus actif que l'uranium* ».

Mais peu de personnes, dans l'assistance, remarquent cette petite phrase. Alors il faut, pour Marie, prouver aussi rapidement que possible qu'elle a raison ; son mari, Pierre, abandonne ses recherches personnelles sur le magnétisme pour l'aider à séparer l'élément inconnu dans la pechblende.

Au prix d'un labeur acharné et d'une énergie farouche, dans un hangar rue Lhomond, au rez de chaussée de l'École de Physique de la ville de Paris, ils traitent ensemble le minerai par les réactifs classiques (acide chlorhydrique, sulfure d'hydrogène) de l'analyse chimique. Inlassablement, ils dissolvent dans l'acide puis précipitent successivement les impuretés pour les éliminer. A chaque stade de séparation et de purification, Marie mesure la radioactivité et trouve qu'elle augmente considérablement. Le 6 Juin 1898, elle trouve un résidu solide 150 fois plus actif que l'uranium. Le 27 Juin 1898, c'est un précipité 300 fois plus actif que l'uranium mais il n'est pas pur car il contient encore du bismuth. Cependant, Pierre et Marie veulent publier au plus tôt leurs résultats avant les vacances d'été. Aussi, en

Juillet 1898, elle annonce à l'Académie la découverte du Polonium (Marie a voulu ainsi honorer sa patrie).

A l'automne 1898, ils recommencent inlassablement à dissoudre, à purifier. Ils trouvent une substance 900 fois plus radioactive que l'uranium. Décembre 1898 : Lippman annonce la découverte du Radium...

Le monde scientifique prend alors conscience de l'importance capitale des travaux de Marie et Pierre Curie. A partir de 1899, c'est Becquerel qui présente leurs résultats à l'Académie des Sciences.

Car pour confirmer leur découverte, pour convaincre le milieu scientifique, Pierre et Marie continuent leurs travaux, vont traiter des tonnes de minerais avant de pouvoir séparer en 1902 un décigramme de chlorure de radium pur qui leur permettra de déterminer la masse atomique du Radium (le spectre obtenu par étincelles montrera une raie qui n'est due ni au baryum, ni à aucune substance connue).

Le prix Nobel, accordé en 1903, pour moitié à Henri Becquerel, et pour moitié à Pierre et Marie Curie, sera la récompense de cette découverte du Radium qui était depuis le début du monde enfoui à doses infimes et inoffensives dans les entrailles de la Terre.

La radio numérique (D.A.B.)

INTRODUCTION

Depuis l'invention du transistor, dans les années 50, la radio n'avait connu que des évolutions technologiques. La mise au point, vers 1985, d'un nouveau système de radiodiffusion appelé D.A.B. (Digital Audio Broadcasting), représente une révolution tant par son caractère novateur que par la mondialisation qu'elle sous-entend. C'est d'ailleurs cet aspect qui freine pour le moment sa mise en service, car le matériel existe, mais les conditions d'utilisation ne sont pas encore définitivement arrêtées et elles exigent des investissements considérables.

LA NUMERISATION DE L'INFORMATION

Les progrès des médias du futur reposent pour l'essentiel sur une technique nouvelle qui découle du mariage de la microélectronique et de l'informatique : La NUMERISATION.

Dans les systèmes traditionnels utilisés jusqu'à maintenant, l'information (radio, mais aussi télévisée) est transportée par une onde radioélectrique continue qui est modulée par le signal à transmettre (vibration sonore ou variations de luminance). On dit que le mode de transfert est ANALOGIQUE, car une grandeur électrique reproduit fidèlement le signal porteur de l'information.

La numérisation procède au contraire à la formation de signaux par essence discontinus car résultant d'une suite de nombres, eux-mêmes représentés par des groupements de 0 et de 1 (système binaire). L'information initiale est transformée en un ensemble discontinu (discret) de valeurs numé-

Michel MASSAUX
Président
du Carrefour International
de la Radio
(22 rue Bansac, Clermont-Ferrand.
Tél 04 73 92 31 52)

Cet exposé a été présenté à l'occasion du Carrefour International de la Radio, à Clermont-Ferrand, le 21 novembre 1997.

riques codées : c'est un fichier informatique, qui peut être traité par toutes les procédures que l'on souhaite.

Les techniques de numérisation peuvent suivre des schémas plus ou moins élaborés, mais le principe est toujours le même et il est simple.

Tout signal analogique peut être représenté par un ensemble de courbes (graphes) CONTINUES. Pour numériser ce signal, noté symboliquement s , on décompose les courbes qui décrivent son évolution en une suite de points, selon des valeurs régulièrement espacées de la variable pilote (en général, le temps t). C'est la première étape nommée ECHANTILLONNAGE (fig 1).

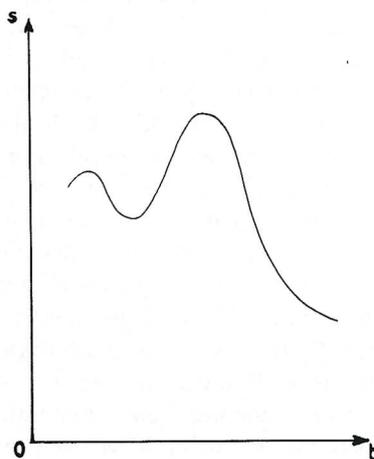


Figure 1

On mesure ensuite, grâce à un comparateur, la valeur de s sur chaque point précédemment défini, après avoir établi une échelle de référence comprenant un nombre suffisant de niveaux discrets. C'est la deuxième étape, dite QUANTIFICATION (fig 2).

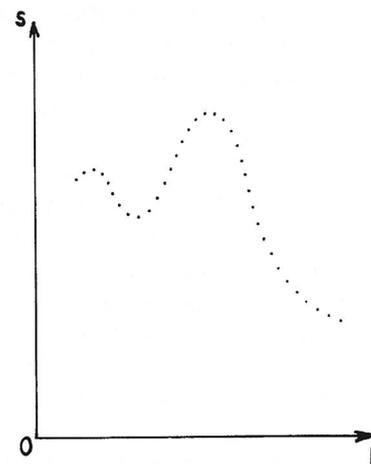


Figure 2

Dans cette opération, l'amplitude retenue pour l'échantillon correspondant à t_n est la mesure s_n relevée sur l'échelle de mesure adaptée au signal étudié $s_n(t)$. (fig 3).

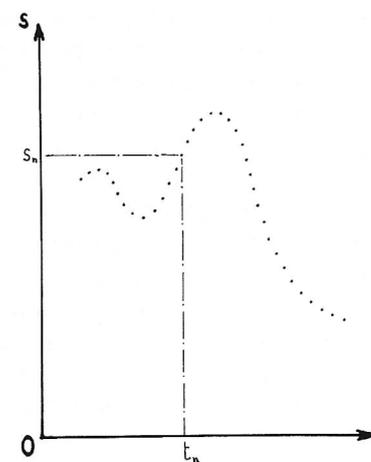


Figure 3

Il ne reste plus qu'à construire le fichier qui, à chaque valeur t_n , associe le nombre entier représentant la mesure s_n correspondante. C'est l'éta-

pe finale de l'opération, qui correspond à la NUMERISATION proprement dite.

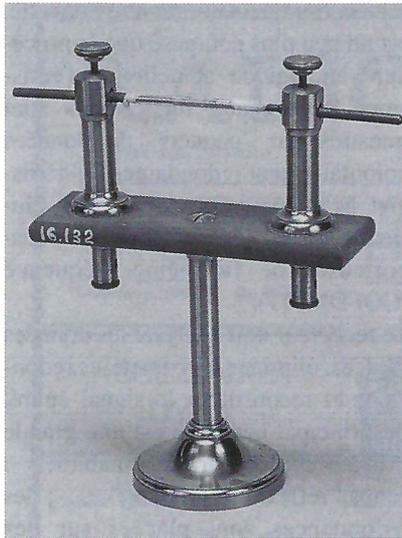
On perçoit dès lors les exigences requises pour que cette technique soit valable : pour que la représentation numérique définie ci-dessus soit fidèle à la courbe d'origine, qui traduit exactement l'information à transmettre, il importe que les échantillons soient suffisamment proches les uns des autres ; Des études physiques précisent que la fréquence d'échantillonnage adéquate doit être au moins double de la plus haute fréquence contenue dans le signal analysé. A titre d'exemple, indiquons que le COMPACT DISC (C.D.), destiné à transmettre des signaux sonores (fréquences limites de l'ordre de 20 kHz), est échantillonné à 44100 Hz par voie : Une seconde de musique diffusée par un C.D. "contient" ainsi 44100 mesures du signal sonore enregistré sur une piste.

L'ensemble des opérations décrites ci-dessus est réalisé par un dispositif compact, très performant, constitué de circuits intégrés utilisant les technologies les plus élaborées de la microélectronique ("puces" au silicium) : On l'appelle CONVERTISSEUR ANALOGIQUE-NUMÉRIQUE.

L'utilisation finale suppose, la plupart du temps, (sauf utilisation directe du signal numérique dans un ordinateur !) le retour à des variations analogiques d'une grandeur généralement électrique ou éventuellement optique. L'équipement adapté à cette conversion est appelé DECODEUR. Il travaille en deux étapes successives :

* Tout d'abord les nombres transmis sont transformés en impulsions discrètes, dont les amplitudes sont proportionnelles aux valeurs numériques à convertir.

** Puis on réalise un signal continu en ajoutant une grande quantité de valeurs intermédiaires obtenues par interpolation, grâce à un filtre électrique spécial. S'il n'y a pas eu d'erreurs dans la chaîne de transmission des nombres, le signal ainsi reconstitué ne doit pas être différent du signal d'origine, à la précision de la quantification près.



Le radioconducteur de BRANLY. Il s'agit d'un tube de verre contenant de la limaille de fer. Muni à ses extrémités de bornes en laiton au contact de la limaille, il est introduit dans un circuit électrique contenant un générateur continu et un galvanomètre. Si aucune onde électromagnétique ne traverse le tube, le dispositif est rigoureusement isolant ; dans le cas contraire, on observe une déviation du galvanomètre, témoin du passage d'un courant à travers le tube. Ce courant perdure lorsqu'on supprime l'onde excitatrice : il faut exercer de légers chocs sur la paroi du tube, ce qui « décolle » les grains de limaille et ramène le système à l'état de repos initial. Ce radioconducteur, mis au point il y a un siècle, a été le premier détecteur efficace d'ondes radio. Il a été exploité dans les premières transmissions à longue distance par Guglielmo MARCONI. Un télégramme célèbre fut adressé par ce dernier à Edouard BRANLY pour témoigner de l'intérêt majeur de cette découverte, qui permit le développement pratique de la T.S.F.

LA TRANSMISSION DU SIGNAL

Dans le processus analogique, on observe une importante détérioration du signal au cours de sa transmission; distorsion, apparition de signaux parasites, perte de certains éléments... sont les principaux défauts, dont le plus grave est le BRUIT DE FOND qui masque une partie du signal origine. Cette détérioration est irréversible.

Le signal numérique n'échappe pas à ces inconvénients, universels dans

tout système de transmission. Mais les constituants du signal sont fondamentalement différents : une dégradation partielle, même importante, permet néanmoins de distinguer sans ambiguïté des 0 et des 1.

La numérisation permet en outre un contrôle des erreurs de transmission, en ajoutant une information supplémentaire, dite "de redondance". Supposons par exemple une transmission d'octets (groupes de 8 bits) : il y a 256 octets possibles de 00000000 à 11111111. Pour détecter d'éventuels défauts de transmission, on ajoute à chaque octet un 9^{ème} bit, dit DE PARITE, qui est 0 ou 1 selon que l'octet contient un nombre PAIR ou IMPAIR de 1 ; il y a 2 fois 256, soit 512 groupes de 9 bits dont seulement 256 ont pu être effectivement émis et sont cohérents. La réception d'un message cohérent indique que la transmission a été correcte (ou entachée de 2 erreurs simultanées, ce qui est rare). La réception d'un message incohérent (une ou 3 erreurs) entraîne l'appel d'un signal de contrôle pour corriger le défaut constaté.

LE TRAITEMENT DU SIGNAL

Les avantages de la numérisation apparaissent très importants dans ce domaine. Du traitement le plus simple, comme le filtrage de certaines fréquences ou l'introduction d'effets spéciaux (réverbération, échos...) au plus complexe, comme le cryptage ou la facturation instantanée, tout est possible grâce à l'informatique associée.

Parmi les traitements couramment mis en œuvre, la COMPRESSION représente un procédé indispensable. On conçoit en effet qu'un inconvénient majeur des transmissions numériques est le volume de l'information à transmettre. Pour le réduire, on cherche à éliminer les données peu significatives, ou même pas utiles du tout. Pour le D.A.B. une étude soignée du son "numérique" a permis de réduire d'un facteur 8 la place occupée par le signal utile. Une norme de compression appelée MUSICAM a

été élaborée pour les C.D. et la radio numérique. Un débit de 100 kbit.s-1 est employé dans ce procédé. Le signal acoustique est réparti sur 32 sous-bandes correspondant à des plages de fréquences juxtaposées : tous les sons élémentaires que l'oreille humaine ne perçoit pas franchement sont éliminés.

LA MISE EN ŒUVRE DU D.A.B.

Etudié depuis 1985 environ par des organismes officiels de recherche à l'échelle européenne (projet EUREKA 147, développé par le CCETT : Centre commun d'études de télédiffusion et de télécommunication, à Rennes, en France, et l'Institut allemand de télécommunication "IRT", en Allemagne) et les industriels THOMSON, PHILIPS, GRUNDIG et TELEFUNKEN, le D.A.B. est à l'essai dans plusieurs pays européens, depuis 2 ans.



Récepteur Monolampe LEMOUZY type Autodyne (1922). La lampe, placée sur le dessus, est la détectrice. Le réglage de la fréquence se fait grâce à un curseur agissant sur l'auto-inductance du circuit oscillant. (Collection C. BELHACENE)

La technologie, entièrement nouvelle, est un peu plus coûteuse que la procédure analogique actuelle. A l'émission, les signaux numériques sont transmis par "paquets" de données volontairement redondantes (on transmet la même information dans plusieurs "paquets"), sur plusieurs sous-porteuses de la même fréquence (COFDM) (1).

Le récepteur doit analyser les données captées, éliminer les caractères redondants et reconstituer le signal épuré. Le principal avantage est une grande résistance aux parasites habituels : échos, réflexions, "fading", ... ; les redondances sont placées sur des sous-porteuses éloignées les unes des autres et ont très peu de risques d'être détruites ensemble : si l'une d'elles est perdue, le récepteur trouvera l'information sur une (ou plusieurs) autre qui n'aura pas subi d'altération.

Outre la qualité du son restitué, le D.A.B. présente des avantages significatifs :

- une radio donnée peut disposer d'une seule fréquence pour un espace géographique illimité, car les défauts dus aux interférences n'existent plus ou presque : recevoir plusieurs fois le même signal est même un gage de fiabilité, car les risques de perdre un paquet d'informations diminuent. Les postes de réception mobiles (auto-radios, par exemple) y gagnent beaucoup en confort d'utilisation : le RDS disparaît.

- la fiabilité du D.A.B. permet d'utiliser des émetteurs 10 fois moins puissants que ceux que nécessite actuellement la FM.

- la fréquence unique permet de désencombrer la bande attribuée à la radio. Sur une tranche spectrale donnée, on pourra installer environ 2 fois plus de stations en améliorant la qualité d'écoute. Enfin, accessoirement, une petite partie du canal numérique est disponible pour transmettre des données de type TELETEXTE, lisibles sur un petit écran (nom de la station, références d'une partition à l'écoute, heure, informations routières, météo,...).

(1) "Coded, orthogonal frequenced, data multiplexed".

LE DEVELOPPEMENT DU D.A.B.

Un inconvénient important est l'incompatibilité totale du D.A.B. avec la radio que nous connaissons. Il faudra faire cohabiter, pendant de nombreuses années, les deux systèmes de radiodiffusion, ce qui limite forcément la rapidité du transfert.

Mais les chances de réussite du D.A.B. sont grandes, car les Américains, par le biais de l'association "National Association of Broadcasters", qui regroupe la plupart des gros émetteurs radio d'Amérique du Nord, souhaitent l'utiliser. La norme européenne pourrait alors devenir mondiale, ce qui assurerait définitivement son avenir.

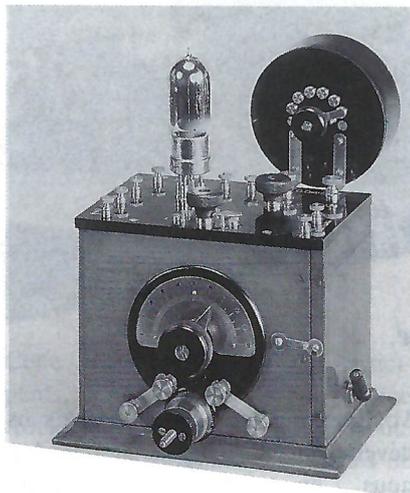
Actuellement, des émissions expérimentales en D.A.B. sont effectuées en Allemagne (Bavière), en France (région parisienne et environs de Rennes), et sont principalement captées par des auto-radios, pour les raisons mentionnées ci-dessus. Le surcoût reste encore un peu dissuasif.

COMPLEMENT : DEVELOPPEMENTS ACTUELS DU D.A.B.

Depuis la rédaction de cet exposé, des éléments nouveaux ont été présentés. En particulier, fin 1997, le club D.A.B. FRANCE, qui rassemble les principaux fabricants de matériel et les producteurs d'émissions radiodiffusées installés sur le territoire national, a fait le point des actions entreprises pour faire connaître au grand public la radio numérique.

Revenant de BERLIN, où venait de se tenir un grand marché international de l'électronique de grande diffusion, IFA 97, le président Roland FAURE a d'abord insisté sur le caractère IRREVERSIBLE de l'évolution vers les techniques numériques dans tout le domaine audio-visuel.

Après la modulation de fréquence, la stéréophonie, l'usage du transistor, on



Récepteur monolampe RADIO-VITUS type BABY (1925). La lampe est également montée en détectrice. C'est cette fois un condensateur variable qui permet de sélectionner la fréquence reçue (Collection C. BELHACENE).

arrive aujourd'hui à une nouvelle étape majeure qui va se mettre en place à l'échelle mondiale.

Le président FAURE a ensuite présenté les caractéristiques pratiques de la diffusion du procédé. Dans le courant de 1998, les récepteurs numériques sonores, équipés d'écrans de visualisation de radio-textes, ainsi que les auto-radios numériques à lecteurs de C.D., seront commercialisés à des prix compris entre 4000 et 5000 F. Dans le même temps, les 17 programmes validés par le Conseil Supérieur de l'Audiovisuel (C.S.A.), qui sont susceptibles d'être captés en région parisienne seulement, grâce à 2 émetteurs expérimentaux placés à MEUDON et à ROMAINVILLE, vont être rapidement distribués par de nouveaux réseaux, pilotés par T.D.F. et couvrant les agglomérations de LYON, MARSEILLE, TOULOUSE et NANTES. Ces ouvertures devront être effectives pour la Coupe du Monde de FOOTBALL, excellente occasion promotionnelle, en juin prochain.

Puis T.D.F. s'engage à desservir régulièrement de nouvelles zones, à raison de 5 à 10 villes par an.

Pour les principaux fabricants, THOMSON, PHILIPS, GRÜNDIG, BOSCH-BLAUPUNKT et THOMCAST, qui réalise les émetteurs, l'heure est à la miniaturisation, et à la rationalisation des coûts.

RADIO-PLAIT

39, rue La Fayette PARIS Angle rue Le Pelletier

**TOUT CE QUI CONCERNE
LA T.S.F. ET ACCESSOIRES**

Catalogue général de Radio franco contre 50 centimes

ACCESSOIRES
DYNA

RAYON SPÉCIAL
pour
la vente et la démonstration
des appareils VITUS

AMATEURS DE T. S. F. Ecoutez les concerts avec le

MONO-BABY à 1 lampe

LE MEILLEUR POSTE PRIX
ET AUSSI LE MOINS CHER APPAREIL NU 225 fr.

Quant aux éditeurs de programmes, ils préparent déjà de nouveaux contenus. Des applications domestiques pour les récepteurs de salon, des informations routières, météorologiques, touristiques... sont prévues, selon un mode de distribution « à la carte ».

Les enjeux industriels et économiques, en matière d'emploi en particulier, sont considérables si l'on se réfère à l'importance actuelle du parc des récepteurs actuellement en service : 600 millions en Europe, et 4 milliards dans le Monde ! La radio numérique est techniquement au point, il reste à développer une véritable radio multimédia apportant des avantages décisifs.

Pour développer le D.A.B. au niveau européen, leader mondial, les actions nationales qui existent en France, en Allemagne, en Grande-Bretagne et aux Pays-Bas se sont fédérées : l'Union européenne de Radio-Télévision a créé récemment à Genève le FORUM WORLD D.A.B.

En Allemagne, les premières émissions expérimentales ont débuté en 1995, grâce à une incitation forte du gouvernement fédéral, qui a financé des tests « grandeur nature ». Le territoire allemand est déjà couvert à 36 %, et la zone desservie atteindra près du double fin 1998. En Grande-Bretagne, la BBC a ouvert, fin 1995,

la première des cinq stations qui vont être appelées à équiper la région londonienne. Cette année, une trentaine d'émetteurs desserviront environ 60 % du territoire.

En Suède, c'est 75 % de la population qui pourra bénéficier du nouveau système de radiodiffusion.

Plus près de nous, en Belgique, le taux de pénétration du D.A.B. atteindra 80 % à la fin de l'année. C'est peut-être le record actuel, réalisé grâce à la stimulation dynamique des grands émetteurs (RTL et Europe 1) qui couvrent traditionnellement cette région peuplée, avide d'innovations.

Le marché européen estimé en auto-radios numériques est de 18 millions d'unités, et, pour les récepteurs D.A.B. dans les foyers, il atteint 25 millions. C'est un enjeu considérable, qui suscite bien des convoitises, et qui n'admettra aucun faux-pas.

Les récepteurs qui étaient présentés à IFA 97 offraient une remarquable amélioration de la qualité sonore, un service visuel réellement utilisable. Un enrichissement de l'offre de programmes va apporter aux utilisateurs une grande variété de services, modifiant complètement, à terme, l'image un peu figée de la radiophonie telle que l'avaient imaginée les précurseurs comme MARCONI, il y a juste un siècle...

Les instruments d'optique

par Luc Dettwiller

Étude théorique expérimentale et pratique,
300 pages, Editions Ellipses

L'étude des instruments d'optique dans les programmes d'enseignement a subi de nombreux avatars au cours des dernières décennies. On avait fini par considérer cette spécialité comme un simple prolongement vieillot de l'optique géométrique. Il fut même un temps, pas très lointain, où l'on faisait de cette belle science un simple cas particulier de l'électromagnétisme. Il faut rendre justice au regretté Inspecteur Général Hubert GIE d'avoir eu l'audace de rétablir le mot "optique" dans les programmes !

Il ne faut pas s'étonner, dans ces conditions, que les ouvrages traitant des instruments d'optique, à un niveau élémentaire (c'est-à-dire accessibles aux étudiants et professeurs), soient rares. L'excellent ouvrage de M. BRUHAT et A. MARECHAL date de près d'un demi-siècle. Or, depuis 1950, des progrès considérables ont été obtenus, notamment dans le traitement des images ; d'autre part de nombreuses améliorations techniques sont apparues çà et là. Il faut donc remercier notre ami Luc Dettwiller d'avoir remis à jour ce domaine passionnant, à un niveau accessible au plus grand nombre, d'autant plus que l'auteur possède un certain nombre de qualités qui sont rarement réunies chez un physicien : il a une connaissance théorique approfondie des phénomènes, il est doué d'un sens pédagogique aigu et de plus se révèle être un expérimentateur de talent, passionné par son sujet.

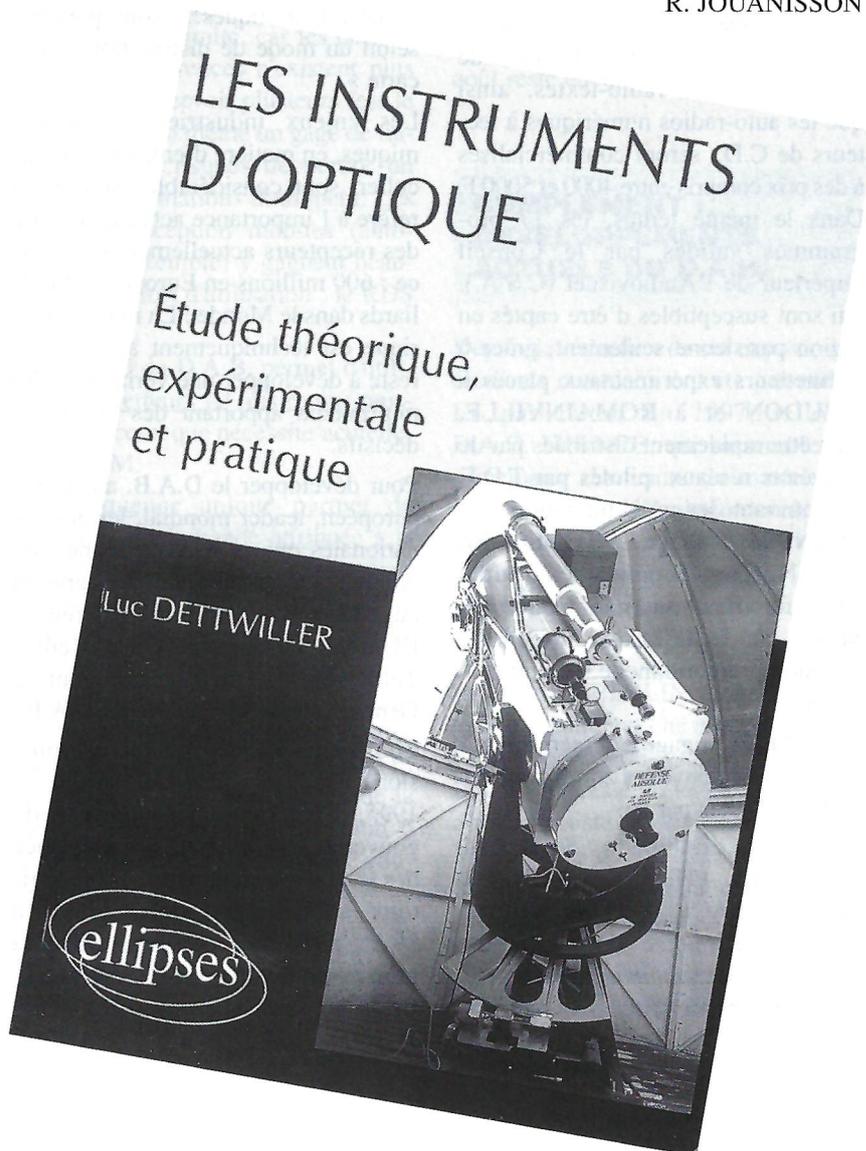
Dans cet ouvrage vous trouverez les développements théoriques nécessaires à la compréhension, mais sans formalisme inutile, tant il est vrai que des commentaires judicieux et l'exposé clair des idées fondamentales sont bien plus utiles pour les étudiants que des équations mal comprises

D'ailleurs il est un moyen efficace de s'assurer qu'une notion physique a été bien assimilée : c'est de réaliser des expériences sur le sujet. Contrairement à une opinion répandue, la réussite d'une expérience doit peu de chose à l'habileté expérimentale. En fait, les expériences, celles d'optique en particulier, sont le résultat d'un protocole opératoire logique, qui découle de connaissances bien comprises : on sait alors pourquoi une expérience marche, comment on peut l'améliorer ; on sait aussi pourquoi il arrive qu'elle ne marche pas !

Voici un ouvrage clair, complet, sans développements inutiles, qui rendra, nous en sommes convaincu, d'énormes services aux étudiants, aux candidats aux concours de recrutement et à nos collègues enseignants. Un ouvrage qui fera date.

L'ADASTA s'honore d'avoir obtenu à diverses reprises la collaboration de Luc Dettwiller, à l'occasion notamment d'Universités d'Été ou de stages divers de formation, et d'avoir pu ainsi, dans une certaine mesure, l'inciter à perfectionner son ouvrage.

R. JOUANISSON





Visite d'Issoire - Aviation Le 14 janvier 1998

Cette visite, suivie par 23 participants, a occupé l'après-midi d'une froide journée d'hiver. Elle a débuté par une présentation des activités de l'entreprise, dès ses origines au siècle dernier.

C'est en 1910 que la Société des Etablissements WASSMER, créée dans la région parisienne, en 1870, avec comme objectif, la fabrication de moules et de pièces mécaniques diverses, s'installe à Issoire. La décentralisation existait déjà!

Pendant la guerre de 1914-18, les commandes militaires affluent et l'usine doit fournir le nombre impressionnant de 10000 hélices d'avion, ce qui l'occupe jusqu'en 1924. Une récession sévère survient alors, et la firme ne peut assurer sa survie qu'au prix d'une reconversion : elle fabrique des meubles en noyer, bois facile à trouver en Limagne. Le savoir-faire technologique du personnel est en veillesse, mais on évite la liquidation. L'entreprise retrouve sa vocation - l'aviation-, lorsque se développent, en 1936, les sections d'aviation populaire (S.A.P.), qui démocratisent le vol à voile. En assurant la réparation et ensuite la fabrication sous licence des planeurs AVIA, puis FAUVEL, elle se forge une réputation flatteuse dans le monde de l'aéronautique civile. Au cours des années 1950, WASSMER entreprend également l'assemblage des avions JODEL.

En 1955, à partir des travaux d'un bureau d'études implanté à Paris, WASSMER conçoit et fabrique un planeur de compétition, le JAVELOT WA 20, qui évolue vers deux versions remarquables : un modèle légèrement plus petit, très léger, tourné vers la performance, le JAVELOT II WA 21; l'autre, biplace, le BIJAVE WA 30. Ce dernier a connu un succès exceptionnel, puisque près de 300 exemplaires furent construits à partir de 1958. Il

permet à des pilotes locaux de remporter un grand nombre de succès mondiaux en compétition. Dans la même période la firme construit des avions de tourisme quadriplaces luxueusement équipés (WA 40 et 41). 1959 marque un tournant important dans la vie de la Société : elle commence à développer les COMPOSITES, à base de tissus de fibres de verre imprégnés de résine qu'on fait polymériser après mise en forme. Un prototype d'avion, le WA 50, premier modèle au monde à être entièrement réalisé en matériaux stratifiés, est mis au point. La cellule a été testée, soumise aux intempéries et aux écarts de température, souvent brutaux, de notre région. En même temps on lui applique des contraintes mécaniques simulant plus de 18000 heures de vol en situations extrêmes.

La robustesse prouvée de la structure conduit l'Entreprise à mettre en fabrication, selon ce procédé révolutionnaire, la série des WA 51 "PACIFIC", puis des versions améliorées WA 52, 53, 54, 80 et 81.

Mais la société WASSMER n'oublie pas pour autant les adeptes du vol à voile, public jeune qui rêve de performances et qui attend des progrès techniques décisifs. Elle met à profit des compétences en technologie des matériaux composites pour réaliser des planeurs de compétition. C'est ainsi que naissent des modèles renommés : les WA 22, 22A, 23, puis le célèbre "SQUALE", WA 26, et, en 1974, le WA 28.

En aviation à moteur, un modèle affiné du WA 40, à moteur de 250 CV, prendra la dénomination de "SUPER 4" lorsqu'il est réalisé en matériau stratifié, et de WA 43 lorsqu'il est fabriqué en alliages légers traditionnels.

En 1974, la Société WASSMER, aux prises avec de graves difficultés de

trésorerie liées au choc pétrolier, disparaît. Mais, peu de temps après, les installations d'ISSOIRE renaissent sous le nom d'ISSOIRE-AVIATION. Le savoir-faire du personnel n'est pas perdu; pour redémarrer, la jeune société se consacre avant tout à des opérations de révision et de réparation sur les appareils de la clientèle privée ou des aéro-clubs.

Vers 1985, Philippe MONIOT, le nouveau P.D.G. de l'Entreprise, réussit à relancer l'activité créative d'ISSOIRE-AVIATION en obtenant des commandes de sous-traitance. Grâce à la qualité reconnue du personnel, et à sa compétence incontestée dans la mise en oeuvre des matériaux composites, on assiste à une conquête spectaculaire de créneaux éminemment porteurs. Le champ d'action de la Société est orienté vers l'étude et la réalisation d'éléments de structure pour des avions, des hélicoptères, des réacteurs. Trois départements se développent harmonieusement au sein d'ISSOIRE-AVIATION : MATERIAUX COMPOSITES A HAUTES PERFORMANCES, CHAUDRONNERIE AERONAUTIQUE ET STATION-SERVICE DE MAINTENANCE ET DE REPARATION.

L'habileté économique de Philippe MONIOT repose sur un concept simple, supérieurement efficace : jouer à fond la compétence technologique acquise dans le domaine des matériaux composites, en l'appliquant dans différents secteurs industriels au travers de plusieurs sociétés-soeurs qui coopèrent sans interférer, en regroupant au total 180 ingénieurs et techniciens. On trouve ainsi, à côté d'ISSOIRE-AVIATION, REX-COMPOSITES, qui réalise des prototypes, des outillages, des sous-ensembles, à ISSOIRE; CONCEPT COMPOSITES AUVERGNE (2CA), qui se

consacre au moulage de composites destinés à la production de matériel électrique et à la carrosserie d'automobiles, à ARLANC; AIRFLO, de création récente (1990), spécialisée dans le domaine textile, a choisi la réalisation d'équipements intérieurs d'avions de ligne en mettant en oeuvre une technique de production par voie humide de composites à base d'époxydes (grands panneaux "sandwich" en particulier), à SAINTE-FLORINE en Haute-Loire ; et enfin TECHNIQUES AVANCEES D'AUVERGNE, installée à LANGEAC, également en Haute-Loire, la plus petite entreprise du groupe (17 personnes), est chargée de réaliser, grâce à des méthodes modernes (CFAO, DAO...), les moules et les divers outillages nécessaires aux autres sociétés du groupe.



Le Lionceau.

Analysant avec clarté, concision et franchise les spécificités de son entreprise, il parvint à brosser à grands traits, avec des mots simples et directs, sa méthode de gestion des équipements et des hommes. Il insista particulièrement sur les évolutions nécessaires et les adaptations indis-

AVIATION. Fortement impressionnés par le dynamisme communicatif de Philippe MONIOT, et la compétence de ses collaborateurs, tous les participants à cette sortie se disaient enchantés et prêts à consacrer une autre visite aux sociétés-soeurs du groupe piloté par ce "patron" éclairé et novateur.

Michel MASSAUX



Le biplace en cours de révision.

La visite des ateliers d'ISSOIRE-AVIATION permit aux participants de suivre de A à Z les activités de cette entreprise, titulaire de nombreux agréments de constructeurs d'aéronefs (AIRBUS, EUROCOPTER, ATR, ARIANE...) et de certifications de qualité (RAQ 2, JAR 145, QUALIFAS...). La fabrication et le collage des composites, en particulier, suscitèrent beaucoup d'intérêt et de questions, par l'originalité et la nouveauté des techniques utilisées. Après deux bonnes heures d'un circuit fort instructif, dans tous les secteurs de production, nous nous retrouvâmes dans la salle de réception pour un accueil chaleureux et une présentation dynamique de la part de Philippe MONIOT.

pensables pour surmonter victorieusement les écueils qui surviennent continuellement dans un environnement mouvant et très concurrentiel. Pour terminer la visite, il nous conduisit lui-même dans les hangars où, à côté de modèles glorieux de planeurs champions du monde de l'époque WASSMER, nous pûmes admirer 2 prototypes du LIONCEAU, premier avion-école en fibre de carbone, en cours d'homologation, et un modèle du petit véhicule biplace, polyvalent et insensible à la corrosion (châssis en inox et carrosserie en composites), baptisé "ATOLL3" et produit par 2CA à ARLANC.

C'est à une heure tardive que nous quittâmes la zone industrielle d'Issoire-le-Broc, siège d'ISSOIRE-

Les photographies qui illustrent cette présentation sont dues à notre ami Jean-Pierre GARCIA. Elles ont toutes été prises sous les hangars d'ISSOIRE-AVIATION, la clause de confidentialité nous interdisant de prendre des clichés dans les ateliers de production.

On trouve successivement une vue du groupe des visiteurs de l'ADASTA dans l'atelier de maintenance des avions de la clientèle, un puissant avion biplace en tandem, biplan, en cours de révision, et enfin le très séduisant LIONCEAU, destiné principalement aux aéro-clubs. Cet appareil très léger (360 kg à vide) permet, avec 102 litres d'essence sans plomb, de parcourir 1100 km, avec une réserve de 30 minutes, en transportant 2 personnes et leurs bagages (200 kg de charge utile), à la vitesse de croisière d'environ 230 km à l'heure. De plus il est remarquablement silencieux (63 dB).

La partie historique de la description de l'évolution des Etablissements WASSMER a été préparée par Monsieur Roger BRETON, membre de l'ADASTA. Il fut pendant de longues années dessinateur-projeteur au bureau d'études de l'Entreprise, qu'il connaît parfaitement. C'est lui qui a été l'initiateur de cette visite. Qu'il veuille bien trouver ici l'expression de toute notre gratitude, jointe à notre très amical souvenir.