

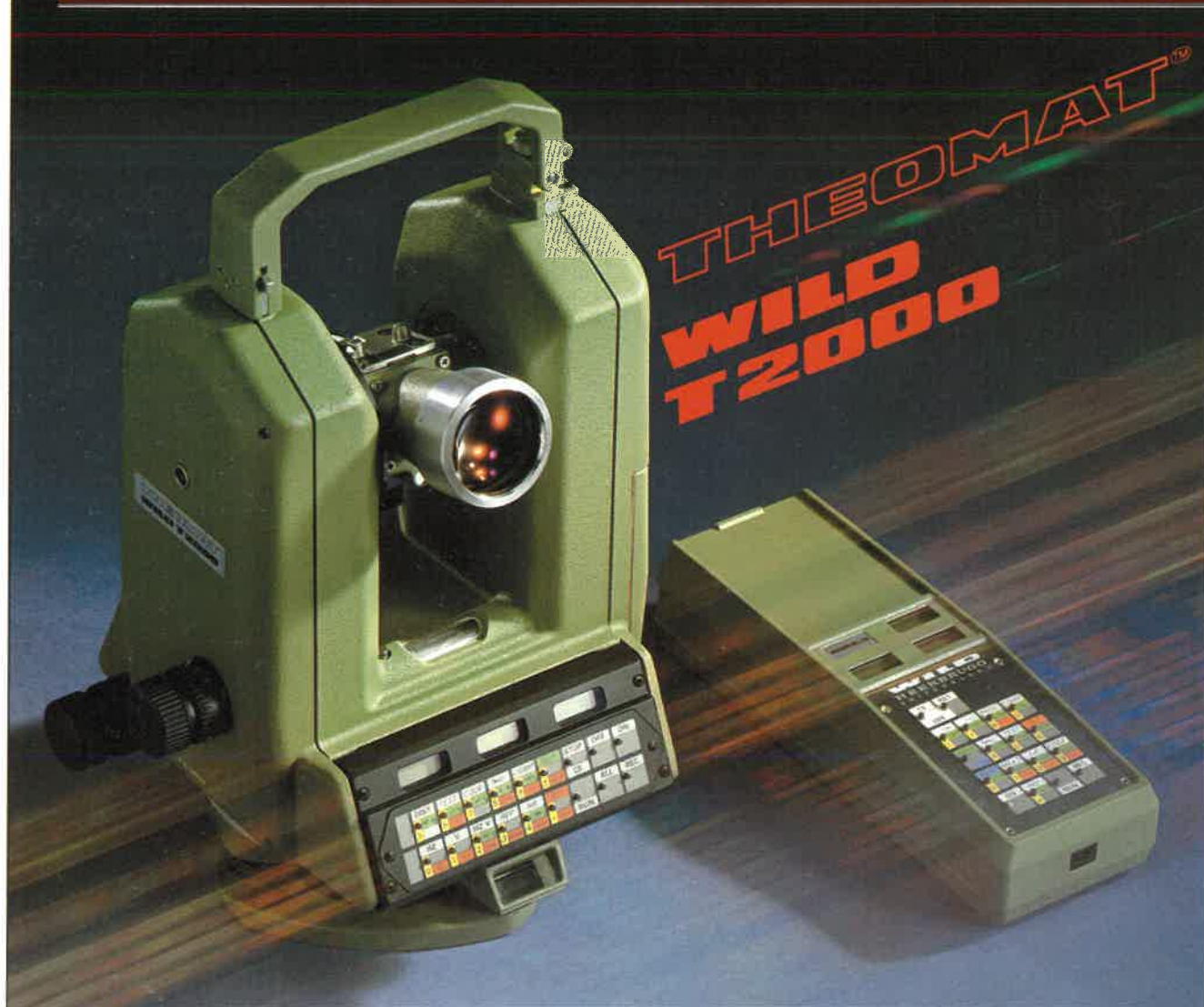
XYZ

*Revue
de l'Association
Française
de Topographie*



Universellement efficace

le théodolite informatique



Une précision qui introduit de nouveaux critères de qualité

Le théodolite informatique THEOMAT T 2000 est doté du système de mesure le plus précis qui soit, avec un écart type de 0,5" (0,15 milligon).

Un aspect modulaire qui le rend totalement flexible

Le T 2000 offre des possibilités illimitées et ses différents modes de mesure permettent de l'adapter efficacement à toutes les tâches. Avec un DISTOMAT DI 4, DI 4 L

ou DI 20, il devient un tachéomètre électronique à hautes performances. Avec le terminal de terrain GRE 3, il se transforme en un système d'acquisition de données programmable et entièrement automatique.

Un maximum de confort, d'efficacité et de fiabilité

Vous pourrez vous fier à votre T 2000, il sera votre compagnon de travail quotidien, même dans les conditions climatiques les plus difficiles (- 20 °C à + 50 °C). Il se charge de l'alimentation et du contrôle du

DISTOMAT et du GRE 3, dont il pilote toutes les fonctions. Son clavier de contrôle centralise et affiche l'ensemble des instructions et des résultats.

**THEOMAT WILD T 2000 :
le système de lever modulaire
qu'attendait votre ordinateur.**



COUVERTURE

Qui d'entre nous n'a pas joué aux "Soldats de plomb ?".

Eh bien ! Il y a encore des adultes qui se passionnent pour faire revivre, en plastique, des scènes de l'Histoire de France. Ces Ingénieurs Géographes en 1809 préparent les cartes qui serviront à Napoléon pour sa campagne d'Autriche. Rien n'est oublié... ni sur la carte, ni sur les figurines... même le nombre des boutons en est rigoureusement exact.

*Oh, quel est le pinceau tendre et minutieux
qui leur a mis à tous de petites moustaches,
qui timbra de canons croisés les sabretaches.
Et qui n'oublia pas de se tremper dans l'or
pour mettre aux officiers la grenade ou le cor ?*

Edmond Rostand - *L'Aiglon* (acte III, scène VI)

Roger Thomas

TRIMESTRIEL

Le numéro : 95 F
L'abonnement d'un an
(4 numéros) : 350 F

Secrétariat de l'AFT
et Rédaction XYZ
39 ter, rue Gay-Lussac
75005 PARIS
Tél. : (1) 354.19.21 pte 310
Ouverts les mardi et vendredi
de 10 h à 12 h

Comité de lecture

PRÉSIDENT

Robert VINCENT
Ingénieur E.C.P.
Président de l'A.F.T.

RAPPORTEUR

Jean PUYCOUYOL
Ingénieur E.P.

MEMBRES

André BAILLY
Ingénieur ETP
Jean COMBE
Ingénieur ESGT
Guy DUCHER
Ingénieur Général Géographe
Jean-Jacques LEVALLOIS
Ingénieur Général Géographe
Roger SCHAFFNER
Géomètre DPLG
Bernard SCHRUMPF
Ingénieur en Chef
de l'Armement

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Jean PUYCOUYOL

IMPRIMERIE MODERNE

U.S.H.A.
AURILLAC 15001
Tél. : (71) 63.44.60

L'Association Française de Topographie n'est pas responsable des opinions émises dans les conférences qu'elle organise ou dans les articles qu'elle publie.

Tous droits de reproduction ou d'adaptation sont strictement réservés.

sommaire

• Trois cents ans de géodésie française (suite) par J.-J. LEVALLOIS	4
Colloque de Lille	
• Systèmes d'informations urbains par André CRIDLIG	12
Colloque d'Orléans	
• Allocution prononcée par Madame FALLER, Maire d'OLIVET.	16
• La réforme de la formation professionnelle continue. Loi du 24 février 1984. par Guy MATTEUDI	17
Colloque du Creusot	
• Notes pour une esquisse de synthèse par Jean COMBE	22
• Utilisation des appareils de topographie dans l'industrie électro-mécanique par M. BESANCENEY	23
• La mesure des revêtements réfractaires dans les convertisseurs à l'oxygène de l'aciérie de Sacilor à Gandrange par AGA GÉOTRONICS	30
• Photogrammétrie appliquée au contrôle des grandes dimensions. Contrôle préalable à la jonction des deux parties d'une plate-forme off-shore par O. LOOK	36
• Contrôle de la planéité d'un marbre et de la rectitude d'une glissière par la méthode d'autocollimation par Yves ALAJOUANINE	40
Gazette de l'AFT	
• Calendrier	48
• Choisissez le sigle de l'AFT	49
• Nouvelles, Emploi	51
• Exposition Bibliothèque Nationale, Paris, 20 juin au 28 juillet, 26 août au 30 septembre	52
• Les exposés en français au Congrès de la FIG à Sofia (1983)	54
• XV ^e Congrès de la société internationale de photogrammétrie et de télédétection (ISPRS) à Rio de Janeiro	55
• Un peu de Géographie	57
• Y voir plus clair ? par Jean CRUSET	58

Trois cents ans de géodésie française (suite 4)

par J.-J. LEVALLOIS
Ingénieur Général Géographe

V — LE SYSTÈME MÉTRIQUE LA MÉRIDIENNE DE DELAMBRE ET MÉCHAIN

Aux environs de 1770, les opérations scientifiques de triangulation étaient terminées ; seuls les opérateurs de Cassini, en particulier Tranchot qui faisait à l'époque la triangulation de la Corse (91 triangles de 1^{er} ordre - 3 bases (6)), poursuivaient le canevas géodésique de la carte, dont le 1^{er} ordre sera publié in extenso en 1783 (14).

La question de la comparaison des toises utilisées au Nord, au Pérou, au Cap et en France avait montré qu'à quelques centièmes de lignes près, ces toises étaient comparables. La toise du Pérou fut adoptée comme étalon et devint la toise de l'Académie à laquelle on devait rapporter les mesures ultérieures, elle fut soigneusement conservée - elle figure encore aujourd'hui dans les collections de l'Observatoire de Paris.

Mais ceci ne résolvait toujours pas la question de l'unification des mesures, qui dans tout le Royaume conservaient leur indépendance anarchique.

Plusieurs tentatives d'unification avaient été faites ; on avait par exemple en 1766 adressé aux Parlements des provinces, pour en faire la distribution et en imposer l'usage dans les généralités, 80 exemplaires de l'aune, de la toise, de la livre poids-de-marc de Paris, cette tentative échoua comme les précédentes (25).

Rapportons à titre d'exemple l'histoire de l'aune des merciers de Nantes. (11, 1746). "Le Sieur Lordel, ouvrier en instruments de mathématiques ayant eu commission de faire pour la ville de Nantes, un étalon de l'aune conforme à l'étalon de l'aune qui est conservé depuis l'an 1554 dans le Bureau des Marchands Merciers de Paris, ébaucha cet étalon à 3 pieds, 7 pouces, 8 lignes croyant que c'était la vraie longueur de l'aune parce qu'elle est ainsi énoncée dans le dictionnaire du commerce, mais ayant comparé depuis cet étalon ébauché à l'étalon du Bureau des Marchands Merciers, ce dernier se trouva près de trois lignes plus long..." (environ 7 millimètres)... on discute, les textes sont formels, "... une ordonnance du Roi Henri II, donnée à St-Germain-en-Laye au mois d'octobre 1557..." fixe que "... l'aune doit être de 3 pieds, 7 pouces, 8 lignes de longueur, mesure du

Roi" et cette ordonnance a été renouvelée par une instruction du 14 septembre 1714. Maurepas charge l'Académie d'élucider le mystère. Les commissaires s'assurent que l'aune de Lordel est conforme à l'ordonnance et constatent que l'aune des merciers de Paris est difficile à évaluer exactement : sa longueur varie de 3 pieds, 7 pouces, 11,25 lignes à 3-7-10,83 suivant qu'on la prend en haut ou en bas des talons et que déjà en 1668, Picard l'avait évaluée à 3-7-10,8, que La Hire en 1714 l'avait trouvée à 3-7-11,5 et qu'en 1735 du Faye lui attribuait 3-7-10,83. Perplexité ; faut-il ramener l'aune parisienne à la longueur légale et frustrer désormais la clientèle parisienne de 3 lignes par aune ou laisser en l'état ? A défaut de suggestions, les commissaires expliquent que l'aune de Paris, a été déduite de la toise en vigueur à l'époque de l'ordonnance "L'Ordonnance de Henri II... est de 1557 or dans ce temps-là, la toise était d'environ 5 lignes plus longue qu'elle ne l'est depuis 1668, temps auquel elle a été réformée..." par Picard... L'ancienne remontait peut-être à Charlemagne !

La situation, risible ici, mais plus grave ailleurs dans ses conséquences, ne pouvait s'éterniser, Delambre (2), (24,1) s'exprime ainsi : "Depuis longtemps l'étonnante et scandaleuse diversité de nos mesures avait excité les réclamations des bons esprits, plus d'une fois on avait présenté des projets de réforme au Gouvernement qui les avait fait examiner, mais... ces projets avaient toujours été repoussés ou mis en oubli. En 1788, le vœu d'une mesure uniforme fut consigné dans les cahiers de quelques baillages... Les esprits étaient alors disposés à recevoir avec enthousiasme toutes les réformes utiles... Ce concours unique de circonstances valut un accueil favorable à la proposition faite en 1790 à l'Assemblée Constituante par Mr. de Talleyrand...". Une commission nommée peu après, composée de Borda, Lagrange, Laplace, Monge, Condorcet présentait son rapport le 19 mars 1791 (11, 1788) elle proposait, pour unifier les mesures de longueur, un double choix, l'unité serait soit la longueur du pendule battant la seconde à la latitude de 45° au niveau de la mer, soit la dix millionième partie du quart du méridien terrestre. Pour y parvenir elle écrivait :

"... Nous proposons donc de mesurer immédiatement un arc de méridien depuis Dunkerque jusqu'à

Barcelone ce qui comprend un peu plus de $9^{\circ} 1/2$... A ces avantages se joint celui d'avoir les deux points extrêmes au niveau de la mer..." et en l'étendant au-delà des Pyrénées, on pourra"... se soustraire aux incertitudes que leur effet peut produire dans les observations. "De plus on devra "... faire au 45° degré, des observations qui constateront le nombre de vibrations que ferait en un jour, dans le vide, au bord de la mer, à la température de la glace fondante, un pendule simple égal à la dix millionième partie du méridien,... vérifier par des expériences nouvelles et faites avec soin la pesanteur dans le vide d'un volume d'eau distillée prise au terme de la glace... enfin réduire aux mesures actuelles de longueur, les différentes mesures de longueur, de surface ou de capacité usitées dans le commerce et les différents poids qui y sont en usage afin de pouvoir ensuite, par de simples règles de trois, les évaluer en mesures nouvelles lorsqu'elles seront déterminées..."

Le 26 mars 1791, la Constituante adoptait le rapport et le roi, pouvoir exécutif, chargeait l'Académie de la nomination des commissaires pour sa mise en œuvre. Cassini — le quatrième de la filière —, Legendre le mathématicien, Méchain l'astronome, étaient chargés de la mesure méridienne ; les deux premiers ne tardèrent pas à déclarer forfait et Delambre, jeune astronome fut désigné pour les remplacer.

Méchain (1744-1804) estimé de Lalande, le célèbre astronome, était d'abord hydrographe au Dépôt de la Marine. Grand découvreur de comètes, il entre en 1782 à l'Académie des Sciences, participe en 1787 à la jonction des triangulations française et anglaise à travers le Pas-de-Calais.

Delambre (1749-1822) de naissance très pauvre, grand lettré, viendra à l'astronomie en 1780. Elève de Lalande il deviendra son assistant au Collège de France et sera en 1792 nommé membre associé de l'Académie des Sciences. Il sera l'âme de l'opération.

Le constructeur Lenoir mit un an et demi à fabriquer les nouveaux instruments nécessaires à la mesure des bases et des angles ; ils furent terminés en mai 1792, au soulagement de l'Assemblée législative qui trouvait long le temps de mise en exécution du décret de 1791.

LA MÉRIDienne DE DELAMBRE ET MÉCHAIN

1^o Le contexte social : les opérateurs partirent en mission à la fin du mois de juin 1792.

De tous temps et même encore de nos jours, les travaux géodésiques sur le terrain éveillent la curiosité, l'inquiétude, la méfiance, voire la malveillance des populations. Que font réellement ces inconnus, qui avec leurs instruments bizarres visent des signaux, se perchent dans les clochers ou sur les sommets et sur les "points stratégiques" (sic). En 1792, 1793 l'époque était particulièrement mal choisie pour opérer, surtout aux environs de Paris.

Delambre, arrêté à diverses reprises par les gardes nationales locales, vit mettre son matériel sous scellés, fut finalement remis en liberté sur décret de

l'Assemblée Législative et put enfin se remettre au travail, malgré des difficultés pécuniaires sérieuses (assignats), quitte à encadrer d'une bande bleue et d'une bande rouge, la bande blanche qu'il disposait sur certains clochers pour mieux les percevoir sur fond sombre.

Quant à Méchain, chargé de la partie méridionale de l'arc, il commença son travail par l'Espagne où il pouvait du moins opérer en paix.

Mais la conjoncture n'était guère favorable aux sciences ; le 8 août 1793 la Convention supprimait toutes les Académies. Les travaux de la méridienne furent interrompus en France en décembre 1793, par un arrêté du Comité de Salut Public, pris à l'initiative de Prieur de la Côte d'Or, membre du Comité, qui avait pris part aux travaux préalables de la Commission des Poids et Mesures (6), (24,1). "Le Comité de Salut Public, considérant combien il importe à l'amélioration de l'esprit public que ceux qui sont chargés du gouvernement ne délèguent de fonctions ni ne donnent de missions qu'à des hommes dignes de confiance par leurs vertus républicaines et leur haine pour les Rois... arrête que Borda, Lavoisier, Laplace, Coulomb, Brisson et Delambre cesseront à dater de ce jour d'être membres de la Commission des Poids et Mesures et remettront de suite, avec inventaire, aux membres restants, les instruments, calculs, notes, mémoires et généralement tout ce qui est entre leurs mains de relatif à l'opération des mesures.

Arrête en outre que les membres restant à la Commission des Poids et Mesures feront connaître au plus tôt au Comité de Salut Public quels sont les hommes dont elle a un besoin indispensable pour la continuation de ses travaux et qu'elle fera part en même temps de ses vues sur les moyens de donner le plus tôt possible l'usage des nouvelles mesures à tous les citoyens en profitant de l'impulsion révolutionnaire...". Signé Barère, Robespierre, etc...

L'année 1794 ne fut pas propice à la reprise des travaux, Méchain rentra par l'Italie ; en France, Delambre se faisait oublier à la campagne, mais les grandes victoires des armées de la Révolution (Fleurus - 26 juin 1794), l'occupation des territoires de la rive gauche du Rhin, les traités de Bâle et de La Haye (1795), reconnaissant les conquêtes de la République allaient donner une nouvelle impulsion aux travaux scientifiques en particulier à la cartographie des pays annexés, donc à la géodésie.

En même temps, passées les tempêtes de la Terreur, la République se rendait compte qu'elle avait besoin de savants. La constitution du 5 Fructidor an III (22 août 1795) établissait le Gouvernement du Directoire et créait entre autres un Institut National des Arts et des Sciences - dont la Première Classe correspondait à l'actuelle Académie des Sciences.

Presque simultanément on avait créé un Bureau des Longitudes (7 Messidor-An III - 25 juin 1795) qui avait pour mission de perfectionner l'astronomie (et ses applications à la navigation, à la géographie, à la géodésie) le magnétisme terrestre, la métrologie, l'horlogerie etc... et intervenait en particulier pour l'indication et la préparation des missions utiles à ces perfectionnements.

C'est alors qu'intervint le Général Calon ancien opérateur de Cassini III, membre de la Convention et Directeur du Dépôt de la Guerre, organe qui déjà sous la Monarchie, sous une appellation ou une autre, était chargé de la cartothèque militaire : Réorganisé dès 1792, le Dépôt de la Guerre avait pour attributions de collectionner et conserver (6) :

- toutes les pièces historiques relatives aux campagnes, les comptes rendus des reconnaissances, les décisions du Gouvernement relatives aux opérations militaires ;
- les cartes, les dessins des camps, les plans des fortifications, les cartes étrangères, etc...

Le Service de la Carte de Cassini fut retiré à l'Observatoire et confié au Dépôt de la Guerre, en même temps que l'on recréait pour la nième fois un corps d'ingénieurs géographes.

Le Général Calon chargé de dresser une carte des régions nouvellement occupées par la France, voulut l'appuyer sur une géodésie régulière ; il fit appel à Delambre et à Méchain et leur fit attribuer le titre d'Astronomes du Dépôt de la Guerre.

La loi du 18 Germinal An III (7 avril 1795), rapportée — ironie ou suprême indifférence de l'Histoire — par Prieur de la Côte d'Or, ranima la Commission des Poids et Mesures dont les membres destitués furent rappelés, à l'exception du pauvre Lavoisier exécuté sous la Terreur, et les travaux de la Méridienne reprirent (juillet 1795) pour n'être plus interrompus jusqu'à leur achèvement.

2° L'extension technique : la méridienne de Delambre et Méchain s'étend sur plus de 1 000 kilomètres de Dunkerque à Barcelone en Espagne, où elle sera prolongée ultérieurement jusqu'au rattachement des Iles Baléares.

Elle emprunte au maximum les sommets de la méridienne de La Caille ou de J. Cassini.

Elle est appuyée sur deux bases — seulement — la base de Melun et la base de Perpignan. Elle est jalonnée par 6 stations astronomiques de latitude, destinées à étudier la variation de la courbure méridienne, ce sont : Dunkerque, Paris, Evaux, Carcassonne, Perpignan, Montjouy et Barcelone ; la station astronomique de Paris est en fait dédoublée, les observations ayant été faites à l'Observatoire personnel de Delambre, rue de Paradis, et à l'Observatoire de Paris par Méchain. Les stations de Montjouy (fort de Montjuich) et de Barcelone observées par Méchain sont également très voisines mais les résultats des deux observations comparées feront son désespoir.

De nouveaux matériels de mesure avaient été conçus par Borda (1733-1799) pour la mesure des angles, des bases et de la pesanteur absolue.

— Le cercle répétiteur, essayé en 1787 au cours d'une liaison géodésique entre la France et l'Angleterre était un instrument angulaire remarquable.

La méthode de répétition, conçue par Tobias Mayer, consiste à totaliser sur le limbe du cercle un angle égal à n fois l'angle cherché. En voici le principe :

Considérons par exemple un plateau circulaire horizontal, mobile autour de son axe central vertical.

Posons sur ce plateau un théodolite ordinaire, centré sur l'axe du plateau ; nous pouvons faire pivoter la lunette de deux manières :

A) soit en bloquant la lunette du théodolite et balayant l'angle par rotation du plateau,

B) soit en bloquant le plateau et débloquant la lunette par rapport au limbe du théodolite.

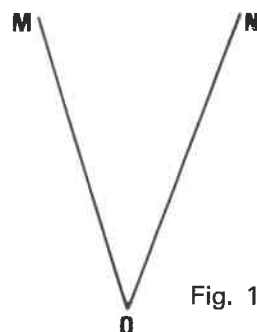
Au cours de l'opération A la lecture du limbe ne change pas, tandis que dans l'opération B elle mesure la valeur de l'angle.

Soit alors à mesurer un angle MN ; amenons à zéro la lecture du limbe et par l'opération A visons le point M (lecture 0.0000).

Par l'opération B visons N, la lecture du limbe donnerait une première valeur de l'angle MON (fig. 13).

Revenons par l'opération A sur M, puis par B sur N et ainsi de suite.

Au bout de n opérations nous aurons cumulé bout à bout, n fois la valeur de l'angle recherché : il suffit de diviser par n la lecture faite sur le limbe augmentée du nombre de tours nécessaire, sans même qu'il soit (théoriquement) utile de faire les lectures intermédiaires.



Le cercle répétiteur de Borda mesurait les angles dans leur plan, il était muni de deux lunettes, dont l'une pouvait être solidarisée avec le plateau ; la procédure, assez compliquée, est difficile à décrire.

Pour les mesures de la méridienne le limbe avait un diamètre de 43 centimètres, il était gradué en degrés (le grade ne viendra que plus tard), chaque angle était mesuré par plusieurs séries de 20 répétitions (2).

— Pour la mesure des bases, Borda construisit la règle bimétallique.

Les mesures anciennes étaient en général exécutées avec des perches en bois comparées à des étalons de fer (toise du Nord, du Pérou, de Mairan), ces perches étaient alignées au cordeau et posées bout à bout, avec contact des extrémités, ce qui posait des problèmes de stabilité des perches, de température d'étalonnage etc...

La règle bimétallique était un étalon et un thermomètre ; constituée par 2 règles superposées de 2 toises, l'une en platine, l'autre en cuivre dont les coefficients de dilatation sont assez différents (Cuivre $16,7 \times 10^{-6}$, Platine $8,9 \pm 10^{-6}$).

Les 2 règles étaient solidarisées à l'une de leurs extrémités et libres à l'autre, elles y pouvaient donc glisser l'une par rapport à l'autre et la variation de

longueur mesurée au microscope permettait d'en déduire la correction de longueur et de ramener la mesure à la température d'étalonnage.

Les règles n'étaient plus amenées au contact, mais juxtaposées, avec lecture de l'appoint au microscope ; elles étaient supportées par des trépieds spéciaux.

La mesure de base devenait ainsi très précise mais terriblement lourde et fastidieuse ; la mesure de la base de Melun demanda 45 jours, y compris la préparation, pour une longueur de 6075,90 toises, celle de Perpignan 49 jours pour 6005,25 toises. Est-ce pour cette raison que deux bases seulement assurent — insuffisamment — l'échelle de la chaîne ?

La chaîne : elle est constituée par une suite de triangles accolés où quelques diagonales ajoutent des vérifications. Elle comprend 94 triangles soigneusement recolés dans (24.2) où on peut se référer pour plus de détails.

Sauf dans la région de la Sologne, cauchemar des géodésiens de l'époque, les triangles sont bien constitués. Ils ont été observés de 1792 à 1793 par Delambre de Dunkerque à la Loire et par Méchain de Barcelone à Perpignan. La suite a été complétée à partir de 1795 par Delambre de la Loire à Rodez où Méchain, fortement attardé, assurera la liaison.

La base de Melun est mesurée en mai-juin 1798 et celle de Perpignan quelques mois après : la triangulation était terminée. Restaient les calculs et la publication.

Calculs de triangulation : Méchain ne participera que partiellement aux calculs définitifs. Delambre sous ce rapport doit d'ailleurs innover.

— Il sera le premier à donner une formule générale, devenue classique pour le calcul des corrections d'excentrement de stations.

— Il tient compte de l'excès sphérique pour calculer la fermeture de ses triangles - n'oublions pas cependant que les angles étant mesurés dans le plan du triangle, l'erreur de fermeture est calculable a priori et doit se retrouver la même après réduction des directions au plan horizontal, par des formules qu'il indique.

La statistique des 94 triangles (2) donne un écart type de $\pm 1'',90$ (sexagésimale) pour la fermeture d'un triangle, soit un écart type de $\pm 1'',10$ (sexagésimale) par angle, ce qui est à peu près 8 à 10 fois inférieur à ses prédécesseurs. Fermeture maximale $4'',70$.

Le calcul des triangles, entrepris par plusieurs méthodes différentes, donnera la longueur des côtés réduits au niveau zéro ; Delambre remarque au passage que la méthode consistant à répartir par $1/3$ l'erreur de fermeture sur 180° des angles sphériques dans chaque triangle revient à appliquer le théorème énoncé par Legendre en 1787 : si on considère comme quantités du 1^{er} ordre de petitesse, les arcs interceptés sur la sphère (terrestre) par les côtés d'un triangle, on peut au quatrième ordre près, calculer ces côtés par la trigonométrie rectiligne, sous condition de retrancher à chacun des angles du triangle, le $1/3$ de l'excès sphérique.

Dans ces conditions, l'accord des bases de Melun et de Perpignan est de $0''.14849$ (2), soit environ $1/40\,000$ ce qui ne signifie nullement que tous les côtés de la chaîne avaient cette précision, comme nous le verrons plus tard. Les calculs, exécutés en double par une commission dont certains membres appartenaient à des nations voisines désireuses de se rattacher au système métrique, donnèrent pour le développement méridien :

Delambre 1 : 551 583,765 toises

Delambre 2 : 551 583,512 toises

Commission : 551 584,72 toises (valeur moyenne)

que Delambre propose d'arrêter à 551 584 toises.

Observations astronomiques : 1° les latitudes furent observées au cercle répétiteur fonctionnant comme instrument de mesure des distances zénithales, sur un petit nombre d'étoiles, dont la polaire et β de la Petite-Ourse, en encadrant dans le temps, leur passage méridien, on retrouve là une réminiscence des méthodes de Picard et des académiciens qui travaillaient au Nord et au Sud de l'arc dans le méridien, sur la même étoile, mais les académiciens utilisaient des étoiles passant pratiquement au zénith des stations, ce qui n'est pas le cas des deux étoiles précitées - Delambre et Méchain devaient donc tenir compte de la réfraction atmosphérique et d'autre part noter l'heure de l'observation sur une horloge.

En chacune des stations, Dunkerque, Paris (Panthéon), Evaux, Carcassonne, Montjuich, Barcelone ont été observées des centaines de distances zénithales et la dispersion des observations de latitude ne dépasse guère $5''$ à $6''$.

La latitude du Panthéon — qui ne fut pas stationnée — fut rattachée par triangulation aux deux observatoires parisiens où se faisaient les mesures astronomiques, l'Observatoire de Paris (Méchain), l'observatoire de Delambre (dans le Marais).

L'observation de 4532 distances zénithales donna (24,2) :

$49^\circ 50' 48'',35$ (Méchain)

$49^\circ 50' 48'',86$ (Delambre).

dont la moyenne fut portée par diverses corrections à $49^\circ 50' 49'',37$.

La station espagnole fut à l'origine d'un drame : Méchain avait, comme convenu, commencé ses observations au fort de Montjuich ; elles n'étaient pas achevées, lorsque la guerre fut déclarée entre la France et l'Espagne. L'accès de Montjuich lui fut alors interdit et il refit une nouvelle station à Barcelone en la rattachant à Montjuich par une petite triangulation. L'erreur de fermeture entre les deux stations s'éleva à $3'',4$, qu'il ne put jamais s'expliquer. Il garda son secret pour lui pendant des années, cherchant toujours à aller se vérifier en Espagne, accumula les retards et mourut finalement inconsolable en Espagne où il était, la paix revenue, en train de préparer la jonction géodésique des Baléares (1804).

Trois explications pourraient rendre compte de la discordance :

- une forte variation locale de la latitude astronomique (2), difficile cependant à admettre ici ;
- un choix de certaines étoiles trop éloignées du zénith (réfraction incertaine) ;

2° Cinq azimuts astronomiques orientent la chaîne, ou vérifient son orientation par rapport au méridien. Les stations correspondantes sont du Nord au Sud : Watten, Paris, Bourges, Carcassonne, Montjuich.

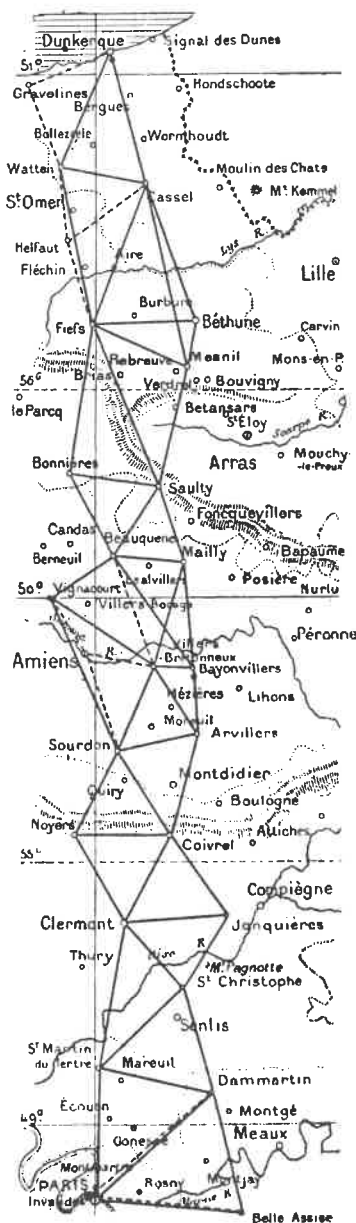
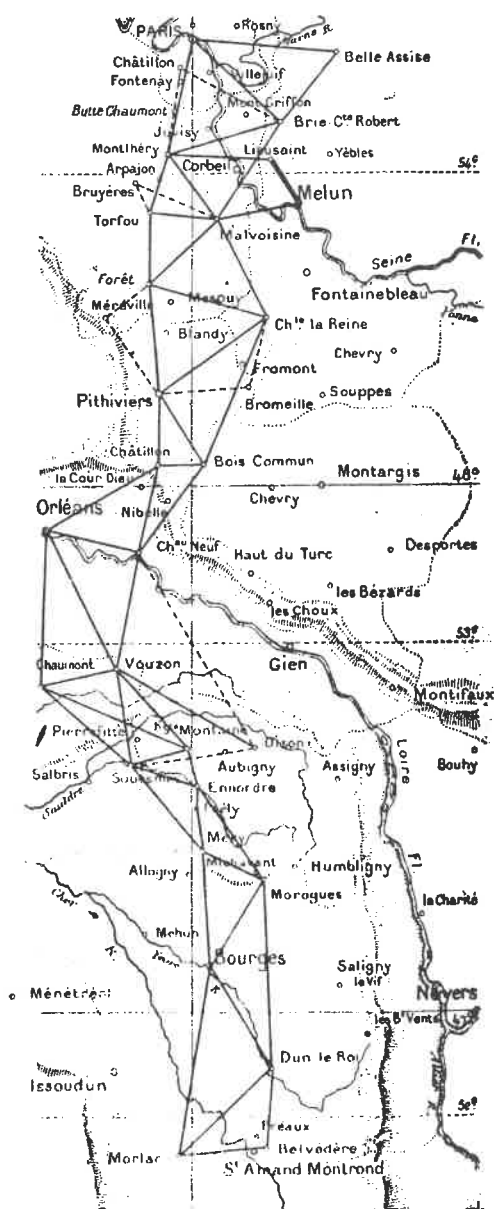
On trouve :

Watten - Paris + 6'',8
Paris - Bourges + 39'',4
Bourges - Carcassonne + 6'',3
Carcassonne - Montjuich - 15'',5

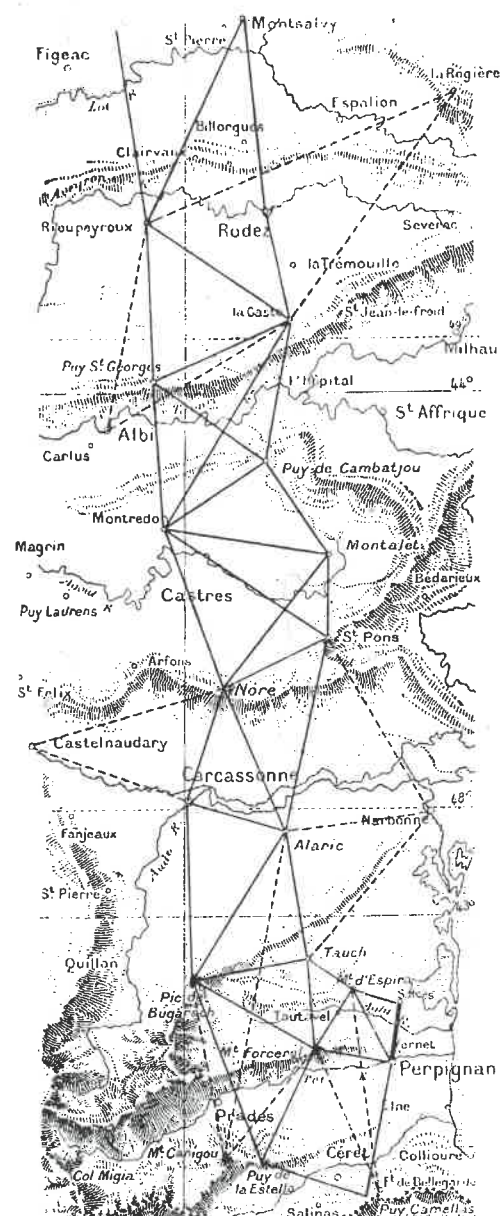
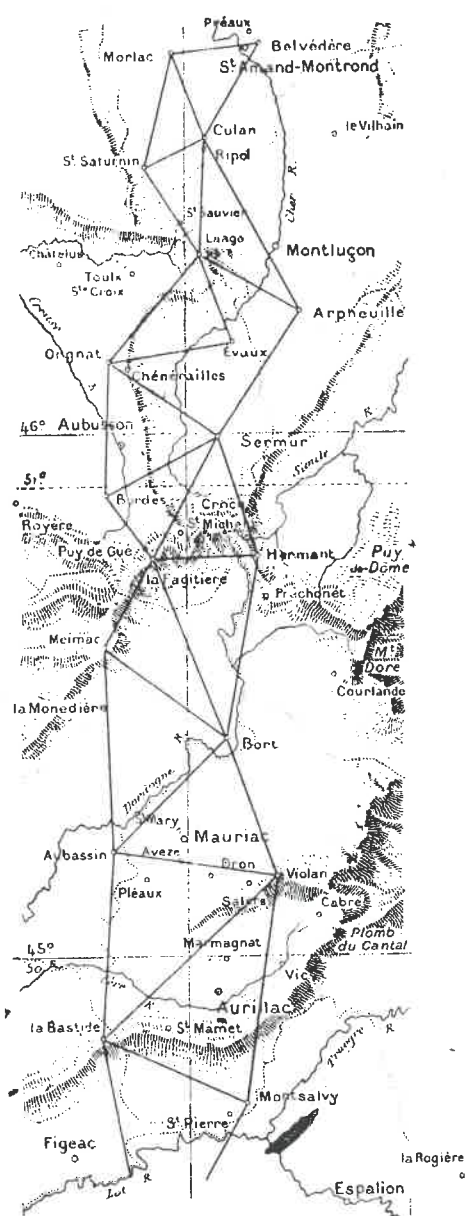
Soit 37" entre Watten et Montjuich. Une fois de plus les triangles difficiles de la Sologne ont causé des déboires.

Le tableau page suivante résume les résultats (2).

3° Restait la question de l'aplatissement, car pour définir le mètre comme dix millionième partie du quart du méridien terrestre, il fallait calculer la longueur d'un arc d'ellipse qui dépend de cet aplatissement.



	Latitude	Différence	Longueur	Degré
Dunkerque	51° 2' 9", 20	2° 11' 19", 83	124 944, ^T 8	57 082,61
Panthéon	48° 50' 49", 37	2° 40' 6", 83	152 293, ^T 1	57 069, 31
Evaux	46° 10' 42", 54	2° 57' 48", 24	168 848, ^T 7	56 978, 03
Carcassonne	43° 12' 54", 30	1° 51' 9", 34	105 499, ^T 0	56 946, 62
Montjouy	41° 21' 44", 96			



Delambre se définit une équation donnant le mètre en lignes de la toise de l'Académie en fonction de l'aplatissement

$$m = 443.39271 - 27.70019 \alpha + 378.6942 \alpha^2$$

Les valeurs des degrés successifs de la méridienne donnent des valeurs assez incohérentes de l'aplatissement ; Legendre trouvera par exemple 1/148 ce qui aurait confirmé le résultat de Maupertuis, mais est incompatible avec celui de Clairaut, Delambre aura finalement recours à l'arc du Pérou dont il s'était tant méfié et choisit l'arc de Bouguer, réduit au niveau de la mer, pour cela il recalcule toutes les observations astronomiques ! Il est facile de s'assurer que les aplatissements résultant de cette comparaison sont de l'ordre 1/315 pour fixer les idées.

La Commission internationale choisit l'aplatissement 1/334, Delambre préconise 1/308.64 ; peu importe ici, finalement, après diverses corrections la commission définit le mètre à 443.296... lignes (1799), Delambre à 443.328 lignes (1810). On s'assure facilement que la 1^{ère} valeur attribue correctement 10 millions de mètre au 1/4 du méridien terrestre et la seconde 10.000.724 m ; on admet aujourd'hui 10.001.965,7 m...

Observations pendulaires : entre les années 1792 et 1798 Borda et Cassini IV s'étaient livrés aux expériences de mesures pendulaires à l'Observatoire de Paris. Leur appareil, beaucoup plus sophistiqué que ceux de Picard et Mairan était encore basé sur le principe du pendule simple.

Nous ne rentrerons pas ici dans les détails de sa description ni des expériences qui sont décrites tout au long dans (24.3). Disons simplement que 20 séries d'expériences très soigneusement exécutées définirent pour le pendule simple battant la seconde à l'Observatoire de Paris la longueur de 440,5593 lignes - soit $g = 980.868$, valeur qui diffère encore sensiblement des valeurs actuelles, mais il est difficile d'identifier l'emplacement précis des expériences à l'Observatoire de Paris.

Conclusions : au milieu de l'année 1799 les résultats définitifs étaient pratiquement obtenus. Lenoir construisit les prototypes d'étalons correspondants. Le système métrique était créé, on peut ergoter sur le fait, que d'ailleurs soupçonnaient les protagonistes, que les méridiens terrestres ne sont pas identiques, que d'ailleurs il était chimérique de définir sur un arc de $34.824''{,}28$ (différence des latitudes Dunkerque-Barcelone) connu à 2 ou 3'' près, sur une chaîne de 551.584 toises, définie au mieux à 10 toises près, une valeur exacte à 10^{-7} près du mètre, mais le système était créé et la suite a montré son succès.

Tous ceux qui ont contribué aux travaux scientifiques, Borda, Coulomb, Delambre, Lagrange, Laplace, Legendre, Méchain, Monge et les Commissaires étrangers, s'y donnèrent avec ardeur, mais Borda, créateur d'instruments qui ne seront supplantés que 80 ans plus tard, Delambre par son acharnement, son incroyable puissance de travail, son inflexible conscience professionnelle, ses scrupules techniques, furent les pères de la Géodésie du XIX^e siècle et leurs travaux firent époque à juste titre.

Les étalons de longueur et de poids furent présentés au Conseil des Cinq Cents et au Conseil des Anciens le 15 Messidor, An VII (3 juillet 1799) par la Commission Internationale où Van Swinden, représentant de la République Batave résuma dans un discours les travaux accomplis. Les Présidents respectifs répondirent dans le style de l'époque, le second évoquant les difficultés que l'on éprouverait à faire rentrer les nouvelles unités dans l'usage courant.

Lorsque vers 1810 Delambre présenta à Napoléon les 3 tomes de ses "Bases du système métrique décimal" l'Empereur lui dit : "Les conquêtes passent, mais ces opérations restent".

Il ne croyait probablement pas si bien dire.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) Mémoires de l'Académie Royale des Sciences. Tome VII - 1666-1699.
- (2) J.-B. Delambre : Grandeur et figure de la Terre. Publié par les soins de G. Bigourdon.
- (3) J.-B. Delambre : Histoire de l'Astronomie, Astronomie moderne. Tome II.
- (4) L. Gallois : l'Académie des Sciences et les origines de la Carte de Cassini. Annales de géographie - 1909 N° 99.
- (5) R. Taton : J. Picard et la mesure de l'arc de Méridien Paris. Amiens. Colloques Internationaux du CNRS. N° 590. La découverte de la France au XVII^e siècle.
- (6) Colonel Berthaut : La carte de France - 1750-1898. Service Géographique de l'Armée - 1898.
- (7) J.-J. Levallois : La détermination du rayon terrestre par J. Picard en 1669-1671. Bulletin géodésique. Volume 57-1983.
- (8) Annuaire du Bureau des Longitudes - 1974.
- (9) A. Danjon et A. Couder : Lunettes et Télescopes. A. Blanchard - Paris.
- (10) La Hire : Traité du Nivellement par M. Picard de l'Académie des Sciences, avec une relation de quelques nivellements faits par ordre du Roy... mis en lumière par les soins de M. de La Hire.
- (11, N) Mémoires ou Histoire de l'Académie Royale des Sciences (année N).
- (12) J. Cassini : Traité de la grandeur et de la figure de la Terre (1723).
- (13) Cassini de Thury : La méridienne de l'Observatoire Royal de Paris vérifiée dans toute l'étendue du Royaume (1744).
- (14) Cassini de Thury : Description géométrique de la France (1780).
- (15) Maupertuis : Œuvres de M. de Maupertuis (4 formes).
 - a) Discours sur les différentes figures des astres.
 - b) Mesure de la terre au cercle polaire.
 - c) Relation du voyage fait par ordre du Roi au cercle polaire pour déterminer la figure de la Terre.
- (16) Outhier : Journal d'un voyage au Nord en 1736 et 1737.
- (17) P. Bouguer : La figure de la terre, déterminée par les observations de MM. Bouguer et La Condamine.

(18,a) Ch. de La Condamine : Journal d'un voyage fait par ordre du Roi à l'Équateur.

(18,b) Ch. de La Condamine : Mesure des trois premiers degrés du Méridien dans l'hémisphère austral.

(19) Florence Trystram : Le procès des étoiles - Seghers 1979.

(20) Cl. Clairaut : Théorie de la Figure de la Terre tirée de l'Hydrostatique.

(21) J.-J. Levallois : Géodésie générale (tome III).

(22) J. Svanberg : Exposition des opérations faites

en Laponie, pour la détermination d'un arc de Méridien en 1801, 1802 et 1803.

(23) Y. Leinberg : Über die Ergebnisse der Maupertuischen Gradmessung in Lappland (CR de la quatrième séance de la Commission géodésique Baltique - 1929).

(24,n) J. Delambre : les bases du système métrique décimal (3 tomes).

(25) G. Bigourdan : le système métrique des Poids et Mesures.

ABONNEMENT 1985 A LA REVUE XYZ

de l'Association Française de Topographie

Pour s'abonner à cette revue, vous adressez votre demande, accompagnée du chèque de règlement à l'adresse suivante :

ASSOCIATION FRANÇAISE
DE TOPOGRAPHIE

"Abonnements"

39 ter, rue Gay-Lussac
75005 PARIS

Abonnement 1 AN (4 numéros) : 350 F.

Tous les membres de l'A.F.T. sont automatiquement abonnés à la revue xyz.

Les abonnements sont en principe souscrits par année civile.

Achat d'un seul numéro - même adresse que ci-dessus (sous réserve de disponibilité) : 95 F.

Tél. : (1) 354.19.21 pte 310 mardi et vendredi de 10 h à 12 h.

En cas de changement d'adresse, nous invitons nos abonnés à bien vouloir communiquer à l'adresse ci-dessus la dernière bande accompagnée de la somme de 4,00 F en timbres-poste.

COLLOQUE DE LILLE

SYSTÈMES D'INFORMATIONS URBAINS

par André CRIDLIG
Directeur divisionnaire des Impôts (Cadastré)

La cartographie à grande échelle est un outil indispensable, tant à la connaissance de l'occupation du sol et du sous-sol que pour la visualisation des données physiques, économiques et statistiques liées à l'espace urbain. Elle est à la base de la gestion et de la planification urbaines dont les impératifs actuels conduisent, de plus en plus, les collectivités locales à envisager de traiter elles-mêmes, et de manière automatique, les informations géographiques et les données localisées relatives à leur territoire.

Cette évolution est, bien évidemment, fondée sur l'utilisation de l'informatique. Elle répond, en premier lieu, aux soucis habituels d'amélioration du fonctionnement des services, d'assouplissement de la production et de diminution des prix de revient. Mais elle résulte aussi de l'apparition de nouveaux objectifs pour les collectivités locales, nés de la décentralisation des compétences en matière d'aménagement et d'urbanisme ainsi que de l'élargissement du champ des politiques municipales. Ces responsabilités nouvelles exigent une parfaite connaissance de l'espace urbain et une coordination des différents services, assise sur une mise en commun et une mobilisation rapide des informations.

Ainsi apparaît le concept de **Système d'Informations Urbain** permettant aux utilisateurs d'avoir la maîtrise des informations géographiques locales et de leur traitement pour obtenir un produit adapté à leurs besoins.

Dans ce domaine, plusieurs réalisations sont à citer, en particulier :

- les villes de Marseille et d'Antibes exploitent déjà, depuis quelques années, un système d'informations urbain dont l'ossature graphique est constituée par les données du plan cadastral informatisé complétées par des données localisées de toutes natures (altimétrie, mobilier urbain, arbres, bancs publics, passages piétons, émergences de réseaux souterrains,...) ;
- la communauté urbaine de Lille a constitué une **Centrale de Données Urbaines** avec pour objectif prioritaire la connaissance de la topographie urbaine et du sous-sol pour permettre une meilleure coordination des travaux ; on peut penser que cette cen-

trale sera complétée à terme par des données foncières ;

- la ville de Paris et l'Atelier Parisien d'Urbanisme (APUR), les communautés urbaines de Bordeaux et de Lyon utilisent dans leurs applications cartographiques **le Fichier Topographique Cadastral (FTC)** réalisé depuis 1974 sur une dizaine de communes urbaines ;

- les villes de Nice et de Grenoble ont entrepris, en 1982, la constitution d'un système d'informations urbain reposant sur une information préalable des plans cadastraux ;

- enfin, la ville de Toulouse ayant choisi le système **Carine** de la société ICOREM, entreprend elle aussi, dès 1984, la constitution d'un système d'informations urbain.

Ces quelques exemples ne constituent pas une liste exhaustive et ne doivent pas laisser penser que seules les grandes villes sont concernées par une évolution et une conséquence, d'ailleurs clairement mises en évidence par la Commission nationale des informations géographiques, à savoir :

- la constitution progressive de systèmes d'informations urbains est un phénomène inéluctable qui concernera, à l'horizon de l'an 2000, la totalité des communes appartenant aux zones dites "sensibles" du territoire (zones urbaines et périurbaines, essentiellement) ;

- cette constitution passe nécessairement par une informatisation préalable des données fournies par les plans cadastraux des zones concernées. Sur ce dernier point, il apparaît en effet, à la lumière des expériences déjà réalisées, qu'une "base de données cartographiques cadastrales" est le fondement même du développement d'un système d'informations urbain dans la mesure où un tel système doit intégrer, progressivement, le maximum de données de natures diverses :

- descriptives (parcelles, bâtiments, locaux, mobilier urbain, émergences de réseaux, végétation,...) ;
- juridiques (servitudes, POS,...) ;
- ou administratives (propriétaires, occupants,...).

Or, la clé de voûte de cette intégration réside dans la notion "d'identifiants".

Ceux-ci permettent, d'une part, de sélectionner, parmi les objets ou les entités de même nature, celui sur lequel l'utilisateur souhaite recueillir des informations, d'autre part, de croiser des données en provenance de fichiers différents. De ce point de vue, le recours à une base de données cadastrales est impératif car seule la documentation du Cadastre inclut et gère en permanence, sur l'ensemble du territoire, les identifiants nationaux des terrains et des locaux.

Les besoins qui découlent de cette évolution appellent un certain nombre d'actions tant de la part du secteur industriel que des pouvoirs publics. Nous ne citerons que celles qui nous semblent les plus importantes à court terme.

La première de ces actions doit viser la reconquête du marché intérieur occupé essentiellement par des produits étrangers qui, le plus souvent, se révèlent être des produits à vocation purement cartographique ne prenant pas en compte la nécessité de relier informations graphiques et informations non graphiques de gestion. Cette reconquête du marché intérieur est d'autant plus essentielle qu'elle fournira, il faut en être conscient, la meilleure des plates-formes pour l'exportation.

Cette action implique une concertation des constructeurs et des sociétés de service français, pour la création de filières de produits intégrés (matériel et logiciel) permettant de constituer et de gérer de véritables systèmes d'informations urbains.

Sans prétendre couvrir tous les besoins, de la plus petite commune à la plus grande ville, ces produits devraient être conçus pour fonctionner sur une ou plusieurs gammes de matériels avec le double souci :

- d'obtenir une modularité permettant de répondre à une variété de demandes ;
- d'éviter un trop grand décalage entre des coûts d'équipement relativement faibles et des coûts de fonctionnement élevés.

La seconde action, en application des recommandations de la Commission nationale des informations géographiques, concerne la mise en place, par l'État, de banques de données géodésiques, topographiques, cadastrales, accessibles aux utilisateurs.

Ainsi se trouve posé, pour sa part, le rôle de la Direction Générale des Impôts face au développement des systèmes d'informations urbains. Nous avons vu qu'un tel système comporte aussi bien des données cadastrales descriptives que des données cadastrales graphiques, aussi examinerons-nous successivement ces deux catégories de données.

Les informations littérales sont déjà, depuis plusieurs années, totalement gérées par informatique dans une application dénommée Majic 1 (mise à jour des informations cadastrales). L'application est centralisée et mise en œuvre selon un rythme annuel. Les informations considérées ne peuvent donc être diffusées que selon le même rythme, aux nombreuses villes qui les utilisent dans leur gestion informatique.

Une nouvelle application, Majic 2, dont le projet a été entrepris en 1978, est en voie d'achèvement. Un

prototype sera expérimenté tout au long de l'année 1985 et la généralisation de l'application interviendra à partir de 1986. Les informations seront mises à jour pratiquement en temps réel et, si les utilisateurs n'y ont pas directement accès, elles pourront, tout au moins, leur être délivrées avec une fréquence plus grande qu'aujourd'hui.

Pour ce qui concerne les informations graphiques, il nous faut tout d'abord considérer l'existant.

La Direction Générale des Impôts a informatisé, à partir de 1974, à l'aide de son propre logiciel (FTC), le plan cadastral de plusieurs grandes villes.

Elle utilise également le logiciel Carine (dans sa version 1) de la société Icorem, pour gérer le plan cadastral de la ville de Marseille.

Ces deux applications concernent 3 500 feuilles de plan représentant une superficie totale de 52 000 hectares.

Le système FTC se caractérise par :

- un matériel peu courant, aujourd'hui obsolète ;
- un logiciel spécifique non portable ;
- une fonction de mise à jour inadaptée ;
- un traitement centralisé, long et coûteux.

Le système Carine 1 qui présente de nombreux avantages par rapport au système FTC est remplacé aujourd'hui par Carine 2, plus performant, mais qui reste avant tout un produit destiné à l'utilisateur final et ne peut, dans sa forme actuelle, gérer une banque de données cadastrales.

Aussi a-t-il été décidé de définir un nouveau projet d'informatisation du plan cadastral s'appuyant sur l'expérience acquise et sur une meilleure connaissance des besoins.

Cette définition, qui constituera une phase décisionnelle du projet, en est à son début mais on peut percevoir, déjà, un certain nombre de questions qui se posent, tant sur le plan technique que sur le plan financier, par rapport aux objectifs visés par le projet.

L'objectif final est que, d'ici à l'an 2000, les zones sensibles du territoire, que l'on peut estimer aujourd'hui à environ 5 millions d'hectares, soient couvertes par un plan cadastral informatisé.

Cette superficie concernant des zones urbaines ou périurbaines, on peut situer entre 150 000 et 200 000, voire davantage, le nombre de feuilles du plan cadastral nécessaires pour la représenter.

Si l'on retient le seul chiffre de 150 000 et si l'on évalue à deux jours le temps nécessaire à la saisie d'une feuille de plan par digitalisation classique, on peut estimer le temps de saisie total à environ 1 400 années/poste de travail.

On voit donc l'intérêt qu'il y aurait à rechercher une solution automatique ou semi-automatique pour diminuer, ne serait-ce que d'un faible pourcentage, les délais et les coûts de saisie en personnel et en matériel.

Le logiciel devra assurer des fonctions spécifiquement cadastrales, selon le mode conversationnel :

- consultation ;
- mise à jour ;
- calcul de surfaces ;
- dessin automatique du plan ou d'extraits du plan.

Quelques produits existent — peu nombreux — qui accomplissent tout ou partie de ces fonctions, mais aucun n'est capable d'assurer la gestion d'une banque de données et d'un centre serveur d'informations en prenant en compte, notamment les fonctions de distribution, de télétransmission des mises à jour, de comptabilité analytique,...

Aussi la question se pose-t-elle de savoir s'il faut concevoir un produit entièrement nouveau ou s'il est envisageable de compléter et d'adapter un produit existant.

Seules des consultations et des études concertées avec les sociétés spécialisées permettront de répondre à cette question.

La diffusion de données destinées à alimenter des systèmes d'informations urbains aussi divers qu'ils apparaissent déjà aujourd'hui, soulève inévitablement le problème des normes.

Mais la question que l'on peut se poser est de savoir s'il faut établir des normes générales s'appliquant à tous les fournisseurs d'informations (IGN, Cadastre, INSEE, EDF,...) ou s'il faut établir des normes sectorielles par catégories d'informations diffusées.

Dans la première hypothèse, on risque d'entamer un processus complexe, long et finalement sclérosant.

Dans la seconde, on peut contraindre inutilement les utilisateurs à multiplier les interfaces nécessaires à la réception des données.

Aussi la réponse est-elle sans doute à mi-chemin et dépend-elle du mode de diffusion envisagé (par fichiers ou par télétransmission).

On peut penser en effet que la distribution d'informations par fichiers présente relativement peu de difficultés à condition que chaque fournisseur définisse et publie la typologie et la structure générale de ses données ainsi que l'organisation physique des fichiers qu'il communique. Nous généralisons là le principe qui veut que ce soit le receveur qui s'adapte au fournisseur et non le contraire.

En revanche, le problème est plus complexe dans le cas d'une transmission par réseau qui nécessite une normalisation minimale permettant d'établir un protocole de communication.

Des relations interadministratives s'imposent donc, au niveau central, pour procéder, en collaboration avec le niveau local, à l'étude et à la définition de cette normalisation.

Si l'on examine à présent les choses sous l'angle financier il faut admettre à l'évidence, que la Direction Générale des Impôts ne peut supporter seule les coûts de constitution et de gestion de la banque de données cadastrales.

Des solutions financières originales devront donc être recherchées pour effectuer les investissements

préalables indispensables et assurer la mise en place et le fonctionnement du système.

Ce rapide tour d'horizon a permis de mettre en évidence les principaux problèmes qu'il faut impérativement résoudre pour accompagner, sinon favoriser, le développement, de toute façon inéluctable, des systèmes d'informations urbains.

La solution de ces problèmes passe par une étroite concertation — coopération — entre les pouvoirs publics et le secteur industriel, d'une part, et entre les administrations centrales et les collectivités locales, d'autre part, pour aboutir :

- à la fabrication de produits français qui permettront de reconquérir le marché national et d'être présents sur les marchés extérieurs ;
- à la conception de matériels et de logiciels de numérisation automatique des plans cadastraux ;
- à la réalisation et à la mise en place d'un système de gestion d'un centre serveur de données cadastrales ;
- à la définition de normes de communication entre le centre serveur et les systèmes d'informations urbains.

On a coutume de dire que le traitement de l'information est vieux comme le monde mais que l'informatique a débuté en 1946, avec l'ENIAC, grâce à l'électronique.

Depuis cette date, l'informatique n'a cessé de progresser dans tous les domaines du matériel, du logiciel, des méthodes.

Si on laisse de côté les phases de la recherche pour ne s'intéresser qu'à l'industrialisation et à la vulgarisation des produits, on peut observer que chaque décennie a été jalonnée de quelques événements marquants.

C'est ainsi que les années 50 ont vu paraître le premier ordinateur à transistors ainsi que les langages Fortran, Cobol et Algol.

Les années 60 ont été celles des circuits intégrés, de la "norme IBM" avec la série 360, l'optimisation des traitements avec la multiprogrammation, le multitraitement, la segmentation.

Les années 70 ont été marquées par les bases de données, la mémoire virtuelle, l'apparition d'outils graphiques (consoles de visualisation graphique, traceurs de courbes, machines à dessiner) et la naissance de l'infographie (terme déposé par la société Benson en 1974).

Les années 1980 voient exploser la micro-informatique, la télématique et, suite naturelle de cette dernière, les banques de données documentaires.

Les années 90 ne pourraient-elles être celles, entre autres, des banques de données géographiques et des systèmes d'informations urbains ?

Kern DM 502

Télémètre électro-optique

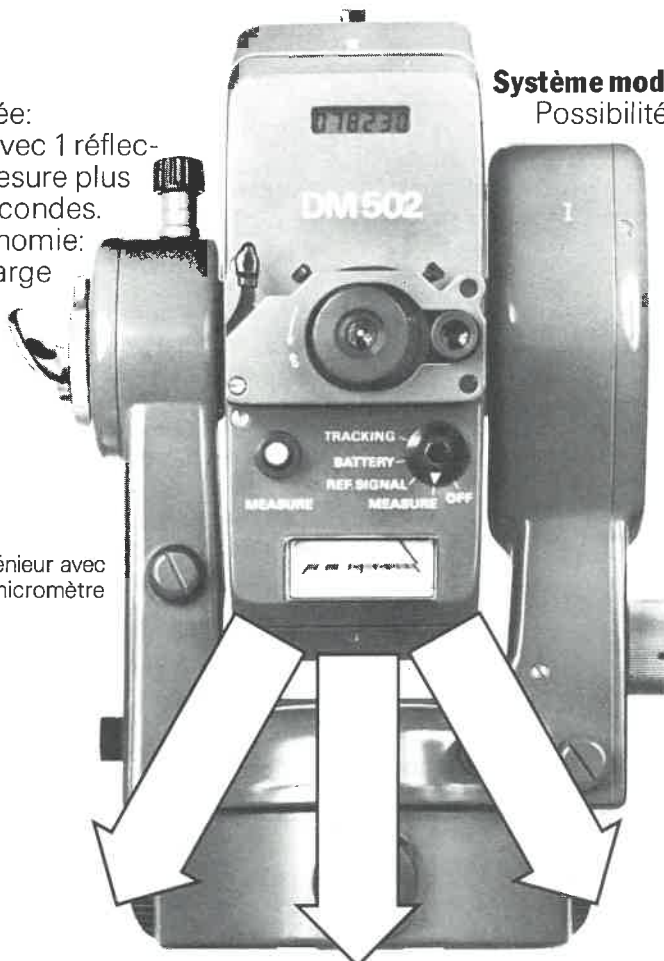
Nouveau:

Plus grande portée:
plus de 1200 m avec 1 réflec-
teur. Durée de mesure plus
courte: 8 ou 4 secondes.
Plus longue autonomie:
10 heures par charge
de batterie. Affi-
chage à cristaux
liquides (LCD).

Système modulaire d'appareils Kern:

Possibilités universelles de com-
binaison du DM 502
avec les théodolites
optiques et électroni-
ques Kern. Possibilité
d'extension avec enre-
gistreur électronique
pour la mémorisation
des données avec
compatibilité
d'ordinateur.

Kern DKM 2A
Théodolite d'ingénieur avec
lecture sur micromètre



Système
modulaire
d'appareils Kern



Kern K 1-S. Théodolite d'ingénieur
avec lecture sur échelles



Kern DKM 2-A.
Théodolite à secondes



Kern E1. Théodolite électronique
avec enregistreur



thormann

35, rue Fondary, 75015 Paris
Téléphone 578 61 11, Télex 202 453

Coupon

Le nouveau DM 502 m'intéresse. Je désire le prospectus détaillé en cou-
leurs ☐, une offre ☐, une démonstration ☐.

Nom

Profession

Adresse

Téléphone

COLLOQUE D'ORLÉANS

Vous trouverez ci-dessous l'allocution prononcée le 2 décembre 1983, lors du colloque sur la formation continue, par Madame Faller maire d'Olivet qui nous accueillait très aimablement au centre culturel à Yvremont.

Cette cérémonie permet de faire goûter aux participants le célèbre vin blanc pétillant de la coopérative agricole d'Olivet ce qui, avouons-le, fut très agréable.

Merci encore, Madame le Maire

*Roger Thomas
Président de l'AFT Région Centre*

Monsieur le Sous-Préfet,
Monsieur le Conseiller Général,
Messieurs les Présidents,
Messieurs les Représentants des administrations,
Mesdames et Messieurs,

C'est avec un très grand plaisir que je vous accueille aujourd'hui dans notre salle d'Yvremont.

A vous tous, à toutes les délégations nationales, je souhaite la bienvenue à Olivet.

Je me réjouis de ce que vous ayez choisi notre ville pour y tenir le 9^e Colloque et l'Assemblée Générale de votre association, et qu'ainsi vous la confirmiez dans son rôle de Ville-Congrès.

Les documents que m'a remis M. Thomas, responsable de la Région Centre au sein de votre association et Olivetais lui-même, m'ont confirmé l'importance de votre groupement : en effet, celui-ci, bien que récent puisque créé voici 4 ans, réunit plus de 1 000 professionnels, praticiens et enseignants de la topographie.

Votre association ne s'adresse pas à une seule discipline : bien au contraire, elle est très éclectique, rassemble toutes les disciplines topographiques et représente un échantillonnage de tous les organismes publics ou privés.

L'activité et le dynamisme de vos adhérents ne sont plus à démontrer à en juger par les rôles de coordination, de liaison et d'information tenus par votre revue XYZ, mais également par le nombre de colloques organisés.

Ceux-ci, qui permettent de regrouper une immense richesse de compétence, de connaissance et d'expérience, doivent être pour vous un lieu privilégié d'informations et d'échanges. Celui d'aujourd'hui vous permet de faire le bilan de 12 années de formation continue et d'étudier les perspectives d'avenir.

En effet, l'évolution rapide de notre société implique l'obligation prioritaire de formation permanente. Celle-ci doit élaguer les parties désuètes des programmes et provoquer une mutation dans l'essence de l'enseignement en lui proposant comme fin, non plus d'apprendre, mais d'apprendre à apprendre et non pas seulement au cours de la jeunesse, mais à divers âges de la vie.

Vos professions ont su s'adapter aux besoins nouveaux et aux nouvelles méthodes de travail : si, il y a 50 ans, vos moyens matériels étaient très rudimentaires (fils, planchettes, rubans, lattes, etc...), ils sont à présent très élaborés et sophistiqués : tachéomètres, distancemètres, voire même ordinateurs. L'introduction de la photographie aérienne et de l'informatique dans votre secteur ont une incidence indéniable.

La place que vous occupez dans la vie de la cité est très importante : en effet, au rôle de conseiller et de concepteur, s'ajoute un rôle social indéniable. La participation du topographe est effectivement indispensable à toutes les réalisations humaines, que ce soient des travaux de recherches (minéralogiques, minières ou pétrolières, par exemple), des travaux d'équipement (aménagements ruraux ou urbains notamment) ou encore des travaux d'intérêt général ou d'utilité publique (cadastre ou cartographie).

J'ai pris connaissance de l'ordre du jour de votre colloque avec intérêt. J'espère que celui-ci, bien que chargé, vous permettra malgré tout de découvrir les richesses d'Olivet, en particulier les bords du Loiret. La saison n'est pas idéale, je l'avoue mais j'espère que ces premiers contacts avec notre Commune seront suivis d'autres, à des périodes plus clémentes.

Dans cette attente, et avant de vous convier à partager le verre de l'amitié, je souhaite plein succès à votre 9^e Colloque.

Mme Faller, Maire d'Olivet

... Colloque d'Orléans

La réforme de la formation professionnelle continue. Loi du 24 février 1984

*par Guy MATTEUDI
Directeur adjoint de Cabinet
au ministère de la Formation professionnelle*

La loi du 24 février 1984 portant réforme du système français de formation professionnelle et qui, le fait vaut d'être relevé, a connu un consensus tant à l'Assemblée Nationale qu'au Sénat, est le fruit d'une large concertation engagée par le ministère depuis l'automne 1981.

Trois groupes de travail sur la relance, le financement et la régionalisation de la formation continue ont été constitués pour aider à l'élaboration de cette réforme qui s'appuie aussi largement sur les avis recueillis lors de nombreuses consultations bilatérales ou dans le cadre de la Commission permanente.

Ce texte intègre de plus deux grands accords contractuels : celui du 21 septembre 1982 sur le congé de formation et celui concernant les jeunes et l'alternance, signé le 26 octobre 1983. Cela témoigne de l'attention portée par le gouvernement aux négociations entre partenaires sociaux.

Enfin, veillant à la nouvelle répartition des compétences entre l'État et les régions définie par la loi de décentralisation, la réforme concrétise au plan législatif les efforts des Pouvoirs Publics en matière de formation professionnelle.

On peut donc estimer qu'avec la loi du 24 février 1984, le système français de formation continue représente un des ensembles les plus cohérents et les plus complets au sein de la Communauté européenne.

I — CETTE RÉFORME ÉTAIT NÉCESSAIRE

En effet, si après les accords de 1970, la loi de 1971 avait jeté les bases d'un premier et important essor de formation continue, tout le monde s'accordait pour noter quelques insuffisances et des dysfonctionnements importants. Plus de dix ans après, il convenait de tenir compte de l'évolution économique et sociale, des exigences des mutations industrielles et de la nouvelle situation de l'emploi ; ce que ne pouvait assurer un système législatif et réglementaire vieilli. De plus, le dispositif du marché et des coûts de la formation, peu transparents, avait connu quelques dérives.

Il s'agissait également d'acter, tant au niveau des collectivités publiques que des entreprises — à travers l'ensemble de leurs composantes — l'idée que la formation professionnelle est un instrument clef de la compétitivité, un investissement essentiel profitable à tous : salariés, entreprises, régions, État. Il fallait promouvoir les actions originales de formation, encourager les synergies.

Enfin, sans que soient négligés les secteurs dits traditionnels, il fallait faire face aux changements technologiques, aux exigences de qualifications nouvelles, à l'émergence d'emplois nouveaux, tout en prévenant certains aspects négatifs des mutations.

Dans cette perspective, offrir un cadre législatif rénové, animer la concertation avec et entre les partenaires sociaux, améliorer la coordination et créer les voies d'accès à la culture générale et technologique voulue par la société de demain devenait essentiel.

Ce sont ces objectifs ambitieux mais concrets que vise la loi de 1984.

II — CINQ ÉLÉMENTS PRINCIPAUX LA CARACTÉRISENT

- 1) La consolidation et l'extension du congé individuel de formation.
- 2) L'affirmation des droits collectifs et le recours à la négociation entre partenaires sociaux.
- 3) L'instauration de cadres nouveaux pour le développement de la formation professionnelle continue.
- 4) La recherche d'une plus grande continuité entre formation initiale et formation professionnelle continue.
- 5) La volonté d'une réelle transparence et l'exercice d'un contrôle effectif du marché de la formation.

A. La consolidation et l'extension du congé individuel de formation

Sans en modifier la définition, la réforme reprend l'accord contractuel de septembre 1982 et pose de nouvelles règles de fonctionnement pour le congé individuel de formation afin qu'il se développe plus

largement et devienne un véritable instrument de promotion sociale et d'épanouissement de l'individu.

- En premier lieu, il est assuré une meilleure égalité des salariés face à ce droit ; en effet le droit au congé individuel de formation est désormais garanti aux salariés des entreprises de moins de dix salariés, qui jusque-là en étaient pratiquement écartés, et cela sans imposer de charges nouvelles pour les employeurs concernés.

- Il a été ensuite procédé à une refonte profonde du mode de financement du congé individuel de formation ; celui-ci n'est plus à la charge directe de l'employeur et de l'État, mais se trouve désormais assuré par un système de financement mutuel géré par des organismes paritaires agréés par l'État.

L'objectif de solidarité régionale retenu dans le cadre des FONGECIF renvoie à l'accord des partenaires sociaux. A cet égard, on doit relever l'œuvre novatrice entreprise depuis sa création par le COPACIF qui connaît une sensible extension de son champ de compétence.

- Au niveau des fonds gérés par ces organismes, le montant de la participation des employeurs (exigible au-delà de plus de neuf salariés) est demeuré tel que celui fixé par la loi de finances rectificative de 1982, à savoir 0,10 % de la masse salariale brute.

Plus généralement, il faut souligner, ne serait-ce que pour s'en féliciter, que l'effort global des entreprises en matière de formation professionnelle se maintient sensiblement au-delà des obligations légales et a atteint 1,96 % de la masse salariale en 1983. Cette tendance doit être soutenue voire encore accentuée et il faut veiller à la meilleure utilisation de ces fonds.

- Les collectivités territoriales, région ou État, contribuent pour leur part au financement du congé de formation dans le cadre d'accords globaux avec les organismes paritaires agréés. La participation de l'État peut être sélective et tenir compte en particulier de l'importance de la prise en charge des congés des salariés des petites entreprises ou de l'accroissement du nombre des congés, de leur durée et de la valeur des qualifications proposées. Ces conventions seront négociées en fonction d'objectifs d'intérêt commun.

- En ce qui concerne le congé lui-même, il ne faut pas céder à des exigences conjoncturelles qui en dénatureraient l'exercice. Il est ouvert au salarié pour suivre un stage de son choix même sans rapport direct avec son activité ou celle de l'entreprise. Sa durée maximale est fixée à un an à temps plein ou 1 200 heures à temps partiel. La loi reprend par ailleurs, quant aux modalités d'application, les conditions d'ancienneté minimale et les seuils permettant à l'entreprise de ne pas avoir ses effectifs affectés excessivement par les congés individuels de formation.

- Enfin, sans entrer dans le détail des mécanismes de mise en œuvre, les organismes paritaires agréés sont autorisés à déterminer annuellement des priorités de prise en charge notamment selon la nature des formations, la catégorie professionnelle des demandeurs ou la taille de l'entreprise qui les emploie après consultation, selon le cas, de la Commission paritaire

de l'Emploi ou de la Commission paritaire interprofessionnelle de l'Emploi compétente.

La loi prévoit également que les salariés bénéficiaires d'un congé individuel de formation ont droit pendant la durée de leur stage, dès qu'ils ont obtenu l'accord d'un organisme paritaire agréé, à une rémunération égale à 80 % du salaire qu'ils auraient reçu s'ils étaient restés à leur poste de travail (avec un plancher égal à deux fois le SMIC).

La rémunération est égale à 100 % du salaire si la formation conduit à une qualification sanctionnée par un titre ou un diplôme de l'enseignement technologique, si elle répond à un objectif individuel de reconversion, ou si elle a pour objet de permettre l'exercice d'une responsabilité dans la vie sociale (à l'exclusion des formations de caractère politique ou syndical).

Les décrets portant application des mesures ci-dessus seront pris très rapidement.

B. L'affirmation des droits collectifs et le recours à la négociation entre les partenaires sociaux

Pour l'essentiel, l'accès des salariés à la formation s'exerce au sein de l'entreprise dans le cadre des plans de formation.

L'effort fourni en la matière ne doit pas être regardé comme une contrainte fiscale mais au contraire doit être considéré comme un réel investissement pour l'entreprise.

En effet, l'amélioration de la compétitivité nécessite recherche, innovation et efficacité de l'appareil productif.

Elle implique donc une mobilisation liée de plus en plus au développement de l'automatisation et, par conséquent, un effort de plus en plus important de formation et de qualification des femmes et des hommes.

Cet effort de formation concerne, par ailleurs, chaque salarié dans son devenir professionnel et social au-delà même de l'entreprise. C'est pourquoi, dans le respect des besoins et des spécificités de celle-ci, la loi impose des procédures de négociation et de consultation des salariés, par l'intermédiaire de leurs représentants, sur les objectifs et les moyens de la formation des entreprises.

- La loi se veut une incitation forte aux négociations au niveau des branches professionnelles.

Ainsi, dans toutes les branches où il existe déjà une convention ou un accord collectif, les organisations syndicales et professionnelles, liées par cet accord, devraient se réunir pour mener des négociations sur la formation.

Cette négociation doit obligatoirement porter sur :

- la nature des actions de formation et leur ordre de priorité ;
- la reconnaissance des qualifications acquises du fait d'action de la formation (il s'agit de fait des diplômes obtenus ou de la classification dans une convention collective) ;
- les moyens reconnus aux délégués syndicaux et aux membres des Comités d'entreprise pour l'accom-

plissement de leur mission dans le domaine de la formation ;

- les conditions d'accueil et d'insertion des jeunes dans les entreprises du point de vue de la formation professionnelle ;

- la durée, les conditions d'application de l'accord susceptible d'être conclu et la périodicité des négociations ultérieures.

- La négociation dans le cadre des entreprises de plus de cinquante salariés est obligatoire pour les entreprises qui ne sont pas couvertes par un accord ou une convention collective, dans un délai d'un an à compter de la promulgation de la loi. Pour celles qui dépendent d'une négociation de branche, si cette négociation n'a pas abouti, un délai de six mois est donné aux employeurs pour engager la négociation. A défaut, la négociation est ouverte dans les quinze jours à la demande d'une ou de plusieurs organisations représentatives.

La négociation dans l'entreprise porte, outre les aspects déjà cités au niveau de la branche, sur les points suivants :

- les moyens financiers affectés à la formation professionnelle ;

- la répartition des crédits de formation en fonction de la composition du personnel et des implantations géographiques ;

- la durée du congé individuel de formation et les modalités relatives à l'exercice du congé pour examen.

En ce qui concerne le Comité d'entreprise, son rôle est confirmé. Il est consulté sur le plan de formation de l'entreprise : cette consultation est cependant précisée et mise en relation avec les compétences nouvelles au plan économique, évolution de l'emploi, investissements et technologies, dévolues à ce Comité. Chaque année, le Comité apprécie les conditions d'intégration des résultats des négociations précitées et du plan éventuel d'égalité professionnelle entre les femmes et les hommes.

Enfin, il est prévu de constituer une commission formation dans les entreprises de deux cents salariés ou plus ; un décret déterminera ses moyens d'action en référence à l'accord de septembre 1982. Dans celles de moins de cinquante salariés, les missions du Comité d'entreprise sont assurées par les délégués du personnel.

La place laissée à la négociation de branche et à la négociation dans l'entreprise entre l'employeur et les organisations syndicales a fait l'objet de critiques qui paraissent peu justifiées et pour certaines d'entre elles excessives.

Il ne s'agit là que du développement de procédures de négociations collectives déjà anciennes et qui favorisent le débat social, important, car l'on connaît les conséquences des politiques de formation sur les politiques de développement des branches et des entreprises.

De plus, ces négociations ne remettent pas en cause la responsabilité du chef d'entreprise qui conserve toutes ses prérogatives décisionnelles en matière de plan de formation, ni le Comité d'entreprise qui conserve ses attributions.

Ainsi, les organisations de salariés et les Comités d'entreprise ont un rôle distinct. La loi ouvre la possibilité de négociation et de concertation sur la politique de formation professionnelle. Au moment où l'ampleur des mutations technologiques à venir est indéniable, elle permet d'associer les intéressés eux-mêmes à la détermination de l'investissement humain nécessaire pour assurer ces changements.

Il en est ainsi tant au niveau des entreprises que des branches, à l'échelon régional ou national.

C. L'instauration de cadres nouveaux pour le développement de la formation

Une possibilité nouvelle de coopération est ouverte entre les entreprises, l'État, et les collectivités territoriales : les engagements de développement de la formation professionnelle.

Il s'agit de contrats annuels ou pluriannuels, d'une durée maximale de cinq ans, conclus entre l'État et l'entreprise, ou un groupement d'entreprises, après avis des organisations syndicales.

C'est une procédure tout à fait novatrice qui donne la possibilité aux contractants de réaliser des programmes concrets et ambitieux de formation sur des objectifs quantitatifs et qualitatifs de formation. Le problème de la formation des jeunes de moins de 25 ans peut être intégré à ces engagements.

En contrepartie de l'engagement de développer la formation, les employeurs sont réputés s'acquitter d'une fraction de l'obligation légale de financer. Un arrêté définit les clauses obligatoires que doivent comporter ces engagements.

La mutualisation des fonds pourra intervenir lorsque la convention est signée au niveau interprofessionnel ou de la branche. Les Régions et d'autres partenaires, par exemple, les Chambres de Métiers, de Commerce et d'Industrie, d'Agriculture, pourront être associées à ces engagements.

Pour chaque engagement, une commission composée des parties signataires ainsi que des représentants des organisations syndicales consultées avant la conclusion sera mise en place.

Elle s'assurera, au moins une fois par an, du degré d'exécution des objectifs définis et pourra proposer les adaptations nécessaires en fonction des réalisations effectuées.

Ce dispositif nouveau permet ainsi de conjuguer les efforts des entreprises, des régions et de l'État sur des objectifs identifiés. Lorsque ces objectifs répondent aux orientations prioritaires et aux critères d'interventions définis par l'État, ce dernier peut décider d'apporter une contribution à ces engagements.

L'expérimentation conduite depuis quelques mois par le ministère de la Formation professionnelle, le ministère de l'Industrie et de la Recherche, l'UIMM sur la filière électronique semble tout à fait convaincante et confirme l'utilité de cette nouvelle possibilité.

Dès 1981, le ministère avait souhaité développer une approche qui ne se traduise pas uniquement en obligation financière conduisant les entreprises, notamment les plus petites, à se mettre en règle avec la loi. C'est maintenant chose faite. La logique pro-

posée — qui ne supprime pas ailleurs le système plus traditionnel du conventionnement d'actions de formation — s'inscrit dans un esprit contractuel nouveau. La négociation d'objectifs globaux mais précis permet de mettre en place une politique active de formation professionnelle répondant aux besoins économiques de l'entreprise ainsi qu'aux besoins des salariés, sans qu'une réglementation trop contraignante méconnaisse les impératifs de développement économique et technologique.

D. La recherche d'une plus grande continuité entre formation initiale et formation professionnelle

Faire régresser l'échec scolaire, développer des enseignements technologiques diversifiés dans leur contenu et leurs durées représentent une nécessité absolue pour notre pays et c'est là l'action ambitieuse entreprise par le ministère de l'Éducation nationale.

Il faut cependant faire face aux situations difficiles qui sont celles que nous rencontrons trop souvent, et dans l'attente que cette politique nouvelle porte ses fruits, le gouvernement a décidé de placer l'insertion sociale et professionnelle des jeunes au centre de ses préoccupations. C'est l'objet de l'ordonnance du 26 mars 1982 relative aux jeunes de 16-18 ans et d'un programme prioritaire d'exécution du IX^e Plan.

Cette préoccupation s'est traduite par la mise en place d'un dispositif d'accueil, d'information et d'orientation qui a provoqué une véritable mobilisation interinstitutionnelle de tous les acteurs et par l'organisation systématique de formations en alternance quel que soit le type de stage mis en place : orientation, insertion sociale ou qualification. L'action engagée en 1982-1983 porte ses premiers fruits : plus de 100 000 jeunes sont déjà concernés par l'application de cette ordonnance.

Sans qu'il soit question de relâcher cet effort nécessaire, il faut noter que ce dispositif 16-18 ans est une réponse conjoncturelle à une situation qu'il s'agit de faire disparaître. Il relève d'un état provisoire que nous espérons avec réalisme cependant le plus court possible. C'est ainsi qu'il n'avait pas sa place dans la loi nouvelle.

En revanche, celle-ci comporte un volet important consacré à la politique d'insertion professionnelle des jeunes de 18 à 25 ans sortis du système scolaire.

A l'issue de la table ronde qui, en mai 1983, a réuni les partenaires sociaux, sous la présidence du Premier Ministre, une négociation contractuelle a été engagée afin de définir pour ces jeunes les modalités d'une formation professionnelle en alternance.

Cette négociation a abouti le 26 octobre 1983. Le gouvernement a décidé alors d'intégrer dans le projet de loi en discussion au Parlement les novations issues de cet important accord. Il s'agit par là de donner un cadre législatif aux mesures de formation professionnelle en faveur des jeunes et d'établir ainsi des éléments de continuité entre formation initiale et formation continue.

Ainsi, les articles L. 980-1 à L. 980-12 nouveaux du Code du Travail créent le contrat de qualification, précisent le cadre juridique du contrat d'adaptation et déterminent la politique des stages de formation destinés aux jeunes.

Le contrat de qualification représente un contrat de travail de type particulier conclu à durée déterminée (de 6 à 24 mois) et comporte en alternance des périodes de travail dans l'entreprise et des périodes de formation.

Celles-ci doivent représenter 25 % de la durée totale du contrat. Le stagiaire dont le souci doit être l'obtention d'un titre ou diplôme homologué ou encore une qualification reconnue dans les classifications d'une convention collective de branche est rémunéré (le montant de cette rémunération doit être déterminé en référence au SMIC par décret à venir) et bénéficie des dispositions légales et conventionnelles applicables dans l'entreprise.

Cette dernière doit obtenir une habilitation liée à la conclusion — après consultation des représentants des salariés — d'une convention avec un organisme de formation ou à l'adhésion à un accord cadre conclu entre l'État et une organisation professionnelle, cette adhésion devant faire l'objet d'une consultation des organisations syndicales représentatives.

Le contrat d'adaptation à l'emploi dont les modalités seront précisées par décret prévoit une formation à un emploi ou à un type d'emploi dans le cadre d'un contrat à durée déterminée ou non, suivant que le jeune occupe ou non un emploi effectif dans l'entreprise.

Les stages de formation en alternance donnent aux jeunes de 18 à 25 ans le statut et la protection des stagiaires de la formation professionnelle. Divers stages pourront être organisés : insertion sociale, qualification, mais également des actions d'orientation et d'initiation à la vie professionnelle. Dans ce dernier cas, les jeunes, sous la responsabilité d'un organisme d'insertion conventionné par l'État, participent pendant la durée du stage à l'activité normale d'une ou plusieurs entreprises. Ces stages doivent permettre d'opérer un bilan personnalisé et d'aider le jeune à déterminer un projet professionnel et à confronter ses choix et ses aspirations aux conditions réelles d'exercice des métiers expérimentés en entreprise. Les jeunes concernés sont associés aux accords passés entre l'organisme conventionné et la ou les entreprises concernées. Cet accord doit préciser la nature des activités effectuées par le jeune dans l'entreprise, le nom du tuteur, l'avis du Comité d'entreprise, l'engagement de l'entreprise de verser au jeune une indemnité mensuelle complémentaire à la rémunération du stagiaire de la formation professionnelle.

Ainsi, ce volet de la loi porte sur l'ensemble de la politique d'insertion et de formation professionnelle des jeunes sortis du système scolaire : dispositif cohérent et ordonné, il tient compte à la fois des principales propositions de l'accord contractuel et de ce qui existe déjà en matière de politique scolaire, d'apprentissage et de l'ordonnance sur l'insertion sociale et professionnelle des 16-18 ans.

Pour mettre en œuvre ces mesures, des dispositions financières seront déterminées par une loi de

finances. Mais, dès à présent, le gouvernement étudie les propositions des partenaires sociaux notamment pour ce qui concerne une défiscalisation appropriée du 0,1 % rattaché à la taxe d'apprentissage.

E. La recherche d'une réelle transparence et l'exercice d'un contrôle effectif sur le marché de la formation

Convaincre le pays et en premier lieu ses employeurs, ses salariés, des implications essentielles de la formation professionnelle exige une pleine confiance de tous dans les dispositifs mis en place. Or, certaines zones d'ombre de la loi ancienne ont donné lieu à des abus, des glissements, et l'on sait que l'attention de l'opinion est prompte à se concentrer sur un nombre limité de déviations ignorant le fonctionnement régulier de l'ensemble d'une institution.

C'est pourquoi il était souhaitable qu'une meilleure transparence des circuits financiers soit assurée et que l'on utilise le plus efficacement possible les crédits consacrés par les entreprises à la formation. Les différents acteurs souhaitaient également que les règles soient clarifiées.

Déjà, trois mesures réglementaires principales ont été prises, en accord avec les partenaires sociaux, par décret du 21 mars 1983. Elles permettent de clarifier le financement et d'améliorer l'utilisation des fonds : il s'agit de l'obligation de la tenue des comptabilités conformément au plan comptable général, de la suppression de la non-résorption des fonds jusqu'à hauteur de 10 % des montants perçus et de l'affectation à la formation des produits financiers des sommes versées par les employeurs au titre des conventions.

Les nouvelles dispositions de la loi visent à améliorer les garanties d'utilisation des fonds de la formation professionnelle. Elles précisent les règles que doivent respecter les dispensateurs de formation.

S'agissant des formateurs et des organismes de formation, l'obligation de déclaration d'existence est étendue à toute personne morale ou physique de droit privé qui prend part à la direction d'un organisme de formation. De plus, est écartée de l'exercice des fonctions de direction ou d'administration toute personne physique ayant fait l'objet d'une condamnation pénale pour manquement à la probité, aux bonnes mœurs et à l'honneur.

La loi fait obligation pour les organismes de formation de consigner chaque année un bilan pédagogique et financier retraçant leur activité et de déposer préalablement à la réalisation d'actions de formation les programmes, les tarifs et les procédures de validation des acquis. Ces documents permettent d'assurer une meilleure information des entreprises et des salariés, de contrôler les coûts de la formation et de mettre éventuellement en évidence le caractère excessif des prestations.

Les conditions pratiques de mise en œuvre de ces dispositions sont définies par un décret qui précise :

- la nature du document à fournir comme gage de

moralité par toute personne exerçant une fonction de direction ou d'administration ;

- les modalités de dépôt et le contenu de la déclaration préalable et des éventuelles déclarations rectificatives ainsi que du bilan pédagogique et financier ;

- les données propres à chaque action de formation à présenter conformément à un modèle établi par arrêté.

S'agissant de la publicité, il a paru souhaitable de renforcer la législation afin de mieux protéger, d'une part, les employeurs contre toute assertion qui pourrait donner à croire que les dépenses exposées pour la réalisation d'actions de formation sont imputables sur l'obligation légale ; d'autre part, les futurs stagiaires contre toute affirmation, quelquefois sans fondement sur le contenu et la portée réelle de la formation proposée.

D'autre part, au début de l'action de formation, chaque stagiaire devra être informé du règlement intérieur, du programme de formation, des procédures de validation des acquis, des modalités de règlement des incidents possibles et du mode de représentation des stagiaires auprès de la Direction.

Enfin, la loi a prévu des modifications des procédures du contrôle de la participation des employeurs au financement de la formation professionnelle et de la conduite du contentieux, dans le triple but d'en clarifier les modalités, de renforcer les moyens de son exercice et de raccourcir les délais de procédure. Dans cette perspective, le champ d'intervention des agents commissionnés par l'autorité administrative de l'État est mieux défini et les dispositions réglementaires relatives à la procédure sont refondues et précisent les types de contrôles susceptibles d'être opérés, les modalités de garanties prévues relatives à la protection des assujettis face aux contrôles administratifs, les modalités intéressant la conclusion définitive des opérations de contrôle et la communication des résultats aux intéressés.

Ce document constitue une première présentation de la loi du 24 février 1984, portant réforme de la formation professionnelle. Les décrets d'application qui restent à prendre, après consultation des partenaires sociaux, compléteront ce cadre nouveau du système français de formation professionnelle. Dans le bouleversement des structures et des technologies qui s'impose à tous, le développement de la formation a un rôle important à jouer.

La loi de février 1984 tient compte des importantes mutations à venir, en proposant des moyens modernes et adaptés, ainsi que de la volonté décentralisatrice affirmée par la loi de janvier 1983.

S'il faut conclure, il faut rappeler la concertation qui a précédé l'élaboration de ce texte dans le cadre d'instances tripartites qui regroupent les représentants des employeurs, des salariés et des administrations compétentes ; cette concertation doit se poursuivre à travers l'ensemble de procédures mises en place tant il est vrai que, par ses enjeux, la formation professionnelle doit être l'affaire de tous.

COLLOQUE DU CREUSOT

Notes pour une esquisse de synthèse

par Jean COMBE

Il m'est très difficile de faire en quelques minutes la synthèse de notre Colloque ; une telle richesse d'information ne se prêtait pas à une simplification abusive. Aussi je dégagerai simplement quelques lignes principales.

D'une part beaucoup d'entre nous ont embrassé la profession de Géomètre Topographe pour ce contact magnifique avec la nature (les prés, les bois, les petits oiseaux). Aujourd'hui, nous constatons que la topographie se pratique aussi dans le monde industriel, monde agressif par nécessité. Aussi bien :

- M. Besanceney subit les effets du vent rendant impossible des mesures de précision,
- M. Looock affronte les marées,
- M. Quesnel travaille à 60 mètres sous terre,
- M. Egels s'expose à un soleil permanent comme sur un grill ou un tourne-broche, etc...

Tous subissent les effets du bruit, du travail en parallèle avec d'autres techniciens ou d'autres entreprises, ce qui ne facilite rien.

Le deuxième fait qui se dégage résulte de l'importance des questions posées. D'un côté des pièces mécaniques très grandes (plates-formes, cuves, groupe turbo-alternateur, etc...), de l'autre, une précision d'horloger (1/10 mm voire 1/100). Cet aspect nous a particulièrement été mis en lumière lors de la visite des ateliers de Creusot-Loire, et de son atelier de métrologie. Il s'agit de construire des pièces gigantesques en acier dont on sait qu'il est particulièrement sensible aux effets de la température.

Face à cette demande, à ces besoins de l'Industrie des Topographes que nous sommes ont encore une fois répondu positivement. D'une part, ils proposent des matériels appropriés, et la visite de l'exposition contiguë à notre colloque nous l'a suffisamment montré ; les matériels Wild, Kern, Aga et les autres répondent aux nécessités de la topométrie industrielle. D'autre part, ils ont mis au point les méthodes topométriques ou photogrammétriques capables de répondre à chaque besoin spécifique. Il serait extrêmement difficile de dire si les uns sont supérieurs aux autres. M. Gaubert nous a proposé une synthèse qui mérite réflexion. Je crois que les exposés portant sur l'une ou l'autre technique justifient a posteriori le titre même de notre colloque.

Parallèlement, nous avons vu le développement de techniques informatiques de pointe proposant des sorties numériques ou graphiques suivant le cas et libérant de ce fait les topographes des tâches fastidieuses du calcul et du dessin. Faut-il souhaiter encore une plus grande automatisation de la mesure au risque de perdre la spécificité de notre métier : je ne le sais, l'avenir le dira.

En conclusion, je dirai simplement que le monde industriel découvre progressivement les techniques topométriques et le bénéfice qu'il peut en tirer, et nous, Topomètres, nous prenons conscience des difficultés inhérentes à ce type de réalisation et nous essayons d'y faire face. L'avenir verra certainement le développement d'une collaboration encore plus accrue.

... Colloque du Creusot

Utilisation des Appareils de Topographie dans l'Industrie électro-mécanique

par M. BESANCENEY,
Ingénieur à Alsthom-Atlantique

PRÉAMBULE

La vocation d'Alsthom-Atlantique n'a jamais été de faire de la topographie. Constructeur de machines à vapeur, à l'origine, passant de la machine à pistons à la turbine, constructeur de machines électriques ensuite, depuis la dynamo jusqu'aux alternateurs de grande puissance, Alsthom s'est affirmée depuis un siècle comme électro-mécanicien.

Mais, avec l'accroissement de la puissance unitaire des groupes de production, ayant comme corolaire l'accroissement des dimensions des machines tournantes et des machines-outils, les mesures optiques, utilisant les appareils habituellement réservés à la topographie, se sont révélées les seules capables de résoudre facilement et avec précision certains problèmes liés à la fabrication, au montage et au suivi de ces grands ensembles que sont maintenant les groupes de production d'énergie électrique.

Le mécanicien a besoin d'une précision de quelques dixièmes de millimètre à 60 m de distance et souhaite rester à l'intérieur du dixième à quelques mètres. Cela correspond à des précisions de lecture de quelques secondes d'arc, compatibles avec la précision des appareils de mesures optiques (1 mm à 60 m = 3,47 sec).

Elles sont nécessaires pour obtenir un bon fonctionnement des machines.

Pour les groupes de 1 000 MW, par exemple, la ligne d'arbres est constituée de 4 rotors de turbine qui entraînent un rotor d'alternateur, ce qui représente une masse de 750 tonnes tournant à 1 500 tours/mn. Les 2 paliers extrêmes sont distants d'une soixantaine de mètres.

Les imprécisions sur les mesures de nivellement des paliers et des parties fixes, ou sur les mesures d'alignement des rotors, ont pour conséquence directe une élévation du niveau vibratoire préjudiciable au bon fonctionnement et à la durée de vie des machines.

Mais auparavant, tous les sous-ensembles qui constituent ces groupes : rotor et stator de l'alternateur, corps internes, boîtes d'échappement et rotors des turbines, ont été usinés sur des machines-outils de dimensions imposantes. Les précisions d'usinage nécessaires à un montage correct ne peuvent être

atteintes que si les machines-outils ont elles-mêmes une géométrie parfaite. Compte tenu de leur taille, les moyens de contrôle géométrique tels que l'équerre ou le cylindre étalon ne suffisent plus pour vérifier efficacement la totalité du volume d'usinage de ces machines.

C'est donc là aussi les mesures optiques qui nous ont permis de résoudre, depuis 25 ans, les problèmes de mesure de perpendicularité, de parallélisme, de planéité, de rectitude, etc... qui conditionnent la précision des machines-outils.

Ce préambule étant établi, je me propose de vous projeter un certain nombre de photos sur lesquelles nous verrons l'utilisation qui est faite des appareils de topographie dans la construction électro-mécanique.

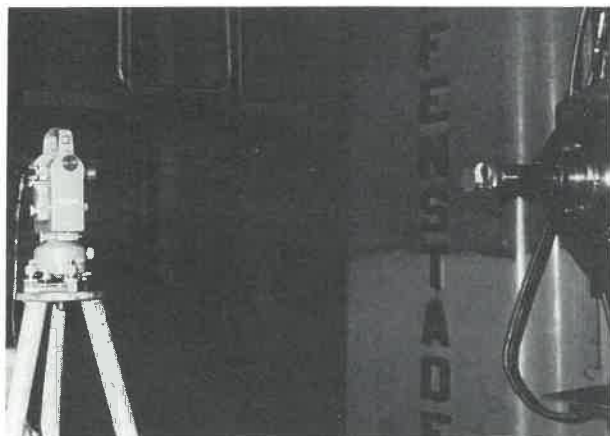
Tout d'abord, quelques exemples de mesure en atelier

Vous voyez ici une opération de contrôle de l'indexage d'un plateau tournant qui équipe une aléuseuse. Plusieurs méthodes sont utilisées suivant les machines et les précisions recherchées.



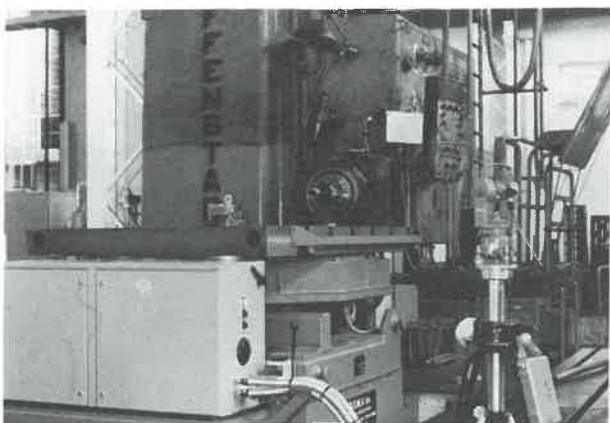
Ici, le théodolite est centré sur l'axe du plateau tournant et vise un miroir fixé sur la broche de l'aléuseuse. On commande au plateau tournant une rotation de n degrés et on vérifie au théodolite l'angle qui a été effectué.

On peut remplacer le miroir par un collimateur fixé dans la broche de l'aléuseuse. Cela permet une lecture plus facile et on peut en même temps vérifier le vrillage du plateau.



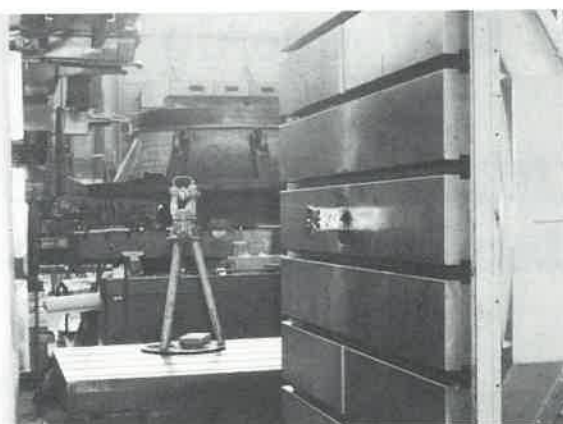
Il n'est pas toujours possible de mettre le théodolite en station sur le plateau tournant. Dans ce cas, on centre un clinomètre sur l'axe du plateau et on vise avec un théodolite depuis la taque de l'aléuseuse.

Le processus est sensiblement le même : après avoir réglé le clinomètre à zéro, on le vise en auto-collimation à partir du théodolite, dont on règle le cercle à zéro.

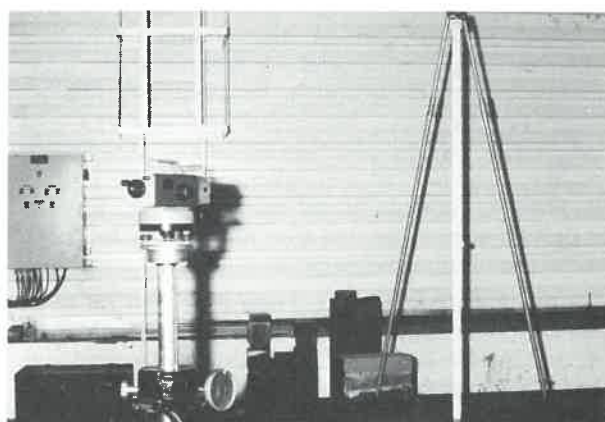


On commande à la table une rotation de n degrés, on ramène la graduation du clinomètre de n degrés en sens inverse, on vise avec le théodolite et on rétablit l'autocollimation ; la rotation du cercle du théodolite nécessaire pour retrouver l'autocollimation correspond à l'erreur de rotation du plateau tournant.

Cette méthode est moins précise que la précédente à cause de la précision propre au clinomètre (environ 10 sec).



Il s'agit ici d'une table tournante et pivotante, orientable entre les positions horizontale et verticale. Sur la photo, la table est verticale et on vérifie la rotation de 90 en 90 degrés autour de son axe. On fixe un carré optique au centre et on se règle en auto-collimation avec un théodolite sur la face de ce carré. On règle à zéro le cercle vertical ; on commande à la table une rotation de 90, 180, 270 etc, et on vérifie sur le théodolite.



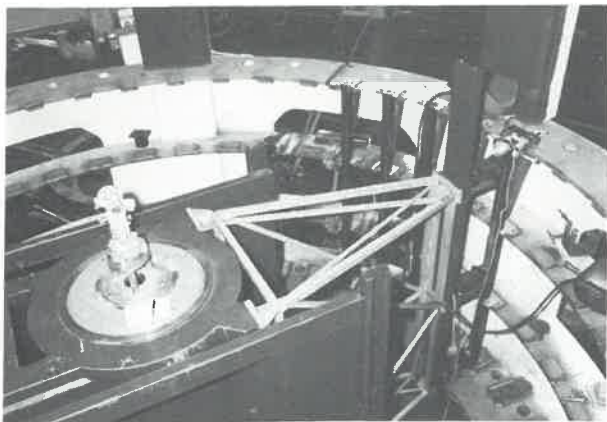
Ici, c'est une opération très simple de nivellement d'un marbre de traçage de $10\text{ m} \times 4\text{ m}$, effectuée à partir d'un niveau N3 (nouveau modèle) et d'une mire invar.

Ces marbres en acier sont quadrillés par des vérins (tous les 1,5 m environ) pour arriver à un nivellement correct. La précision demandée est de $\pm 0,1\text{ mm}$.

Nous quittons la machine-outil pour une opération de construction d'un alternateur hydraulique.

L'opération consiste à positionner correctement les barreaux-clavette sur lesquels vont venir s'empiler les segments de tôle qui constituent le circuit magnétique du stator.

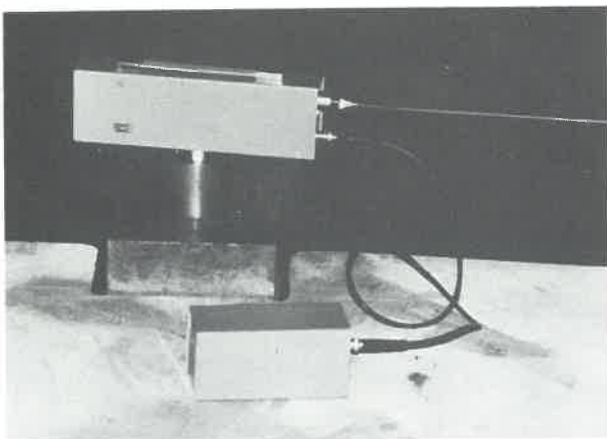
Le théodolite est mis en station dans l'axe de la carcasse. On fixe une mire éclairante sur le barreau à positionner, on vise la mire à partir du théodolite, on



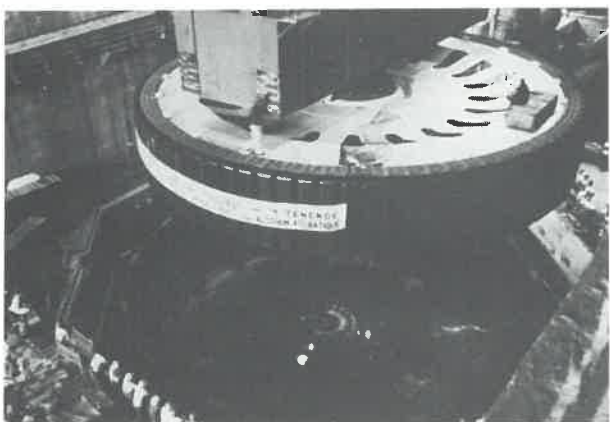
fixe provisoirement le barreau avec des serre-joints, puis on déplace la mire le long du barreau, successivement à l'emplacement des autres points de fixation. Quand le barreau est bien en place, les pièces d'ancrage sont agrafées par un point de soudure en attendant l'opération de soudage définitive.

On présente ensuite le barreau suivant sur l'outillage de positionnement et on fait tourner l'ensemble pour l'amener sensiblement à sa place. On fixe la mire et on tourne le théodolite de l'angle indiqué par les plans de construction. On répète l'opération autant de fois qu'il y a de barreaux.

J'ouvrirai une parenthèse dans les mesures optiques pour vous présenter un problème de construction un peu particulier, qui a trouvé sa solution dans l'utilisation du Distinvar.



Vous voyez ici le rotor d'un alternateur de centrale hydraulique pour le Brésil.



(Puissance : 378 MVA - 300 MW - Vitesse : 80,8 tr/mn). Ce rotor mesure plus de 16 m de diamètre et pèse 825 tonnes. Intransportable, il est donc entièrement monté sur place à partir d'éléments ou de sous-ensembles fabriqués soit en France, soit par l'industrie locale.

La difficulté consiste à monter les 22 clavettes qui vont soutenir la jante pour que celle-ci soit circulaire avec une tolérance de $\pm 0,2$ mm sur la circularité.

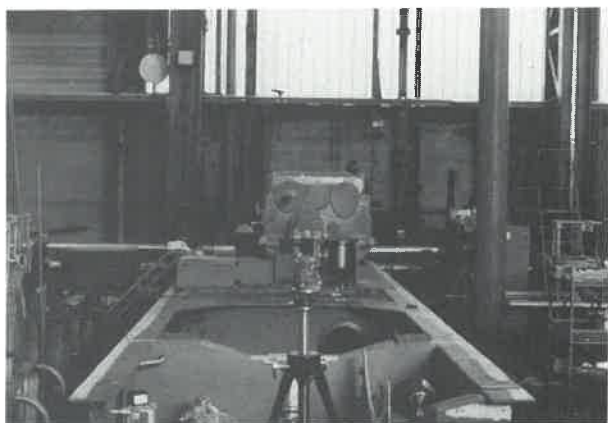
Le réglage des cordes entre clavettes se fait de la manière suivante : l'appareil Distinvar d'une part, et le point fixe d'autre part sont centrés dans la rainure de clavette à l'aide d'une pièce simple, munie d'un alésage de 30 mm et entrant juste dans la rainure.



On mesure les rayons avec le même appareillage, en centrant le Distinvar dans l'emboîtement central du moyeu.

D'autres mesures, en particulier la perpendicularité des clavettes par rapport à la face de montage, sont effectuées au théodolite.

Les turbines à gaz représentent une part non négligeable dans les fabrications d'Alsthom-Atlantique. Un groupe complet est constitué de 3 "colis" : un colis turbine + réducteur, un colis alternateur, un colis auxiliaire gaz. Suivant la taille des machines, la puissance disponible sur l'alternateur va de 20 MW à 110 MW.



La photo a été prise au moment de la mise en place du réducteur, sur le socle de la turbine. Le théodolite est mis en station dans l'axe longitudinal du socle. Un fil à plomb matérialise l'autre extrémité de l'axe, caché par le réducteur. Un simple miroir est fixé sur l'arbre de sortie du réducteur, que l'on positionne en recherchant l'autocollimation avec le théodolite.

Il s'agit ici d'une simple mesure d'alignement par auto-collimation sur un banc de métrologie de 12 mètres de longueur. Ce banc est constitué de 4 tronçons de 3 mètres qu'il faut aligner dans le plan vertical et dans le plan horizontal.

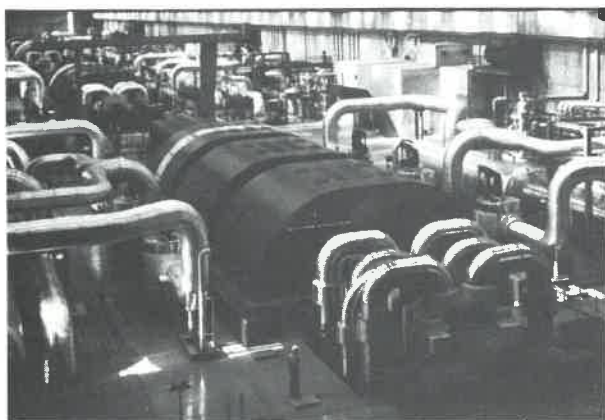


Matériel utilisé : collimateur + lunette Leitz équipée de 2 micromètres à lame à faces parallèles ;

- mettre les 2 réticules en coïncidence,
- rechercher le réticule d'autocollimation,
- déplacer le collimateur sur la longueur du banc en relevant les erreurs de rectitude et de planéité à corriger.

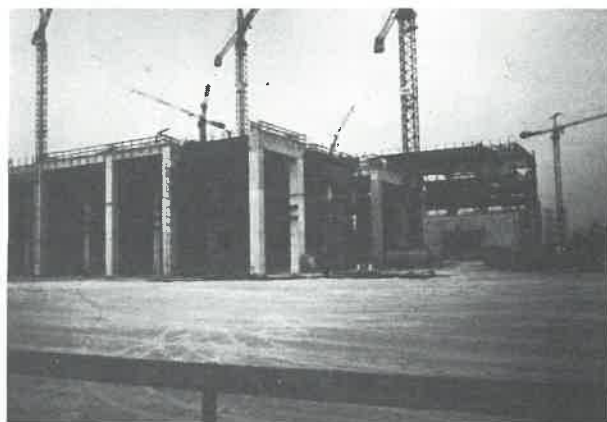
Ce réglage peut être effectué maintenant avec un faisceau laser et un équipement d'interférométrie de rectitude. Mais les 2 réglages, dans les plans vertical et horizontal, ne peuvent pas se faire simultanément.

Vérifications sur les sites de montage

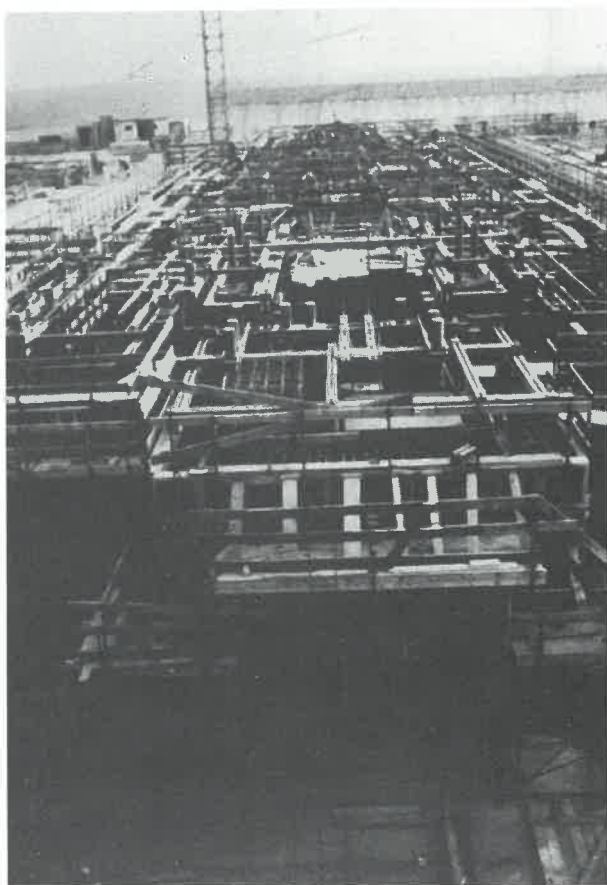


Présentation de la Salle des Machines d'une Centrale Nucléaire de 4 Groupes de 1 000 MW.

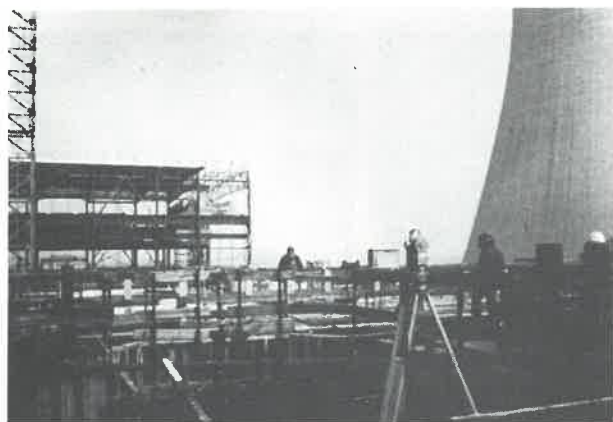
Vue de l'ensemble avant la coulée de la table du groupe (description - dimensions).



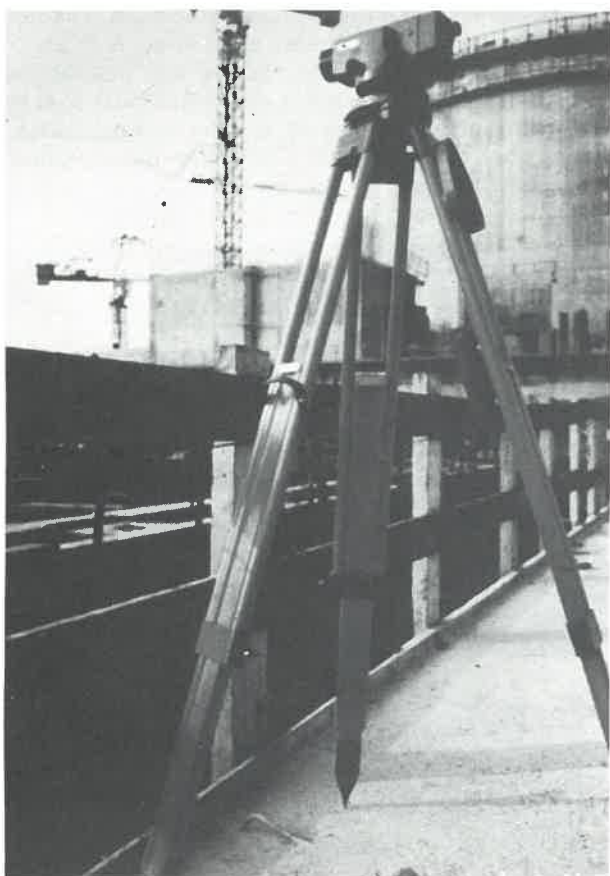
Le ferrailage du béton avant coulée. Pourtour des massifs des séparateurs. Fourreaux d'ancrage des corps de turbine et des boîtes d'échappement. Trémies et planchers provisoires.



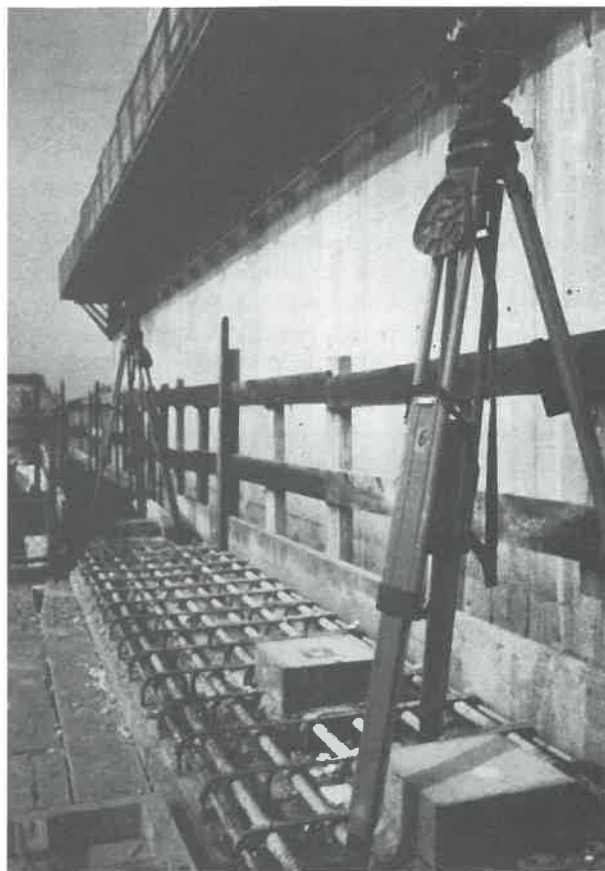
Opération de nivellement d'une plaque de base.



Niveau en station pour le nivellement d'une plaque de base de palier.

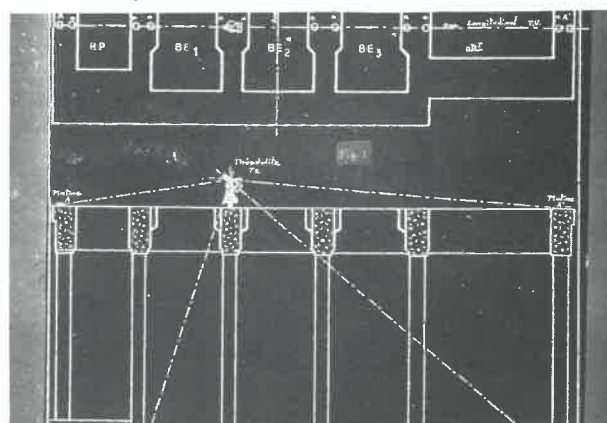


Théodolite en station au-dessus d'un repère topographique du génie-civil matérialisant l'axe du groupe sur un ferrailage de poutre transversale.



Les précisions recherchées dans ces conditions sont de l'ordre de 1 à 5 mm. Quelques semaines après la coulée de la table, après disparition des coffrages, nous intervenons à nouveau pour le tracé des axes (axe longitudinal et axes transversaux), l'implantation des repères topographiques, le relevé d'altitude par rapport au béton du radier, la vérification des dimensions des trémies, du positionnement et de la verticalité des fourreaux d'ancrage, etc.

Ce croquis représente la disposition des appareils de mesure pour ramener sur la table l'axe longitudinal

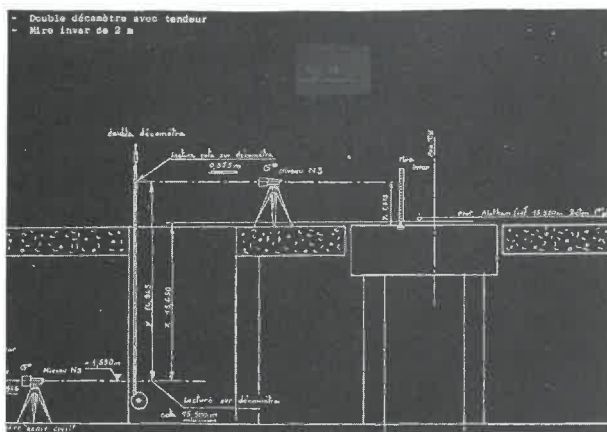


qui a été matérialisé sur le béton du radier par 2 repères scellés.

On met le théodolite en station sur la table, à un emplacement d'où l'on pourra viser successivement chacun des 2 repères. Par retournements successifs, on se met à l'aplomb de l'axe défini par ces repères, puis on les reporte sur la table, sur des platines qui ont été noyées dans le béton 1^{ère} phase, platines dont nous avons vérifié la position avant la coulée.

Cette opération de traçage des axes est très importante, puisque c'est à partir de là que vont s'effectuer toutes les opérations de montage et, ultérieurement, de révision du groupe. La précision demandée à ce stade est de l'ordre de quelques dixièmes de mm.

Une autre mesure importante est schématisée ici : c'est la mesure de l'altitude de la table par rapport au radier.



On part du repère géodésique implanté à hauteur du radier, et, au moyen de 2 niveaux, 2 mires en invar et un double décimètre tendu à 15 kg, on détermine l'altitude du point topographique scellé dans le béton 1^{ère} phase de la table.

Cette mesure n'est faite que pour un seul point de la table, à partir duquel on effectue le nivellement des autres points.

Vérifications sur les sites en exploitation

Les mesures optiques sont très largement utilisées au cours du montage du groupe, pour les réglages de nivellement des parties fixes, l'alignement des paliers et des corps des turbines, ce qui permet de réduire au minimum les réglages au moment de la présentation des rotors.

Enfin, une fois le groupe en service, nous exerçons une surveillance périodique de la stabilité dimensionnelle de la fondation, pour 2 raisons :

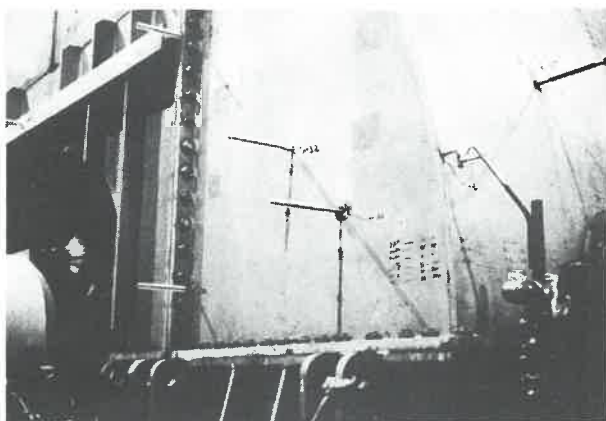
- d'une part, prévoir les opérations de réglage ou de re-lignage éventuel à programmer au planning des prochaines révisions ;
- d'autre part, et compte tenu du nombre de groupes identiques actuellement en service, établir une statistique des évolutions et des déformations de ces tables de béton.

Au cours de ces vérifications périodiques, on reprend la mesure de l'altitude de la table par rapport au radier.



Des cannes de silice de 1 mètre sont empilées dans un fourreau le long d'un pilier. Leur disposition n'est pas toujours idéale, mais au moyen d'une mire en invar, on peut très bien reporter la lecture sur le point topographique le plus proche.

Une autre méthode est en cours d'essais comparatifs avec les cannes de silice. Elle utilise le fil invar et l'appareil Distinvar. Le fonctionnement du Distinvar étant basé sur l'équilibre d'une balance, on ne peut l'utiliser qu'horizontalement. Nous avons dû adapter un renvoi d'angle à 90° pour faire des mesures verticales. Ce complément a du reste été étudié par le labo de métrologie du CERN, qui était le concepteur de l'appareil. Le fil invar est réglé à longueur lors de la première mesure, puis identifié à la référence du groupe. La lecture du compteur du Distinvar est consignée. Le fil reste en place. Ultérieurement, lorsque cette méthode de mesure sera officialisée, le fil prendra place dans le fourreau réservé aux cannes de silice. Lors des mesures suivantes, il suffira de fixer le Distinvar sur le plancher de la salle des machines, d'accrocher le fil et de faire la lecture du compteur (précision 0,1 mm).

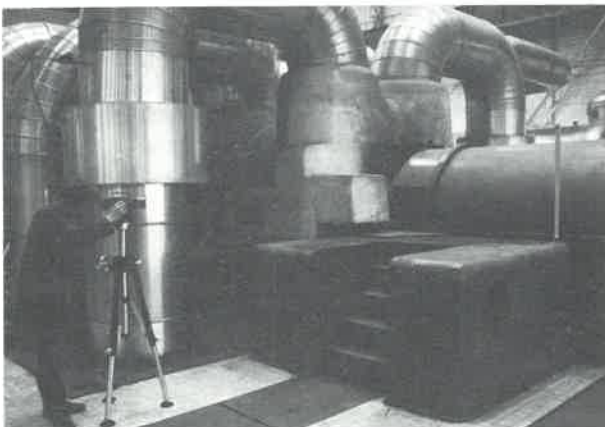


Au cours des premières mises en service, les bureaux d'études ont souhaité vérifier certaines hypothèses de calcul sur la déformation des boîtes d'échappement. Nous avons fait ces mesures au moyen de tiges en invar soudées sur la boîte aux points à mesurer, la visée étant faite par un théodolite.



Pour la surveillance du nivellement de la table, 38 points de repère topographiques sont scellés dans le béton, sur le pourtour du groupe et aux quatre coins de chaque palier.

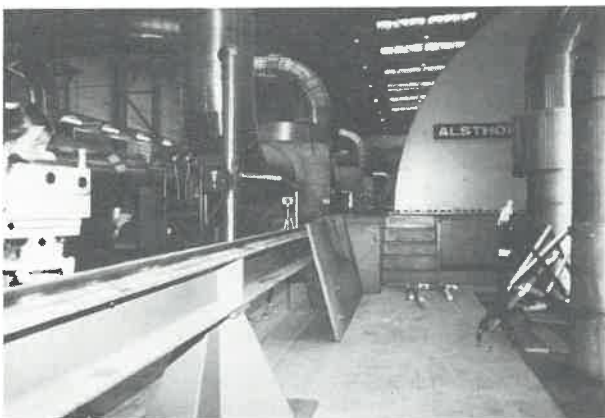
A partir du point topographique de référence, on effectue, par cheminements successifs, le nivellement complet de la table (précision recherchée 0,1 mm).



De même, on mesure l'altitude des joints des paliers, en 4 points, pour vérifier si leur pente est conforme à celle demandée au montage. Cela permet de prévoir les retouches à effectuer au cours des révisions programmées.

On vérifie également le nivellement des massifs latéraux qui portent les séparateurs-surchauffeurs.

Certains des points topographiques situés sur le pourtour de la table, ont été alignés au moment de leur implantation. Pour déceler une éventuelle distorsion de la table, qui conduirait à un désalignement dans le plan vertical, on procède à une vérification de cet alignement.



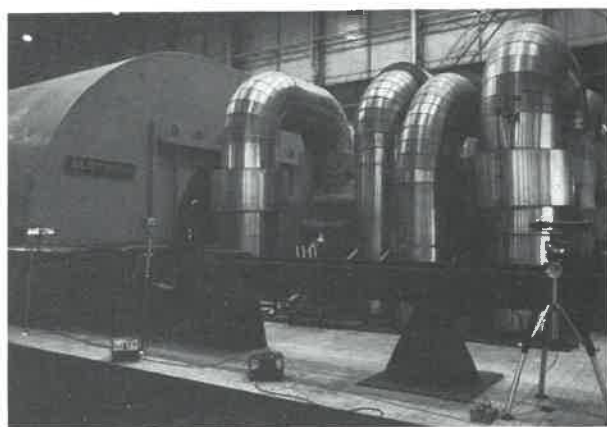
Pour faire ces mesures d'alignement, on utilise la lunette Zeiss-Jena, dont la portée est suffisante, mais qui, malheureusement, n'a qu'une capacité de mesure de ± 1 mm.

On voit ici la lunette et 2 trépieds porte-mire. Le dernier trépied, que l'on ne distingue pas, porte une mire éclairante (précision recherchée : 0,1 mm).

Les difficultés liées à l'utilisation de la lunette Zeiss-Jena (capacité de mesure réduite, sensibilité aux vibrations) nous ont conduit à nous intéresser au laser d'alignement à récepteur asservi, développé par le CERN à Genève.

Nous avons déjà fait des mesures qui nous encouragent à persévérer dans cette voie.

Nous voyons ici l'ensemble de l'équipement : le tube laser et son collimateur, une mire de centrage et le récepteur.



Le laser en station le long du groupe, avec le récepteur en position rapprochée sur le 2^e point topographique et la mire de centrage sur le 1^{er} point.

En guise de conclusion, je voudrais simplement préciser que le personnel d'Alsthom, et particulièrement à l'Établissement de Belfort, est très sensibilisé à la mesure optique et lui fait confiance. Nous n'avons vu que quelques exemples de son utilisation dans les ateliers, mais pour le personnel, depuis l'atelier jusqu'au chantier de montage, la présence d'un théodolite ou d'un niveau ne constitue pas une curiosité, et il arrive très fréquemment qu'il fasse appel aux instruments de topographie pour résoudre un problème de construction original, dans lequel les moyens de mesure conventionnels poseraient bien souvent des questions d'outillage spécifique et de durée de la mesure pour obtenir la même précision.

... Colloque du Creusot

La mesure des revêtements réfractaires dans les convertisseurs à l'oxygène de l'aciérie de Sacilor à Gandrange

*Rapport fait par Aga Geotronics
en coopération avec Sacilor Gandrange*

INTRODUCTION

L'une des principales aciéries françaises, implantée à Gandrange, en Lorraine, utilise un IMS 1 600 pour contrôler l'épaisseur des revêtements réfractaires dans ses convertisseurs depuis les premiers mois de 1981.

Considéré d'abord comme une condition de sécurité, cet investissement rend des services de nature à augmenter les performances de l'usine.

PRÉSENTATION DE L'USINE DE GANDRANGE

L'aciérie de Gandrange, entre Metz et Thionville, est l'une des principales unités du groupe Sacilor (Société des Aciéries et Laminoirs de Lorraine), dont 74,3 % du capital (1 458 millions de FF) appartient à l'État. Le chiffre d'affaires consolidé du groupe s'élevait, en 1982, à 23,3 milliards de FF, dont plus de la moitié (12 milliards de FF) provient de l'activité sidérurgique.

L'aciérie de Gandrange est implantée sur un terrain de 370 ha qui s'étire approximativement d'Est en Ouest sur une longueur de près de 5 km. Cette unité a été créée pour se substituer progressivement aux aciéries Martin et Thomas des anciennes sociétés qui ont été à l'origine de Sacilor ; elle bénéficie d'une part importante des investissements prévus au "Plan acier" français. Ainsi, au cours de la seule année 1982, elle a investi 193 millions de FF.

L'usine dispose d'une capacité annuelle de production de 2,9 millions de t d'acier liquide. Son programme de fabrication est axé sur les "produits longs" avec un carnet de commandes très diversifiés, allant de l'acier extra-doux, à l'acier dur, dont la teneur en carbone peut atteindre 0,8 %. Actuellement, les 2/3 de cette production sont orientés vers une voie de lingots et 1/3 vers une coulée continue. Cependant la mise en service d'une deuxième coulée continue au cours du 4^e trimestre de cette année devrait permettre la suppression à terme de la coulée de lingots.

L'usine est principalement alimentée en fonte phosphoreuse provenant des haut-fourneaux de Rombas (tout proches) et de Jœuf. La teneur en

phosphore peut atteindre 1,6 %, ce qui exige des précautions spéciales.

DES CONVERTISSEURS OLP/LBE

En 1971, l'aciérie de Gandrange avait mis en route deux convertisseurs "OLP" (Oxygène-Lance-Poudre) ; au cours de l'hiver 1981/1982, ils ont été adaptés au procédé franco-luxembourgeois "LBE" (Lance-Brassage-Équilibre). Dans leur état présent, ils disposent chacun d'une capacité moyenne de 260 t d'acier ; leur diamètre intérieur est de 8,20 m et leur hauteur 11,23 m.

Le processus d'élaboration est bien connu. La fonte (environ 200 t) et les ferrailles (environ 80 t) sont enfournées sur la scorie résiduelle de la dernière phase de l'élaboration précédente. Le convertisseur est alors remis vertical ; la lance d'insufflation de l'oxygène et de la chaux est placée au-dessus du bain. Sa hauteur ou les additions complémentaires sont réglées par des moyens informatiques puissants. L'affinage est conduit en deux phases. La première (environ les 2/3 de l'oxygène soufflé) permet d'élaborer un métal qui n'est pas encore parfaitement déphosphoré ni décarburé. La scorie est pauvre en oxyde de fer, mais riche en acide phosphorique. La seconde phase procure un acier brut (ou "sauvage") à très faible teneur en phosphore, en soufre ou en azote. La teneur en fer de la scorie est limitée par l'injection de gaz neutres (azote, argon) à travers des éléments poreux placés dans le fond de la cuve pour brasser le métal et pour homogénéiser l'acier.

L'élaboration dure 38 minutes ; et il s'écoule 45 minutes entre deux coulées, ce qui correspond à une cadence d'une trentaine de coulées par jour.

La production se réalise en alternance : l'un des deux convertisseurs est en service tandis que l'autre est révisé ou en "stand-by" (disponible). Les "campagnes", ou durée de service d'un convertisseur entre deux réfections peuvent s'étaler sur 900 coulées.

SURVEILLANCE IMPÉRATIVE DES REVÊTEMENTS INTÉRIEURS

Chaque convertisseur est intérieurement garni, quand il est neuf, d'un revêtement réfractaire d'envi-

ron 0,60 m d'épaisseur pour le fond et de 0,9 m pour les parois. Ce garnissage exige 500 t de briques, dont le seul approvisionnement (sans compter le travail de maçonnerie) mobilise un budget d'environ 13 FF par tonne d'acier produit.

Quel que soit le procédé de fabrication, ce revêtement doit toujours être surveillé, car il protège la cornue de la chaleur du four. La "fourrure" est l'une des méthodes traditionnelles de surveillance de ces revêtements. Le garnissage comprend deux couches d'éléments réfractaires, dont les appareillages sont différents. Quand la couche d'usure vient à être usée, la disposition des éléments de la fourrure devient apparente ; on sait que la fin de la campagne est proche. Mais pour le procédé "LBE", il n'existe pas de méthode efficace pour suivre dans le fond de la cuve les 10 éléments poreux. Ces composants ont été mis au point depuis peu d'années ; et leur comportement à l'usage n'est pas parfaitement connu. En tout état de cause, ils sont toujours plus fragiles que le reste du fond. Dans le cas de l'aciérie de Gandrange, en raison de la nature des fontes utilisées, ce fond ne s'engraisse pas pendant l'élaboration de l'acier. Il serait plutôt érodé. Leur surveillance à l'œil nu n'est pas suffisamment fiable. Il est en effet très difficile de voir directement et sans un moyen spécial la différence d'épaisseur de deux éléments réfractaires chauffés à la température de l'acier en fusion, quand leur nature est différente et quand, en plus, l'un d'eux est refroidi par l'injection de gaz neutres. Par conséquent, d'après les aciéristes de Sacilor, l'achat d'un moyen de mesure tel que l'IMS 1 600 est indissociable du passage au procédé "LBE".

PRINCIPE DE L'IMS 1 600

Pour surveiller les revêtements réfractaires de ses convertisseurs, les techniciens de Gandrange utilisent un IMS 1 600. Cet équipement a été mis au point par AGA Geotronics à la demande des aciéries suédoises Domnarvets Järnverk. Il utilise la technique des Geodimeters. Une tête de mesure est reliée par une interface à un ordinateur, qui réalise les calculs, enregistre les résultats et les transmet simultanément à une imprimante. L'ensemble est protégé de la chaleur rayonnée par des écrans.

La tête apprécie les distances grâce à un petit rayon laser qui se refléchit sur la surface à surveiller. La finesse du faisceau lumineux est suffisante pour que son impact à 20 ou 30 m recouvre une zone de quelques millimètres de diamètre. Les angles verticaux et horizontaux de rotation de la lunette sont mesurés avec une grande précision par un dispositif de disques codés tournant dans des sens contraires.

AGA Geotronics a élaboré un logiciel spécial pour l'IMS 1 600. A partir des relevés d'angles et de distances réalisés par la tête de mesure, il calcule les coordonnées d'un point à l'intérieur du four. La position de l'appareil par rapport au convertisseur est déduite d'un système de triangulation qui prend appui sur trois marques de référence, dont l'une est placée sur la cuve et deux autres à proximité. Dès que cette corrélation est établie, l'examen des parois ou du fond du convertisseur peut commencer. L'opération reste possible malgré la chaleur du four tant qu'elle ne dépasse pas 1 600°C.

Les résultats sont instantanément affichés. La position de chaque point dans le convertisseur est exprimée par trois chiffres : sa distance de l'axe central de la cuve, son orientation dans le plan de coupe, et la profondeur de ce plan dans le four. Simultanément, l'appareil procure une première interprétation en indiquant la marge d'usure du revêtement à cet endroit. Ces derniers renseignements sont déduits par l'ordinateur d'après les dimensions théoriques du convertisseur dont la géométrie a été mise en mémoire avec le logiciel.

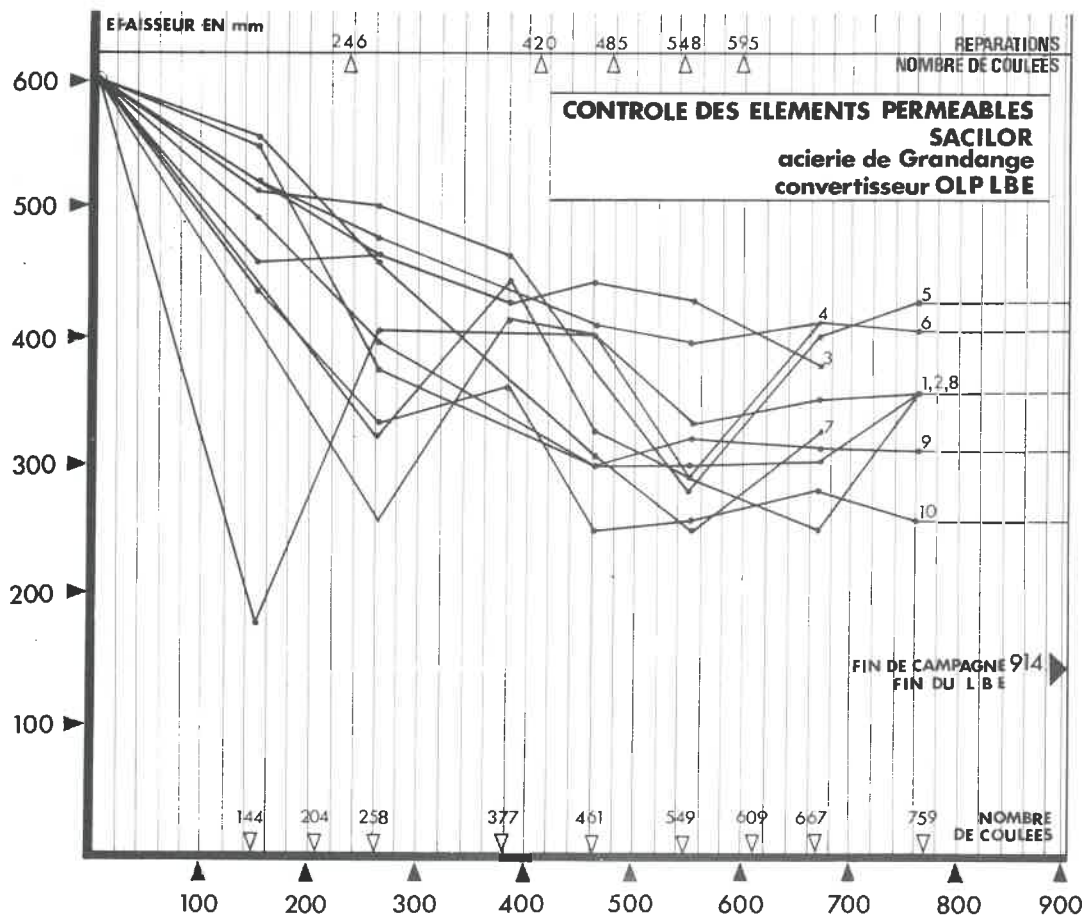
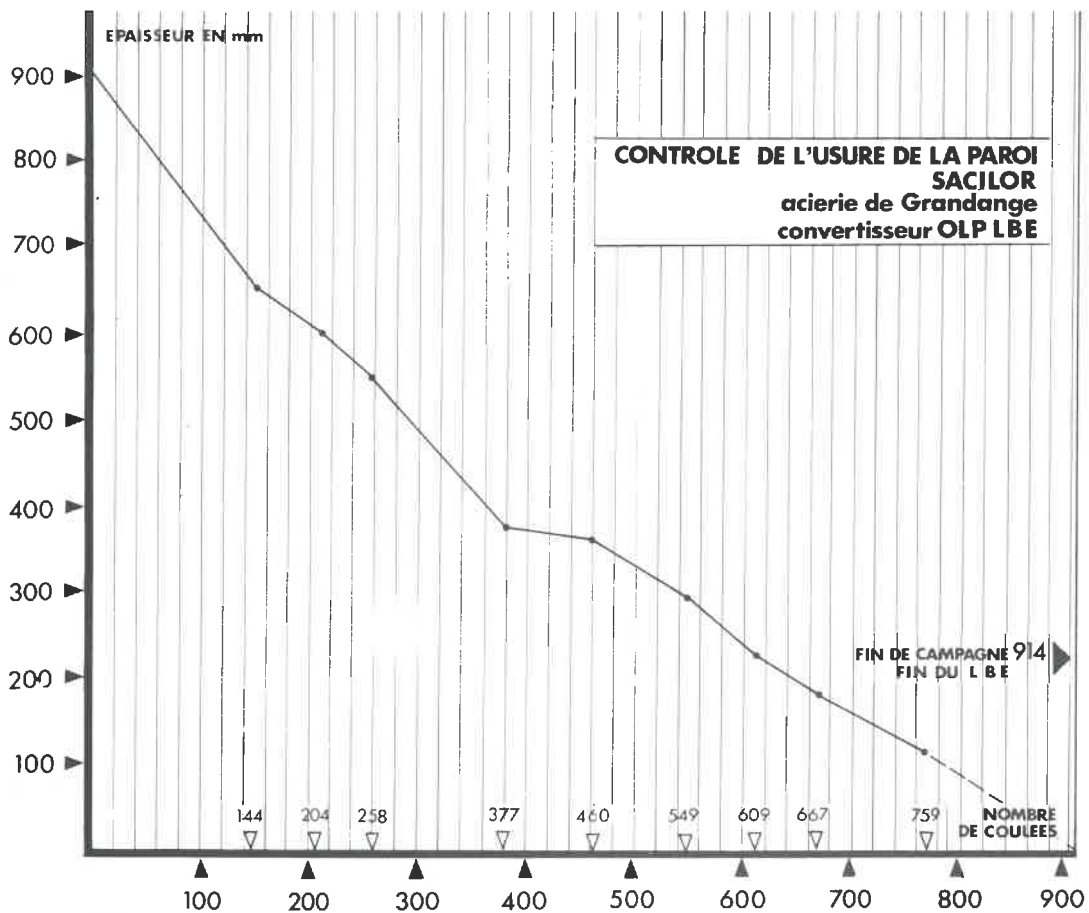
L'imprimante inscrit aussitôt les résultats des mesures dans un tableau statistique ; mais, étant enregistrés, il est possible, par la suite, de les interpréter plus en profondeur, par exemple en les faisant traduire en graphique par une table traçante ou en comparant les données obtenues à celles qui ont été réalisées antérieurement.

La même méthode permet d'examiner avec précision l'enveloppe extérieure du convertisseur ; éventuellement, ses déformations sont alors mises en évidence.



UTILISATION DE L'ÉQUIPEMENT AGA GEOTRONICS

Dès la mise en service du procédé "LBE", au début de 1982, l'aciérie de Gandrange a utilisé un IMS 1 600 pour inspecter ses convertisseurs. En attendant la livraison de l'appareil qu'elle avait commandé, c'est-à-dire jusqu'au mois de juillet 1982, les techniciens ont emprunté un IMS à la société sœur Sollac (filiale de Sacilor).



L'objectif fixé au début était de suivre le comportement des 10 éléments poreux installés au fond de la cuve pour permettre l'insufflation de gaz neutres. Cependant, la rapidité des mesures a encouragé les ingénieurs à étendre les inspections à la paroi verticale. On s'est aperçu de la présence d'une zone circulaire plus fragile à mi-hauteur ; et cette "génératrice" est désormais plus spécialement surveillée.

Les séances de mesure ont normalement lieu deux fois par semaine, le lundi et le vendredi ; mais elles peuvent être plus fréquentes : quand on approche de la fin de la "campagne", puisque l'usure des revêtements approche de la limite admissible, ou bien pour des études particulières.

La disposition des lieux est favorable à ces opérations. Il existe, en effet, une galerie surélevée d'où on obtient une vue plongeante face aux convertisseurs. Quand le four s'incline, on peut aisément viser le fond de la cuve. L'IMS est donc installé sur cette galerie. Les travaux préparatoires se font donc en temps masqué et sans aucune gêne pour les services de production. Par ailleurs, à cet emplacement, l'opérateur et l'appareil sont mieux protégés de la chaleur et des projections.

L'IMS est normalement rangé dans un local spécialisé pour les divers matériels électroniques. Sa mise en position sur la passerelle demande environ 7 minutes ; la calibration et le chauffage, approximativement 15 minutes. Les deux repères fixes, choisis assez bas auprès de la cuve sont visés en moins de 3 minutes. L'opérateur est alors prêt à agir dès que le convertisseur basculera. Alors, il vise aussitôt le troisième repère et il commence les mesures dont chacune ne demande pas plus de 20 secondes. Entre 18 et 20 minutes, il aura visé 40 à 45 points, dont 25 dans le fond de la cuve et 15 à 20 points sur la génératrice plus fragile de la paroi verticale.

RÉSULTATS OBTENUS GRÂCE A L'IMS 1 600

L'utilisation de l'IMS 1 600 a été avant tout considérée comme la condition du passage de l'aciérie de Gandrange au procédé "LBE" ; à ce titre, il participe aux avantages retirés par l'usine de cette conversion. De ce point de vue, il n'y a pas de commune mesure entre le prix de l'IMS et le bénéfice procuré. Cette acquisition est une affaire de sauvegarde des installations ; et, en particulier, le moyen indispensable pour éviter la perforation du four.

A l'expérience, d'autres avantages sont retirés de la présence de l'IMS. Ainsi :

1) Une plus grande sécurité

La surveillance systématique du convertisseur avec l'IMS procure des renseignements précis sur l'état des bouchons poreux et celui du fond de la cuve. A l'œil nu, il est, en effet, impossible de bien apprécier l'usure ou l'encrassement.

La faculté de se placer à distance pour effectuer les visées élimine, d'autre part, les risques de projections ou de brûlures pour les personnes qui en sont char-

gées. Par ailleurs, du fait de la distance, ils ne gênent plus le travail des autres personnes attachées à la production.

2) Une meilleure planification des travaux d'entretien

La connaissance précise de l'usure des éléments réfractaires (poreux ou non) permet aux techniciens de Gandrange d'apprécier leur vitesse d'usure. Suivant le cas, ils peuvent donc prévoir l'époque des réfections.

Cette amélioration des prévisions permet de mieux organiser le travail des équipes d'entretien et, éventuellement, les approvisionnements nécessaires.

3) Économie de produits réfractaires

La précision des mesures obtenues avec l'IMS a permis de supprimer de plus en plus souvent les "fourrures" ; cette précaution habituelle est devenue inutile. Le garnissage est donc moins coûteux et économise le nombre d'éléments réfractaires à mettre en œuvre.

Par ailleurs, la surveillance régulière et précise permet d'allonger la durée des campagnes de chaque convertisseur.

4) Des possibilités nouvelles d'études

Grâce à l'examen régulier et précis des convertisseurs, il est possible de perfectionner leur garnissage.

Ainsi, l'usure des éléments n'est pas obligatoirement régulière dans le temps. Or les ingénieurs céramistes de Gandrange disposent maintenant de diagrammes portant sur l'ensemble des opérations. Ils peuvent donc en déduire quels sont les éléments qui résistent mieux et comparer éventuellement la qualité des diverses fournitures. Communiquées aux fournisseurs, ces connaissances expérimentales permettent le perfectionnement des briques réfractaires.

Les ingénieurs peuvent également mettre les courbes d'usure en corrélation avec les différentes variantes de l'élaboration de l'acier : composition du mélange, températures, additifs, nature et intensité des insufflations, etc... d'où le perfectionnement constant de leurs propres procédés.

CONCLUSION

L'acquisition d'un IMS 1 600 correspondait, dans l'aciérie de Gandrange, à une nécessité. Cependant, l'utilisation de cet équipement a été très rapidement étendue au-delà des éléments poreux qui le rendaient indispensable.

L'IMS 1 600 a permis d'allonger les campagnes, de prévoir la date des arrêts d'entretien et la quantité des produits à utiliser à cette occasion. Ces seules économies permettent le remboursement de l'appareil en moins d'un an.

Cependant, les données précises obtenues permettent, en plus de mieux connaître les matériaux, d'améliorer les procédures d'élaboration et d'augmenter par ces moyens, les performances de l'aciérie.

NOUVEAU

LE Geodimeter® 136

**Un tachéomètre aux fonctions supérieures
aux demandes normales.**

NOUVEAU

LE PRIX

**Proche de celui d'un ensemble théodolite +
distancemètre.**

NOUVEAU

LES "SUPER-FONCTIONS" EN OPTION

**Payez seulement les fonctions spéciales qui
vous sont utiles dans vos cas exceptionnels.**



AERIAL

*PRISES DE VUES AERIENNES
pour la photogrammétrie,
la photo-interprétation,
les études,
l'information...*

PHOTOTHEQUE

Z.I. D'AIX-EN-PROVENCE
13763 LES MILLES CEDEX
Tél. (42) 60.05.45
Télex Aéromap 401 140 F

*REPROGRAPHIE DE PRECISION
pour la cartographie,
le dessin,
les arts graphiques...*

CHOISISSEZ LA RENTABILITE TOTALE.

Avec le "GEODIMETER 136", nouveau système entièrement électronique, la mesure d'angle résulte de la lecture d'un signal intégré sur toute la surface d'un "cercle électronique". Les défauts de graduation, de centrage... des cercles classiques sont éliminés.

Doté d'un microprocesseur aux fonctions multiples, notamment chargé de corriger les calculs, les erreurs de collimation et de verticalité, le GEODIMETER 136 est conçu pour GAGNER DU TEMPS, AUGMENTER LA PRODUCTIVITÉ.

Grâce au tracking rapide, la distance horizontale s'obtient instantanément. (Elle est mise à jour 2,5 fois par seconde). Le prisme peut être déplacé de 4 mètres par seconde.

Le procédé est encore simplifié par le large faisceau et le signal audible.

Le GEODIMETER 136 peut être couplé directement aux enregistreurs de terrain GEODAT 122 et 124 ainsi qu'aux micro-ordinateurs ou calculatrices.

Toute personne utilisant le GEODIMETER 136 pour la première fois sera surprise de sa simplicité de manipulation. Le GEODIMETER 136 est bien l'appareil robuste au service de ceux qui recherchent la PRÉCISION et la RENTABILITÉ.

MESURE DE DISTANCES

Portée avec le prisme 571 125 021
sous conditions : clair normal
1 prisme 1000 m. 3 prismes 1400 m.
6 prismes 2000 m. 8 prismes 2300 m.

PRÉCISION

▷ Mesure standard
± 5 mm + 5 ppm emq
▷ Tracking mesure rapide jusqu'à
4 m/sec
± 10 à 20 mm + 5 ppm emq

TEMPS DE MESURE

10 sec
▷ Tracking mesure rapide 0,4 sec.

MESURE DES ANGLES

Précision : ± 10 cc (ou 3") emq
Lecture : ± 10 cc (ou 2")

DIVERS

Température ambiante de
fonctionnement
- 20°C à + 50°C
- 30°C sur demande

DIMENSIONS

230 mm x 280 mm x 350 mm

POIDS

8,5 kg

OPTIONS

Option 1
Longue portée
2 000 m avec 1 prisme 4 000 m avec 6 prismes
3 100 m avec 3 prismes 4 600 m avec 8 prismes

Option 2
Compensateur à deux axes
Élimine les erreurs de l'axe vertical
et de l'axe horizontal.
Optimise la précision de la mesure

Option 3
Dénivelée en continu (R.O.E.)
Indications continues de ΔH (dénivelée)

Option 4
Unicom
Transmission unilatérale de la parole
depuis l'appareil jusqu'au réflecteur

Option 5
Communication bidirectionnelle
des données
Données transmises du Géodat
au Geodimeter 136

Les options doivent être précisées au moment de l'achat - elles ne peuvent pas être commandées séparément

AGA GEOTRONICS 12, avenue du 8-mai-1945 - 95200 SARCELLES - Tél. : (3) 990.45.98 - Télex 695 740 F

Appel gratuit Téléphone vert service après-vente : 16 (05) 30.45.98

Ets GUIZOU
215, RUE DU ROUET
13008 MARSEILLE

LOCATION

notre parc d'instruments
topographiques
à votre disposition

91/79.41.41



ne restez pas
en panne...

louez un appareil.

NIVEAUX
THEODOLITES
TACHEOMETRES
DISTOMATS D13S
LASERS

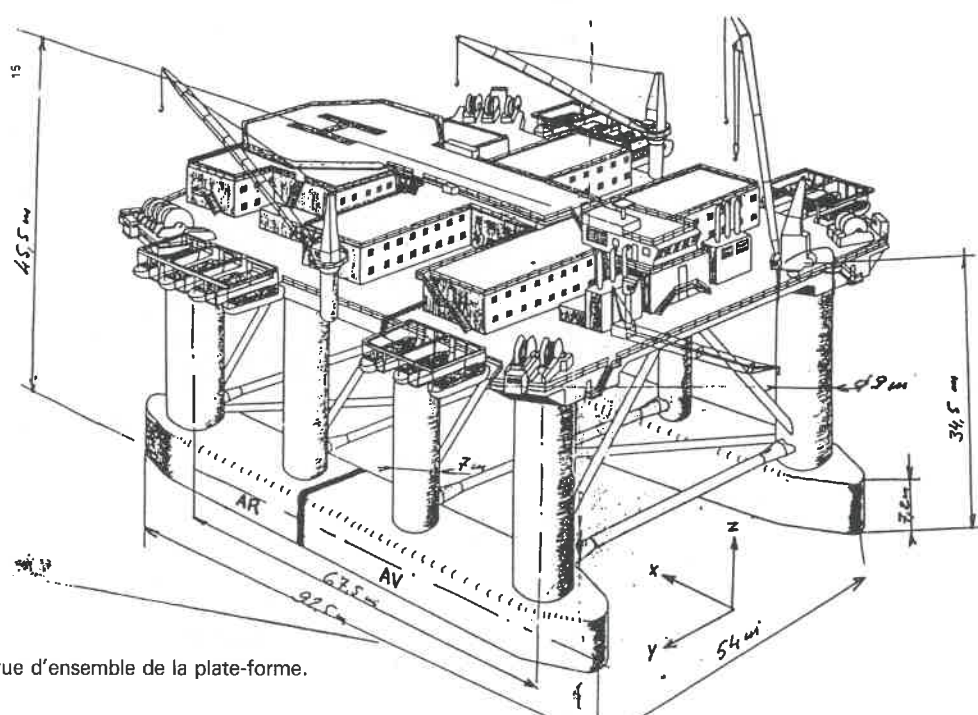
Expédition Express sur toute la France
Tarif location sur demande

... Colloque du Creusot

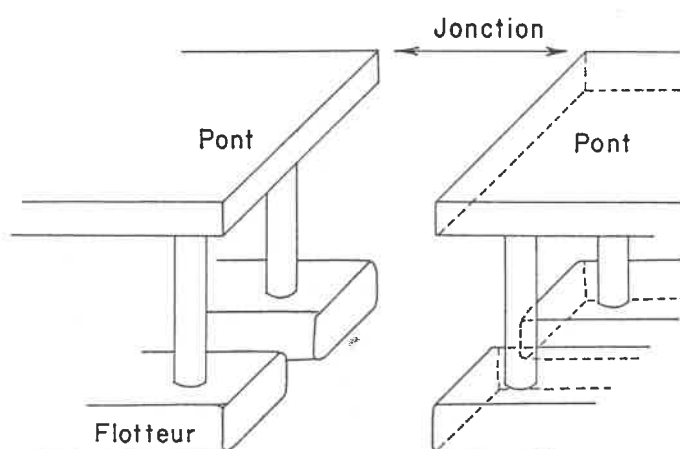
Photogrammétrie appliquée au contrôle des grandes dimensions

Contrôle préalable à la jonction des deux parties d'une plate-forme off-shore

par O. LOOK,
Ingénieur Photogrammètre à la SETP

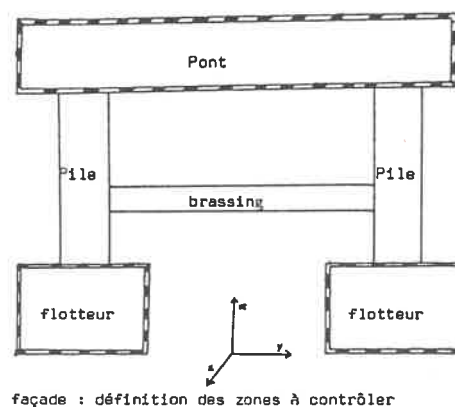


vue d'ensemble de la plate-forme.



Façade avant

Façade arrière



façade : définition des zones à contrôler

INTRODUCTION

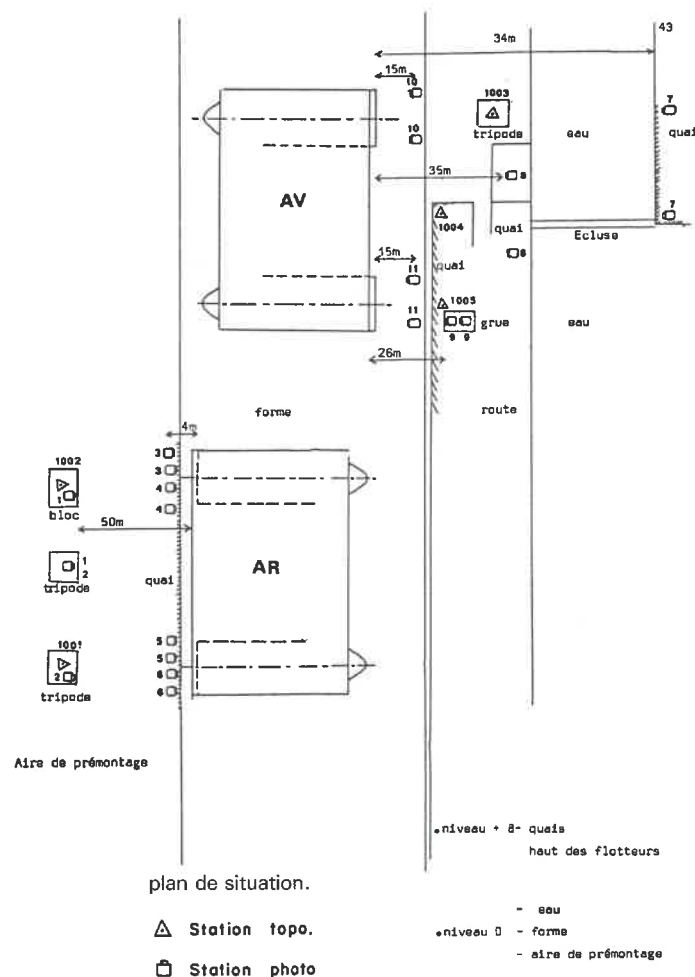
De nos jours on observe une application de plus en plus large de la photogrammétrie dans les domaines scientifiques et techniques. Les diverses qualités de la photogrammétrie font qu'elle devient une méthode de mesurage universelle, indispensable dans certains cas.

C'est par le contrôle des grandes dimensions que la photogrammétrie s'est faite connaître dans les milieux industriels. Ce mémoire se propose d'étudier une application de ce type menée au sein des Chantiers Navals de Saint-Nazaire. Le but de contrôle dimensionnel était de vérifier la compatibilité géométrique des deux parties d'une plate-forme off-shore construites séparément.

Le dépouillement des clichés, ou restitution, a permis de numériser les deux sections à joindre, et de mettre en évidence avant l'accostage, les écarts entre les deux structures. La rapidité et la souplesse de la prise de vues, la densité élevée des points saisis constituent ici, les principaux avantages de la méthode photogrammétrique.

On peut ainsi distinguer les différentes phases du mesurage :

- préparation de l'objet, prise de vues photogramétriques,
- stéréopréparation par mesures topographiques,
- restitution,
- traitements numériques, sorties graphiques des résultats.



PRÉPARATION DE L'OBJET, PRISE DE VUES

En photogrammétrie, l'unité de traitement est le couple stéréoscopique ; il est constitué de deux clichés d'un même objet pris de deux points de vues différents et permettant la vision stéréoscopique.

Les dimensions importantes de la plate-forme et la situation des lieux, ont rendu nécessaire la prise de plusieurs couples stéréoscopiques afin d'assurer la couverture totale de chaque façade.

Dans le but de rattacher ces différents couples au sein d'un même référentiel, un ensemble de cibles de stéréopréparation ont été réparties sur chaque façade (au minimum trois par couple).

L'extrémité des tôles faisant l'objet du mesurage avait été préalablement maquillée d'un tireté blanc afin de créer des contrastes nécessaires lors de la restitution.

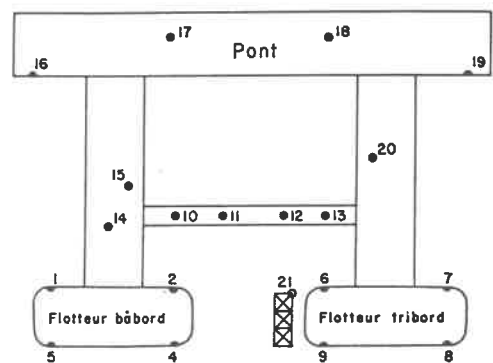
Les prises de vues ont été réalisées avec des chambres photogramétriques UMK 10/1318 de la firme Zeiss-Jena.

STÉRÉOPRÉPARATION

Chaque point de stéréopréparation appartenant aux façades a été défini par intersection spatiale à partir d'un canevas de stations topographiques. Il y a un canevas de stations par façade.

Ces deux canevas de base ont été déterminés par des méthodes topométriques conventionnelles : me-

Points de stéréopréparation - AVANT



Points de stéréopréparation - ARRIERE

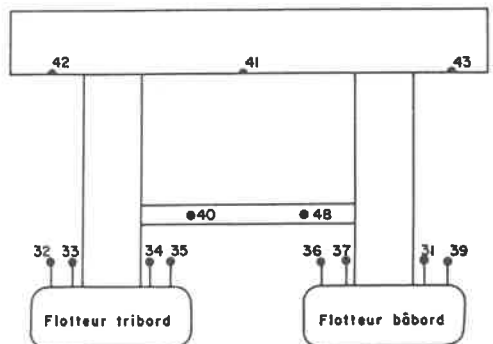


Fig. 5
Répartition des points de stéréopréparation

surage d'angles et de distances, nivellement trigonométrique ou géométrique.

Chaque station a été matérialisée par une plaque d'autocentrage. Les instruments topographiques employés ont été :

- le théodolite Wild T2,
- le distancemètre électronique Wild DI4L,
- le niveau automatique Zeiss Ni2 avec micromètre.

Précision du canevas

— Distances : chaque côté des canevas a été mesuré en aller et retour par 12 lectures consécutives. L'emq sur une distance, calculée d'après les différences (aller-retour) est de 1 mm.

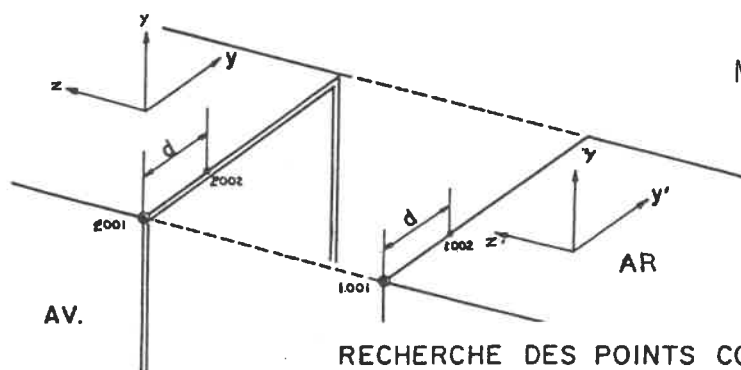
— Mesures angulaires : les observations ont été effectuées par double retournement. Dans une position de la lunette, chaque direction du canevas est définie avec une emq de 0.0002 grade (0,2 mm à 50 mètres). Le triangle (3, 4, 5) a une fermeture de 0.0004 grade.

— Altimétrie : la précision du mesurage est estimée à 1 mm.

Points de stéréopréparation

Chaque point de stéréopréparation est défini par intersection spatiale à partir de deux ou trois visées. Les coordonnées sont déterminées par ajustement en utilisant la méthode des moindres carrés. Le minimum est ici recherché sur la somme des carrés des écarts existants entre le point calculé et les droites de visées. Un programme, accompagné d'un logiciel de gestion de fichiers (stations, observations, points) a été réalisé sur HP9845.

Les écarts constatés sont en moyenne de 0,5 mm.



RECHERCHE DES POINTS COURANTS HOMOLOGUES

RESTITUTION

Le mesurage des clichés s'est effectué sur stéréorestituteur analytique Traster Matra. Ce type d'appareil recrée à partir d'un couple stéréoscopique un modèle virtuel tridimensionnel réduit de l'objet photographié. Un index permet de venir palper un point quelconque de ce modèle et d'enregistrer ces trois coordonnées dans un référentiel préalablement choisi.

Les résidus issus des listages d'orientation, ainsi que les différentes études qui ont été menées (influence du pointé, points de contrôle), indiquent que la précision de la restitution est de l'ordre de 5 mm.

Plan de restitution : étant donné le faible nombre de points remarquables correspondants sur les deux façades une méthode particulière a dû être mise au point ; les étapes de la restitution seront alors :

- Partie Avant (numérotée en 2000)
 - points remarquables
 - points courants situés sur les extrémités des tôles selon une équidistance de 1 mètre.

Le problème sera de déterminer sur la partie Arrière les "homologues" de ces points courants Avant (fig. 6).

- Partie Arrière (numérotée en 1000)
 - points remarquables homologues
 - points courants observés de la manière suivante :

• pour chaque tronçon de tôle, on enregistre le point remarquable le plus proche (1000). Ses coordonnées, connues dans les deux systèmes Avant et Arrière permettent de déterminer les paramètres du changement de système de coordonnées.

• Grâce à ces éléments on calcule les coordonnées de tous les points Arrière désirés.

• Par simple introduction des coordonnées, l'index viendra se positionner automatiquement sur le point désiré (programme GO). On observe alors en palpant la tôle au plus proche de la position initiale de l'index (exemple du 1002 déterminé à partir de 2002).

Cette méthode de mise en correspondance n'est qu'approchée, cependant elle n'entraîne aucune erreur notable sur le module du vecteur écart recherché qui est perpendiculaire à la tôle.

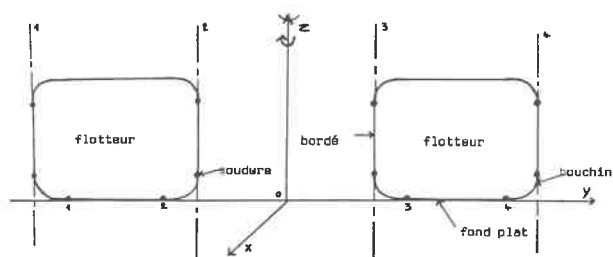
La phase restitution a formé 1 fichier Avant et 1 fichier Arrière de points connus en coordonnées dans des référentiels topographiques indépendants.

TRAITEMENTS NUMÉRIQUES ET SORTIES GRAPHIQUES DES RÉSULTATS

Afin de pouvoir opérer à des comparaisons directes à partir des fichiers on détermine un référentiel façade. Le mode de "balancement" de celui-ci au sein de chaque façade permet de mieux tenir compte des références adoptées lors de la construction.

— translation de l'axe des Y sur la droite moyenne passant par les quatre soudures entre les fonds plats et les bouchins,

— rotation plane autour de l'axe vertical OZ, puis translation en X pour mettre en coïncidence le plan YZ, avec le plan des flotteurs,



balancement du référentiel.

CONCLUSION

— translation de l'origine tel que l'axe OZ soit balancé au milieu des quatre bordés verticaux des flotteurs.

Cette définition du référentiel privilégie volontairement l'accostage analytique sur les flotteurs plutôt que sur le pont. Cette préférence est également celle du service contrôle des Chantiers.

D'autre part, un fichier théorique a été digitalisé à partir des plans côtés.

Les listages des écarts existants entre les divers fichiers Avant, Arrière, Théorique, ont été fournis aux Chantiers. Cependant la conception de sorties graphiques est apparue indispensable pour mieux visualiser les écarts et rendre les résultats facilement exploitables.

Un programme permettant de reporter des écarts existants entre points correspondants appartenant à deux fichiers différents, a été réalisé sur HP9845 (le tracé de profil n'est en fait qu'une option).

Le programme est conçu de façon modulaire et évolutive. Il offre une grande souplesse dans le choix des paramètres du tracé.

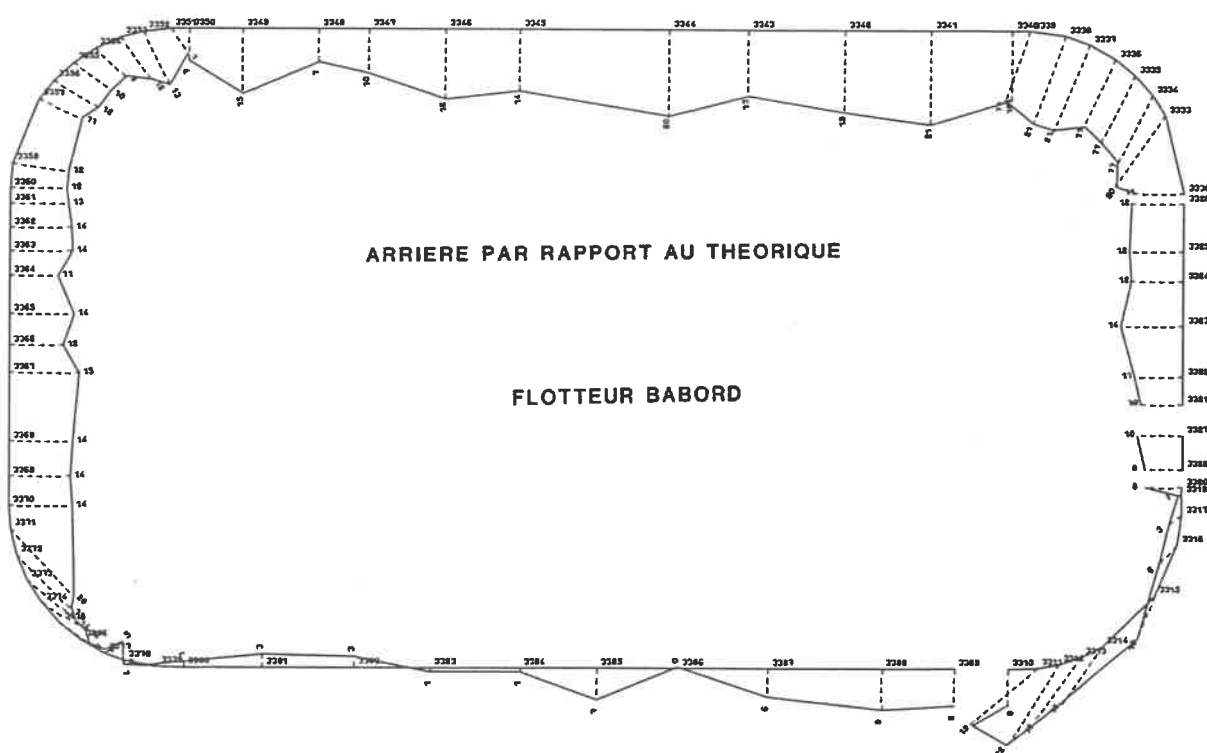
Les divers documents fournis par la SETP ont permis aux Chantiers d'effectuer certaines modifications avant d'entamer le processus d'assemblage.

- Les surlongueurs ont pu être découpées.
- Certaines portions de tôles ont été déformées.

L'assemblage à flot des deux parties s'est déroulé parfaitement ; un seul accostage a suffi pour permettre aux soudeurs d'effectuer les fixations au niveau des flotteurs.

La durée de ces opérations a ainsi été considérablement réduite. La mise en œuvre du contrôle photogrammétrique a apporté une optimisation certaine dans la programmation des travaux.

Les Chantiers de l'Atlantique sont d'ailleurs conscients que les méthodes traditionnelles de contrôle dimensionnel, par comparaison à un tracé au sol ne sont plus adaptées aux exigences des techniques modernes de CAO et FAO tridimensionnelles. Les résultats satisfaisants enregistrés à l'occasion de cette étude particulière laissent présager une application plus systématique de la photogrammétrie en construction navale.



... Colloque du Creusot

Contrôle de la Planéité d'un Marbre et de la Rectitude d'une Glissière par la Méthode d'Autocollimation

par Yves ALAJOUANINE

1 — L'EMPLOI DES APPAREILS TOPOGRAPHIQUES EN TOPOMÉTRIE INDUSTRIELLE

La haute précision atteinte par les niveaux et les théodolites de haut de gamme les fait utiliser dans l'industrie et les laboratoires, où ils concurrencent les outillages optiques de métrologie, comme les lunettes d'alignement et d'autocollimation.

2 — LES CONTRÔLES DE POSITION DANS L'ESPACE

2.1 - Les observations de pointe avec décalage micrométrique

Pour les contrôles d'alignement, la lunette est en général dépourvue de micromètre d'oculaire, aussi est-elle équipée d'un micromètre amovible d'objectif dont la lame à faces parallèles pivote autour d'un axe placé perpendiculairement à l'axe optique dans un plan horizontal ou vertical pour mesurer les écarts des cibles. L'opérateur transfère leur image au centre du réticule et mesure sur le micromètre le déplacement effectué. Lorsque le micromètre d'objectif est intégré au corps de la lunette, on peut déverser l'instrument entier d'un angle droit pour mesurer dans le sens perpendiculaire les décalages.

L'axe optique de la lunette doit conserver une excellente fidélité dans le corps de la lunette, malgré les distances variables de mise au point sur les différentes cibles. Sinon deux visées symétriques s'effectuent en déversant la lunette d'industrie d'un demi-tour, ou en pratiquant le double retournement du théodolite, pour utiliser la lecture moyenne.

La réfraction atmosphérique altère les mesures de décalage : elles sont bien comparables entre elles, lorsque l'éloignement et l'environnement sont exactement identiques.

Un alignement doit être observé dans le sens "AB" et "BA" pour éliminer l'influence de la réfraction.

La lunette peut avoir un basculement limité en site, et être solidaire d'une nivelle tubulaire de haute précision, pour constituer une lunette d'atelier (c'est-à-dire un niveau de géométrie). Si l'appareil est en bon état de marche, l'axe optique est rendu horizontal grâce au réglage de la nivelle avant d'observer chaque cible, après avoir éventuellement fait pivoter en azimut la lunette autour de la station de nivellement. Certains niveaux de haute précision présentent une vis micrométrique de fin basculement pour mesurer des inclinaisons différentielles. La bonne méthode est d'employer la graduation marquant la perpendicularité entre l'axe optique et l'axe de pivotement, pour rendre celui-ci vertical au moyen de la grande nivelle lors de la mise en station du niveau.

Lorsque les points observés sont placés en dehors du champ opératoire, une mire graduée d'industrie en invar palpe le point. Le micromètre de la lunette vise alors une graduation centimétrique de la mire. Pour ne pas faire de confusion, il est recommandé que les graduations croissent dans le même sens pour lire la mire et son appoint au micromètre, afin d'éviter des fautes en consignation des observations.

La méthode utilisée en nivellement permet l'estime du 0,01 millimètre, sans être gênée par des solutions de continuité dans les contrôles soit d'alignement soit de planéité. En utilisant une visée rendue parallèle à l'ensemble des points à observer, on évite le repérage des points en élongation ou en planimétrie, quitte à placer en positions respectives convenables, le dispositif de mesure et la structure concernée : c'est efficace pour simplifier les observations topométriques et les calculs.

2.2 - Les contrôles d'alignement pris en enfilade

Lorsque les positions à observer sont pointées en enfilade, il est bon de placer à la fin de l'alignement une cible de contrôle de stabilité, visée régulièrement par l'axe optique de référence.

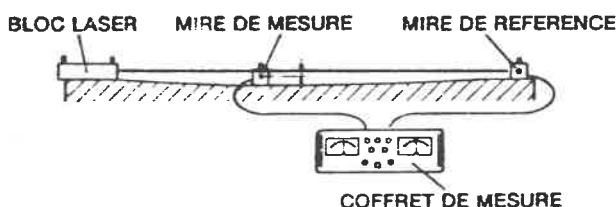
Les cibles utilisées en contrôles périodiques sont remises en place au moyen de centrage forcé dans des alésages. Ce sont parfois des voyants quadrillés en X & Y avec une origine pour repérer la position de l'axe optique de la lunette d'alignement.

Les systèmes de contrôle d'alignement sont divers et nombreux.

— L'alignoscope Ahrend utilise la méthode de Van Heel en plaçant trois accessoires aux points A, B et C respectivement : une source lumineuse observée à travers un petit trou créant des franges de diffraction ; une "plaque zonée" métallique très mince portant en couronnes concentriques d'égale largeur des couleurs alternées différentes ; et en C une lunette astronomique avec réticule dite "télescope". L'axe optique entre A et C est stable par suite de la mise au point fixe à l'infini du télescope. Grâce à des mouvements transversaux micrométriques la plaque zonée peut s'aligner sur l'axe de la lunette. Portée 100 m. Précision 1/200000.

— L'oculaire amovible laser Kern ou Wild adaptable sur un instrument de la même marque, peut pratiquer la méthode des franges de diffraction à travers un diaphragme iris d'objectif rendu très fin, la lunette étant réglée au point à l'infini en donnant un impact avec point central net. Si la lunette vise à distance finie, l'opérateur réduit le diamètre de l'impact laser à sa volonté en fermant le diaphragme iris d'objectif.

— L'équipement Sopenem "Rectilas" de contrôle d'alignement laser utilise 2 capteurs "quadricellule" disposés à la fin du faisceau, et au milieu grâce à un renvoi semi-transparent latéral dans le capteur mobile apte pour une précision cumulée de 0,002 mm par mètre jusqu'à 30 mètres.



— Le système de mesure à laser Hewlett-Packard 5528A compte les franges d'interférométrie produites par le déplacement du capteur coin de cube, le long de l'alignement. Au moyen d'accessoires on mesure le tangage et le lacet, la planéité, la rectitude, le parallélisme et l'équerrage. L'interféromètre à réflecteur asservi du CERN permet le déplacement du coin de cube sans guidage mécanique, pour franchir les cas de solution de continuité entre les poutres ou les marbres.

2.3 - La méthode générale de contrôle d'alignement ou de planéité

Lorsqu'est nécessaire le repérage d'un point en longueur sur une droite ou en planimétrie sur une surface, le topographe relève chaque point en utilisant le procédé topométrique convenant à chaque cas.

— La tachéométrie électronique combine les mesures angulaires faites au théodolite précis à la seconde genre Wild T2, avec des distances prises simultanément au distancemètre en estimant le millimètre, ou séparément avec un distancemètre plus précis ME 3000 (Kern) ou Telluromètre MA100.

— La microtriangulation calculée en temps réel est plus commode lorsque la précision maximum est demandée et obtenue grâce aux théodolites Kern E2 ou Théomat Wild T 2000, connectés à un ordinateur affichant aussitôt la précision atteinte sur les XYZ de la dernière intersection, parfois refaite par les opérateurs géomètres. Un impact laser peut représenter une cible projetée par un oculaire laser monté sur un théodolite équipé d'un diaphragme iris réglable d'objectif.

— Le cheminement de polygonation en centrage forcé des points concernés s'utilise pour de longs alignements avec intervalles de 10 à 20 mètres, lorsque l'emploi d'un contrôleur à fil ne convient pas sur place. Un traitement par les moindres carrés de l'ensemble des coordonnées XYZ des points observés, dégage l'équation de la droite ou du plan moyen et l'écart type obtenu. Un calcul fixe l'écart de chaque point par rapport à la droite ou au plan moyen en date du premier ou du dernier contrôle.

3 - LES CONTRÔLES DE DIRECTION

3.1 - La méthode d'autocollimation

Un collimateur est une lunette projetant un faisceau de rayons lumineux parallèles. La source est située au foyer de l'objectif, par exemple à la place du réticule d'une lunette astronomique. La direction indiquée par la source observée à travers l'objectif du collimateur ne varie pas lorsque celui-ci et l'appareil d'observation subissent une translation relative. La direction reste visible tant plus que les deux instruments restent mieux dans leur champ optique réciproque.

Le collimateur est souvent remplacé par un dispositif d'autocollimation autonome : miroir plan pour un axe d'orientation et prisme dièdre droit pour un plan d'orientation perpendiculaire à l'arête du dièdre. Il faut mettre une source lumineuse dans l'appareil topographique observant le miroir : celui-ci renvoie l'image du réticule éclairé lorsque la mise au point de la lunette de l'instrument est exactement réglée à l'infini et que la direction observée est perpendiculaire au miroir ou au prisme. Deux dispositifs sont utilisés pour projeter l'image du réticule :

— l'oculaire amovible d'autocollimation remplace l'oculaire normal dans la fixation. Un flux lumineux latéral est envoyé entre l'oculaire et le réticule de l'appareil au moyen d'un miroir semi-transparent. L'ombre chinoise projetée du réticule paraît dans le champ de la lunette. Alors l'opérateur pointe avec les vis de fin mouvement, pour mettre le reflet du réticule en superposition avec l'image de celui-ci (fig. 5).

Les schémas ci-joints sont dans le texte de P. Jackson cité en annexe. L'oculaire laser est en pratique un oculaire d'autocollimation amovible facilitant l'emploi d'un miroir éloigné, disposé pour renvoyer l'impact à vue, dans l'objectif de la lunette de l'appareil topographique.

— le dispositif d'éclairage est intégré dans la lunette, afin qu'elle projette un réticule lumineux permettant une observation plus lointaine et plus précise qu'avec l'oculaire amovible d'autocollimation (fig. 7).

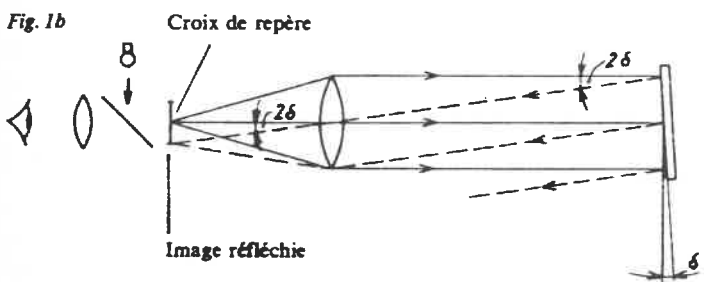
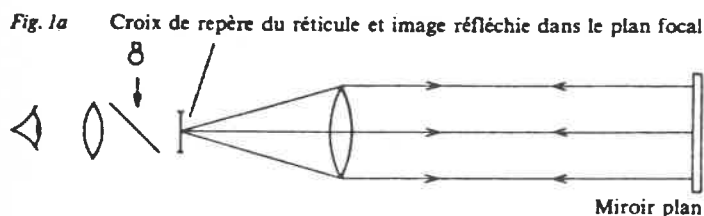


Fig. 1 Autocollimation

- a) En haut: La croix de repère et son image réfléchie sont en coïncidence. La ligne de visée (rayons parallèles) est à 90° sur la surface du miroir.
b) En bas: Le miroir a été légèrement incliné, angle δ , les rayons réfléchis sont décalés de 2δ . La croix de repère n'est plus en coïncidence avec son image réfléchie.

3.2 - La méthode d'autoréflexion

La méthode d'autoréflexion s'utilise lorsque l'image réfléchie est trop faible. L'opérateur fait alors la mise au point à la distance double de l'éloignement du miroir, et vise avec l'appareil l'image de l'objectif de la lunette renvoyée par le miroir. On éclaire fortement une couronne circulaire transversale jaune phosphorescent fixée autour de la monture de l'objectif. Des traits noirs en croix représentent la trace du plan vertical passant par l'axe optique et la trace du plan défini par l'axe optique et l'axe de basculement du théodolite. Celui-ci est pointé sur son propre réticule avec l'oculaire d'autocollimation, à condition que le miroir soit plus loin que la moitié de la distance minimum de visée.

3.3 - Les propriétés de l'autocollimation

La fig. 1b montre que la déviation angulaire 2δ peut s'observer avec un réticule à échelle si le théodolite reste fixe, quand le miroir tourne de l'angle δ . En fig. 2 le théodolite pivote d'un angle égal à celui de la rotation du miroir, lorsque celui-ci est visé perpendiculairement au moment des lectures d'angles. La distance minimum d'autocollimation n'est limitée que par le volume du matériel, grâce aux rayons lumineux parallèles utilisés par la mise au point fixée à l'infini (fig. 3).

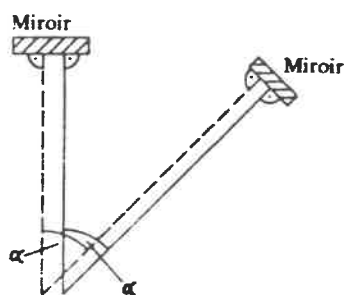


Fig. 2
Le centrage de l'instrument n'a pas d'influence sur la valeur de l'angle α , lorsque la mesure se fait par autocollimation.

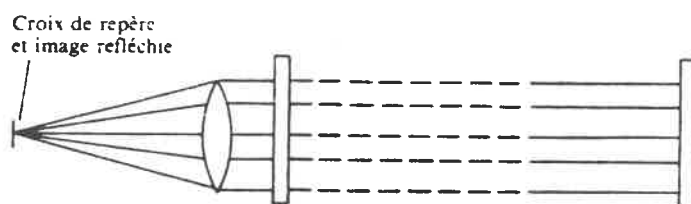


Fig. 3
Une lunette focalisée sur infini émet des rayons parallèles, il n'y a donc pas de distance minimum en autocollimation.

4 — LE CONTRÔLE DE LA PLANÉITÉ D'UN MARBRE

La méthode d'autocollimation est utilisée pour contrôler les variations d'inclinaison d'un miroir fixé sur un socle servant de niveau d'atelier grâce aux variations d'angle zénithal du théodolite visant le miroir. La distance d séparant les deux pieds extrêmes du socle, multipliée par la tangente de l'écart par rapport à l'angle zénithal moyen, donne la variation algébrique altimétrique du pied avant du socle par rapport au pied arrière, avec comme référence la surface plane moyenne du marbre. Celui-ci est contrôlé suivant 8 itinéraires rectilignes : les côtés d'un rectangle avec leurs médiatrices et les diagonales (Méthode de Rahn). Chaque profil est repéré par des points de contrôle espacés par l'écart "d" entre les pieds palpeurs sous le socle. Celui-ci chemine de proche en proche chaque alignement ; "d" joue un rôle de filtre d'ondulations. L'opérateur illustre le résultat en dessinant le profil altimétrique en long pour chaque itinéraire. Sur la fig. 22 le trait continu représente le profil brut calculé avec les angles zénithaux. En tiretés le profil compensé par rapport au marbre est calculé avec les variations d'angles zénithaux par rapport à leur valeur moyenne.

Le procédé peut s'informatiser grâce aux théodolites enregistreurs Kern E2 ou Wild T 2000 connectés sur un ordinateur : voir en bibliographie la référence au CETIM, qui utilise un niveau électronique d'atelier EDA. Pour dégager la surface du marbre, le théodolite est placé à la hauteur du miroir sur une console Wild GST9 fixé au bâti par un serre-joint.

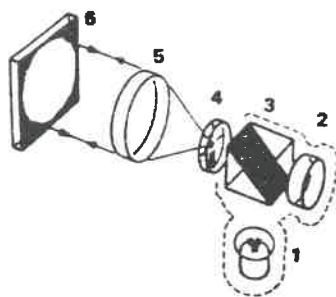


Fig. 5
Oculaire d'autocollimation
Wild GOA

- 1 socle et ampoule
- 2 oculaire
- 3 cube de Lummer
- 4 réticule (croix de repère)
- 5 objectif de la lunette
- 6 miroir plan

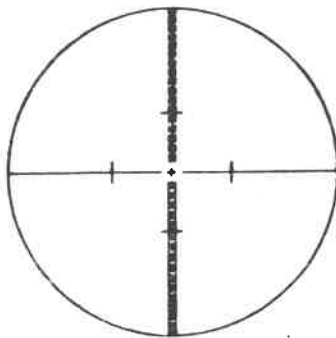


Fig. 6
Oculaire d'autocollimation Wild
GOA sur T2. Le croquis représente
l'image réfléchie du réticule
lorsque le miroir est proche de la
lunette (cf. 2.4).

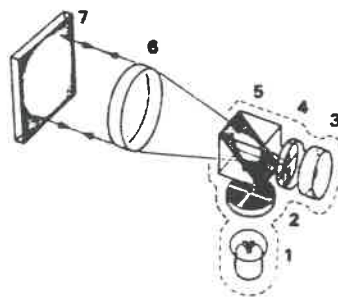


Fig. 7
Oculaire d'autocollimation intégré,
Wild T2+GUFA, Wild T3A.

- 1 socle et ampoule
- 2 croix lumineuse verte
- 3 oculaire
- 4 réticule de la lunette
- 5 cube de Lummer
- 6 objectif de la lunette
- 7 miroir plan

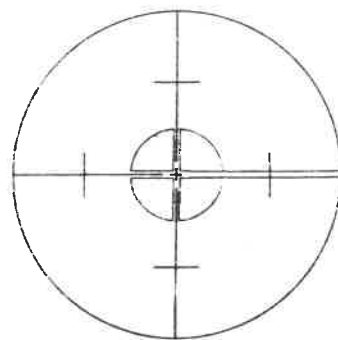


Fig. 8
Oculaire d'autocollimation intégré
Wild T2+GUFA, Wild T3A. La
croix du réticule de la lunette doit
être centrée dans la croix lumineuse
verte. Notre croquis représente
l'image réfléchie, lorsque le
miroir est proche de la lunette
du T2+GUFA (cf. 2.4).

5 — LE CONTRÔLE DE LA RECTITUDE D'UNE GLISSIÈRE

Les variations de basculement et de pivotement du miroir fixé au socle, sont mesurées en autocollimation par un théodolite placé sur la console Wild GST9 accrochée à la glissière horizontale, disposée sur la machine-outil qui l'a usinée. Le socle est équipé sur un côté de deux palpeurs écartés de la même distance que les deux pieds extrêmes sous le socle, pour coller à la surface verticale de la glissière lors de la mesure de l'angle azimutal sur le miroir. La position du socle éloigné au maximum sert de référence en azimut, pour vérifier la stabilité relative entre le théodolite et la glissière, pendant un contrôle de lacets. Contrôler la rectitude de la glissière, c'est intersecter les effets de lacets et de tangages traduits des mesures d'angles horizontaux et verticaux.

Le contrôle des graduations d'une table divisée (fig. 26) s'obtient en centrant un théodolite entraîné par la table, et en revisant un miroir ou un collimateur servant de référence azimutale, sans être gêné par un défaut de centrage du théodolite. Cette particularité est utilisée pour mesurer des cheminements directs d'angles horizontaux avec des côtés très courts : les gisements des axes optiques de 2 théodolites se visant réciproquement en lumière parallèle, différent de 200 grades sans pour cela être en coïncidence.

L'utilisation simultanée en autocollimation des 2 angles AZ & VZ permet la mesure de l'effet de mutation d'un axe, en observant un miroir fixé perpendiculairement à cet axe de rotation (fig. 23 et 24).

La mesure de la précision d'une équerre optique d'industrie, s'effectue par exemple avec deux théodolites en se visant l'un l'autre directement d'une part, et à travers le prisme pentagonal d'autre part.

6 — L'INTÉRÊT DE LA TOPOMÉTRIE DE HAUTE PRÉCISION DANS L'INDUSTRIE

Les possibilités offertes d'utiliser en outillage optique les niveaux et les théodolites intéressent de plus en plus les services de contrôle de l'industrie, notamment en métrologie dimensionnelle appliquée en grande longueur avec une haute précision pour les constructions mécaniques, en chaudronnerie nucléaire, etc... Les appareils topographiques de haut de gamme atteignent la précision angulaire maximum espérée, pour un faible coût : leur fabrication en série est plus importante pour la topographie classique, que pour les besoins de la topométrie fine dans l'industrie.

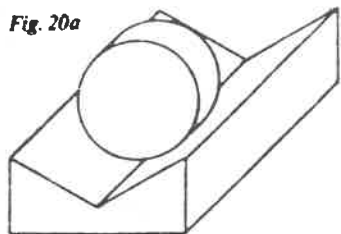


Fig. 20
a) Miroir d'autocollimation en monture circulaire (p.ex. GAS1 Wild) pouvant être placé sur une base munie d'une rainure en V.
b) Surface inférieure de la base à trois pieds; d représente la distance entre les pieds.

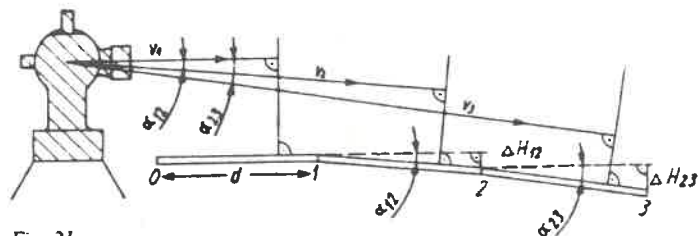
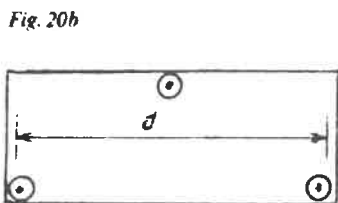


Fig. 21
Contrôle de planéité

Si le tain du miroir est au verso du verre plan-parallèle, l'image réfléchie sera perturbée par des reflets parasites et manquera de netteté.

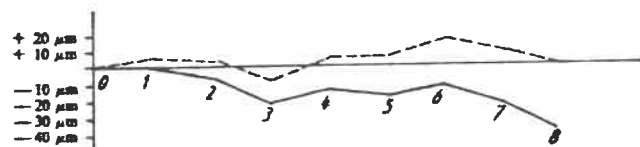
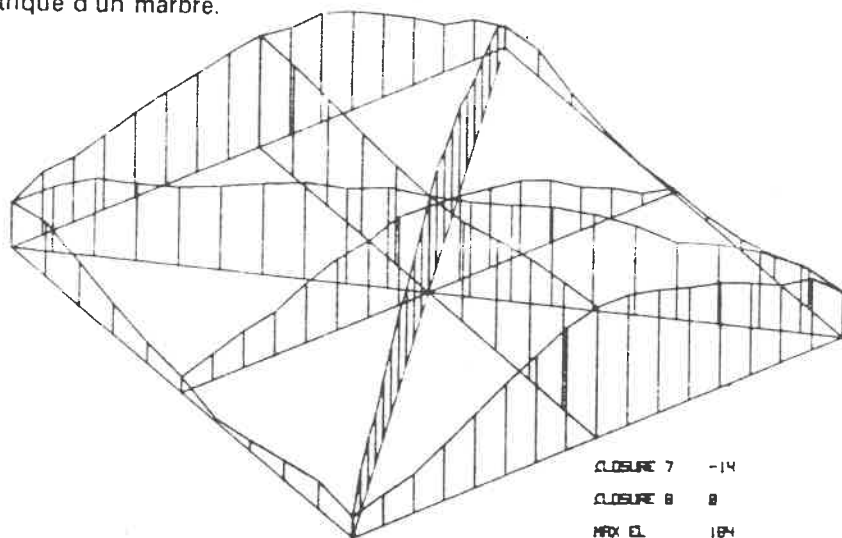
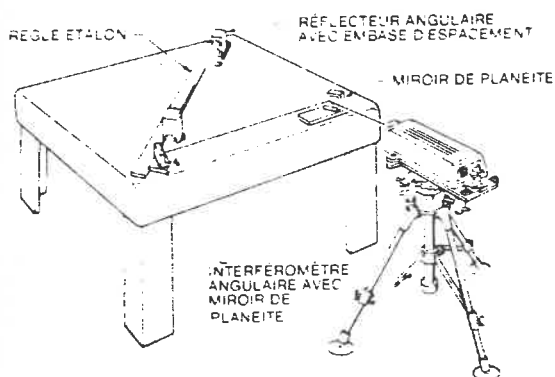


Fig. 22
Graphique des résultats

Vue isométrique d'un marbre.



Élévation numérique du même marbre en μ

64	85	92	105	120	131	140	151	158	151	154	139	118	95	88	57	38
52															65	
76		112						156							76	38
		108													88	
61			118					158					95			18
			118										108			
43				128				142					125			6
				136									128			
38					134			138		132						8
						142		143								
22	37	52	61	84	101	108	125	136	119	112	105	88	61	42	17	6
							127	134								
4							128	140	136							8
							114			148						
15					113			156			136					16
					102						126					
27				87				178			188					34
				74							112					
48								178				188				56
38	4	55	79	124	138	151	173	184	184	173	159	148	138	105	101	64

CLOSURE 7 -14
CLOSURE 8 8
MAX EL 184

Fig. 24a

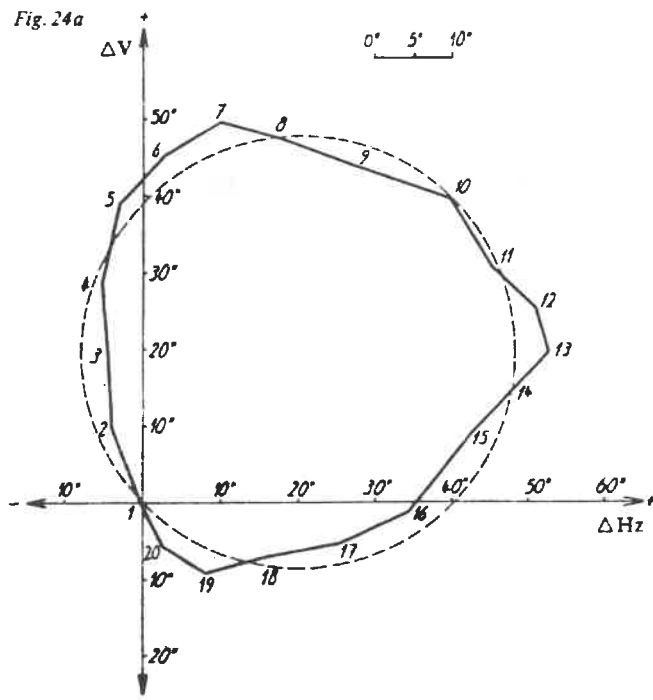


Fig. 24b

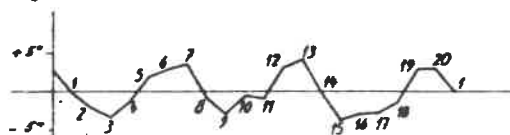


Fig. 24
a) Mesure de la précision de rotation du cylindre. Mesures faites sur 20 positions, chaque 20° (18°).
b) Graphique des écarts par rapport à la position initiale de l'axe. Le maximum de la nutation est d'env. $\pm 4^\circ$.

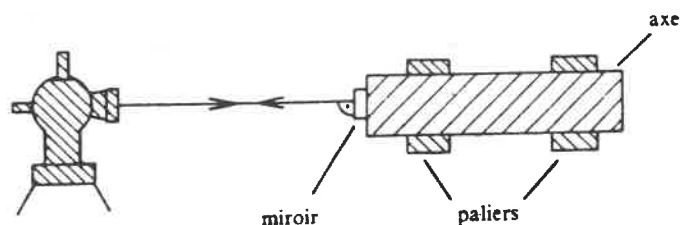


Fig. 23
Mesure de la précision de rotation d'un cylindre.

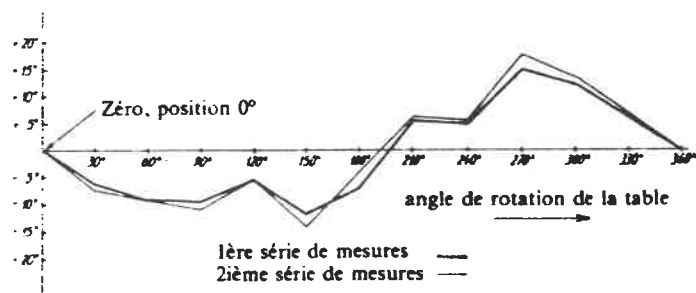


Fig. 26
Contrôle d'une table divisée. Le graphique démontre les erreurs angulaires de la table, c'est-à-dire la valeur obtenue par soustraction de l'angle indiqué par les divisions et de l'angle mesuré au théodolite.

REPRODUCTION PHOTOGRAPHIQUE

- agrandissements
- réductions
- remises à l'échelle en tous formats
- réductions/assemblages de plans à échelle imposée

- confection
- reproduction
- travaux spéciaux sur mosaïques topographiques

- travaux sur supports polyester
- typons offset
- tramés ou trait

HAUTE PRECISION

LART

PHOTO-REPROGRAPHIE PHOTO-CARTOGRAPHIE

LES APPLICATIONS DE LA REPRODUCTION TECHNIQUE

5, rue de la Véga
75012 PARIS

347.15.92

ANNEXE BIBLIOGRAPHIE

Alajouanine. "Conférence de Topométrie Fine" (1980 AFT-Lyon), en prêt pour photocopie ; "Saisie des observations de métrologie dimensionnelle et logiciel de dessin automatique direct sur calculateur" (3/1984 AFQ).

Brunson : Sté Wild + Leitz France, BP 326, F-92506 Rueil-Malmaison Cedex.

Cast-Insa Lyon (Stage XI-1981). "Le contrôle des grandes longueurs", 20, rue Albert-Einstein, F-69621 Villeurbanne Cedex.

Ealing (Equipements optiques), 1030, bd Jeanne-d'Arc, F-59500 Douai.

EDA (Niveau) : Ducourret SA, 4, rue Floréal, F-95100 Argenteuil.

Gehin (Alsthom). "Réglages par méthodes optiques dans les ateliers de grosse construction mécanique", revue d'Elect. & Mécanique N° 107, 1956.

Gervaise (CERN). "Métrologie : une source d'économie pour l'entreprise". Revue XYZ (2/1980) AFT, 39 ter, rue Gay-Lussac, F-75005 Paris.

Grandadam (CETIM). "Utilisation du niveau électronique en mesureur de pente permettant le relevé de rectitude et planéité", F-60300 Senlis.

Hewlett-Packard, Parc d'Activité Bois Briard, av. du Lac, F-91000 Evry.

Inst. Géographique Nat. (Trav. Spéc.), 2, av. Pasteur, F-94160 St-Mandé.

Jackson. "Instruments Wild pour mesures optiques et mesures de précision dans l'industrie & les laboratoires, compte tenu des méthodes spéciales d'autocollimation" (réf. VI.80 f) Wild Heerbrugg SA, CH-9435 Heerbrugg.

Katowski. "Le nouveau N3, un niveau de haute précision à nivelle pour la géodésie et les mesures dans l'industrie" Wild H. SA, CH-9435 Heerbrugg.

Kern SA : Ets Thormann, 35, rue de Fondary, F-75015 Paris.

Keuffel + Esser : Ets Le Pont Equipements, BP 11, 38670 F-Chasse/Rhône.

Leitz Wetzlar : Sté Wild + Leitz France, BP 326, F-92506 Rueil-Mal. Cedex.

Micro-Contrôle SA, 3, rue Paul-Bert, BP 43, F-94400 Vitry-sur-Seine.

Marh Mesures, 6, rue Lavoisier, Zone Industrielle, F-91430 Igny.

Mignaval. "L'emploi des instruments topographiques dans la construction et l'industrie" (3.XI.1963) Wild Heerbrugg SA, CH-9435 Heerbrugg.

Moller : Searle (Dannat), 68, rue du Commerce, F-75015 Paris.

P. De Fontguyon. "Mesures topométriques de déplacements et de déformations" Ing. ECP (retraité de SFS, 57, rue P.-Charron, F-75008 Paris).

Puycouyoul (Wild + Leitz F.). "Applications des techniques topographiques à la mécanique", revue Mécanique-Electricité (janvier 1969).

Salmoiraghi : le Matériel de Précision, 110, rue de Charenton, F-75011 Paris.

Sopelem SA, 102, rue Chaptal, BP 223, F-92306 Levallois-Perret.

Soro SA, 17, avenue du Maréchal de Lattre-de-Tassigny, F-92100 Boulogne.

Taylor Hobson : Rank Précision Industries, 33, bd Dubreuil, F-91400 Orsay.

Watts : représ. Rank Précision Industries, 33, bd Dubreuil, F-91400 Orsay.

Wild Heerbrugg : Wild + Leitz France, BP 326, F-92506 Rueil-Malm. Cedex.

Zeiss Oberkochen : Sce Commercial, BP 75, F-67000 Strasbourg-Meinau.

Zeiss Iéna : Cie Gle de Physique, 48, bd de la Bastille, F-75012 Paris.

Références des documentations techniques sur les appareils Wild utilisés en topométrie industrielle de haute précision.

Wild N3 niveau de haute précision G 1158 f
Wild T2 théodolite avec sa gamme d'accessoires G 1265 f

Wild T3A théodolite de précision avec autocollimation G 1219 f

Wild T2000 théodolite enregistreur de précision G 1272 f

Wild GLO2 oculaire amovible laser G 1406 f

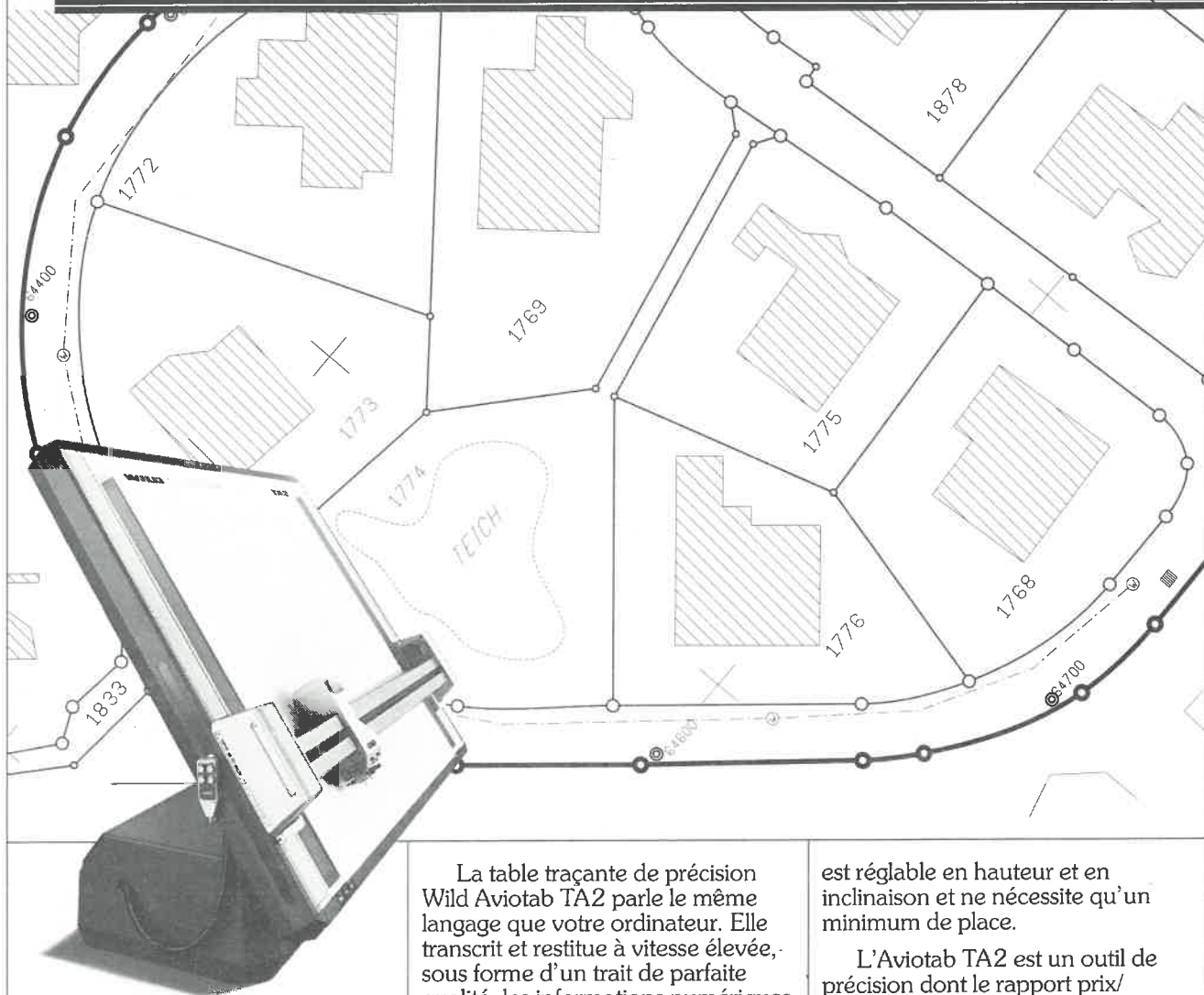
Wild GAP1 prisme d'autocollimation G 1428 f

Wild ZNL lunette zénith-nadir G 1439 f

Wild ZL, ou NL lunette automatique zénith, ou nadir G 1427 f

Wild GST9 console réglable avec serre-joint G 1438 f

La précision et les performances de l'Aviotab feront bon ménage avec votre ordinateur.



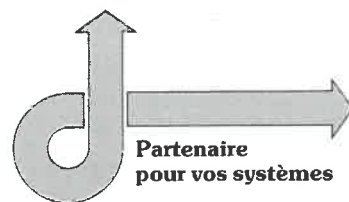
**La table traçante
Wild Aviotab dessine ou
grave avec précision,
efficacité et une remar-
quable économie.
Quel que soit votre
ordinateur.**

La table traçante de précision Wild Aviotab TA2 parle le même langage que votre ordinateur. Elle transcrit et restitue à vitesse élevée, sous forme d'un trait de parfaite qualité, les informations numériques qu'il lui transmet, soit directement, soit par l'intermédiaire d'une bande magnétique. Son processeur de commande permet de le décharger de la plupart des routines telles que génération des caractères ou interpolations. La connection se réalise de façon très simple par un interface RS232.

La TA2 peut travailler avec différents types d'outils pour le dessin, la découpe de masques ou la gravure, jusqu'à 1 mm de largeur de trait grâce à une commande tangentielle livrable en option. Son plateau lumineux de 120 x 120 cm

est réglable en hauteur et en inclinaison et ne nécessite qu'un minimum de place.

L'Aviotab TA2 est un outil de précision dont le rapport prix/performances est remarquable. Une documentation complète vous sera adressée sur demande. ■



Ph 61 63

GAZETTE DE L' AFT

Calendrier 1984 à... 1992

Afin que nul n'en ignore les dates...

NATIONAL

BREST - AFT

1985 - 2^e quinzaine de mai - Colloque Technique sur "La Bathymétrie".

INTERNATIONAL

PARIS - AFT

6-7-8 décembre 1984 - 1^{er} Congrès International de l'AFT à la Maison des Centraux -

PROGRAMMES DES ASSOCIATIONS INTERNATIONALES JUSQU'EN 1992

ANNÉES	Fédération internationale des Géomètres — F.I.G. —	Association internationale de Cartographie — I.C.A. —	Société internationale de photogrammétrie et de Télédétection — I.S.P.R.S. —	Association internationale de Géodésie — I.A.G. - (I.U.G.G.) —
1984	Comité Permanent 8-11 octobre à Tokyo Japon		A.G. en Australie Perth août 84	
1985	Comité Permanent en Pologne (Varsovie)	Comité Exécutif		
1986	Congrès de Toronto (CA) du 1 ^{er} -11 juin	Comité Exécutif	Symposium	
1987	Comité Permanent en Norvège (Oslo)	Congrès à Mexico		Congrès
1988	Comité Permanent en Australie	Comité Exécutif	Congrès au Japon	
1989	Comité Permanent	Conférence Technique		
1990	Congrès à Helsinki	Comité Exécutif	Symposium	
1991	Comité Permanent	Congrès		Congrès
1992	Comité Permanent	Comité Exécutif	Congrès	

Choisissez le sigle de l'AFT



7



8



9



10

... et continuez à nous adresser
vos propositions



11

Bravo, vous avez du talent !

RETA *et* RECOTA

*visez... déclenchez...
enregistrez*

RETA

tachéomètre électronique à saisies
et affichage automatiques des données
du terrain, portée jusqu'à 3000 mètres.

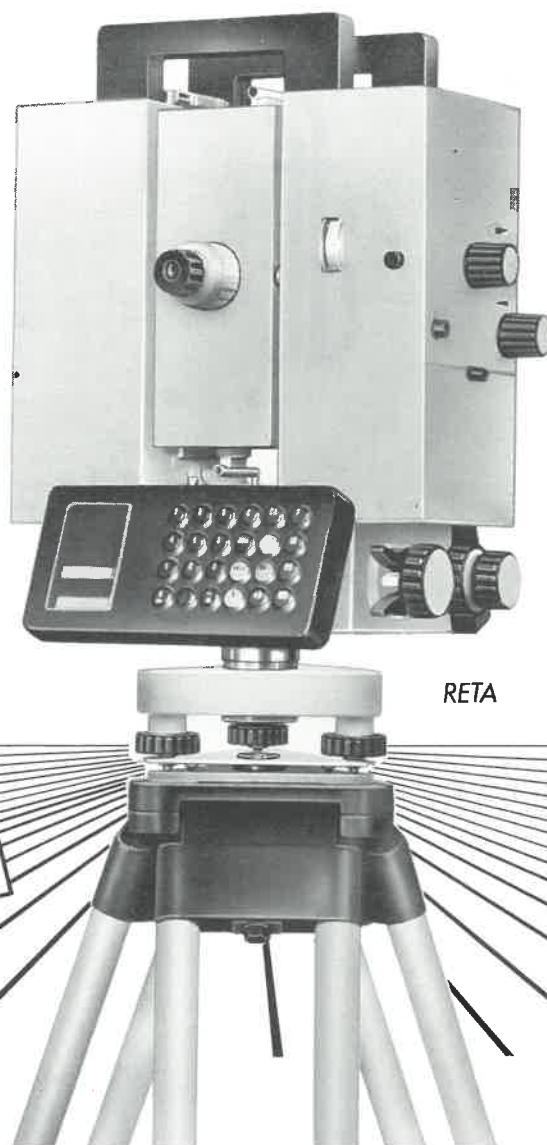
- Calculs de réduction et de dénivelées
- Tracking distance et angle Hz et V
- Enregistrement sur mémoire vive Micronic 32 K ou 48 K
- Affichage LC
- Interfaces V 24 / RS 232 C et interface de données pour traitement par ordinateurs courants

RECOTA

Performances complémentaires :

- Calculateur et programmes de traitement des données du terrain en temps réel (système modulaire)

en option DTK 1, système de visualisation et de transfert d'informations multidirectionnel.



RETA

RETA : 74 620 F.h.t
(mémoire en sus)
au 1^{er} Juillet 1984



efficience et fiabilité

Agent général CARL ZEISS JENA pour la France :

COMPAGNIE GÉNÉRALE DE PHYSIQUE

48, boulevard de la Bastille - 75012 PARIS

Tél. : (1) 344.12.34 - Télex : 220231 Cogéphy Paris

Bon pour recevoir une documentation gratuite

NOM : _____ SOCIÉTÉ/CABINET : _____

ADRESSE : _____ TÉL. : _____

... nouvelles... nouvelles... nouvelles...

Région Rhône-Alpes

• Visite du métro de Lyon et Assemblée Générale Rhône-Alpes, le 15 juin 1984

M. Daniel Lourd, Ingénieur ESGT, géomètre responsable à la Semaly a présenté le projet de la ligne D du métro de Lyon avec une projection de film accompagnée d'une documentation technique remise à l'assistance, avant de l'équiper pour visiter le chantier de montage du tunnelier qui réalise une galerie de diamètre 6,50 mètres par la méthode du bouclier à bentonite. Il creuse dans des alluvions très perméables, en France pour la première fois.

M. François Cruvillier chef topographe de l'Entreprise Campenon-Bernard fait la démonstration du fonctionnement du système laser Zolmann qui se monte sur le tunnelier pour guider son conducteur en orientation, pente et déversement. Un rayon laser issu d'un Théodolite Wild T2 équipé d'un oculaire GLO2 est reçu par un collimateur électronique dont la

position est choisie et contrôlée par un programme Zolmann sur micro-ordinateur, en fonction de l'avancement en tracé courbe.

L'intérêt technique de cette manifestation a réuni 30 géomètres, dont 2 sont venus du Centre et 2 du métro de Marseille.

La proposition de M. Berry, responsable du Centre régional Rhône-Alpes de l'Institut Géographique National, de visiter l'équipement de prises de vues aériennes de leur avion Beechcraft King-Air basé dans la région de Lyon durant l'été, a trouvé beaucoup d'amateurs, le 2 juillet 1984.

L'Assemblée Générale Régionale Rhône-Alpes AFT a voté pour la liste des candidats au Bureau (MM. Berry, Charmasson, Cherel, Karst, Lourd, Loyer, Tarlet, Vuagnat) et à la Présidence Régionale où Y. Alajouanine est élu par 38 voix sur 40 bulletins (pour 131 électeurs).



... emploi... emploi... emploi... emploi...

Rubrique gratuite réservée aux membres de l'AFT

DEMANDES D'EMPLOI

• Chef de brigade 2^e échelon, 42 ans, après stage d'informatique graphique de 8 mois, cherche emploi stable en région parisienne.

Écrire à l'AFT DE 33

• Chef de brigade, 27 ans, 6 ans d'expérience, 3 ans en Guyane, divers grands travaux, cherche emploi Afrique - Réunion avec contrat métropole, étudie toutes propositions. Écrire à :

Ch. FIOT
10, Digue Rowjon
97300 Cayenne

• Ingénieur ESGT 29 ans, 3 années d'expérience comme chef de mission en topographie et topométrie sur sites nucléaires + petite expérience cabinets Géomètres, recherche emploi. Étudie toutes propositions. Écrire à :

M. Philippe PICOT
28, avenue Albert Grave
Varennes-sur-Seine
77130 MONTEREAU
Tél. : (6) 432.58.65

DIVERS

• Recherche appareil de restitution 1^{er} ou 2^e ordre. Faire offres avec numéro d'appareil, description détaillée des accessoires. Préciser si contrat d'entretien.

Exposition Bibliothèque Nationale, Paris, 20 juin au 28 juillet, 26 août au 30 septembre

Images de la montagne de l'artiste cartographe à l'ordinateur

A l'occasion du 25^e Congrès de l'Union Géographique Internationale, la Bibliothèque Nationale et l'Institut Géographique National organisent du 20 juin au 28 juillet et du 26 août au 30 septembre, une exposition sur l'évolution de la cartographie de la montagne.

Pour les anciens voyageurs, les sommets étaient "aussi semblables et uniformes que des moutons le paraissent à tout autre qu'à leur berger". Les premières cartes détaillées des régions montagneuses furent l'œuvre de militaires plus intéressés par les passages, vallées et cols, que par les montagnes elles-mêmes dont les présentations en perspective cavalière sur une carte en projection verticale posaient d'insolubles problèmes. La connaissance

des montagnes proprement dites se développa à partir du XVIII^e siècle : la montagne, objet de crainte et de répulsion, devint objet de passion et d'étude. La carte du Mont Blanc dressée par Saussure à partir d'observations directes attira l'attention du public européen et marqua le départ d'une cartographie plus exacte. Celle-ci encore trop attachée aux routes, aux cols et aux passages ne satisfera pas la nouvelle race des alpinistes née vers 1860, d'où la nécessité de nouveaux efforts. Les progrès de la cartographie de la montagne étaient liés aux progrès des techniques de représentation du relief, techniques qui devaient combiner exactitude et lisibilité. La mise au point, vers 1930, de la photogrammétrie et l'aide apportée plus récemment par l'automatisation constituent des étapes importantes. L'information d'un maillage serré de points définis dans les trois dimensions est à l'origine de produits nouveaux.

Plan de l'exposition

- 1^{re} partie : perception de la montagne.
- 2^e partie : cartographie des passages et places fortes (XIV^e - XVIII^e siècles).
- 3^e partie : découverte des sommets et tourisme (XVIII^e - XIX^e siècles).
- 4^e partie : évolution de la cartographie du massif du Mont Blanc.

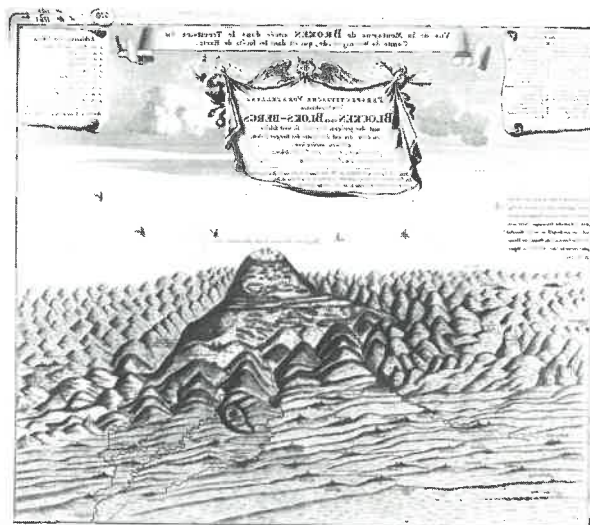
5^e partie : techniques de représentation de la montagne sur les cartes topographiques.

Bibliothèque Nationale, 58, rue de Richelieu, 75002 Paris. Galerie Mazarine. Ouvert tous les jours, même le dimanche, de 12 h à 18 h.

Catalogue illustré : images de la Montagne : de l'artiste cartographe à l'ordinateur, 160 p., couverture ill. en coul., 45 ill., 12 pl. en coul. 27 x 21 cm.

L.S. Bestehorn, vue de la montagne de Brocken. Nuremberg, les héritiers d'Homann, 1749. 51 x 60 cm, colorié - BN, C et Pl., Arch. 520.

Point culminant du massif allemand du Harz, le Brocken (1142 m) avait la réputation d'être le lieu de rendez-vous des sorcières qui se retrouvaient au tombeau de Sainte-Walburge. Goethe fit trois voyages au Brocken qu'il évoque dans le chant magique de la Nuit de Walpurgis (Faust).



Un architecte au Mont Blanc

Eugène Viollet-Le-Duc. Le massif du Mont Blanc, 1:40 000. Paris, J. Baudry, 1876. 118 × 100 cm, en coul. - BN, C. et Pl., Ge DD 2261.

Une formation d'architecte aida Viollet-Le-Duc (1814-1879) à dresser la carte du massif du Mont Blanc qu'il établit avec soin. Car, explique-t-il, "l'exactitude du rendu topographique des terrains éclaire singulièrement les phénomènes géologiques, qu'il est parfois bien difficile d'expliquer sur place". Il lui faut une carte "topographique exacte et non pas conventionnelle dans le tracé des détails" comme l'est la carte de France au 80 000^e (cf. notice n° 120) qu'il utilisa néanmoins. Il travailla de 1868 à 1875 avec une planchette sur laquelle était fixée solidement et parallèlement une lunette, ce qui lui permettait de dessiner les objets éloignés. Il s'aida des cartes existantes et des photographies de Civiale et Bisson (cf. notices n° 76-77).

L'éclairage de la carte est celui que donne le soleil à onze heures du matin environ, en juillet et août. Viollet-Le-Duc ne corrigea pas les positions erronées des points qu'il recopia, mais il rendit avec plus de vérité la configuration générale du massif. Carte en huit couleurs.



Répertoire des Annonceurs

AERIAL	34
AGA	34-35
BLANCHET-LOCATOP	2
COMPAGNIE GÉNÉRALE DE PHYSIQUE	50
ETS GUIZOU	35
LART	45
SLOM	1
THORMANN	25
TOPOCENTER	IV cv
WILD	II CV et 47

Les exposés en français au Congrès de la FIG à Sofia (1983)

Commission 1 : pratique professionnelle

101.1 - Possibilités de coopération entre les géomètres-experts libéraux et d'autres professions libérales - Tassou (FR).

101.3 - Nécessité de coopération des géomètres avec des professions techniques en Tchécoslovaquie - Bartovic (CS).

103.2 - Le rôle du Géomètre dans l'interprétation des images satellitaires Ciolkosz/Ney (PL).

103.3 - Compatibilité de la fonction de Géomètre-Expert avec d'autres fonctions - Bender (US).

103.5 - Effets des décisions du Géomètre sur la croissance et la planification d'une communauté - Carpenter (US).

105.1 - Le Géomètre-Expert dans l'aménagement de la ville nouvelle de Cergy-Pontoise - Garreau (FR).

105.2 - Le Géomètre : homme de génie faisant partie intégrante d'une équipe de spécialistes - Saint-Pierre (CA).

105.4 - Le Géomètre-Expert et l'Agriculture - Buryan (CS).

Commission 2 : formation professionnelle

201.2 - Intensification du processus de l'instruction et de l'éducation - Botcharova (BG).

Commission 3 : systèmes d'information du territoire

304.2 - La Centrale de Données Urbaines de la communauté de Lille - Dubuissez (FR).

305.1 - Contraintes exercées par les structures sur la réalisation de systèmes d'information du territoire (SIT) modernes - Chevallier/Golay (CH).

Commission 4 : levés hydrographiques

402.4 - Recherches concernant l'utilisation des photographies aériennes dans l'aménagement des bassins hydrographiques torrentiels - Russu/Bos/Kiss/Chitea (RO).

405.2 - Les levés photobathymétriques et les restitués analytiques - Bonnot (FR).

406.2 - L'imagerie du fond avec divers types de sondeurs - Le Gouic (FR).

407.3 - L'exploitation hydrographique des photographies aériennes prises à partir d'un aéronef localisé par procédé radioélectrique - Souquière (FR).

Commission 5 : instruments et méthodes

502.4 - Concept pour un système cybernétique topographique - Jalba (JO).

503.2 - Instruments électronique de mesure de distances à deux longueurs d'ondes - Gervaise (FR).

506.7 - Le paquet de programme de calcul et de dessin automatique pour les levés terrestres utilisés à l'élaboration des projets, à l'exécution et à la surveillance des ouvrages d'améliorations foncière - Schiau/Negu/Roman/Nasca/Corban/Popescu/Korbl/Savulescu (RO).

507.3 - Procédé technologique topographique partiellement cybernétique - Jalba (RO).

507.4 - Considération sur la réalisation d'un micro réseau spatial de traçage-montage - Ursea/Dragomir/Mihailescu/Popescu - (RO).

508.3 - Essais de nivellement indirect de précision motorisé (Nipremo) - Kasser (FR).

508.5 - Étude sur la compensation des réseaux d'angles verticaux - Gergov/Trencov (BG).

508.7 - Recherches concernant l'utilisation des photographies panchromatiques et fausses couleurs à petites échelles dans l'économie foncière - Rusu/Bos/Kiss/Chitea (RO).

508.8 - Certains résultats concernant l'utilisation de la télédétection dans l'économie forestière - Rusu/Bos/Kiss/Chitea - (RO).

509.1 - Compensation des réseaux géodésiques pour la détermination des déformations des constructions - Ziatanov (BG).

510.2 - L'élaboration automatisée d'un projet de profil en long des rues des localités peuplées - Chemishirov (BG).

510.8 - Quelques préoccupations liées à l'automatisation du lever et de l'élaboration des plans pour la municipalité de Bucarest - Berevoianu/Fomov/Suteu/Nedelovici/Georgescu/Nita (RO).

511.6 - Normalisation coordonnée des photos cosmiques en projection cartographique choisie - Daskalova (BG).

513.3 - Sur quelques aspects actuels de la compensation des réseaux géodésiques et gravimétriques - Traistaru (RO).

Commission 6 : levés de génie civil.

602.4 - Système de laser pour le traçage de grands travaux de construction - Tchechankov (BG).

Commission 7 : cadastre et aménagement rural

703.1 - Le développement intégral rural dans quelques pays d'Europe Occidentale - De Leeuw (BE).

703.4 - Le répertoire de la valeur des terres pour les transactions et les aménagements agricoles - Mison (FR).

704.2 - Pour une meilleure prise en compte du milieu naturel dans les opérations d'aménagement

foncier : les études d'impact de remembrement - Fontaine/Roussat (FR).

704.6 - Restructuration foncière des unités agricoles du secteur étatique, Algérie - M'Hamed (DZ).

705.3 - Remaniement du cadastre en zone suburbaine, technique et organisation - Fontaine/Roussat (FR).

705.4 - L'établissement du cadastre urbain en Algérie - Aloui (DZ).

707.2 - L'ingénieur géomètre suisse et l'aménagement du territoire - Peitrequin (CH).

707.3 - Le remembrement-aménagement doit être l'œuvre conjointe du géomètre rural et de l'urbaniste - Gastaldi (FR).

707.6 - Carte départementale des terres agricoles ; expérience de Vimoutiers (Orne) - Parker/Darnaud (FR).

710.1 - Cadastre des propriétés foncières rurales en RP de Bulgarie - Petrov (BG).

710.2 - Aménagement du territoire des plantes vivaces en RP de Bulgarie - Kolev (BG).

710.5 - L'aménagement foncier et la spécialisation et concentration de la production agricole - Nenov (BG).

Commission 8 : régimes fonciers urbains, urbanisme et développement régional

801.2 - L'urbanisation, l'édification des agglomérations et les tâches des géomètres - Netov (BG).

803.3 - La reconquête des centres villes - Acquier (FR).

803.4 - Planification à long terme pour la protection de l'environnement et le rétablissement de l'équilibre territorial en fonction des besoins de logement et de l'amélioration de la qualité de la vie, compte tenu des tendances incertaines du développement de la production - Guarnaschelli (IT).

808.2 - Urbanisation des localités et des zones historiques et conservation de leur aspect individuel - Dimitrova/Dinkov (BG).

Commission 9 : évaluation et gestion foncière

901.6 - Acquisition de terrains par l'État et les collectivités locales en France - Mouterde (FR).

903.2 - Les problèmes de l'évaluation de la qualité du sol, comme base de son utilisation rationnelle en Roumanie - Georgescu/Mateescu (RO).

904.5 - Valeur d'achalandage dans les entreprises commerciales - Massaglia (IT).

905.4 - L'actualité du système d'estimation au Japon - Ogata (JP).

Il y a eu 340 exposés, les autres sont en Anglais et en Allemand ; au lecteur de faire ses statistiques.

XV^e Congrès de la société internationale de photogrammétrie et de télédétection (ISPRS) à Rio de Janeiro

Le XV^e Congrès de l'ISPRS fut inauguré le dimanche 17 juin par le Président de la République, M. Joao Figueiredo, qui était aussi le Président d'Honneur du Congrès. Cette présence marquait bien la place que le Brésil accorde aux problèmes de cartographie et l'importance qu'il attachait au choix de Rio comme siège du Congrès. Dans ce pays gigantes-

que, où de vastes régions sont encore à explorer, la part est belle pour les méthodes cartographiques les plus avancées : photogrammétrie aérienne bien sûr, mais aussi utilisation des satellites, des radars aéroportés, et de toutes les techniques de la télédétection. Les compagnies brésiliennes de topographie sont nombreuses et puissamment équipées en

moyens lourds d'informatique et de photogrammétrie. Sept d'entre elles étaient présentes à l'exposition de matériel, ainsi que huit organismes officiels.

L'exposition, également inaugurée par le Président de la République, rassemblait 28 fabricants de matériels, dont deux français, Matra-Optique et Spot-Image. En outre de nombreux pays présentaient des travaux sur des stands réservés à cet effet. On remarquait particulièrement sur le stand français les réalisations de l'IGN, du Service du Cadastre, et du Service de l'Inventaire des Monuments Historiques.

Chez les constructeurs l'emprise de l'informatique s'accroissait : la plupart des appareils de photogrammétrie étaient soit des appareils analytiques, soit des appareils analogiques à restitution assistée par ordinateur, formule économique et élégante pour rajeunir un parc existant.

Malgré l'éloignement et les difficultés économiques plus de 1 500 congressistes participaient au Congrès de Rio dont 40 français. L'AFT était largement — et brillamment — présente dans la délégation française grâce à 8 de ses membres

Vous attendez sans doute quelque chaude description des soirées brésiliennes. Sachez qu'elles furent avant tout pédagogiques. Une première soirée à l'URCA, théâtre de plein air sur les flancs du Pain de Sucre, permit aux congressistes de s'initier aux instruments de musique régionaux, le tambarim, l'agogo, le pandeiro, le reco-reco, le surdo, le cuica, puis après une magnifique présentation de l'École de Samba "Beija-Flor", de s'essayer avec les mulatas de cet ensemble à quelques pas de samba. Ces travaux pratiques n'étaient pas inutiles, car à l'occasion du dîner donné par les exposants au siège du Yacht Club, c'est toute l'assistance qui fut entraînée dans une gigantesque samba dans la meilleure tradition carnavalesque brésilienne.

Et le Congrès scientifique ? me direz-vous. Eh bien, nous laisserons à nos collègues de la SFPT le soin de vous rapporter les nombreuses et intéressantes communications qui y ont été présentées.

J. P.



M. Placidino Machado Fagundes, Directeur du Congrès dans le plein exercice de ses fonctions à la soirée des exposants.

UN PEU DE GÉOGRAPHIE

LISTE DES CODES PAYS Norme ISO 3166

AF	Afghanistan
ZA	Afrique du Sud
AL	Albanie
DZ	Algérie
DD	République Démocratique Allemande
DE	République Fédérale d'Allemagne
AD	Andorre
AO	Angola
AQ	Antarctique
AG	Antigua
AN	Antilles Hollandaises
SA	Arabie Saoudite
AR	Argentine
AU	Australie
AT	Autriche
BS	Bahamas
BH	Bahrein
BD	Bangladesh
BB	Barbade
BE	Belgique
BZ	Bélize
BJ	Bénin
BM	Bermudes
BY	Biélorussie
BU	Birmanie
BO	Bolivie
BW	Bostswana
BT	Boutan
BR	Brésil
BN	Brunei
BG	Bulgarie
BI	Burundi
CM	Cameroun
CA	Canada
CT	Iles Canton et Enderbury
CV	Cap Vert
KY	Iles Cayman
CF	République de Centre Afrique
CL	Chili
CN	Chine
CX	Iles Christmas
CY	Chypre
CC	Iles Cocos
CO	Colombie
KM	Comores
CG	Congo
CK	Iles Cook
KR	République de Corée
KP	République Démocratique Populaire de Corée
CR	Costa-Rica
CI	Côte-d'Ivoire
CU	Cuba
DK	Danemark
DJ	Djibouti
DM	Dominique
DO	République Dominicaine
NQ	Droning Maud Land
EG	Egypte
AE	Emirats Arabes
ES	Espagne
EC	Equateur
US	Etats-Unis
ET	Ethiopie
FK	Iles Falkland (Malouines)
FO	Iles Faro
FJ	Fidji
FI	Finlande
FR	France
GA	Gabon
GM	Gambie

GH	Ghana
GI	Gibraltar
GR	Grèce
GD	Grenade
GL	Groenland
GP	Guadeloupe
GU	Guam
GT	Guatemala
GN	Guinée
GW	Guinée-Bissau
GQ	Guinée Equatoriale
GF	Guinée Française
GY	Guyane
HT	Haïti
HM	Iles Heard et Mc Donald
HN	Honduras
HK	Hong-Kong
HU	Hongrie
IN	Inde
ID	Indonésie
IR	Iran
IQ	Irak
IE	Irlande
IS	Islande
IL	Israël
IT	Italie
JM	Jamaïque
JP	Japon
JT	Iles Johnston
JO	Jordanie
KH	République Populaire du Kamputchea
KE	Kenya
KI	Kiribati
KW	Koweït
LA	République Démocratique Populaire du Laos
LS	Lesotho
LB	Liban
LR	Libéria
LY	Libyan Arab Jamahiriya
LI	Liechtenstein
LU	Luxembourg
MO	Macao
MG	Madagascar
MY	Malaisie
MW	Malawi
MV	Maldives
ML	Mali
MT	Malte
MA	Maroc
MQ	Martinique
MU	Maurice
MR	Mauritanie
MX	Mexique
MI	Iles Midway
MC	Monaco
MN	Mongolie
MS	Montserrat
MZ	Mozambique
NA	Namibie
NR	Nauru
NP	Népal
NT	Région Neutre (Arabie Saoudite, Irak)
NI	Nicaragua
NE	Niger
NG	Nigéria
NU	Niue
NF	Ile Norfolk
NO	Norvège
NC	Nouvelle Calédonie
PG	Nouvelle Guinée (Papua)
NZ	Nouvelle Zélande
OM	Oman
UG	Ouganda
PC	Iles du Pacifique
PU	Diverses îles du Pacifique appartenant aux Etats-Unis
PK	Pakistan

PA	Panama
PZ	Région du Canal de Panama
PY	Paraguay
NL	Pays-Bas
PE	Pérou
PH	Philippines
PN	Ile Pitcairn
PL	Pologne
PF	Polynésie Française
PR	Porto-Rico
PT	Portugal
QA	Qatar
RE	Réunion
RO	Roumanie
GB	Royaume-Uni
RW	Ruanda
EH	Sahara de l'Ouest
SH	Ste-Hélène
KN	St. Kitts-Nevis-Anquilla
LC	Ste-Lucie
SM	Saint-Marin
PM	St-Pierre-et-Miquelon
VC	St-Vincent-et-Grenadines
SV	Le Salvador
WS	Samoa
AS	Samoa Americain
ST	Sao Tome et Principe
SN	Sénégal
SC	Seychelles
SL	Sierra-Leone
SG	Singapour
SB	Iles Solomon
SO	Somalie
SD	Soudan
LK	Sri Lanka
SJ	Iles Suabard et Jan Mayen
SE	Suède
CH	Suisse
SR	Surinam
SZ	Swaziland
SY	République Arabe de Syrie
TW	Taiwan
TZ	Tanzanie
TD	Tchad
CS	Tchécoslovaquie
IO	Territoire Britannique de l'Océan Indien
TH	Thaïlande
TP	Timor Est
TG	Togo
TK	Tokelau
TO	Tonga
TT	Trinité et Tobago
TN	Tunisie
TC	Iles turques et Caicos
TR	Turquie
TV	Tuvalu
UA	Ukraine
SU	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
UY	Uruguay
VU	Vanuatu
VA	Etat du Vatican
VE	Vénézuëla
VN	Viet Nam
VI	Iles Vierges
VG	Iles Vierges Britanniques
HV	Haute-Volta
WK	Ile Wake
WF	Iles Wallis et Futuna
YE	Yemen
YD	Démocratie du Yemen
YU	Yougoslavie
ZR	Zaire
ZM	Zambie
ZW	Zimbabwe

Y voir plus clair ?

Par J. CRUSET
Ingénieur géographe général

ABSTRACT

Physiological optics encountered a lot of obstacles and will go on so, what is sound for the future of this science. Those impediments were and are due to preconceived ideas, too limited experiments, in sufficient knowledge of the vision mechanism, too rare cooperation between differently educated researchers : ophthalmologists, biophysicists, engineers, physiologists, psychologists,... Such causes particularly apply to binocular vision that too many scientists, however interested with various aspects of physiological optics, neglected through the ages and even now.

Avant-propos

Y voir plus clair ? C'est pour moi l'occasion de réfléchir à certains aspects de la vision qui ne paraissent pas sans lien avec l'exercice de la cartographie, au sens large que lui donne l'UNESCO. Je laisserai délibérément de côté la perception des couleurs qui pose davantage problème aux photo-interprètes et aux cartographes stricto sensu qu'aux photogrammètres.

D'OÙ VIENNENT LES DIFFICULTÉS ?

Incontestablement, en premier lieu, de ce que les problèmes de la vision qui touchent à des domaines très divers de la science, ne sont pas faciles et ne réunissent que trop rarement des chercheurs de formation et de spécialisation suffisamment diversifiées. C'est ainsi que l'ingénieur, voire le physicien, exemple qui vous est le plus familier, concentrera son attention sur l'oeil organe, instrument formateur d'images. Négligeant le rôle fondamental de la transmission des informations au cerveau, sous forme d'impulsions provoquées par l'irritation des terminaisons du nerf optique par les produits de photodécomposition de la rhodopsine, et celui de l'inter-

prétation cérébrale aidée de l'expérience acquise, il se cantonnera dans l'optique géométrique et la comparaison avec l'instrument d'optique (notamment avec l'objectif photographique, non pleinement justifiée), tout comme, traitant de la vision binoculaire, il n'y verra que géométrie et schéma traditionnel de la triangulation. Il lui arrivera même, en dépit de sa compétence, de se montrer injuste envers l'oeil organe, premier chaînon dans le mécanisme de la vision. Helmholtz n'a-t-il pas déclaré : "Si un opticien m'avait livré un instrument d'optique aussi mal fait que l'oeil, je me serais considéré en droit de le refuser en me servant d'expressions assez sévères ?" Le "Handbuch des Physiologischen Optik" a trop apporté en son temps et demeure trop agréablement actuel pour qu'on voie là autre chose qu'une boutade de la part de son auteur.

Le physiologue, le physicien, l'ophtalmologiste, le neurologue, le psychologue, l'ingénieur créateur ou usager d'instruments visuels ont leur mot à dire et ils le disent, mais ils ne se concertent guère, faute d'esprit d'équipe sans doute, mais aussi parce qu'ils ne parlent pas le même langage. Le mécanisme de la vision est cependant de mieux en mieux connu. L'intervention du cerveau ne se limite pas au décodage des signaux transmis par le nerf optique depuis une "image" codée au niveau de la rétine. Les mouvements incessants, volontaires ou involontaires de l'oeil ne permettent pas de parler véritablement "d'image rétinienne", comme en figuraient ces belles bougies renversées des livres de "leçon de choses" de notre enfance. L'éducation ou, peut-être mieux dit, la force de l'habitude, joue un rôle fondamental qui contrarie parfois la seule géométrie.

Les exemples de telles réactions antagonistes abondent. On les trouve nombreux dans les fameuses "illusions d'optique" : pour la plupart d'entre elles il y a une véritable provocation à l'erreur de la part de qui les propose. Ce n'est pas vraiment le cas de tests bien connus tels que les segments de Lyster-Muller, que des dessins de dièdres, saillant ou ren-

trant selon le cas, peuvent expliquer (Fig. 1), tels encore que l'escalier vu de dessus ou de dessous (Fig. 2), que les arcs de cercles de même rayon, mais de longueurs différentes (Fig. 3) ou que la sensation

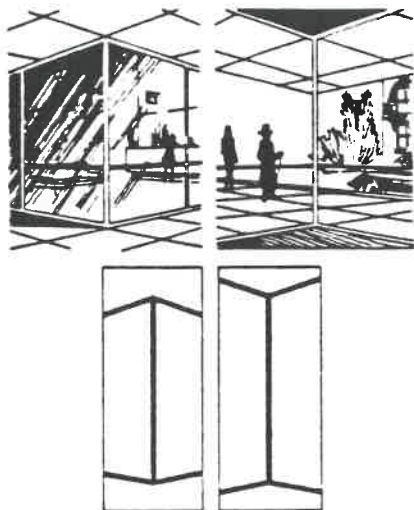


Fig.1

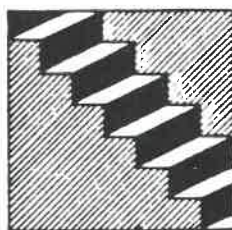


Fig.2

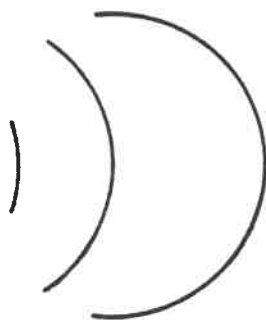


Fig.3

de plus ou moins grand diamètre apparent présenté par un objet se détachant sur un fond uniforme selon l'étendue de ce dernier (lune voisine du zénith ou basse sur l'horizon et, autre exemple, cité par le Général Hurault, celui d'une loupe rejetant à l'infini l'image d'un objet occupant la partie centrale du champ et dont la tête de l'observateur s'éloigne peu à peu : le diamètre apparent du contour de la loupe diminue, celui de l'image ne change pas et l'objet examiné semble grossir progressivement.

Citons encore la projection sur un écran de télévision d'un objet n'occupant pas tout le champ (tableau, timbre-poste, carte à jouer, sigle de la chaîne, etc) se détachant sur un fond uniforme et dont on fait varier les dimensions au moyens d'un zoom : l'œil accommode à une distance déterminée, celle de l'écran,

tandis que, selon que les dimensions de l'objet vont en diminuant ou en croissant, on éprouve la sensation d'un éloignement ou d'un rapprochement de cet objet.

En revanche, il y a incitation à interprétation erronée dans des cas tels que : celui de la Fig. 4, où des

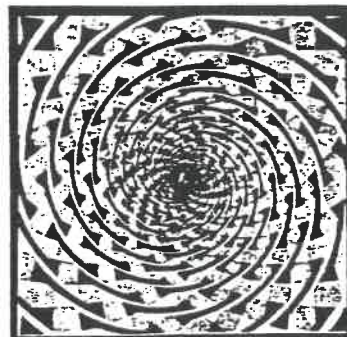


Fig.4

zones courbes transversales à des cercles concentriques provoquent une sensation de spirale, alors qu'une fraction isolée de ce dessin (Fig. 5) n'engen-



Fig.5

dre pas la même impression, celui des petites ellipses à la partie supérieure de la Fig. 6, entraînant une sensation de tubes parallèles et donc de volume alors qu'il s'agit d'un dessin à deux dimensions, sensation qui disparaît à peu près totalement si on cache la partie supérieure de la figure.

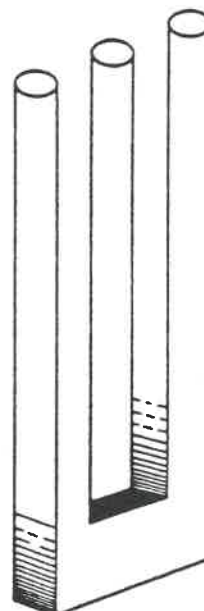


Fig.6

On connaît quantité d'exemples relatifs au sens des profondeurs. Commençons par citer Léonard de Vinci :

"La peinture, quoique conduite avec le plus grand art et portée à la dernière perfection (sic : mais ne chicanons pas Léonard sur ce point, son œuvre l'autorise à s'exprimer ainsi), tant par rapport aux traits qu'aux jours, aux ombres et aux couleurs ne saurait jamais donner un relief égal à celui des corps naturels, à moins qu'on ne la regarde à une certaine distance et avec un œil seulement."

et beaucoup plus près de nous :

- la mobilité apparente de l'index de pointé stéréoscopique par rapport au modèle (on ne déplace pas le terrain comme cela, vis-à-vis d'un tout petit point : on n'a jamais connu que le clown musicien, Grock pour faire avancer son lourd piano à queue au devant de son tabouret, demeuré en place !) ;

- l'examen pseudoscopique d'un visage vu de face, qui n'a jamais abouti à la cruauté mentale qui eût repoussé le nez à l'intérieur de la tête ;

- l'expérience du trapèze tournant d'un mouvement uniforme autour d'un axe vertical (Fig. 7) présentée

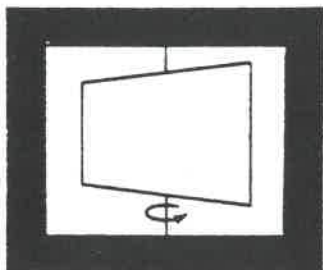


Fig. 7

au congrès de photogrammétrie de 1952 par le U.S. Hydrographic Office et donnant l'illusion d'un rectangle oscillant d'un mouvement de va-et-vient, la base du trapèze la plus grande figurant le côté du rectangle le plus avancé vers l'observateur ;

- la vision au travers d'une lunette monoculaire de fort grossissement G donnant, bien sûr et c'est là le but recherché, la sensation d'un rapprochement G fois, mais aussi celle d'un aplatissement G fois dans la mesure où on a quelque idée de la profondeur des objets examinés (il y a déjà là, réaction du cerveau), et aussi d'une dilatation des plans d'autant plus sensible qu'ils sont plus éloignés, seconde réaction du cerveau.

Mentionnons aussi, comme génératrice d'erreurs, l'influence d'idées préconçues, d'expériences trop limitées, de raisonnements apparemment irréprochables faisant par trop fi de l'expérimentation, de conclusions hâtives, qu'il s'agisse de vision monoculaire ou de vision binoculaire. Ainsi en va-t-il de :

- la fameuse controverse qui, pendant des siècles, concerna le renversement ou non des images rétiniennes. On sait qu'elle trouva sa conclusion radicale à la fin du siècle dernier avec l'expérience infligée à un patient obligé au port, pendant plusieurs jours consécutifs, d'un casque soutenant de petites jumelles renversant les images : le sujet vit d'abord le monde à l'envers, puis le cerveau réagissant grâce à

l'expérience acquise, il revit le monde à l'endroit. Quand au bout d'une semaine, on libéra le patient de cet appareillage, il fut un temps où il vit le monde à l'envers, avant de recouvrer une vision normale ; bien avant et peu heureusement, Léonard de Vinci, avait non moins radicalement tranché la question, d'une manière par trop "intellectuelle" : il imagina (Fig. 8)

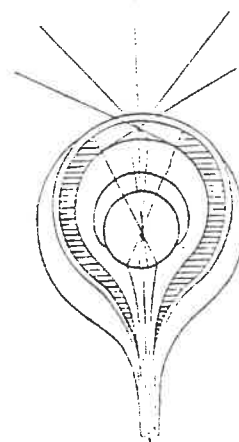


Fig. 8

une première convergence des rayons entrés dans l'œil, au centre de la pupille, permettant au cristallin de redresser les images. Je ne résiste pas au plaisir de

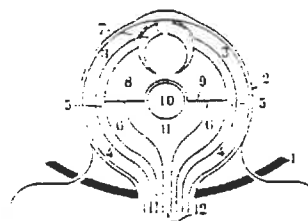


Fig. 9

montrer (Fig. 9) une autre coupe de l'œil, bien antérieure à la Renaissance italienne, due à Hussain ibn Ishak, savant arabe du IX^e siècle : on ne peut nier que ce schéma, le premier publié, subit l'influence perturbatrice de l'art arabe ;

- la disposition des ombres et, comme je l'ai entendu dire un jour, cette lumière "qui vient de la gauche, comme nous l'ont enseigné les architectes". La lumière naturelle nous vient d'en haut, comme l'a voulu "le grand architecte de l'Univers", plus ou moins diffusée par l'atmosphère. On veille donc - chacun sait cela - à observer l'épreuve positive d'une photographie aérienne isolée, prise dans l'hémisphère nord, en plaçant le plus loin de soi, ou vers le haut (affichage sur un mur), la direction approximative du nord ;

- l'appel à la diffraction pour expliquer les "liserés colorés" formés sur la rétine d'un œil contraint à accommoder à une distance rigoureusement fixe, alors qu'elle n'a rien à y voir : le simple chromatisme du dioptré équivalant à l'œil dans cet état d'accommodation eût suffi à expliquer les choses ; on sait que l'utilisation d'un objectif "hyperchromatique" spécia-

lement construit et de plaques autochromes Lumière permit au dr. Polack et à l'opticien Florian, de mettre en évidence de tels liserés dans des photographies ayant donné, selon les témoins, une sensation de profondeur accrue ;

— la prétendue accommodation de l'œil, examinant, se détachant sur un fond de préférence sombre, une source de lumière blanche, sur le vert-jaune, soutenue par des savants de la qualité de d'Alembert (pour se tenir à égale distance du violet et du rouge) et même Helmholtz (parce que le jaune-vert correspond à la sensibilité maximale de l'œil en vision photopique), alors que cette accommodation se fait sur l'orangé, ce qu'avaient pressenti Newton et affirmé Young ;

— l'astigmatisme prêté au Greco, sous prétexte qu'il allongeait les silhouettes humaines, comme ce fut le cas de celles qu'offrirent les catalogues de modes des années 25, du moins en France et probablement ailleurs : astigmatisme avec un y dans un hebdomadaire parisien à grande diffusion (cela fait plus scientifique !), mais aussi, bien que avec un i, signalé dans un traité d'optique physiologique anglais : que dire, alors, de l'allongement de la silhouette horizontale du comte d'Orgas, lors de sa mise en terre ? Plus simplement, un simple calcul eût montré qu'un astigmatisme oculaire considérable du peintre n'aurait allongé sa vision des êtres se tenant debout que d'un très petit nombre de centimètres ;

— la loi dite de Bouguer-Masson, selon laquelle le seuil de sensibilité de l'œil à la différenciation de la luminance de deux objets voisins homochromes est de 1 % : cela n'est exact que dans un intervalle restreint de luminances encadrant le sommet de la courbe représentée par le Fig. 10. Expériences trop

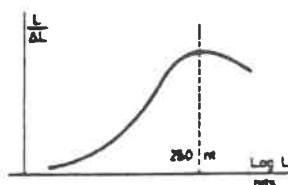


Fig. 10

limitées, elles aussi, bien que traitant du même objet, que celles qui ont conduit à non moins de trois lois pour lier le seuil absolu I_0 de luminance perceptible en vision scotopique au diamètre apparent $\text{tg } \alpha$ de la plage faiblement éclairée que l'on cherche tout juste à distinguer d'un environnement parfaitement obscur (Fig. 11), selon la partie de la courbe $\log I_0 = f(\log \text{tg } \alpha)$

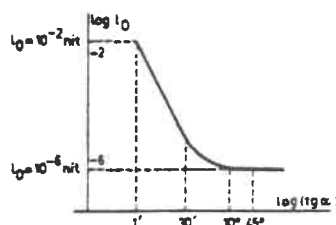


Fig. 11

$\text{tg } \alpha$) effectivement utilisée par les uns ou les autres au cours d'expériences trop restreintes, soit, de gauche à droite :

- loi de Ricco $I_0 \cdot \text{tg}^2 \alpha = c^{\text{te}}$
- loi de Piper $I_0 \cdot \text{tg } \alpha = c^{\text{te}}$
- loi... sans nom $I_0 = c^{\text{te}}$

— ou encore, des conclusions bien risquées sur les bleus plus clairs ou les rouges les jouxtant, plus sombres que ne l'aurait voulu l'effet recherché, qu'auraient utilisés les grands peintres qui décorèrent les immenses réfectoires des couvents italiens : le chromatisme de l'œil, diffusant le bleu sur la rétine - c'est vrai - assombrir les bleus à distance et exalte les rouges par l'apport du débordement des bleus. C'est également vrai. Mais est-il bien raisonnable d'en conclure sur ce que furent les peintures couchées sur les murs, il y a des siècles, et ayant plus ou moins subi l'outrage des ans, témoin la Cène de Léonard à Santa Maria delle Grazie ? ;

— et, dans le domaine qui nous intéresse le plus ici et dont on me pardonnera de m'être parfois écarté, du schéma de Wheatstone, inventeur du stéréoscope (si ce n'est Brewster, dont on sait qu'il n'eut guère de succès auprès d'eux lorsqu'il présenta son instrument aux vénérables membres de la Royal Society dont beaucoup avaient perdu la vision binoculaire pour autant qu'ils l'eussent jamais eue), schéma (Fig. 12) rappelé par notre collègue C.A.J. von Frijtag Drabbe, lors du congrès de photogrammétrie de 1952.



Fig. 12

APPRECIATION DE LA TROISIÈME DIMENSION ET VISION BINOCULAIRE

Je n'ai guère insisté et n'insisterai guère sur des sensations de relief en vision monoculaire, sensations qui ne sont en rien une appréciation susceptible de mesures et qui sont d'ailleurs fréquemment erronées.

Les recherches, en matière de vision binoculaire, sont trop rares : c'est au point que nombre de médecins se comportent comme si l'homme possédait deux fois un œil et ne s'arrêtent pas assez aux deux yeux fonctionnant de conserve. Que de fois ai-je rencontré, dans des jurys de concours d'accès à l'IGN des médecins recommandant à des jeunes gens présentant des amétropies axiales très différentes d'un œil à l'autre et jusqu'alors non corrigées le port de verres correcteurs, à juste titre, mais ajoutant, ce qui est plus critiquable : "vous subirez ensuite sans difficulté les tests d'acuité visuelle binoculaire", véritable

passerport pour Saint-Mandé exigé à l'époque par le Directeur Louis Hurault. Eh bien ! cette assertion est presque entièrement fausse : les verres correcteurs par trop différents modifient inégalement d'un œil à l'autre les dimensions des images rétinienne et, ce qui est plus grave, l'amplitude des rotations, de sorte que le fusionnement continue à se mal faire.

Ces problèmes de la vision binoculaire sont donc trop ignorés (mon ami Yves Le Grand, qui est un maître en optique physiologique, me fournira l'une des conclusions à ce papier) et pourtant il leur arrive de bénéficier de concours inattendus. Fred Doyle, président de la SIPT connaissant mes faiblesses, me fait chaque année l'amitié de m'offrir les séries de timbres-poste commémoratifs émis dans l'année par le U.S. Postal Service. Et voici que quatre timbres furent consacrés en 1978 aux "chouettes américaines". N'allez pas penser qu'il s'agit là, langage populaire intraduisible dans une autre langue, (1) de "belles Américaines" et c'est peut-être dommage, bien que lesdits timbres soient fort bien venus.

Voici, avec toute la saveur de la langue originale, ce qu'affirme la notice du U.S.P.S. présentant l'émission :

"Wise old owl" is a familiar phrase in our vocabulary and the nocturnal birds have symbolised wisdom for thousands of years. Their large eyes point forward, unlike the eyes of other birds. Like man, they have binocular vision and can watch an object with both eyes at the same time, giving them the "wise" facial expression".

Félicitons-nous de jouir de la vision binoculaire et redevenons sérieux. Seule cette vision permet l'appréciation du relief. C'est à tort qu'on a voulu voir une contradiction dans l'holographie ou encore dans le fait que le photogrammètre sud-africain H. Fourcade, ayant perdu l'usage d'un œil, a pu poursuivre son activité en vision monoculaire, grâce à une méthode de papillotement consistant à projeter sur un petit écran, à fréquence suffisamment élevée, alternativement l'une et l'autre perspectives du couple : par le truchement d'un seul œil, le cerveau reçoit les informations provenant successivement des deux enregistrements de l'espace et les interprète. Ce n'est pas l'idéal, mais c'est acceptable.

On a beaucoup écrit sur la relation physiologique unissant la convergence des lignes de fixation des regards et l'accommodation. Certains ont pu trouver paradoxal ce conseil : "respectez cette relation physiologique et assouplissez-là". Le constructeur d'une lunette binoculaire, l'usager d'un stéréoscope ayant la liberté de disposer des photographies formant couple comme il l'entend - il est constructeur à sa manière - doivent respecter la relation convergence-accommodation. L'usage des stéréoscopes et des appareils de stéréorestitution veut au contraire qu'on assouplisse une liaison pourtant si

bien entrée dans les réflexes qu'on a constaté que, si l'on masque l'un des yeux d'un patient et qu'on lui demande de regarder successivement de l'autre œil des objets situés dans différentes directions, l'œil caché effectue les mêmes mouvements que s'il pouvait voir la succession des objets effectivement observés par son compère. Notons que l'expérience est beaucoup moins concluante en vision nocturne, ce qui porte un coup à la théorie, trop restrictive à mon sens, des "points correspondants" d'une rétine à l'autre. En vision scotopique, se sont les batteries de bâtonnets desservant une même fibre du nerf optique qui sont en cause et leur étendue ne saurait être assimilée à des "points". Revenons à la relation physiologique. Certains photogrammètres se font gloire de pouvoir examiner des couples sans stéréoscope. Rien d'extraordinaire quand il y a myopie prononcée et à peu près égale pour chacun des deux yeux. Quand il s'agit d'yeux emmétropes, il faut un long entraînement et trop est trop : on a constaté une perte d'acuité stéréoscopique chez les individus ayant abusé de cet exercice.

Autre pilier de l'enseignement de la vision binoculaire appliquée à la stéréophotogrammétrie, le schéma classique de triangulation (Fig. 13) faisant

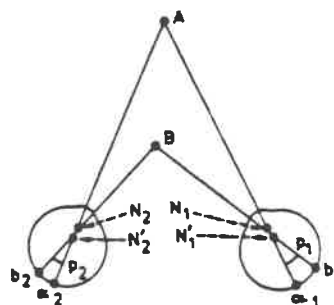


Fig. 13

apparaître les parallaxes d'objets situés à diverses distances par rapport à la base constituée par l'écart interpupillaire et, de là, les parallaxes angulaires stéréoscopiques. C'est très commode, ce n'est pas tout à fait exact physiologiquement et ce n'est pas bien nouveau. Preuve de cette dernière affirmation, le célèbre dessin de l'aveugle de Descartes (Fig. 14).



Fig. 14

(1) The French "chouette" as a name means "owl" and as an adjective "very fine". So do not confuse the American owls with the smart American girls ! Quand les Français parlent de vieille chouette, ce n'est pas particulièrement un compliment.

Tout comme ce veillard infirme, le tout jeune enfant ne paraît pas avoir immédiatement le sens de l'espace. Il s'aide du toucher pour parcourir les formes d'objets mis à sa portée et éduque ainsi son cerveau et par là même, sa vision binoculaire. Tant est vrai le vers du poète William Wordsworth :

"The child is father of the man" (1).

Cette triangulation traditionnelle, matérialisée par la rigidité des bâtons de l'aveugle, est bien trop stricte pour représenter la réalité physiologique. C'est que nos yeux sont animés de très petits mouvements à assez grande fréquence, échappant à notre volonté, le micronystagmus, et évitant de former continuellement l'image des points les plus lumineux de l'espace observé sur les mêmes cônes fovéaux afin d'aider à la régénération de la rhodopsine et peut-être aussi de favoriser la fixation binoculaire sur les différents points de l'espace par l'exploration de leur environnement immédiat, en quelque sorte à la manière du corrélateur d'images du Stéréomat B8. On pourra se faire une idée de ces mouvements de l'œil en examinant la Fig. 15. Elle est relative à un cas

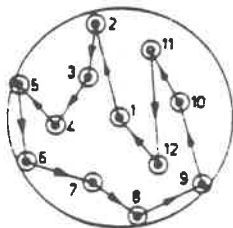


Fig. 15

très particulier, celui de la granulation, propriété psychophysique des images photographiques liée à la structure des images argentiques et aux performances de l'œil humain, étudiée par L.A. Jones (le père des degrés sensitométriques ASA) et G.C. Higgins. Ce cas me paraît pouvoir être étendu, sans trop solliciter les choses, à l'examen de photographies aériennes. Les segments rectilignes représentent les mouvements semi-volontaires de l'œil examinant un champ restreint, les cercles concentriques limitent les zones dans lesquelles les centres de la fovéa se déplace dans diverses directions par rapport à des coordonnées fixes liées au crâne de l'observateur, à grande fréquence et sans qu'il soit fait acte de volonté. Il existe un micronystagmus à relativement basse fréquence et d'amplitude de 4 à 6 minutes, figuré par les plus grands cercles, et un micronystagmus à plus haute fréquence (25 herz), mais d'amplitude moindre (2,4 minutes saxagésimales), représenté par les plus petits cercles. Bien que plus importants que le micronystagmus, et non rigoureusement

(1) Ce vers est extrait d'un poème qui n'est pas sans lien avec l'optique, "The Rainbow" ; l'explication de l'arc-en-ciel, qu'il ne cherche guère à donner - c'est préférable pour une poésie - n'a pas tourmenté, au cours des âges, que le romantique anglais en qui ses confrères ont reconnu très vite l'archétype de la "vision quality", une préfiguration de notre "image quality" !

involontaires, peuvent lui être comparés les mouvements de l'œil que j'ai constatés, en regardant fixement, au prix d'un sérieux acte de volonté, le bouton lumineux d'appel (Fig. 16) de l'ascenseur Westing-

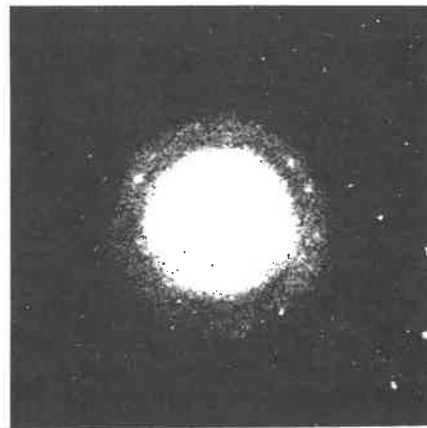


Figure 16

house desservant mon bureau de l'IGN, lors d'attentes que mon directeur, Georges Laclavère, en quête de rentabilité, ne pouvait supporter : il me plantait là, montant quatre à quatre les escaliers. Au bout de quelque trente à soixante secondes, la fatigue oculaire se traduit d'une part par de très petits mouvements oculaires, d'autre part par une perte de sensibilité au rouge des éléments rétinien qui n'ont pas été protégés par l'image du W noir.

Il apparaît alors un W plus lumineux que le fond rouge et mobile au voisinage immédiat de la lettre noire. L'écart de ces deux W donne une idée de l'amplitude des mouvements de l'œil qu'on ne peut maîtriser. Ces mouvements, plus amples que le micronystagmus, s'apparentent davantage à ceux qu'obtint Lord (Fig. 17). Cette figure n'est intéressante

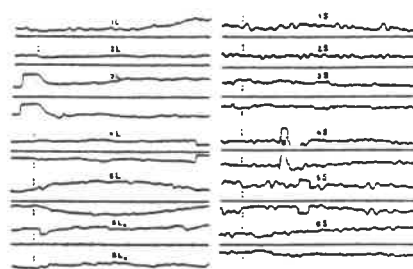


Fig. 17

sante que pour les schémas 3 à 6 L (déplacements binoculaires verticaux, l'œil gauche au-dessus de l'axe des temps - les abscisses sont graduées en 0,2 secondes -, l'œil droit au-dessous) et les schémas 3 à 6 S (déplacements binoculaires latéraux). Les petites flèches représentent une amplitude de 20 minutes. Les conditions de l'expérience ne sont pas celles de Higgins et se rapprochent sans doute davantage de

la vision courante (1). Il est bien connu que, contemplant une scène présentant une certaine profondeur, l'homme se soucie peu d'évaluer les distances elles-mêmes et que la vision du relief est une sensation différentielle. La simple variation de l'écart des deux perspectives d'un stéréogramme parallèlement à la direction de leurs points homologues ne modifie ni la sensation du relief, ni la restitution qu'on peut en effectuer, alors que le schéma classique (Fig. 18)



Figure 18

conduit à des constructions très diverses, plus ou moins étirées ou comprimées, pouvant présenter des points à l'infini ou même des droites homologues convergeant en arrière de la tête de l'observateur ; ce dernier n'en aura pas moins une vision correcte du relief dans les limites où il pourra amener les lignes de fixations de ses yeux à diverger. Cela est évident et archi-connu, mais offre un moyen extrêmement facile d'enseigner les débutants. Je voudrais dire ici quelques mots de l'influence psychique de la distance de l'observateur aux photographies elles-mêmes, en décrivant ce que j'ai éprouvé, et solliciter l'avis, même contradictoire, de collègues.

Un couple de photographies aériennes provoque une hyperstéréoscopie considérable. Elle choque les débutants, puis ils s'y habituent. Or, ces photographies sont placées sous le stéréoscope à portée de la main de l'observateur. Il sait qu'il peut les toucher, comme le tout jeune enfant ou l'aveugle de Descartes, qui met le nez sur un relief tourmenté qu'il estime placé très près de soi (on n'éprouve pas l'impression d'avoir rejeté les images à l'infini) ne s'étonne pas de l'importance du relief apparent. Je voudrais rapprocher cette constatation des sensations qu'il m'est arrivé d'éprouver en expérimentant l'appareil de projection à filtres polarisants que nous avons bricolé dans les ateliers de mécanique de l'IGN. La sensation d'hyperstéréoscopie, sur un écran métallisé placé à quelque 6 mètres, est beaucoup plus grande qu'à l'examen du même couple sous stéréoscope. Un déplacement latéral de l'observateur entraîne les verticales dans la direction de ce déplacement. Un rap-

(1) A propos des déplacements, plus grands évidemment, de l'œil verticalement ou horizontalement, mentionnons la question posée par Armand de Gramont : "les immeubles bordant à Paris l'avenue des Champs-Élysées, supposés rabattus sur le sol, laisseraient-ils un passage libre ou se recouvriraient-ils ?". Il resterait un passage, mais beaucoup de personnes interrogées s'y trompent, car on a tendance à surestimer les hauteurs : les muscles qui orientent les yeux dans les orbites sont beaucoup plus entraînés au déplacements latéraux que verticaux. L'effort, plus grand bien qu'on en soit à peu près inconscient, qu'ils doivent accomplir pour diriger le regard de bas en haut ou de haut en bas est traduit par le cerveau par une sensation exagérée des hauteurs.

prochement vers l'écran de projection augmente les parallaxes angulaires horizontales. La sensation d'hyperstéréoscopie s'accroît, au fur et à mesure que l'écran est plus proche. Puis, assez brutalement lorsque l'écran est à quelque 80 centimètres, un mètre, toute sensation de relief disparaît. J'y vois plusieurs causes : fondamentalement, la fusion binoculaire qui devient de plus en plus difficile, mais aussi, comme le phénomène intervient brusquement, la sensation d'examiner un plan matérialisé par la structure superficielle de l'écran, devenue visible, la mauvaise qualité de la projection examinée de près et aussi le sentiment que le bras tendu permet de toucher l'écran. Je souhaitais plus haut la contradiction, je ne manquerai pas de la provoquer ici.

COULEUR ET RELIEF

L'intervention conjuguée de la couleur et du relief intéresse aussi bien la vision monoculaire que la vision binoculaire, et cela, sous des aspects très divers. Citons :

— la géométrie de la lumière ayant éclairé une scène, particulièrement sensible sur les photographies en couleurs. J'emprunte à l'ouvrage de Ralph

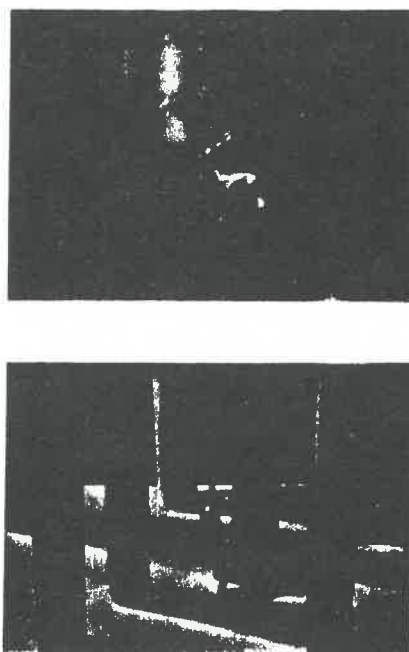


Fig. 19

M. Evans la Fig. 19. La photographie supérieure, éclairée de front en lumière diffuse, provoque une bien moindre sensation de profondeur que la photographie inférieure, prise avec un éclairage latéral en lumière dirigée ; cet exemple, extrêmement probant, n'étonnera pas les photogrammètres qui ont eu à restituer des photographies aériennes prises en zone désertique et dénuée de relief, lorsque le soleil est au zénith et l'atmosphère rendue diffusante par une brume sèche ; des photographies prises lorsque le soleil est bas sur l'horizon, plutôt le matin que le soir, sont bien plus facilement exploitables ;

— le chromatisme de l'œil : ses divers milieux constitutifs, ayant des indices de réfraction plus élevés

pour le bleu que pour le rouge, lui donnent une puissance plus grande pour les basses longueurs d'onde que pour les grandes. Observant un objet présentant du rouge et du bleu bien francs (Fig. 20), l'œil

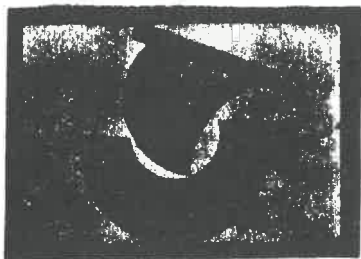


Fig. 20

accommode plus volontiers sur le rouge, plus voisin de l'orangé, comme nous l'avons déjà dit. S'il cherche à voir nettement les contours du bleu, il relâche son accommodation, ce que le cerveau interprète comme un plus grand éloignement. On pourrait penser que la sensation est plus nette en vision monoculaire qu'en vision binoculaire, comme Léonard de Vinci l'avait déjà affirmé. Cependant, dans ce dernier cas, j'ai pu constater que sur 40 sujets soumis à ce test, 35 continueraient à voir le bleu plus éloigné en passant de l'examen monoculaire à l'examen binoculaire, sans se soucier de la planéité de l'objet, 3 voyaient les deux couleurs à même distance, éprouvant sans doute plus que d'autres la sensation d'examiner un plan, 2 avaient tendance à voir le bleu rapproché. Ce dernier cas, peu facile à expliquer en vision monoculaire, à moins qu'intervienne, par exemple, une réaction du cerveau interprétant en différences d'éloignement des différences de luminance auxquelles l'individu examiné serait particulièrement sensible (j'ai pu ainsi constater une particulière sensibilité à de telles différences chez des dichromates), trouve peut-être une explication en vision binoculaire dans un effet conjugué de chromatisme de grandeur de l'imagerie des pupilles physiologiques et de légers excentrement de ces images dues à un centrage, jamais parfait mais pouvant être plus ou moins défectueux, des divers milieux de l'œil, cet effet entraînant des variations chromatiques de la "base" constituée par l'écart interpupillaire, et, par conséquent, des variations de parallaxes selon la couleur. Toujours est-il que pour la très grande majorité des sujets examinés, le chromatisme de l'œil provoque des sensations de profondeur erronées ;

— l'examen de projection anaglyphiques : ou bien on ne corrige pas l'un des yeux par un verre de puissance convenable, et une fatigue progressive provient de ce que les deux yeux n'accommodent pas au même degré (à supposer que la presbytie n'intervienne pas ou que peu, sans quoi l'accommodation ne se produirait pas), ou bien on le corrige, ce qui est bien préférable, la correction, de l'ordre d'à peine une dioptrie, n'ayant qu'une faible influence différentielle sur la rotation des yeux ;

— le peu d'attrait des restituteurs pour l'utilisation de diapositives en couleurs : cela tient peut-être à ce que les contours sont moins bien définis, les contras-

tes moins tranchés qu'avec les clichés achromes. Les couleurs sont généralement assez peu saturées et ne présentent souvent pas de contrastes considérables, ni en luminance, ni en sensation colorée. Leur faible saturation ne permet pas d'expliquer l'attitude des restituteurs par l'intervention d'une diaphragmation maladroite des pupilles par un mauvais écartement donné aux oculaires de l'instrument binoculaire d'observation, phénomène étudié plus loin. Il n'est pas impossible en revanche qu'une photographie achrome, plus loin de l'aspect naturel des choses qu'une photographie en couleurs, donc plus abstraite, donne une impression de graphisme plus proche de l'aspect qu'aura la stéréominute. Et puis, il y a sans doute tout simplement un manque d'habitude à traiter des couples en couleurs et d'enthousiasme à changer quelque chose au travail de routine ;

— le mauvais écartement donné aux axes des oculaires de l'instrument stéréoscopique équipant les appareils de restitution : j'avais discuté avec W.D. Wright de l'influence du chromatisme de l'œil sur la sensation de profondeur (essentiellement en vision monoculaire) et l'appréciation du relief (en vision binoculaire). Il avait attiré mon attention sur la dispersion chromatique des pupilles d'entrée et de sortie de l'œil et suggéré l'emploi d'un bristol percé de deux petits trous placé le plus près possible devant les deux yeux pour constituer des pupilles artificielles de dimensions inférieures à celles que permet la constriction maximale des pupilles naturelles. Quitte à provoquer un peu de diffraction, ce dispositif était de nature à limiter l'influence de la dispersion chromatique des pupilles. Les résultats n'ont pas été bien concluants, car les deux petits trous exerçaient un effet directionnel sur les lignes de fixation des regards. Il m'a paru essentiel de diaphragmer les pupilles naturelles dans leur plan. Pour cela, j'ai fait rechercher parmi les centaines de jumelles 8 X 40 dont dispose l'IGN celles dont le chromatisme était le mieux corrigé. Le test était constitué par une boîte à lumière dont la face antérieure (Fig. 21) présentait des barres parallèles ou des zones circulaires concentriques rouges et bleues se détachant sur un fond très noir. Les objets colorés étaient des filtres Wratten éclairés par transparence.

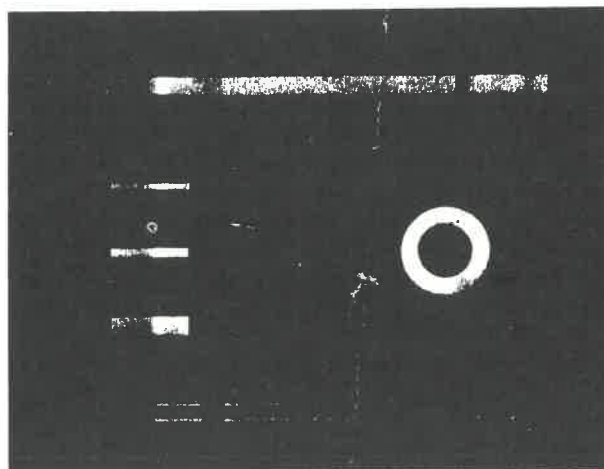


Fig. 21

La salle d'examen était laissée dans l'obscurité. A l'œil nu, on pouvait constater divers phénomènes rencontrés plus haut : mauvais contour apparent des plages bleues, netteté du contour des plages rouges, assombrissement du bleu, exaltation du rouge tendant vers le pourpre, éloignement apparent plus grand du bleu que du rouge. Pour sensible que ce dernier phénomène soit pour la grande majorité des observateurs, il est de faible amplitude. Les gens en seraient probablement inconscients si on ne les interrogeait pas. En revanche, si on observe le test avec des jumelles convenablement mises au point et si on modifie l'écartement de leurs oculaires, on obtient un effet saisissant qui, selon le sens de l'écart par rapport à un réglage correct, fait saillir le bleu vers l'avant, ou au contraire, le rejette en arrière du rouge, la distance de ce dernier paraissant immuable. La Fig. 22 représente les choses au niveau de la rétine.

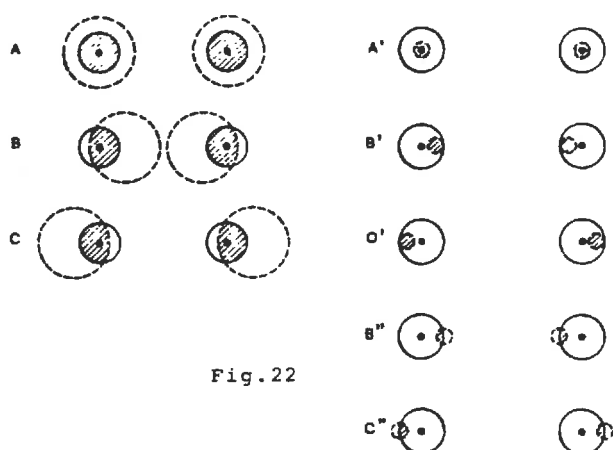


Fig. 22

La partie gauche (lettres non accentuées) suppose que les jumelles ont un grossissement inférieur équipupillaire, la partie droite suppose au contraire un grossissement supérieur au grossissement équipupillaire. Le test ne comportant pas d'orangé, l'œil met au point sur le rouge, de longueur d'onde dominante bien plus voisine que celle du bleu. Le pinceau, issu d'un point objet rouge, converge sur la rétine. Ce point de convergence n'est pas affecté si une partie de la pupille physiologique, occultée par un cercle oculaire, n'est pas utilisée.

Au contraire, du fait du chromatisme de l'œil, plus puissant pour le bleu, l'état d'accommodation de l'œil demeurant inchangé, le point de convergence des rayons d'un pinceau bleu se trouve en avant de la rétine. Celle-ci reçoit un éclaircissement à l'intérieur d'un cercle de diffusion. Si on donne aux oculaires rigoureusement l'écart interpupillaire des yeux, on a les dispositions des Fig. A ou A' (à supposer, ce qui n'était évidemment pas tout à fait le cas de l'expérience, que l'on puisse examiner le rouge et le bleu exactement dans la même direction). Si l'écartement des oculaires est différent de celui des pupilles, on obtient sur la rétine, l'un des autres cas de figure. Le cercle de diffusion du bleu peut être excentré par rapport au point rouge et entièrement conservé (cas des

Fig. B' et C', grossissement supérieur au grossissement équipupillaire et pour une erreur d'écartement des oculaires assez faible). Pour de plus grandes erreurs d'écartement, il peut être réduit à l'aire commune à la projection du cercle oculaire sur la rétine et au cercle de diffusion. Dans ce second cas, la position de l'image rétinienne bleue est déterminée par le barycentre de l'aire ainsi définie. Le cerveau traduit la non-coïncidence du point image rouge et du centre (ou du barycentre) de l'aire finie bleue par une différence de distance. Il n'est que de faire varier rapidement l'écartement des oculaires de la jumelle de part et d'autre de la position moyenne correcte pour rendre le phénomène très spectaculaire : son amplitude peut dépasser, si les pupilles physiologiques sont bien dilatées grâce à l'obscurité de la salle, dix fois le seuil constitué par l'acuité visuelle stéréoscopique.

Arrêtons-nous un instant, à titre d'exemple, au cas de la Fig. B'. Les centres des cercles bleus sont plus près du nez. Cela signifie que, l'image géométrique où convergent les rayons bleus jouant le rôle d'un centre de perspective, les oculaires sont trop écartés. On pourrait en déduire un peu rapidement que la base de triangulation pour examiner le bleu étant plus grande, la parallaxe est plus grande que pour le rouge et que le bleu est vu en avant. On constate le contraire (1). Les images bleues étant plus près du nez que les points rouges sont dans la position des images de points plus éloignés dans le cas de la triangulation classique (Fig. 13) et le bleu est vu plus éloigné sur le rouge.

La conclusion est évidemment inverse pour la Fig. C'. Nous trouvons là une raison (en dehors du risque de fatigue oculaire, génératrice d'une perte d'acuité visuelle stéréoscopique) pour prescrire aux restituteurs de soigner le réglage de l'écartement des oculaires sur les appareils de stéréophotogrammétrie.

Bien que la lumière blanche soit composée de toutes les radiations visibles, ce qui permet au chromatisme de l'œil de se manifester pleinement, je crois que le phénomène décrit ne peut guère avoir d'influence que dans deux cas : la restitution de diapositives aux couleurs très saturées et, ce qui existe sur certains appareils, la substitution en cours de restitution d'un index de pointé et coloré à un index noir.

(1) C'est cette conclusion erronée qu'un lapsus m'a fait commettre dans l'article publié à l'occasion du 75^e anniversaire de L. Berthele. Privé de mes notes dans la retraite provinciale où je me trouvais, j'ai commis une erreur, au contraire de ce que j'avais écrit à bon escient dans le texte de la conférence donnée aux journées internationales de la couleur à Toulouse. Je crois avoir été induit en erreur par l'idée initiale que W.D. Wright et moi avions eue de modifier artificiellement la base de triangulation (elle est effectivement agrandie pour le bleu) ; cette modification s'est révélée sans influence ; ce qui est en jeu, c'est la position relative des images rétinienne rouges et bleues.

LA FATIGUE OCULAIRE DANS SES RAPPORTS AVEC L'EXAMEN STEREOSCOPIQUE

J'ai pu entreprendre en 1970 et en 1971 une expérimentation très poussée de cas de fatigue oculaire grâce au concours du dr. Dubois-Poulsen, du Centre National d'Ophtalmologie des Quinze-Vingts, à Paris. Nous avons réalisé la collaboration d'un chercheur, ophtalmologiste de réputation mondiale et d'un ingénieur, ayant une formation d'opticien et disposant d'une population de 368 reconstituteurs photogrammètres, photo-interprètes et dessinateurs cartographes qui furent tous examinés individuellement aux Quinze-Vingts. Je me contenterai, presque au terme de ces trop longs propos, de quelques réflexions intéressantes plus particulièrement les reconstituteurs. L'anonymat du personnel, parfois inquiet de se voir amené à renoncer à son activité professionnelle, avait été préservé. Voici quelques conclusions de cette enquête :

- il était évident que nous disposions d'un groupe d'individus ayant été sélectionnés et, par la suite, entraînés, donc dont les performances étaient supérieures à celles de la moyenne de leurs contemporains ;

- les employées examinées étaient généralement bien corrigées, quand c'était nécessaire, des amétropies axiales ; en revanche, beaucoup présentaient des amétropies de courbure (astigmatisme) non corrigées et cause de fatigue ;

- comme tout entraînement sportif, la gymnastique à laquelle sont soumis les yeux des reconstituteurs engendre une certaine fatigue ; mais cette pratique maintient assouplis les muscles directeurs des yeux ;

- veiller à ce que la luminance moyenne des clichés placés sur l'appareil de restitution et éclairés par transparence soit sensiblement la même que celle de la minute placée sur le coordinatographe, dans les conditions géométriques où elle est éclairée et observée ;

- éviter que l'éclairage de la table du coordinatographe, venant de fenêtres ou d'éclairage d'ambiance ne se réfléchisse vers les yeux de l'opérateur quand il observe sa stéréominute : un tel éclairage serait gênant pour examiner le tracé sur couche et il n'est pas bon de travailler à contrejour ;

- venant de jour de l'extérieur et entrant dans un atelier de restitution où l'éclairage d'ambiance est nettement plus faible, les reconstituteurs ont leurs pupilles peu dilatées ; ils ont alors tendance à exagérer l'éclairage des clichés et de la stéréominute ; l'adaptation à un plus faible niveau de lumière se faisant peu à peu, notamment par l'ouverture progressive des pupilles, ils auront intérêt à diminuer l'intensité des éclairages dont ils disposent, lorsque cette adaptation aura été obtenue ;

- adopter un niveau d'éclairement de la stéréominute nettement inférieur à celui qui est généralement recommandé pour une table de travail (300 lux) ; 180 lux semble être un maximum ;

- veiller à entourer la couche à tracer d'un panorama de même luminance, voire, de même couleur ; certains ouvriers avaient su prendre des précautions en ce sens en occultant la périphérie de la minute avec les objets qu'ils avaient sous la main ;

- le passage fréquent de l'examen stéréoscopique à l'examen de la table et vice-versa est un facteur de non-fatigue ; en même temps il maintient souples les muscles du corps ciliaire, réglant l'accommodation, et recule l'apparition de la presbytie ; le personnel ne me croyait pas trop quand je le lui disais ; l'autorité professionnelle du dr. Dubois-Poulsen a eu plus de succès auprès d'eux !

- en revanche, si l'écartement des oculaires reproduit bien l'écart interpupillaire des yeux, en vision à axes parallèles, si la mise au point a bien été faite de manière à rejeter les images à l'infini pour des yeux emmétropes, il convient de remarquer que pointant un couple de points homologues et son environnement les regards, parallèles pour examiner ce couple de points, se mettent en convergence pour les points du terrain entourant celui sur lequel se fait le pointé et plus élevés que lui, en divergence, pour ceux qui sont de moindre altitude ; statistiquement, les yeux du reconstituteur ont autant de chances de diverger que de converger ; or dans la vision naturelle, exception faite des strabiques divergents pour lesquelles le message transmis par l'œil le plus faible est d'ailleurs neutralisé par le cerveau, les regards ne se mettent jamais en divergence ; les reconstituteurs éprouvent là une fatigue qui n'est pas saine comme le sont les deux précédemment décrites ; en fait, la balance entre convergence et divergence de ces spécialistes est apparue plus mauvaise que pour la moyenne des individus de même âge ; il y a là une évolution néfaste due à l'exercice de la profession ; le dr. Dubois-Poulsen s'exprime ainsi :

"La divergence apparaît par opposition comme trop élevée par rapport à la normale... La faiblesse devenue chronique de la convergence est hautement génératrice de fatigue, de maux de tête et de douleurs oculaires dès que l'employé est rendu à la vie normale, c'est-à-dire dès qu'il quitte son travail le soir..."

On notera que le risque est beaucoup moins sérieux pour le photo-interprète travaillant au stéréoscope, qui a la liberté de plus ou moins écarter les photographies et de se mettre en vision parallèlement sur les points homologues représentatifs des points du terrain de plus basse altitude.

CONCLUSION

Bien qu'elle n'ait rien d'exhaustif malgré sa longueur, cette étude ne manquera pas de soulever des objections ou de provoquer des questions de ceux qui auront le courage de la lire jusqu'au bout.

Il est certain qu'elle comporte des affirmations contestables. Ces problèmes délicats ont été source d'erreurs venues de spécialistes beaucoup plus qualifiés que son auteur. Alors...

Je souhaite toutefois qu'elle ait attiré l'attention sur des questions méritant de plus amples et de plus profondes recherches, et qu'elle suscite la coopération de spécialistes venus de divers horizons scientifiques. Il reste encore beaucoup à faire dans tous les domaines de l'optique et notamment en optique physiologique. Et pourtant en 1887, Alfred Cornu, professeur à l'Ecole Polytechnique, ne s'étonnait-il pas de voir son jeune élève Charles Fabry lui dire son intention de se consacrer à la recherche en optique : "Mais, mon jeune ami, il reste plus rien à découvrir en ce domaine !". Voici, dans le même esprit, la conclusion d'Yves Le Grand annoncée plus haut et exprimée dans la conférence qu'il donna au "Coloquio sobre problemas opticos de la vision" à Madrid, en 1953 :

"Comme dans beaucoup de domaines de la Science, nous pouvons dire que les progrès ici ont ouvert plus de questions nouvelles qu'ils n'ont clos de vieux problèmes ; nous sommes loin de l'époque où Renan et Berthelot s'inquiétaient ingénument de l'instant où le savant n'aurait plus rien à découvrir, et où l'univers serait parfaitement intelligible à l'homme. Ce but chimérique fuit - heureusement - plus vite que nous ne pouvons courir après lui, et bien des jeunes chercheurs pourront encore se pencher sur ces problèmes passionnants que pose à l'homme l'optique physiologique en général, et l'étude de la vision binoculaire en particulier".

C'était vrai en 1953, ne l'est-ce pas tout autant vingt-six ans plus tard ?

REFERENCES

Ouvrages

LE GRAND Yves : "Optique physiologique - 3 tomes : I : La dioptrique de l'œil et sa correction, (1946) ; II : Lumière et couleurs, (1948) ; III : L'espace visuel, (1956)" - éditions de la "Revue d'optique" Paris.

HURAUULT Gen. Louis : "L'examen stéréoscopique des photographies aériennes" - Publications techniques de l'Institut Géographique National, 1960.

CRUSET Jean : "Optique appliquée et photographie" - Publications techniques de l'Institut Géographique National, 1957.

EVANS Ralph M. : "An Introduction to Color" - John Wiley & Sons, Inc., New York, 1948.

Articles

Von FRIJTAG DRABBE C.A.J. : "Some New Aspects in Stéréoscopic Vision" - Photogrammetria, 1951-1952.

RAASVELDT H.C. : "The stéréomodel, How it is Formed and Deformed" - Phot. Eng., 1956:

RABBEN E.L. : "The Eyes have it" - Phot. Eng., 1955

WRIGHT W.D. : "Stéréoscopic Vision Applied to Photogrammetry" - Phot. Record, 1954.

DUBOIS-POULSEN et CRUSET J. : "Enquête et réflexions sur la fatigue oculaire éprouvée par certains personnels de l'IGN" - Bull. IGN, n° 22, 1973.

CRUSET J. : "Influence du chromatisme de l'œil sur la perception du relief en vision binoculaire" - Journées Internationales de la couleur - Toulouse, 1958.

CRUSET J. : "Quelques propriétés de l'optique photographique et de l'œil humain, résultant de certains aspects de la diaphragmation des faisceaux lumineux et susceptibles d'influer sur la mesure de l'image en photogrammétrie" - Festschrift dr. Berteles, zu seinem 75. Geburtstag, Wild Heerbrugg, 1975.