

# LA DIVISION TECHNIQUE DENERALE (DTG) DU SERVICE DE LA PRODUCTION HYDRAULIQUE

*Extrait du livre « Histoire du Service de la Production Hydraulique 1946-1992 » sous la Direction de Georges MAURIN*

## HISTORIQUE ET EVOLUTION DE L'ORGANISATION

Les missions confiées à la Division Technique Générale n'ont cessé de croître à partir de 1946.

Compte-tenu des moyens disponibles en personnel et matériel, le domaine très vaste des tâches qui s'offraient à la DTG s'était limité pratiquement aux activités du Département Essais dont le développement fut poussé au maximum, et à celles du Département Hydrométéorologique.

La première opération fut réalisée en mars 1947 pour les essais de rendement des groupes de l'usine de Vallières sur le Fier au GRPH Savoie. Le matériel utilisé comprenait, pour une partie, des appareils remis par différents GRPH et, pour une autre partie, des appareils construits par la Division elle-même, comme par exemple un enregistreur pour moulinets, fabriqué dans le bureau de dessin à partir d'un moteur de phonographe d'occasion et d'une vingtaine de sonnettes électriques qui avaient fourni les électro-aimants ; cet appareil fut baptisé « Nardygraphe » du nom du technicien qui l'avait créé (M. Nardy). Le succès de cette première opération fut un encouragement pour le personnel et pour le Service des Usines Hydrauliques qui donna son appui le plus complet à la Division pour s'équiper en matériel. A partir du second trimestre 1947, la DTG poursuivit sans relâche ses essais de rendement et diverses mesures, qui concernèrent au total 13 usines en 1947 et 25 usines année suivante.

A la fin de l'année 1948, la DTG ayant reçu un premier renfort de six élèves des Centres de formation de Gurcy et de la Pérolière, disposait d'un personnel jeune (l'âge moyen était de 30 ans) et animé d'un fort esprit d'équipe. Elle était ainsi en mesure de déployer une activité féconde, grâce également à l'aide confraternelle qu'elle avait trouvée, dès ses débuts, auprès de la Direction des Etudes et Recherches dans le cadre d'une collaboration technique. La DTG décida alors de former une nouvelle équipe qui serait détachée à Toulouse pour pouvoir intervenir plus facilement dans les Pyrénées et le Sud du Massif Central. En 1949, un nouvel échelon fut créé à Saint-Etienne-Cantalès pour l'auscultation des barrages, dirigé par G. Willm.

*Gérard Willm: né en 1907, diplômé de l'Institut National Polytechnique de Grenoble (IEG), Chef de l'Usine de Teillet-Argenty, ingénieur auscultation des barrages à St-Etienne-Cantalès, Chef du Service Essais et Mesures la DTG, Chef-adjoint de la DTG.*

## 1950

En 1950, les structures de la Division étaient ainsi définies :

- Un département « Essais » et un département « Hydrométéorologie » répartis entre le Centre de Grenoble, et les Centres Hydrométéorologiques de Lyon créé en 1947 et de Toulouse créé en 1948.
- Un «service» météorologie, annexe du Centre Hydrométéorologique de Lyon, (composé d'un seul agent) chargé de la mise en place des appareils de contrôle (pluviomètres, sondes à neige) sur la ceinture des Alpes et des Pyrénées.
- Un «service» thermométrie, service d'études temporaire, permettant à un ingénieur de mettre au point une nouvelle technologie de mesure de rendement des turbines, utilisant la différence de température de l'eau entre l'entrée et la sortie de roue.
- Un « service » gammagraphie, destiné à permettre l'examen en usine ou en fonderie des roues de turbine et de leurs accessoires par radiographie (composé d'un ingénieur et d'un agent technique).
- Le « service » de tarage du laboratoire de Beauvert (composé d'un agent), chargé d'étalonner des moulinets hydrométriques pour la DTG ou pour des clients extérieurs (constructeurs,).
- L'atelier de Beauvert (composé d'un chef d'atelier, d'un tourneur ajusteur, d'un agent technique), chargé de l'entretien du matériel d'essai (réparations, transformations...).

Une section d'essais extérieurs fut créée en 1950 à Toulouse, avec un ingénieur, G. Dott, un contremaître et deux agents techniques. Très vite les essais se développèrent, les difficultés du début ayant été surmontées par la formation du personnel et le rassemblement des matériels et outillages nécessaires (11 essais en 1947, 48 en 1954, 132 en 1958) ... Les essais étaient variés. Ainsi, en 1950, il fut procédé sous l'égide de L. Mezan de Malartic et à la demande du GRPH Savoie, à des essais de « désexcitation rapide » à la centrale de *St-Pierre-de-Rumilly* (dénommée aujourd'hui *St-Pierre-de-Faucigny*).

**Les essais de rendement** concernaient tout à la fois des réceptions de machines (centrales nouvelles ou restaurées) et des essais en exploitation (caractéristiques de chutes anciennes, études de renouvellement...). Ils étaient accompagnés de contrôles divers portant sur les caractéristiques des régulateurs de vitesse des turbines, sur l'écoulement dans les aspirateurs, les pertes de charge dans les circuits d'amenée, les fuites en galerie, le contrôle du fonctionnement des cheminées d'équilibre...

Les résultats obtenus se sont avérés très appréciés des GRPH, qui ont été amenés à retenir les équipes d'essais de longs mois à l'avance pour des contrôles d'opérations d'entretien et la recherche de leur périodicité économique, ainsi que pour des études de problèmes d'amélioration ou de rénovation complète de centrales. La DTG avait ainsi pu montrer, avant la rénovation complète de la centrale de Venthon, que la seule amélioration du rendement permettrait d'obtenir un gain de 20 % sur la production de l'ancienne usine. Grâce à l'établissement des caractéristiques générales de rendement, de puissance et de pertes de charge des installations, ces essais ont permis de mieux utiliser certaines installations grâce, notamment, à une meilleure conjugaison de marche des différentes machines d'une usine, comme à *Luzières* où un gain de productivité de 5% a pu être obtenu.

#### **LA METHODE THERMODYNAMIQUE**

*Dans les premières décennies de notre siècle M. Poirson, alors jeune ingénieur IEG avait eu l'idée de déterminer le rendement d'une turbine hydraulique à partir de la mesure de ses pertes qui, pensait-il avec justesse, se retrouveront sous la forme de l'échauffement de l'eau. Soutenu par M. Barbillon, Directeur de l'Institut Electrotechnique de Grenoble, il procéda à des essais avec un thermomètre à mesure au 1/100 de degré. Les résultats encourageants furent publiés dans la Houille Blanche sous le nom de « méthode thermométrique Poirson ». Cette méthode fut reprise après la Nationalisation notamment par E. Fontaine\*, futur Chef de GRPH et H. Volle, Chef d'exploitation au GRPH Maurienne puis par les ingénieurs de DTG qui effectuèrent de nombreux essais à l'usine du Cernon (500 m de chute) près de Grenoble. G. Willm et P. Campmas commencèrent donc par faire une étude théorique complète de l'évolution de l'énergie dans une turbine hydraulique ( ou une pompe). Ils partirent du principe de la conservation de l'énergie -qui régit le fonctionnement de notre système solaire, et même au-delà, depuis plusieurs milliards d'années -et écrivirent que la variation de l'énergie cinétique et de l'énergie interne du système constitué par la turbine et l'eau qui la traverse à un instant donné, est égale à la somme des travaux des forces appliquées et aux quantités de chaleur échangées avec l'extérieur. Ceci conduisit à l'établissement d'une formule relativement simple dont les termes (tous homogènes à des longueurs) pouvaient se prêter à la mesure moyennant la construction d'un appareillage adéquat. Les mesures thermométriques qui exigeaient l'évaluation des différentes températures au 1/1000 de degré entre deux enceintes constituèrent la partie la plus délicate de cet appareillage ; à cette époque les composants électroniques susceptibles de répondre à cette demande étaient pratiquement inexistantes. Les premières mesures faites eurent pour but de comparer les résultats que pouvait donner cette méthode avec ceux qui étaient obtenus avec les méthodes -déjà codifiées -basées sur la mesure du débit (jaugeages aux moulinets -déversoirs). Ils furent tout de suite très concluants, montrant de plus un allègement considérable dans les sujétions de mise en œuvre. Une publication dans la revue de la Houille Blanche fit connaître les résultats de ces travaux. Le succès de cette méthode fut immédiat. Les exploitants qui faisaient appel à la DTG pour connaître les performances de leurs machines apprécièrent vite la légèreté de sa mise en œuvre et sa très grande fidélité. Les constructeurs de turbines français ou étrangers -italiens, suisses, etc....- furent très vite conquis par des démonstrations sur des machines de leur fourniture.*

Parmi eux, il faut citer le rôle particulièrement important de la Société Neyrpic qui, par l'intermédiaire de MM.

Serpaud et Coffin, accepta que des essais de réception de turbines fussent faits au moyen de cette méthode non encore codifiée. Des articles relatifs à la méthode parurent également dans de nombreuses revues étrangères ; un groupe international réunit « les Praticiens de la Méthode thermodynamique » d'Italie, d'Allemagne, de Suisse, de Grande Bretagne, d'Espagne, du Japon ... etc. La méthode, grâce aux travaux de ce groupe, fut reconnue par la Commission Electrotechnique Internationale et codifiée dans l'édition du Code d'Essais de réception de turbines et de pompes hydrauliques. Mais l'introduction dans le domaine industriel de la méthode thermodynamique pour la mesure du rendement des turbines ou pompes hydrauliques est incontestablement l'œuvre de la D. T. G.

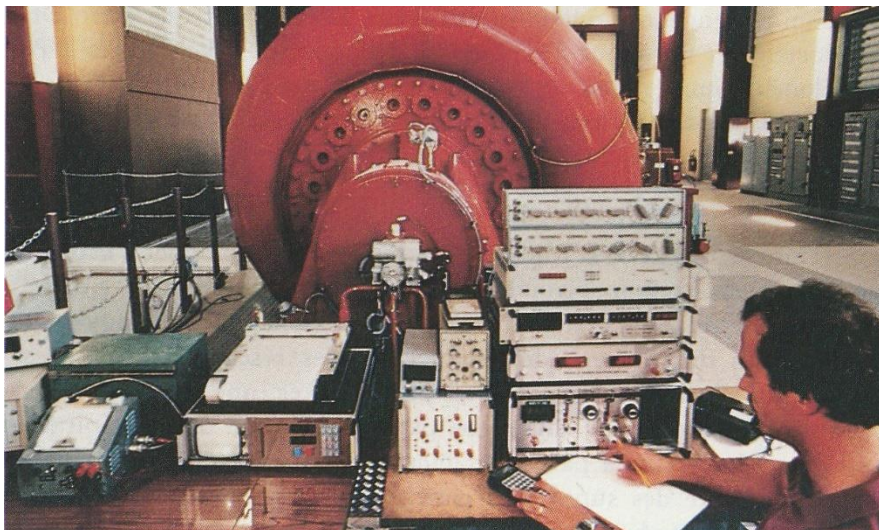
D'après P.M. Thomas

Pierre-Marie Thomas : né en 1925, diplômé de l'Institut Electrotechnique de Grenoble, ingénieur du Service Essais et Mesures Hydrauliques, puis Chef du Service Essais Hydrauliques à la DTG.

Louis Mezan de Malartic: (1906-+) diplômé de l'Ecole Centrale de Paris et de l'Ecole Supérieure d'Electricité, Chef du Département Essais de la DTG à sa création, Chef du Service Administratif du GRPH Maurienne.

Henri Volle: (1900-t) diplômé de l'Institut Electrotechnique de Grenoble, chef du Service Exploitation du GRPH Maurienne, Chef des Services Techniques, adjoint au chef du GRPH Alpes.

Paul Campmas: né en 1925, diplômé de l'Ecole des Mines de St-Etienne, ingénieur au Sous-Groupe Truyère du GRPH Loire-Truyère, chef du Service Etudes et Essais spéciaux puis Conseiller Scientifique de la DTG.



Mesure de rendement d'une turbine Francis

#### LA METHODE THERMODYNAMIQUE EN 1951

H. Volle, Chef des Services Techniques du GRPH Maurienne, voulait tester la méthode. Il choisit l'usine 'Avrieux (108 m de chute) et un groupe de 11 MW. Afin d'obtenir la précision de mesures indispensable, et les capteurs de température de grande précision n'existant pas encore, c'est avec une panoplie de thermomètres à mercure que H. Volle (qui faisait lui-même les mesures) arrivait. Les thermomètres mesuraient près d'un mètre, leur précision de lecture était de l'ordre du 1/100 de degré, leur plage de mesure se situait entre 5 et 20 °C environ. Leur transport était donc une gageure et leur manipulation nécessitait un très grand soin, tant pour les risques de casse que pour les conditions d'utilisation (risques d'erreurs, homogénéité du milieu de mesure...). H. Volle ne laissait à personne le soin des mesures, couvrait son matériel (rare et cher), ce qui laissait planer un peu de mystère (malgré ses explications) et, par sa ténacité et ses précautions de mesures obtenait, au grand étonnement des néophytes qui l'entouraient, des résultats probants. La méthode était viable, H. Volle l'avait prouvé in situ ; il restait à la DTG à la développer avec des moyens plus sophistiqués dont elle pourrait disposer.

Souvenirs de F. Jeantet

Du fait des difficultés rencontrées en exploitation sur les matériels, J. Narcy\*, dès qu'il eût la responsabilité de la Division de Contrôle et Coordination Technique du SPH, incita le Service à développer ses moyens propres dans :

- **le domaine métallurgique** : jusqu'alors le Service avait eu recours au laboratoire central de la Production Thermique, particulièrement compétent mais qui avait ses propres missions; ainsi fut recruté J.-L. Thouvenin.
- **le domaine des essais électriques généraux**, domaine où la Division de Contrôle et Coordination Technique avait, en coopération étroite avec la Direction des Etudes et Recherches et en liaison avec la Direction de l'Equipement, procédé avec le Laboratoire Central des Industries Electriques (LCIE) à des méthodes d'investigations électriques visant à vérifier l'état de l'isolation et mieux encore son espérance de vie! Dès lors que la doctrine de contrôle (basée sur une batterie d'essais reposant sur le contrôle en basse et haute tension continue et sur les mesures de décharges partielles et d'échauffement eût été arrêté, il fut décidé que la DTG prendrait en charge les contrôles des enroulements; ce fut le rôle dévolu à J. Roubault qui eut ensuite à mettre en œuvre l'application aux alternateurs des mesures d'échauffement en service par superposition de courant continu (méthode mise au point pour les transformateurs par le Service du Transport) et les mesures de rendement. Le transfert de ces activités, jusque-là orientées et conduites par la Division de Contrôle et Coordination Technique engendra quelques difficultés liées au fait que cette Division était la gardienne de la doctrine et du retour d'expérience alors que les services de la DTG se sentaient relégués dans le domaine jugé ingrat de la seule mesure, mais ces difficultés ne prirent jamais de grandes proportions et disparurent au fur et à mesure de l'accroissement des moyens mis en œuvre et du brassage entre les ingénieurs du Service Central de la Production Hydraulique et de la DTG.

Dès la fin de l'année 1946, la DTG avait entrepris de développer l'étude des précipitations atmosphériques en vue d'améliorer les prévisions de productibilité à courte et moyenne échéance afin de permettre aux Centres Régionaux des Mouvements d'Energie d'améliorer l'utilisation des moyens de production. Les réseaux des mesures de pluie et température furent progressivement complétés et améliorés, une estimation de l'importance de l'enneigement avant la fonte fut entreprise par l'observation des précipitations neigeuses et par des sondages d'épaisseurs à partir des méthodes mises au point par la Société Bonne et Drac: évaluation directe des superficies enneigées, de l'épaisseur de la couche de neige suivant les versants et l'altitude, et de sa densité par des mesures périodiques en de mêmes points, réalisés par du personnel local (gardes des Eaux et Forêts, montagnards, personnel de l'exploitation des GRPH).

## MESURE D'ENNEIGEMENT

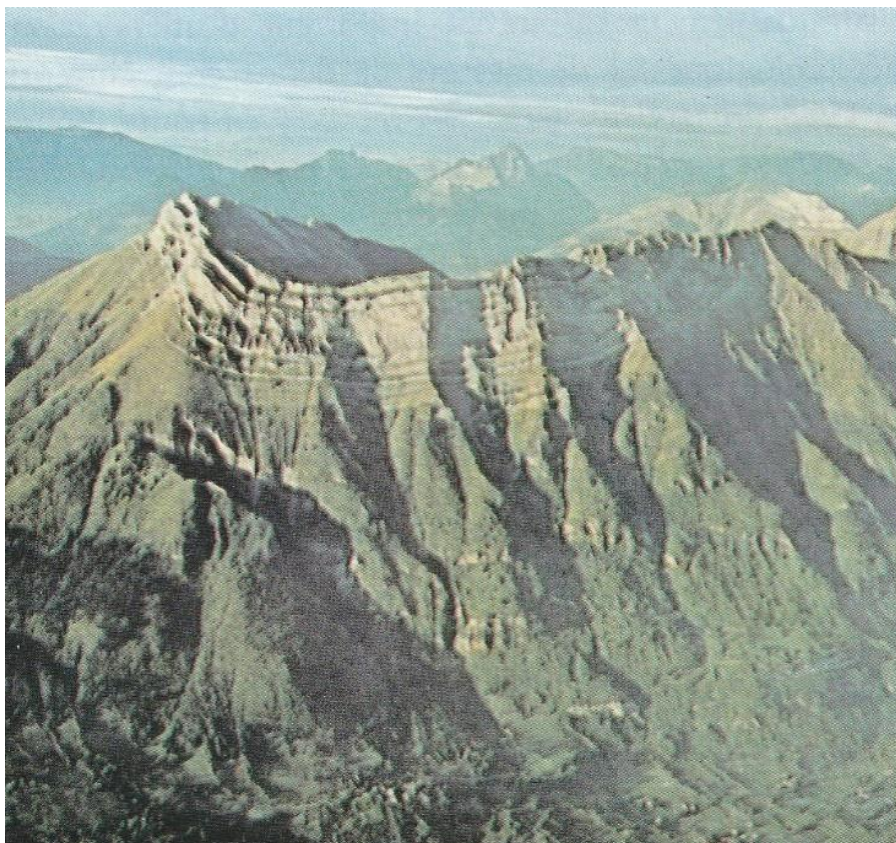
*Jeune ingénieur au GRPH Savoie on me demanda, sachant que je pratiquais le ski, si je pouvais procéder à une mesure d'enneigement au pied de la dent d'Arclusaz qui à plus de deux mille mètres d'altitude domine la vallée de l'Isère près de St-Pierre-d' Albigny. Il fallait être deux, je demandais alors à mon camarade Lamorthe professeur de mathématiques au Lycée d'Annecy s'il voulait m'accompagner. « Oui me répond-il, mais un jeudi ». C'était en mars 1950, une voiture nous conduisit de bon matin jusqu'à Routhennes dans la vallée du Chéran et nous voici partis à pied très chargés car le matériel était à l'époque lourd et encombrant. Il faisait un temps magnifique, il nous fallut marcher plus de deux heures, puis continuer pendant le même temps à monter avec les peaux de phoque. Nous fîmes le long du trajet trois mesures d'épaisseur par « carottage » et de poids de neige (à la balance romaine). Pour le plaisir nous allions aussi haut que possible vers le sommet de la dent d'Arclusaz.*

G. Maurin.

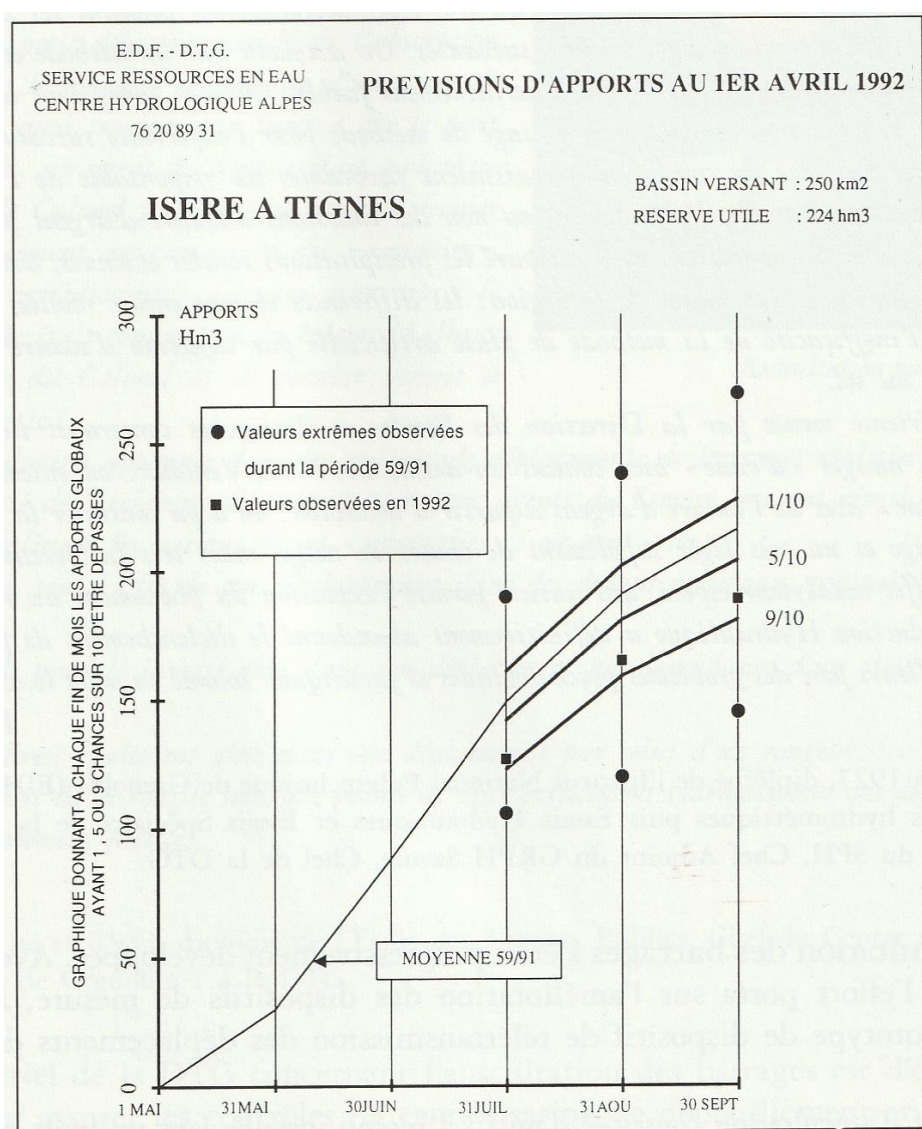
*Jean Roubault : né en 1926, diplômé de l'Ecole Supérieure d'Electricité, ingénieur essais électriques à la DTG, Sous-chef de l'usine de Vogelgrün au GRPH Rhin, Adjoint au Chef de la Division Electricité du SPH qu'il quitte en 1974 pour la Direction de l'Equipement.*



Les résultats étaient diffusés dans des bulletins régionaux et ce à intervalles réguliers chaque hiver de décembre à avril. Les prévisions d'apports dans les réservoirs donnaient lieu à des bulletins mensuels de mars à août qui permettaient d'estimer le remplissage de certains lacs (4 dans les Alpes et 7 dans les Pyrénées dès 1950).



*Dent d'Arclusaz dominant la vallée de l'Isère*



*Prévisions d'apports dans les réservoirs de Tignes*

Simultanément un travail important d'amélioration et d'extension des réseaux d'observations météorologiques et de mesures de débits était entrepris. Pour répondre à ces tâches, furent créés en 1953 un service chargé des mesures en haute montagne, distinct des Centres Hydrométéorologiques, ainsi qu'un Bureau d'Etudes Hydrométéorologiques à Bort-Les-Orgues qui deviendra le 1er octobre 1954, le troisième Centre Hydrométéorologique ; c'est depuis ce centre de Bort-Les-Orgues que seront réalisées les premières études de prévisions d'apports dans le Massif Central.

### **EXPERIENCES DE PLUIE ARTIFICIELLE**

*Trois expériences de pluie artificielle ont été menées avec la Direction des Etudes et Recherches d'EDF en utilisant pour les contrôles, dans les deux premiers cas, le réseau hydrométéorologique DTG du Service de la Production Hydraulique :*

- la première expérience a eu lieu de 1954 à 1956 dans le bassin de la Haute-Isère, près de Tignes,*
- la deuxième a été ultérieurement, pendant 6 ou 7 ans, sur les bassins de la Truyère, de la Cère et de la Maronne,*
- la troisième, plus récemment, a été faite à partir d'un avion au-dessus du Mont Ventoux,*

*Dans les 2 premiers cas, On a essayé de provoquer un accroissement local des précipitations en ensemençant des nuages avec de l'iodure d'argent à partir de brûleurs situés au sol.*

*La première expérience à Tignes a consisté à mettre en action les brûleurs, chaque fois que la situation météorologique semblait favorable, et à examiner si les pluviomètres situés « dans le champ d'expérimentation » mettaient en évidence des suppléments significatifs de précipitations par rapport aux pluviomètres situés « en dehors de zone » ; on a cru pouvoir constater un très léger accroissement pendant les 2 premières années, mais, hélas!... un déficit pendant les 2 années suivantes. On a conclu que la méthode employée n'était pas valable pour la mise en évidence de différences, certainement faibles, entre 2 zones dont les limites n'étaient pas bien définies. Aussi a-t-on complètement changé de méthode pour l'expérience suivante sur le bassin de la Truyère: chaque fois que les conditions paraissaient favorables au responsable de l'opération, celui-ci tirait au sort, à pile ou face, le déclenchement ou non des émissions d'iodure d'argent par les brûleurs: à la fin de la période d'expérimentation, on a comparé les précipitations totales obtenues, avec ou sans émission d'iodure d'argent, sur les pluviomètres de la région: les différences se sont encore révélées non significatives et on a conclu à l'inefficacité de la méthode de pluie artificielle par injection d'iodure d'argent à partir de brûleurs situés au sol.*

*La troisième expérience menée par la Direction des Etudes et Recherches concernait l'étude physique du phénomène sur des nuages « d'onde » bien connus au-dessus du Mont Ventoux : on ensemençait directement les « nuages de rotor » avec de l'iodure d'argent à partir d'un avion: on a pu constater la formation effective de cristaux de neige et un très léger supplément de chutes de neige, mais très faible car limité à la zone inséminée sans l'effet catalyseur espéré, qui aurait permis l'extension du phénomène au reste du nuage. Le Service de la Production Hydraulique a définitivement abandonné le déclenchement de pluies artificielles, qui auraient d'ailleurs posé des problèmes psychologiques et juridiques, comme on a pu le constater à Tignes.*

*D'après H. André*

*Henri André: né en 1927, diplômé de l'Institut National Polytechnique de Grenoble (IHN), Chef du Service Etudes et Mesures hydrométriques puis Essais Hydrauliques et Essais Spéciaux de la DTG, Chef de la Division Matériel du SPH, Chef Adjoint du GRPH Savoie, Chef de la DTG.*

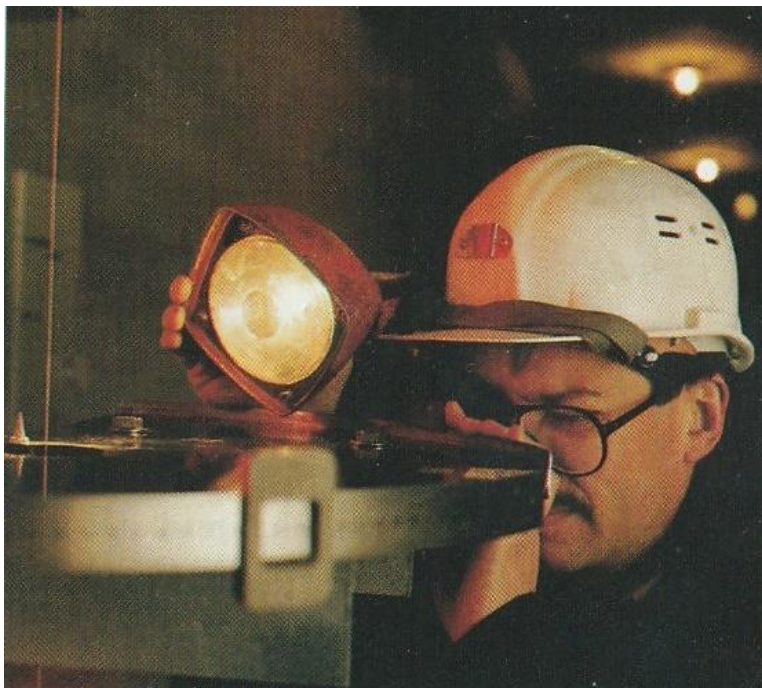
**L'activité d'auscultation des barrages** s'était progressivement développée. Avec de très faibles moyens au début, l'effort porta sur l'amélioration des dispositifs de mesure, notamment par pendules<sup>(1)</sup>. Un prototype de dispositif de télétransmission des déplacements des pendules fut réalisé en 1951 (« télépendule Willm » à cadre mobile) ; quelques exemplaires ont permis d'équiper les pendules de Tignes, Bort-les-Orgues, Sarrans etc... En 1953, 26 barrages étaient contrôlés par les Centres d'Auscultation des Grands Barrages (CACB) 9 dans les Alpes, 17 dans le Massif Central et en Bretagne, 37 barrages l'étaient en 1954, 56 barrages en 1956... A l'époque, certains ouvrages faisaient l'objet seulement de deux mesures topographiques simplifiées annuelles, souvent avec le concours des Services de la Direction de l'Equipeement avec lesquels de nombreux échanges étaient effectués sur les conditions d'auscultation des barrages en cours de construction ou projetés.

<sup>(1)</sup> Pendule : dispositif d'auscultation constitué d'un fil à plomb installé dans un puits vertical ancré à la partie supérieure d'un barrage et de tables de lecture installées à différents niveaux de l'ouvrage pour mesurer les déplacements relatifs de l'ouvrage entre différentes altitudes



## QUELQUES SOUVENIRS DU SERVICE AUSCULTATION

- A l'occasion d'une vidange décennale, en dispositif de mesure directe de distance par fil invar tendu, en crête d'un barrage, entre les 2 appuis rocheux, devait permettre de mesurer l'écartement de la vallée sous l'effet de remplissage de la retenue. Sensibles à la moindre brise ambiante, ces mesures ont finalement été réalisées par les agents, pour la plupart d'entre elles la nuit, « à la sortie de la séance de cinéma » (la lampe électrique « entre les dents ! ») afin d'effectuer les « pointés » dans les conditions optimales d'observation.
- Le Colonel Nevière, Conseil auprès d'EDF, participait fréquemment aux mesures géodésiques effectuées sur le réseau d'observation de barrage de la Chaudanne. Traditionnellement, la journée débutait par un solide petit déjeuner précédé de l'absorption d'une tranche de fougasse agrémentée d'un verre de vin blanc, de quoi trouver « la forme » dès le petit matin. Parfois, un agent du Service était réquisitionné » par le Colonel pour accompagner ce dernier pendant un moment au ramassage des « sanguins » (champignons méridionaux). Chaque jour, après le diner, la soirée était consacrée à la belote. Malheur au partenaire de Colonel si ce dernier venait à perdre la partie !
- Des singularités apparues dans les mesures de déplacements de barrages réalisées au moyen de pendules ont parfois posé des problèmes d'interprétation aux agents de Service qui ont réussi finalement (et heureusement !) à expliquer les raisons de ces « anomalies » : on peut citer :
  - La calcite qui, sous l'effet de son développement dans des drains verticaux, poussait progressivement les fils des pendules
  - Un flotteur de pendule inversé gêné dans son déplacement par le cadavre d'un oiseau qui s'était introduit dans la cuve.
  - Un pendule direct également gêné dans son déplacement par celui d'un rongeur.
  - Le développement de la rouille sous une jointe de visée entraînant surnoisement des déplacements irréversibles apparents totalement factices.



Claude Aptel

Claude Aptel : né en 1933, diplômé de l'Ecole des Travaux Publics, Chef du Centre régional d'auscultation de Brive puis de Grenoble 1 à la DTG

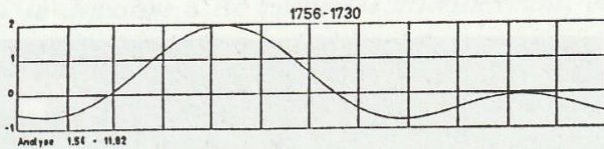
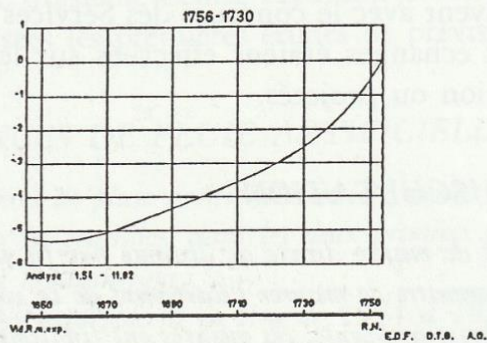
Le rôle essentiel de la DTG concernant l'auscultation des barrages est d'être à la disposition des GRPH pour assurer les contrôles, la centralisation, le dépouillement et l'interprétation des mesures, et de fournir aux exploitants des éléments de jugement sur l'état des ouvrages dont ils ont la responsabilité. A cet effet, chaque année des rapports annuels sommaires leur seront adressés, accompagnant les graphiques et résultats de mesures de l'année.



## Déplacements amont aval d'un pendule

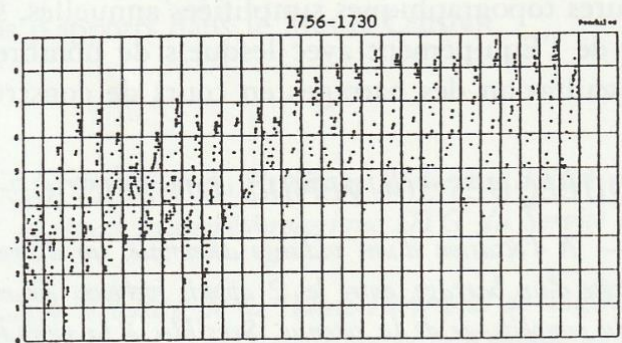
### Résultats du modèle mathématique d'analyse

Courbe  
représentative  
de l'effet  
hydrostatique

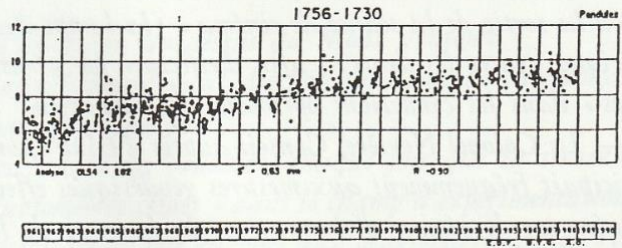


Courbe représentative de l'effet saisonnier

### Mesures brutes



### Mesures ramenées à conditions identiques



Le développement des activités au cours des dix premières années avait pu s'accomplir grâce à un accroissement important des effectifs : de 30 en 1947 l'effectif était de 60 en 1955 et atteignait 150 quatre ans plus tard. Une adaptation des structures était devenue nécessaire.

En 1957, la Direction de la DTG, qui depuis l'origine, était à l'état-major de la Production Hydraulique à Paris fut transféré à Grenoble. F. Lugiez\* devint le Chef de la DTG, succédant ainsi à S. Ferry\* qui avait dirigé la Division depuis 1946 et qui resta à Paris en qualité de chargé de mission. F. Lugiez apporta une contribution décisive au développement de la DTG au cours des années 1957 à 1970.



S. Ferry\* entouré de MM. Tonini et de Villa (Enel et Riva)



Dans le même temps, le siège de Grenoble fut transféré des locaux de la place de Verdun, qui étaient devenus trop petits, dans de nouveaux locaux plus spacieux, 37 rue Diderot, en cohabitation avec le GRPH Alpes.

## 1958

L'organisation interne fut réadaptée à l'évolution des activités, avec la création en 1958 et 1959 de 5 services techniques : le Service « Essais et Mesures Hydrauliques » dirigé par J. Gabaudan, devenu distinct du Service Etudes et Essais Spéciaux dirigé par P. Campmas, le Service Etudes et Contrôles Métallurgiques dirigé par J.-L. Thouvenin, le Service Hydrométéorologique dirigé par P. Guillot et le Service Etudes et Mesures Hydrométriques dirigé par H. André.



*de gauche à droite : F. Lugiez\*, P. Campmas, J. Gabaudan*

Les autres branches d'activité : « Essais Electriques » dirigée par P. Arnail qui avait succédé à J. Roubault, « Etudes d'Appareillage » dirigée par A. Lacoste et « Auscultation des Barrages » dirigée par G. Willm, (Chef des Services Essais et Contrôles et adjoint du Chef de la DTG), ne prirent rang de Services que quelques années plus tard. Les activités de la DTG avaient marqué une progression très rapide à la fin des années 50, leur volume (en heures de travail passées en opérations) ayant triplé en 6 ans, cette progression étant sensible dans pratiquement tous les domaines. Mais en 1960, certains Services voyaient leur développement freiné par manque de moyens et ne pouvaient répondre à toutes les demandes, notamment pour les contrôles métallurgiques, l'hydrométéorologie et l'auscultation.

Aux difficultés de recrutement d'ingénieurs et de techniciens hautement qualifiés s'ajoutait un manque de locaux adaptés (bureaux et laboratoires) qui rendait difficiles les conditions de travail sur le site de Grenoble. Les installations furent améliorées par la construction d'une extension au bâtiment occupé par le GRPH Alpes et la DTG rue Diderot à Grenoble, avec de nouveaux aménagements en bureaux, laboratoires et atelier de mécanique inaugurés au printemps 1963. Le même mouvement se produisit à Toulouse, la même année, tandis que l'échelon de Bort-les-Orgues était transféré en juillet 1962 à Brive pour la partie hydrologie et en juillet 1963 à Toulouse pour la partie auscultation. Le nouvel échelon de Brive prit ses quartiers dans l'ancienne villa du Chef du GRPH Massif Central, qui était devenue disponible.

Si les essais de performance des installations hydrauliques plafonnent à 100 opérations par an à partir de 1960, cette année marque le début des premiers essais de contrôle complet des régulateurs de vitesse. Les activités d'essais électriques prennent aussi leur plein développement notamment sur le plan de réception (diélectriques, échauffements, pertes ...) et de la localisation des défauts d'isolation.

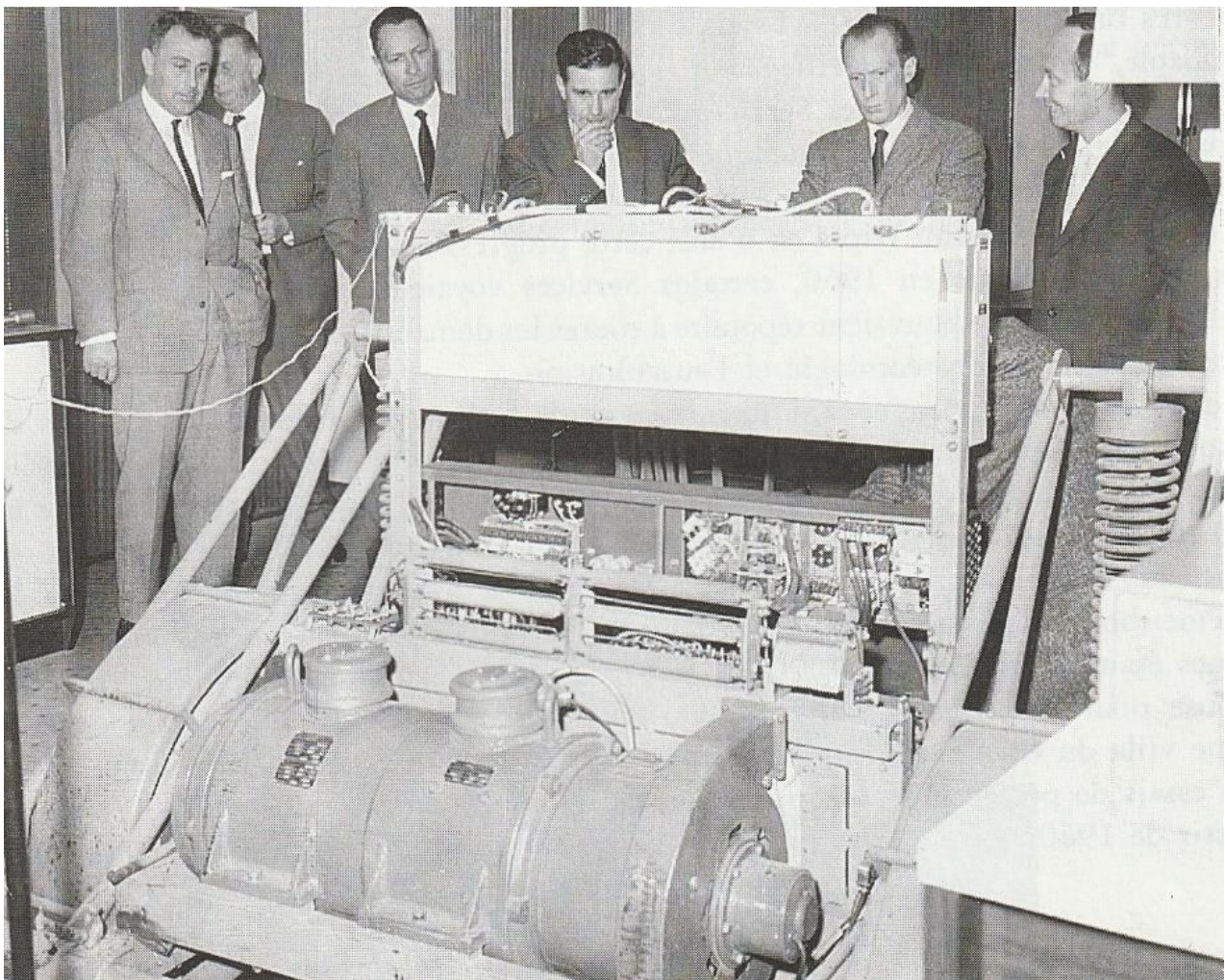
*Pierre Arnail: (1925-1983) diplômé de l'Ecole Supérieure d'Electricité, chef du Service Essais Electriques à la DTG.*

*Jacques Gabaudan: (1920-1983), diplômé de l'Institut Electrotechnique de Grenoble, chef de la section Essais, Chef du Service Essais et Mesures hydrauliques, Chef-adjoint de la DTG.*





*Inauguration des nouveaux locaux de la DTG en présence de M. Bourgin, ingénieur en chef de la 6<sup>e</sup> circonscription électrique et de L. Castillon, Chef du Service de la Production Hydraulique*



*Présentation de la remorque d'essais des régulateurs à l'occasion de l'inauguration des nouveaux locaux de la DTG  
de gauche à droite : G. Maurin\*, G. Willm, P. Cabaniols, M. Roycourt et P. Campmas*



Le développement des activités hydrométriques se poursuit activement. Le nombre de jaugeages en rivière dépasse 700 en 1960 pour atteindre plus de 1300 en 1964 avant de se stabiliser à une valeur légèrement supérieure à 1000 les années suivantes, et il en est de même pour les contrôles métallurgiques (500 opérations en 1964). Le développement dans la zone Pyrénées-Languedoc est le plus important. Un secteur « Massif-Central » a été créé en 1960 à Bort-les-Orgues.

Le système de transmission par limniphones des mesures de débits est également développé et les mesures de débits en usine sont améliorées avec la diffusion de dossiers normalisés rassemblant tous les éléments nécessaires pour les calculs que doit effectuer le personnel d'exploitation des GRPH. Parallèlement, de nouveaux progrès sont enregistrés pour l'hydrométéorologie dans l'équipement du réseau d'observation et l'exploitation de renseignements recueillis à tout moment par les Centres Hydrométéorologiques, grâce au développement des moyens de transmission (mise en service de télécompteurs et de pluviophones).

#### **UN TYPE D'INTERVENTION ORIGINALE DE LA DTG L'OPERATION « CONFETTIS »**

*Le lac de Bouvante, d'une contenance de 3,5 millions de m<sup>3</sup> d'eau, situé dans le Vercors près de Saint-Jean-en-Royans, alimente une petite usine hydroélectrique. Malheureusement, situé en terrain calcaire, ce lac a toujours eu des fuites importantes préjudiciables à la production d'énergie; plusieurs procédés avaient été utilisés pour localiser ces fuites dans la cuvette; la société qui exploitait autrefois cet aménagement avait même, en désespoir de cause, fait appel à un sourcier, qui, d'après ce que l'on sait maintenant, avait approché la vérité, mais avait malencontreusement recommandé la réalisation à l'explosif d'un puits destiné à la reconnaissance et aussi à la récupération d'eau supplémentaire, ce qui a entraîné le décuplement des fuites... Questionnée sur ce problème par l'exploitant (le GRPH Alpes) la DTG a préconisé un essai de localisation par confettis: cette suggestion a été retenue par le GRPH et la DTG a étudié le processus:*

*Vers 1960, 500 kilos de confettis de plusieurs couleurs, après un essai dans le canal de Beauvert avec un échantillon témoin pour étudier le trajet d'immersion depuis la surface de divers confettis, furent projetés à partir d'un hélicoptère « Alouette 1 » d'EDF, sur toute la surface du lac. Un essai préalable sur l'héliport avait montré qu'il ne fallait pas jeter les confettis par la porte de l'hélicoptère en vol stationnaire, car ils étaient alors aspirés par la turbine de l'appareil... Aussi une tuyère spéciale fut construite et adaptée sur la trappe de prise de photographies située sur le plancher de l'hélicoptère ; les confettis ont été projetés par cette tuyère, l'hélicoptère volant à une vitesse voisine de 50 km/h, à une altitude d'une trentaine de mètres ; l'opération s'est effectuée, bien évidemment, un jour sans vent.*

*On a ensuite laissé le lac se vider par ses propres fuites, usine à l'arrêt. On a parcouru le fond de la retenue vide, noté les zones de concentration des confettis, ce qui a permis de mettre en évidence des zones privilégiées de fuites, des fissures non repérées jusque-là, et même, en queue de retenue des entonnoirs d'où jaillissaient des sources dans la retenue vide mais qui étaient des zones de fuites pour la retenue pleine. Des dalles en béton armé furent coulées dans les zones les plus atteintes, et l'exploitation de l'usine automatisée fut assurée à un niveau du lac légèrement inférieur à la cote de retenue maximale ; les fuites ont ainsi été considérablement réduites.*

*D'après H. André*

A la suite de la rupture en décembre 1999 du barrage de Malpasset (barrage pour l'irrigation dont le maître d'ouvrage était le département du Var), les Centres d'Auscultation des Grands Barrages ont vu par réaction leur charge s'accroître dès 1960, du fait de l'augmentation du nombre d'ouvrages surveillés, mais aussi des demandes d'études complémentaires qui émanaient des GRPH et surtout de l'Administration de Contrôle. Des mesures et des études plus poussées étaient rendues nécessaires dans certains cas à la suite de la constatation d'anomalies dans le comportement des ouvrages, apparentes ou réelles....

Les mesures se multipliant, l'interprétation des observations devenait de plus en plus complexe, et la parution des rapports annuels d'auscultation accusa un certain retard, cette situation étant encore aggravée par les difficultés rencontrées en 1962/1963 pour recruter des ingénieurs qualifiés dans ce domaine. En cinq ans, de 1957 à 1962, le nombre des ouvrages auscultés passait de 49 à 80, tandis que le nombre de mesures interprétées passait dans le même temps de 9000 à près de 24000.

Au cours de cette période, la variété des problèmes posés et les exigences plus marquées, imposées par les cahiers des charges à des matériels plus complexes ou à performances plus élevées, ont nécessité une amélioration incessante des techniques d'essai et du matériel de mesure et une interprétation plus poussée des résultats. A cette époque, la téléextensométrie des roues Pelton par voie radio a commencé à être mise en œuvre, un nouveau nivomètre à radioisotope et une nouvelle méthode d'estimation des valeurs extrêmes des crues, le Gradex (cf. chapitre 5) étaient mis au point, les premiers télé- pendules digitaux à palpeurs photoélectriques étaient mis en service et un dispositif d'enregistrement magnétique des mesures d'auscultation pour ouvrage isolé était expérimenté au barrage de Cap-de-Long dans les Pyrénées.



*Le barrage de Cap-de-Long*

La mise en service en 1965 d'un ordinateur puissant, le CAE 510, va permettre d'accélérer le dépouillement et l'interprétation des mesures, notamment dans les domaines de l'hydro- météorologie et de l'auscultation des barrages. Avec le développement des activités sur le plan national, des échanges de « savoir-faire » se sont développés avec des partenaires étrangers, et le nombre de missions techniques effectuées hors de France par des ingénieurs et techniciens à la demande d'organismes divers n'a cessé de croître. Les moyens en personnel de la DTG, qui s'étaient finalement accrus les années précédentes, se sont stabilisés à environ 250 agents pendant cette décennie où son autonomie était devenue complète. La DTG était désormais une véritable Unité, avec notamment un Service administratif et comptable et des organismes statutaires propres : Comité Mixte à la Production et Comité d'Hygiène et de Sécurité.

A la demande de la Direction Production Transport, une réforme des méthodes de gestion fut entreprise, qui aboutit à la facturation des prestations fournies par la DTG aussi bien au sein du Service qu'à l'extérieur.

## **1969**

Une nouvelle structure fut constituée en 1969, caractérisée essentiellement par un regroupement de certaines activités et une réduction de neuf à six du nombre des Services, sans changement dans l'orientation des activités.

**Un Service « Hydraulique »** regroupa les essais hydrauliques et les essais spéciaux sur les machines et les installations hydrauliques ainsi que les mesures des débits et le bilan de l'eau dans les aménagements hydrauliques.



**Un Service « Génie-Civil et Mécanique »** fut créé, regroupant les activités d'auscultation des ouvrages de génie civil et les essais et contrôles mécaniques et métallurgiques sur les matériels.

**Un Service Electricité et Régulation »** regroupa les essais de rendement, d'échauffement et de comportement diélectrique des alternateurs, les essais de régulation de tension des alternateurs et les essais de régulation de vitesse des turbines.

**Un Service Energétique et Prévision »** reprit les activités du Service Hydrométéorologie dans les domaines de prévisions d'apports et de débits, d'hydrologie statistique, d'analyse et d'optimisation de la production, ainsi que la responsabilité de l'atelier de calcul chargé de gérer le calculateur ICL qui avait remplacé le calculateur CAE 510.

**Un Service « Appareillage et Techniques Nouvelles »** fut chargé de la réalisation d'appareillages de mesures et de contrôles et de l'étude de techniques nouvelles d'essais et de mesures; sa création fut mise à profit pour regrouper dans un même laboratoire l'ensemble des activités électroniques, qui étaient jusque-là disséminées dans différents Services.

Enfin, le Service « **Administratif et Comptable** » assumera la responsabilité des problèmes de personnel, de la comptabilité et des affaires générales.

L'aptitude des Services de la DTG a évolué et répond ainsi rapidement à des besoins nouveaux; elle sera vérifiée une nouvelle fois dès le lancement du programme de construction des réacteurs nucléaires de la filière PWR: des dispositifs d'auscultation sont proposés pour assurer le contrôle des enceintes de confinement en béton précontraint des réacteurs et leur mise en place est assurée par une nouvelle équipe spécialisée constituée en 1975 à l'échelon de Lyon pour **l'auscultation des ouvrages nucléaires**.

Un glissement s'opère ainsi dans la clientèle de l'Unité au bénéfice des Groupes Régionaux de Production Thermique (GRPT) (part encore faible en 1975 avec 5 % des prestations), glissement d'autant plus significatif qualitativement que des évolutions dans d'autres domaines d'activité se manifestent aussi dans le même sens: prestations réalisées pour le Service de la Production Thermique (SPT) dans le domaine des contrôles métallurgiques pour compenser la baisse d'activité observée avec l'achèvement des grands chantiers d'équipement hydraulique, développement sensible de la part prise par les contrôles de température en rivière, contrôles diélectriques de turbo-alternateurs et de moteurs de pompes de centrales nucléaires. Mais l'essentiel de l'activité de la DTG répond aux besoins du Service de la Production Hydraulique qui reste toujours le client prépondérant, offrant de nouveaux objectifs pour l'amélioration des performances des installations dans le cadre d'une période difficile sur le plan de l'énergie.

## 1975

Pour répondre aux évolutions nouvelles, une modification des structures est à nouveau décidée, conduisant à un meilleur découpage par nature d'activités. La principale modification concerne la création du nouveau Service « Ressources en eau », dirigé par P. Guillot, qui regroupe l'exploitation des réseaux des stations hydrométriques et climatologiques et l'étude des problèmes d'hydrologie et de prévision énergétique.

Le Service « **Auscultation** », dirigé par N. Beaujoint, compte dorénavant 5 centres régionaux d'auscultation : 4 centres pour les ouvrages hydrauliques (2 à Grenoble, 1 à Brive, 1 à Toulouse) et 1 centre pour les ouvrages nucléaires à Lyon. Le Service « **Génie-Civil et Mécanique** » est supprimé et le Service « **Métallurgie** », dirigé par Henri Valdura , retrouve sa pleine autonomie dans le domaine des essais et contrôles métallurgiques.

*Nicolas Beaujoint : né en 1920, diplômé de l'Ecole Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la Ville de Paris, Chef du Service auscultation des barrages, devenu Service Génie Civil et Mécanique à la DTG.*

*Henri Valdura : né en 1934, diplômé de l'Institut National Polytechnique de Grenoble (IEG), Chef du Service Essais Métallurgiques à la DTG, Chef du GRPH Savoie, Chef de la DTG.*

## LE DEVELOPPEMENT ET LA DIVERSIFICATION

Cette nouvelle structure va permettre de faire face à un développement important des essais.

### Dans le domaine des essais hydrauliques

La recherche très marquée de l'amélioration des performances des machines ou des installations a motivé des demandes d'essais très nombreuses pour évaluer les conséquences favorables des modifications opérées afin d'augmenter la puissance, modifications par retailles de roues et augmentations d'ouverture des injecteurs des turbines.

Le niveau d'activité demeurera particulièrement élevé au cours des années 70, en raison notamment des retailles des roues Francis proposées par P. Campmas: des résultats intéressants ont pu être obtenus à *l'Aigle*, à *Sarrans* et au *Chastang* pour une deuxième roue retaillée. D'autres interventions ont porté également sur la recherche de solutions à des problèmes délicats de tenue mécanique, tels les régimes vibratoires observés sur les conduites forcées d'aménagements récents, comme à *Corscia*, *Saint-Chamas* ou sur les avants directrices de *Manosque* et *Sainte-Tulle*. En marge de cette forte activité dans le domaine hydroélectrique, une assistance nouvelle a été apportée par le Service des Essais Hydrauliques au Service de la Production Thermique pour la préparation et l'exécution des contrôles d'étanchéité des enceintes de confinement des réacteurs nucléaires PWR, suivant la méthode de la Direction des Etudes et Recherches.

Plus tard de nombreuses études de phénomènes transitoires dans des ouvrages d'aménage ou sur des machines ont été réalisées pour permettre d'orienter les exploitants dans leurs choix de rénovation d'aménagements hydrauliques existants, et c'est en collaboration avec le conseiller scientifique de la DTG et en liaison avec les «Essais électriques» que certains problèmes de charges critiques et de phénomènes transitoires liés à des questions de télé réglage et de régulation de vitesse (*Serre-Ponçon* et *Saint-Pierre-Cognet*), ont pu être traités tout comme des problèmes de renvoi de tension sur le réseau (cf. ci-dessous les essais électriques).

Les essais de réception de machines neuves, redevenus nombreux du fait de la relance de l'hydraulique, ont permis de constater le respect des garanties contractuelles, de bons rendements et souvent une surpuissance notable, notamment pour les turbines de *Saint-Guillemme* et les turbines pompes de *Montézic* ; le groupe de suréquipement de *Couesque* avec un rendement à l'optimum de 96 % s'est avéré être l'une des meilleures machines du parc hydraulique français. L'année 1984 fut particulièrement marquée par la plus grosse campagne de mesures jamais réalisée par le Service des Essais Hydrauliques, avec les essais du groupe prototype réversible à deux étages du *Pouget* (groupe no 5), en collaboration avec les équipes du constructeur Neyrpic. Les comportements mécaniques et hydrauliques de cette machine ont pu être ainsi testés dans tous les cas de fonctionnement, stabilisés ou transitoires, vannages synchronisés ou non ; les résultats ont pu être également comparés à ceux obtenus sur modèle, en particulier pour deux régimes de fonctionnement stabilisés très spéciaux, en « pompe à rotation inverse » et en « pompe frein ».

L'activité devint également importante dans le domaine de l'étanchéité des enceintes nucléaires. En 1984, une simplification dans la réalisation des contrôles d'étanchéité des enceintes de confinement est expérimentée avec succès au Blayais, permettant d'envisager la suppression du gonflage préalable des générateurs de vapeur qui était une opération contraignante pour les exploitants. Une participation active à une réflexion du SPH sur l'implantation de systèmes d'aide aux diagnostics basés sur la surveillance vibratoire des machines, a conduit à réaliser une campagne de mesures systématiques de vibrations sur une vingtaine de groupes; elle visait à mieux connaître le comportement des machines équipant le parc du SPH. *Saint-Guillemme* et *Salagnac* ont fait l'objet des premières mesures. Plusieurs mesures de vibrations ont été réalisées dans le domaine sismique au cours de la destruction de cheminées et d'aéroréfrigérants de centrales thermiques désaffectées, comme aux Ansereuilles.

D'autres mesures ont permis de caractériser le régime vibratoire du barrage de Bort-les-Orgues lors du déversement de l'adduction de la *Rhue* avec une cote basse dans la retenue de *Bort*.



## Dans le domaine des contrôles métallurgiques

La situation délicate observée en 1974-1975 à la suite de l'achèvement des grands chantiers hydrauliques s'avère de courte durée avec une reprise d'activité importante. Une relève d'activité a été offerte en coordination avec la Division «Laboratoires» du Service de la Production Thermique sur les chantiers de l'Équipement Thermique et Nucléaire, marquée notamment par des détachements de contrôleurs en 1976-1977 sur les chantiers de Fessenheim, de Tricastin et dans une équipe de laboratoire.

Une part importante des essais et contrôles métallurgiques s'est portée sur la fabrication des matériels commandés par le Service de la Production Hydraulique en vue de réaménagements ou d'équipement de chutes nouvelles, avec une attention particulière portée sur les techniques récentes de fabrication.

Une activité nouvelle a été lancée à partir de 1975 pour la réalisation de mesures acoustiques à la demande de la Direction des Études et Recherches. Au Service de la Production Hydraulique, cette activité nouvelle a débuté en 1977 par la réalisation de cartes de bruit dans les centrales du Sous-Groupe Vanoise et à la Rance. Elle s'est poursuivie ensuite dans différentes centrales hydroélectriques pour caractériser «<l'insalubrité» de certains postes de travail, mais aussi pour apporter des conseils dans le domaine de l'insonorisation du matériel des usines. Le programme «<<Rayon» a été mis en œuvre pour la première fois par la DTG en 1986 à l'usine d'Eygliers: à partir de la carte de bruit relevée, ce logiciel a permis, dans un premier temps, l'identification des sources de bruit, puis dans un deuxième temps, l'établissement de cartes de bruit prévisionnelles tenant compte des dispositifs projetés. D'autres projets d'insonorisation ont donné lieu ensuite à l'application du logiciel «Rayon » à l'Argentière et à l'Hospitalet notamment.

En 1987, la DTG a pris à son compte le dispositif de visite par caméra vidéo des conduites forcées d'accès difficile, mis au point par le GRPH Loire (Sous-Groupe Le Puy). Ce dispositif a été perfectionné par l'achat d'un matériel vidéo plus performant et sa mise en œuvre a commencé par les visites des conduites forcées de Belleville, le puits blindé de Sisteron et les reniflards du barrage de Grandval. Les contrôles des soudures de conduites forcées ont donné lieu à de nombreuses interventions sur les sites de Montézic, d'Emosson, de l'Aigle, du Truel, de Laparan, du Pouget, de Grand Maison, de Saint-Guillerme, de Super-Bissorte...

Nombreux sont également les contrôles des pièces en fabrication dans les ateliers des fourneurs. Ils sont parfois l'occasion de déceptions après les résultats médiocres observés par exemple lors de la fabrication par coulée centrifuge de fourreaux de vannes pour Saint-Guillerme et Saint-Etienne-Cantalès qu'il fallut rebuter; cette technique était apparue pourtant prometteuse afin d'assurer une bonne compacité dans la fabrication de pièces de révolution; elle devra encore être améliorée.

La réalisation de mesures d'extensométrie statique se développe en 1981 pour la détermination des déformations et des contraintes sur des pièces en cours de sollicitation. Le comportement d'une vanne de vidange du barrage de Villerest a pu être ainsi suivi tout au long du remplissage de la retenue en 1983, la vanne étant équipée de 80 jauges extensométriques.

La période 1980-1984 restera marquée par l'importante campagne de contrôles réalisée à l'usine d'Assouan en Égypte à la demande de DAFECO. Dès 1980, des essais et des contrôles sont réalisés sur une roue équipant cette usine en associant des équipes des «< Essais hydrauliques» et des «Essais métallurgiques» (cf. chapitre 13).

## Dans le domaine des essais électriques

L'essentiel de l'activité demeure orientée vers la Production Hydraulique, avec une charge importante en raison du nombre élevé d'alternateurs neufs ou rénovés. Une forte demande concerne les contrôles diélectriques, malheureusement justifiée par un nombre élevé de défauts d'isolation. La charge de travail étant devenue trop importante pour les équipes de contrôle de Grenoble, il fut décidé en 1978 de les soulager en créant à Toulouse une antenne capable de réaliser des essais diélectriques; cette antenne fut associée à l'équipe de l'échelon chargé des essais de performances hydrauliques dans le secteur «Massif Central-Pyrénées».

Ces contrôles d'isolation des machines électriques qui étaient considérés dorénavant comme une action de prévention efficace au Service de la Production Hydraulique furent étendus aux essais de réception de quelques turbo-alternateurs de centrales nucléaires (Dampierre, Gravelines, Bugey, Tricastin). Une activité importante a marqué également cette période sur le plan des essais de régulation, et a été consacrée notamment à

l'expérimentation du plan de reconstitution du réseau à l'initiative du Service des Mouvements d'Energie après un incident grave.



*Rotor d'alternateur en cours d'équipement pour la mesure des sollicitations*

Des expérimentations ont été réalisées mettant en jeu des ensembles de groupes de plusieurs centrales (tels ceux de Bort, Chastang et Brommat couplés sur le réseau 225 kV en 1978 dans le but de renvoyer la tension vers la région parisienne) ou le renvoi de tension d'une ou plusieurs usines hydrauliques vers une centrale thermique (comme Serre-Pongon vers Martigues, Génissiat et Monteynard vers Bugey), (cf. chapitre 3).

De nombreuses investigations ont été effectuées, traduisant les préoccupations liées au fonctionnement et aux performances des matériels du parc hydraulique. On citera notamment les essais visant à déterminer les conditions de démarrage des groupes turbine-pompe, en asynchrone (au Cheylas) et en synchrone (à Montézic) ainsi que sur le groupe réversible prototype du Ponger. Au Cheylas, les conditions de travail observées avec des niveaux de contraintes thermomécaniques trop élevées, ont conduit l'exploitant à renoncer au démarrage en asynchrone et à demander à l'Équipement l'installation d'un lanceur statique.

La localisation des défauts internes des transformateurs a conduit à réaliser des essais permettant de tester une nouvelle méthode de localisation par ultrasons des décharges partielles, mise au point par les Etudes et Recherches, les premiers essais réalisés notamment sur des transformateurs de Revin ayant donné des résultats encourageants. Par ailleurs, la détection et l'analyse à distance des singularités thermiques des matériels électriques ont commencé à pouvoir être pratiqués à partir de 1984 grâce à l'acquisition d'un ensemble thermographique à caméra infrarouge; les premiers contrôles ont permis ainsi de localiser sans démontage des connexions défectueuses à l'Aigle et au Cheylas ainsi que des points chauds sur les gaines coaxiales des turbo-alternateurs à Creys-Malville.

L'année 1989 est également marquée par les essais de réception des machines des deux dernières grandes centrales hydrauliques mises en service, *Grand Maison* et *Super-Bissorte*, visant à contrôler leurs caractéristiques et leurs performances en régimes statique et dynamique. Le diagnostic, basé sur la synthèse de résultats d'essais, de contrôles et d'analyse de la technologie de construction des machines, permet d'appréhender l'état effectif des machines, de découvrir l'origine des anomalies et donc de pouvoir préconiser des travaux de maintenance et d'entretien adaptés, compatibles avec la technologie et la vétusté de celles-ci. La méthodologie a été nettement améliorée grâce à la combinaison d'essais diélectriques, thermiques et d'analyse technologiques et fonctionnelles. Les techniques de thermographie infrarouge se sont révélées être un outil à la mise en œuvre relativement simple et susceptible d'apporter une contribution précieuse au diagnostic. Leurs applications ont été très diverses, concernant tout à la fois le contrôle des circuits magnétiques de transformateurs (comme à *Beaucaire*) et d'alternateurs (comme à *Gerstheim*), le contrôle de circuits de puissance de groupes hydrauliques, le contrôle sous tension de condensateurs équipant des disjoncteurs HT, ou encore la mesure d'échauffement des connexions rotoriques interpolaires des alternateurs du *Cheylas* et de celles d'un alternateur de la *Coche*...

## Développement de la gestion des ressources en eau

Cette activité est marquée pendant la deuxième moitié des années 70, par la mise en œuvre d'un programme étendu de modernisation des réseaux de données hydrologiques, mieux adaptés à la collecte rapide des informations pour une utilisation en temps réel. A l'origine, une mission sur la consistance de cette modernisation avait été confiée à L. Anglaret\*.

Lancée à partir de 1978 pour une période quinquennale, cette modernisation a porté en priorité sur l'accélération du programme d'installation des télénivomètres (cf. chapitre 5) dont le nombre atteignait 23 appareils à la fin de l'année 1979. Un premier essai expérimental de transmission des mesures via satellite par le système Argos était tenté cette même année pour l'un de ces appareils, avec des résultats très satisfaisants, tant en délai et accessibilité qu'en qualité. La mise en place des télénivomètres a permis, tout en augmentant la périodicité des relevés, de supprimer les tournées des opérateurs, pénibles et dangereuses (plusieurs accidents mortels).

La mise en service systématique des enregistreurs magnétiques à cassettes débutait pour les pluviographes, les limnigraphes et les comptages d'énergie en usine. L'installation des appareils s'acheva en 1983 avec 340 appareils environ permettant de collecter des mesures sur le terrain et l'informatisation directe de l'archivage des données détaillées de pluie et de débits. En 1984, une trentaine de télénivomètres avec transmission par satellite Argos étaient en service pour le suivi du stock neigeux en haute montagne.

Parallèlement, à la suite des premières réflexions consécutives aux crues de la Durance de l'automne 1976, une étude a été menée dès 1981 sur la possibilité d'installer dans chacune des stations des enregistreurs à mémoire statique qui seraient interrogés en temps réel depuis les différents échelons et dont les données seraient introduites directement dans l'ordinateur de la DTG. L'installation à partir de 1983 d'un premier réseau de stations «Schtroumph»<sup>(1)</sup> sur les aménagements du Rhône a été le point de départ de la généralisation ultérieure d'un tel système à tout le réseau hydrologique. Des essais d'utilisation réelle sur le terrain d'une présérie de 10 répondeurs téléphoniques de mesure à mémoire ayant été satisfaisants, une commande d'une première série de 200 répondeurs a été passée en 1984 pour un début d'équipement du réseau.



*Mesures d'enneigement par tournées d'opérateurs*



*Mesures d'enneigement par télénivomètre*

Deux faits importants ont, en outre, marqué l'année 1983. Le premier a été la mise en place d'une nouvelle organisation du Service « Ressources en eau » qui a réuni les équipes de prévision et des réseaux de mesures au sein de deux centres hydrologiques : le Centre Hydrologique « Alpes » basé à Grenoble et le Centre Hydrologique « Pyrénées-Massif Central, à Toulouse et à Brive, avec, pour parfaire cette symbiose, le transfert du Centre de prévision de Lyon à Grenoble en juillet 1984. Le début d'une rénovation complète des procédures informatiques a été le deuxième fait marquant, en relation avec la « révolution informatique » apportée par le nouveau système de calcul Digital VAX 780 et son réseau de terminaux écrans-claviers installés à la fin de l'année 1983. Cette rénovation allait prendre plusieurs années.



A la fin des années 80 les activités sont marquées par une inflation des besoins d'études dans le domaine de l'eau, en relation avec la loi sur la pêche et le renouvellement des concessions de forces hydrauliques. Le programme d'automatisation du réseau hydrométéorologique qui s'est poursuivi avec l'équipement du système « Schtroumph » permet alors de connaître en temps réel, sur l'ensemble du réseau, les précipitations, les débits des rivières, les températures de l'air, la hauteur et l'équivalent en eau du manteau neigeux.

Lors de la crue de 1982, du fait de la défaillance de l'ensemble des liaisons téléphoniques, le poste de commande centralisée du Pouget fut privé des informations hydrométriques, nécessaires à une conduite anticipée des usines. Le GRPH Languedoc installa un réseau de télétransmission utilisant le satellite géostationnaire Météosat, permettant d'acquérir les données en temps réel. De son côté, la DTG à Grenoble et à Toulouse fit l'acquisition de stations Météotel de réception d'images du satellite Météosat et du réseau radar français. Ce dispositif permet, en complément des cartes météorologiques, un suivi et une prévision en temps réel de l'évolution météorologique à une échelle régionale très fine, en assurant notamment un meilleur suivi des phénomènes de précipitations extrêmes ou de formation de neige collante touchant des régions limitées ; des épisodes de cette nature se sont produits en février 1989 dans les Terres Froides près de Bourgoin dans l'Isère ou encore dans l'Aveyron et le Sud du Massif Central.

C'est ainsi qu'en 1987 ont pu être assurés la prévision et le suivi de plusieurs épisodes météorologiques, comme la vague de froid de début janvier accompagnée de chutes de neige sur le littoral méditerranéen, ainsi que des épisodes de fortes précipitations dans le Massif Central, les Cévennes, le Jura et les Alpes. Notamment, l'épisode des 10 et 11 octobre 1987 sur le sud de la France a fait l'objet en particulier dans les Alpes du Sud de prévisions les 8 et 9 octobre ainsi que d'un suivi permanent qui a permis d'arrêter des travaux au Sous-Groupe Var-Roya et, surtout, a permis de bien gérer Serre-Ponçon avec un faible creux en évitant de turbiner prématurément et en limitant ainsi les déversements à l'aval sur la chaîne de la Durance.

Pour compléter la convivialité du système d'accès direct aux stations hydrométéorologiques, un mini-poste d'interrogation portable, le Piptel<sup>(2)</sup>, se branchant sur une simple prise téléphonique a été proposé aux exploitants pour leur permettre de s'informer rapidement depuis n'importe quel lieu de travail, en remplacement des anciens pluviophones et limniphones. Les centres hydrologiques ont été particulièrement mis à contribution au cours de cette période pour répondre à une campagne importante de jaugeages destinée à l'étalonnage d'ouvrages de restitution pour le contrôle des débits réservés dans le cadre de la mise en application de la « loi pêche ».

Parallèlement, la part prise aux contrôles de température en rivière pour l'évaluation de l'échauffement dû aux centrales thermiques et nucléaires se développait sensiblement et le tracé des cartes de températures était devenu une activité routinière.

L'optimisation énergétique a continué de susciter également une forte demande d'études pour le calcul des coûts de soutien d'étiage ou encore pour l'établissement de modèles de gestion de vallée comportant plusieurs réservoirs saisonniers, un logiciel spécifique, Parsifal, étant mis au point pour permettre d'optimiser et de simuler sur micro-ordinateur la gestion de ces réservoirs.

Des applications intéressantes de Parsifal ont pu être réalisées, notamment sur le bassin de la Durance pour lequel un modèle de gestion optimale en avenir aléatoire du gisement Durance-Verdon (modèle Verduze) a été élaboré en collaboration étroite avec le GRPH Méditerranée. Un autre fait saillant aura marqué la fin des années 80 avec l'élargissement des activités au domaine de l'environnement. Une équipe hydrobiologique est créée en 1989, qui prend en charge, au plan opérationnel, des activités de la Direction des Etudes et Recherches concernant le contrôle de la qualité de l'eau lors des vidanges de retenues, les études d'impact pour le renouvellement des concessions ainsi que les études de passe à poissons. Enfin dans le domaine de la qualité de l'eau, une caravane laboratoire a été spécialement équipée pour permettre un suivi continu, rationalisé et optimisé de l'évolution des paramètres physico-chimiques lors des vidanges des retenues.

*«Schtroumph »<sup>(1)</sup>: Système de Collecte Horaire et de Traitement de Réseau par Ordinateur Utilisé pour la Modification et la Prévision de l'Hydraulicité.*

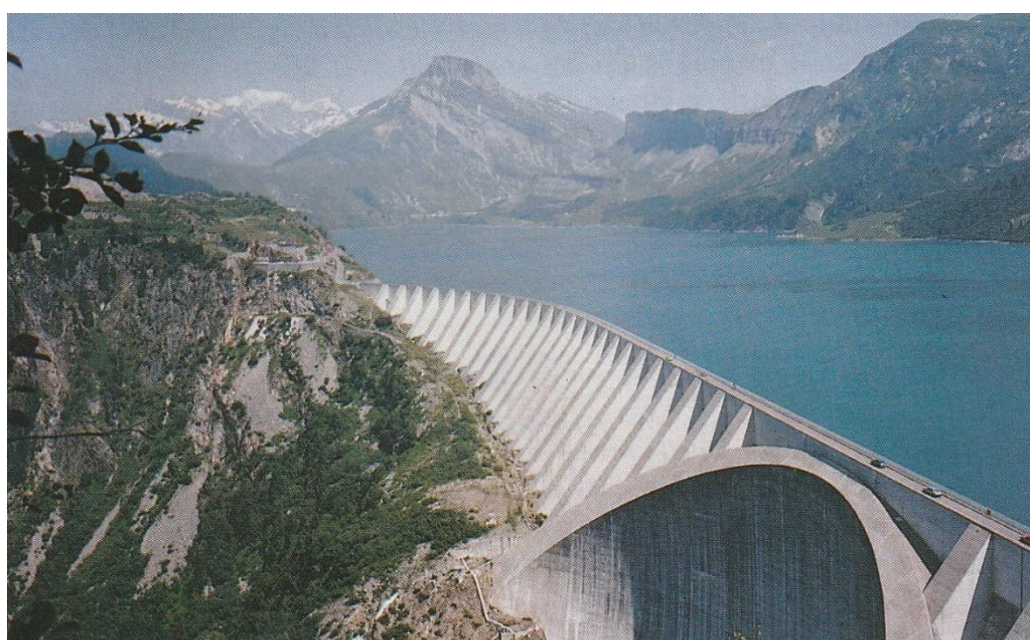
*Piptel<sup>(2)</sup>: Poste d'interrogation par téléphone*

## Développement de l'auscultation des ouvrages

La création en 1975 à Lyon de l'équipe spécialisée dans le contrôle des enceintes de confinement en béton précontraint des réacteurs nucléaires de la filière PWR a apporté immédiatement l'efficacité et la souplesse d'actions recherchées dans ce domaine tout à fait nouveau. Dès la fin de l'année 1975, la première enceinte entièrement équipée de Fessenheim I faisait l'objet d'un contrôle complet au cours de l'épreuve sous pression initiale. Parallèlement, l'auscultation des ouvrages hydrauliques continuait à se développer avec la prise en charge de barrages nouveaux (*La Barthe, Ste Croix, Roselend ...*) et de dispositifs complémentaires de contrôle sur certains barrages anciens.



*Barrage et retenue de Sainte-Croix*



*Barrage et retenue de Roselend*

Certains ouvrages nécessitaient un suivi particulier: *Roselend*, rempli pour la première fois à la cote de retenue normale en 1977, après un remplissage très progressif d'une quinzaine d'années; *Vouglans* après un épisode d'augmentation des fuites et de la piézométrie en fondation; le glissement du *Lamet* sur le site du *Mont-Cenis*, après un accroissement élevé de ses mouvements en relation avec des précipitations très abondantes; le *Chambon* et *Castelnau* objets de phénomènes de gonflement du béton. Quarante ouvrages sont pris en charge au cours de la période 1980- 1984, portant à 190 le nombre des ouvrages contrôlés par la DTG en 1984, dont 36 caissons et enceintes de confinement de réacteurs nucléaires.

En outre, la décision est prise en 1984 de confier à la DTG le contrôle de 25 grands réfrigérants atmosphériques pour le compte du Service de la Production Thermique, la tâche de l'auscultation de ce nouveau type d'ouvrage étant confiée à l'équipe de l'échelon de Lyon chargé des ouvrages nucléaires. L'auscultation des barrages d'accès difficile à certaines saisons incita la division Génie Civil à initier une étude sur la faisabilité de la téléauscultation. Après une première opération réalisée au barrage des *Mesce*, l'expérience lancée en 1985 sur les barrages de *Tignes* et de *Laparan* pour l'acquisition automatique et la télétransmission des résultats d'auscultation s'est avérée couronnée de succès et s'est traduite par une marche semi-industrielle, en 1986, permettant d'acquérir à distance pour ces deux ouvrages les mesures réalisées sur 33 pendules, 96 témoins sonores, 16 piézomètres et 9 points de mesure de fuite par le système SAFTEL <sup>(1)</sup>.

SAFTEL <sup>(1)</sup> : *Safety telemeasures*

#### **LE SYSTEME DE TELEMESURE D'AUSCULTATION SAFTEL**

*Le système Saftel a été mis au point par la Division Technique Générale dans le but de donner à l'utilisateur une liberté totale dans l'acquisition de certaines mesures d'auscultation et, en l'affranchissant des contraintes et inconvénients des mesures manuelles, de lui permettre de disposer d'une information de qualité, adaptée au comportement réel des ouvrages et des méthodes de traitement utilisées. Saftel permet la mesure à distance, depuis l'usine ou la DTG, des phénomènes principaux caractéristiques des comportements mécanique et hydraulique des ouvrages: cote de retenue, déplacements, déformations internes, pressions d'eau, débits de fuites, etc... Grâce à l'automatisation possible de la programmation, de l'interrogation, de la réalisation et de la transmission des mesures, celles-ci peuvent être effectuées à l'heure et à la fréquence désirées, donc adaptées aux évolutions des phénomènes surveillés. La grande précision des mesures et l'extrême liberté d'interrogation sur des ouvrages parfois difficiles d'accès, permettent de constituer une base de données d'une qualité incomparable pour la détection des anomalies, comme pour la compréhension du comportement des ouvrages, en particulier dans des situations particulières telles que vidanges rapides ou premières mises en eau. Les deux premiers ouvrages équipés ont été les barrages de Tignes et de Laparan en 1985. Depuis cette date, et à fin 1994, la télémesure a été installée sur une vingtaine de barrages avec des critères de choix basés sur la difficulté d'accès hivernal, la taille des dispositifs et les comportements particuliers.*

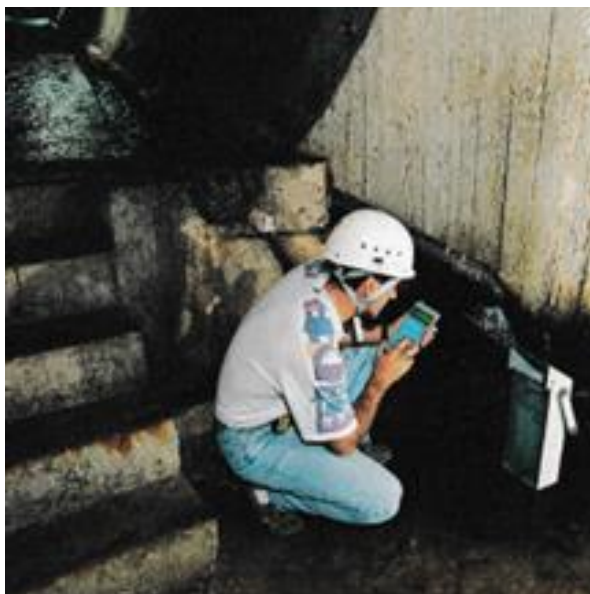
*D'après M. Poupart*

*Michel Poupart: né en 1949, diplômé de l'Ecole Nationale des Arts et Industries de Strasbourg, Chef du Service Auscultation des ouvrages à la DTG.*

Ainsi, l'exploitant à l'usine ou le responsable d'auscultation DTG pouvait disposer désormais, par exemple, de 10 résultats de mesure en moins de 10 minutes, ce qui permettait d'avoir une connaissance rapide de l'état de l'ouvrage, même lorsqu'il est difficilement accessible en hiver. A la suite de cette première expérience, le développement du système de télémesure d'auscultation des barrages a été poursuivi avec l'équipement d'autres ouvrages: le *Verney* et *Castillon* dès 1987, la *Girotte* et *Gnioure* en 1988, *Bious* et *Artouste* pour le compte de la SNCF en 1989. Une extension de ce système aux ouvrages nucléaires a commencé également d'être mise en œuvre en 1989. Par ailleurs, le Service a réalisé la mise au point avec le GRPH Méditerranée du système « TAM-TAM »<sup>(2)</sup> destiné à permettre aux exploitants la collecte, le stockage et le traitement sur le site des mesures brutes effectuées sur un barrage.



En outre, les nouveaux moyens informatiques mis à disposition avec l'acquisition du ordinateur Digital VAX en 1983 ont conduit à une remise en forme des anciens programmes de traitement et ont permis le développement de procédures nouvelles pour la saisie, le traitement et l'interprétation des résultats de mesures. L'augmentation des ouvrages contrôlés hydrauliques et nucléaires s'est poursuivie sans relâche : 40 nouveaux ouvrages ont été pris en charge entre 1980 et 1985 et 26 l'ont été à leur tour entre 1985 et 1989 portant à 239 le nombre des ouvrages contrôlés par la DTG à la fin des années 80, soit un accroissement de l'ordre de 50 % en dix ans, sensiblement égal à celui observé au cours des années 70. Un certain nombre de barrages font partie de ces nouveaux ouvrages. Les barrages de Pla-de-Soulcem, *Vieux-Pré*, *Laparan* et *Garrabet* ont été pris en charge en 1985- 1986, le *Verney*, *Anchal* et *Mirgenbach* (pour le compte du SPT car dépendant de la centrale de Cattenom) en 1987 et *Grand Maison* en 1988; ce barrage étant le dernier grand ouvrage hydraulique construit par EDF, cet événement marque ainsi une étape importante dans la vie du Service. D'autres barrages ont également été pris en charge, dans le cadre de la diversification développée en France et à l'étranger.



*Relevés au barrage du Sautet à l'aide de TAM-TAM*

Avec l'arrêt de l'équipement hydraulique EDF, la DTG dû adapter ses moyens et ses produits à l'expression de besoins nouveaux liés à la sécurité des installations ou à l'environnement et se tourner vers d'autres partenaires, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de l'Etablissement, en même temps que les exigences d'exploitation lui imposaient de faire preuve d'une disponibilité toujours plus grande et d'une plus grande souplesse. La DTG n'a cessé grâce à la qualité de son personnel et à des moyens techniques nouveaux d'offrir aux exploitants des moyens de contrôles plus précis, plus nombreux et surtout plus faciles d'accès. Elle assure des services similaires non seulement à d'autres hydrauliciens mais aussi aux thermiciens et offre son concours à de nombreuses sociétés étrangères.