

Communication
présentée au Comité technique
de la Société Hydrotechnique de France
le 21 mars 1969

CONCEPTIONS NOUVELLES EN MATIÈRE DE MESURES LIMNIMÉTRIQUES SUR LES COURS D'EAU

PAR P. DUBREUIL *
ET R. HLAVEK *

Problèmes posés par l'exploitation d'un réseau hydrométrique

Aspects généraux :

NATURE DES OPÉRATIONS D'EXPLOITATION D'UN RÉSEAU HYDROMÉTRIQUE. — On peut distinguer deux types d'opération nettement différents :

— Sur le terrain :

- d'une part, la mesure de la hauteur d'eau (discontinue par relevés d'échelles; continue par limnigraphes);
- d'autre part, l'établissement des relations « hauteurs-débits » grâce aux jaugeages.

— Au bureau :

- d'une manière systématique l'on transforme les niveaux en débits, par divers procédés sur lesquels nous reviendrons;
- d'autres opérations sont faites sur les séries de débits ainsi obtenues et leur nature est liée aux objectifs poursuivis (études de régimes, de crues, etc.).

CARACTÈRE PARTICULIER DE L'OPÉRATION « CAPTAGE DE LA HAUTEUR D'EAU. — Bien qu'il s'agisse d'une opération de terrain, elle conditionne la suite des opérations de bureau, et ceci entraîne les conséquences suivantes :

- les conditions de terrain sont trop difficiles pour

que l'on puisse espérer pouvoir y produire, du moins économiquement, un document dont les performances soient aussi élevées que les conditions du bureau le permettent;

- il faut toutefois veiller à ce que l'information captée soit fiable et que son traitement ne soit pas trop compliqué, notamment par des procédés modernes.

NATURE DES OPÉRATIONS DE BUREAU. — Pour le moment, nous ne nous plaçons que dans l'optique de la gestion de réseau, dont l'objectif est le calcul du débit moyen journalier, l'ensemble des résultats obtenus étant ensuite présenté sous forme d'annuaires.

L'opération essentielle est alors celle de la « transformation hauteur → débit », et l'on peut dès maintenant indiquer qu'il est possible de procéder à cette opération selon un nombre limité de systèmes (dans l'état actuel de la technologie) et nous distinguerons ainsi :

— *Le système manuel*, avec deux variantes : numérique (les hauteurs sont lues sur les limnigrammes ou extraites des feuilles de relevés de hauteurs d'eau; la loi $Q(h)$ est sous forme de barème), et graphique (la courbe de tarage est portée sur une plaque transparente).

— *Le système de l'analyseur de courbe*, avec deux variantes : semi-automatique (exploitation manuelle de l'enregistrement) ou automatique.

— *Le système mécanographique* : semi-automatique par principe (intervention de l'équipe de perforation-vérification).

— *Le système automatique numérique* : pour traitement des supports codés modernes.

* Chef du Département Recherche Appliquée du Service Hydrologique de l'O.R.S.T.O.M.

** Chef de la Section Hydrologie-Hydrogéologie du C.E.R.A.-F.E.R. (Ministère de l'Agriculture) O. R. S. T. O. M.

CARACTÈRES PARTICULIERS DE L'OPÉRATION « TRANSFORMATION : NIVEAU→DÉBIT ». — Si l'on considère que le captage direct du débit est toujours du domaine de la recherche, il apparaît que la transformation des niveaux en débits reste, pour de nombreuses années encore, la clé de la gestion du réseau.

En particulier, le temps passé à cette opération est un facteur essentiel et l'exemple de l'O.R.S.-T.O.M. est à cet égard hautement significatif. Jusqu'en 1966, cette transformation était manuelle (avec machines Olivetti Divisumma) et demandait un an d'employé pour établir les tableaux de débits de l'annuaire pour 100 stations, à partir des tableaux des relevés de hauteurs d'eau (R.H.E.), les barèmes étant établis par ailleurs. Depuis 1967, le transfert des R.H.E. est fait sur cartes perforées et, le calcul des débits étant fait sur un IBM 360.40, il suffit de deux à quatre mois d'employé pour l'établissement de cet annuaire.

Ainsi le temps passé est réduit de trois à six fois et, ce qui est au moins aussi important, les erreurs de transcription et de traduction sont supprimées.

Sans qu'il s'agisse de normes impératives, on peut considérer que le calcul manuel, très lent, et source d'erreurs, est condamné pour la gestion rationnelle d'un service hydrométrique important, disons de plus de 100 stations.

Considérant par ailleurs l'expérience de la Division Technique Générale d'Electricité de France, qui, avec un réseau de l'ordre de 200 stations, a depuis plusieurs années déjà renoncé au calcul manuel, le Service de l'Hydraulique du Ministère de l'Agriculture s'est préoccupé de ce problème, et nous allons en voir maintenant les aspects particuliers.

Aspects particuliers au ministère de l'Agriculture (Service de l'Hydraulique)

BREF APERÇU DES CARACTÈRES DE CE RÉSEAU : Ceux-ci ressortent d'une enquête faite au niveau des Services Régionaux d'Aménagement des Eaux, et datant de mars 1968. Bien que, comme toutes les enquêtes, celle-ci soit imparfaite, et que de nombreuses stations soient venues s'ajouter à celles qui ont été ainsi inventoriées, la physionomie générale du réseau et les problèmes y afférents restent sans changements.

Dans l'ensemble la *situation du réseau hydrométrique* de l'Agriculture (*) est la suivante :

— *Stations existantes* : environ 600, dont 90 % environ équipées de limnigraphes (dont 92 % de marque Ott, à flotteur, et 6 % de marque Neyrpic, modèle TELIMNIP, à prise de pression).

— *Stations à créer* : leur nombre est estimé à quelque 600.

L'on peut immédiatement tirer de ces observations deux ordres de constatations :

(*) Dont les stations gérées par le Service de l'Hydraulique constituent l'essentiel : le reste correspond à des stations gérées par des Compagnies d'aménagement ou des Sociétés d'économie mixte, sous tutelle du Ministère de l'Agriculture.

- le volume de l'information est tel que le système manuel de transformation des niveaux en débits ne peut être retenu, en toute hypothèse;
- l'égalité du nombre de stations existantes et de celles à créer nous a conduits à examiner avec une égale attention les solutions propres à chacun de ces deux cas, qui sont différents, sinon opposés, et en même temps intimement liés dans le cas présent.

CARACTÉRISTIQUES INHÉRENTES A LA NATURE DU RÉSEAU SPÉCIFIQUE DU MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE. — Si certaines d'entre elles ne sont pas propres à ce réseau, il n'en est pas moins intéressant d'insister sur le fait qu'elles sont liées à trois caractères fondamentaux :

Mobilité importante du réseau : Elle résulte de l'importance relative des stations tertiaires, sans exclusion cependant l'exploitation, souvent nécessaire, de stations d'un autre ordre. Ceci entraîne alors les exigences suivantes :

- infrastructure à coût minimal;
- récupération maximale de l'équipement lors de son déplacement;
- universalité ou adaptabilité de l'appareillage au plus grand nombre possible de types de stations tertiaires (cours d'eau et écoulements très divers) et d'autres ordres.

Personnel de terrain peu spécialisé : Cette caractéristique, liée au milieu, exige les qualités suivantes :

- installation facile;
- maniement (réglage, exploitation, entretien) aisé;
- robustesse.

Difficultés de recrutement de personnel : Ces difficultés, peut-être plus grandes que dans d'autres secteurs, se traduisent ainsi, toutes choses étant égales par ailleurs :

- prééminence des traitements « automatiques » par rapport aux « manuels »;
- préférence relative accordée aux investissements par rapport aux dépenses de fonctionnement.

Transmission immédiate inutile :

Les systèmes de télétransmission, coûteux et justifiés dans des cas spéciaux (crues, usines), sont à écarter dans le contexte actuel.

Examen critique des possibilités de captage et de codage

Caractéristiques recherchées

POUR LE CAPTEUR. — Nous distinguerons :

La bande de mesure : En général « 0 - 10 m » ; extension à 20 m pour quelques cours d'eau de type méditerranéen.

La sensibilité et la précision : Il a été distingué trois gammes :

- a) ± 1 cm sur la bande 0-2 m (exceptionnellement $\pm 0,5$ ou $\pm 0,2$ cm);
 b) ± 2 cm sur la bande 2 - 10 m;
 c) ± 3 cm, sinon plus, au-delà de 10 m.

La cadence d'enregistrement : Entre les deux extrêmes « 1/4 d'heure » et « 4 heures, » les intermédiaires souhaitables paraissent être : 1/2, 1 et 2 deux heures (éventuellement cadence rapide de 1/10^e d'heure pour des études hors réseau, et cadences plus lentes pour grands cours d'eau).

L'autonomie : Liée évidemment à la capacité du support et à la cadence, elle doit être le plus souvent de 1 à 3 mois (6 mois pour des stations d'accès très difficile).

La source d'énergie. — Le principe retenu est celui de la station non reliée au secteur de distribution électrique, et donc de la source d'énergie indépendante (piles, batteries).

POUR LE CODEUR. — Trois idées directrices ont été retenues :

Fidélité rigoureuse, le captage de l'information ne devant pas être en défaut.

Contrôle par témoin visuel, de taille réduite, pour tout codage non clair (les caractéristiques en seraient à peu près les suivantes : largeur de bande = 100 mm; échelle = 1/20^e à 1/100^e; vitesse = 1 à 5 mm/h).

Simplicité de l'appareillage (convertisseur ou transcodeur intervenant dans la phase de conversion) pour le codage non clair.

Inventaire des dispositifs de captage et de codage

LIMITES DU PRÉSENT INVENTAIRE. — Cet inventaire n'est pas exhaustif, et ne porte donc pas sur tous les dispositifs de captage et de codage concevables; toutefois il est réaliste en ce sens que :

- ont été écartées certaines solutions aisément concevables, sinon déjà exploitées, mais non réalisables sur le terrain (cartes perforées, disques magnétiques, etc.) ou d'un prix de revient assurément prohibitif, même en tenant compte de l'évolution technologique prévisible dans les prochaines années (ultrasons, infrarouges..., et même lasers!);
- n'ont été retenues que les solutions existantes (éventuellement à modifier pour tenir compte des exigences développées plus haut) ou celles qui sont à un stade assez avancé des études et des réalisations (depuis l'avant-projet dessiné et chiffré jusqu'au prototype construit).

COMBINAISONS THÉORIQUES ET RÉALISATIONS PRATIQUES. — Au niveau des principes, les solutions du captage d'une part, et du codage d'autre part, sont rigoureusement indépendantes, et toutes les combinaisons sont possibles, dans les limites rappelées ci-dessus.

En pratique, toutes ces combinaisons ont déjà été réalisées, et le plus souvent commercialisées, ou bien nécessitent soit la modification de dispositifs existants (par modifications proprement dites, ou par juxtaposition), soit la mise au point d'ensembles nouveaux.

SITUATION DU MARCHÉ ET CHOIX D'UN NOMBRE LIMITÉ DE COMBINAISONS. — Le tableau 1 ne donne une vue générale que du marché européen traditionnel, les références au marché américain n'étant faites que par souci de comparaison. Dans ce tableau figurent aussi, par souci d'homogénéité, les prototypes réalisés et en cours d'essais ainsi que les projets à l'étude.

Si l'on se réfère aux caractéristiques exposées ci-dessus, un certain nombre de combinaisons peuvent être écartées, ou nécessitent des modifications plus ou moins importantes :

- soit parce qu'elles ne répondent pas aux besoins du secteur de l'espace rural (ex. : le limniphone SAREG et le limnigraphe STEVENS « Telemark », référencés 2.14 et 2.15, pour télétransmission);
- soit parce qu'elles sont trop coûteuses en réseau (telle la balance de Rittmeyer, référencée 2.21);
- soit qu'elles exigent une infrastructure souvent coûteuse et non récupérable (tous limnigraphes à flotteur, référencés 2.11, 2.12 et 2.13);
- soit qu'elles fournissent l'information sur un support ne permettant pas une exploitation rapide, plus ou moins automatisée (références 2.11 et 2.21);
- soit qu'elles ne comportent pas de témoin de contrôle visuel (2.12 et 2.11);
- soit que les performances correspondantes restent médiocres (2.31);
- soit enfin que les études soient trop peu avancées (2.23 et 2.25).

DISPOSITIFS FINALEMENT RETENUS : Ils sont au nombre de cinq et on peut les caractériser brièvement comme suit :

a) *Limnigraphes à flotteur, à sortie sur B.P., avec témoin visuel* (réf. 2.13) : Cette combinaison a fait l'objet de deux réalisations :

- la première correspond au limnigraphe Ott 20.061 (B.P. en code Téléx), commercialisé, auquel un témoin visuel a été adjoint sur notre demande, pour constituer un prototype opérationnel, dont les essais sur le terrain sont exposés ci-après;
- la seconde correspond au prototype réalisé par les Etablissements Richard, et qui a été essayé, il y a quelques années déjà, par la D.T.G.; il n'y a pas eu commercialisation.

b) *Adjonction, à un limnigraphe classique, d'un codeur à support moderne* (réf. 2.16) : Cette combinaison est celle qu'a étudiée la D.T.G., qui a choisi la bande magnétique comme support; les résultats en ont été exposés ce jour même par M. André, mais nous remarquerons cependant que ce codeur est conçu pour un emploi identique sur les pluviographes de la D.T.G.

c) *Capteur à insufflation de gaz et codeur asservi, avec témoin visuel* (réf. 2.24) : Cette combinaison, réalisée sous forme de prototype par les Etablissements Neyrpic dans le cadre d'un marché passé par le Service de l'Hydraulique du Ministère de l'Agriculture, est décrite en détail ci-après.

d) *Capteur à insufflation de gaz et codeur B.P., avec témoin* (réf. 2.23) : Cette combinaison n'est qu'au stade des études de définition chez Ott, mais on peut considérer que les recherches faites par la

Tableau 1
Information limnimétrique. Situation du marché

PRINCIPES DE : (capteur) + (codeur) (1)			APPAREILLAGES CORRESPONDANTS		
			Fabrications de série	Prototypes (2)	A l'étude
2.1.	Limnigraphes à flotteur....	2.11 Limn.	Ott. Richard, Stevens Ott. Stevens + Fisher & Porter Limniphone Sareg, Ott Stevens Telemark	<u>Ott, Richard</u>	
		2.12 B.P.			
		2.13 B.P. + T.			
		2.14 B.M. pré-enregistrée.			
		2.15 Imp. électr.			
2.2.	Limnigraphes à insufflation de gaz.....	2.16 Limn. + B.M.	Telimnip Neyrpic, Balance Rittmeyer Stevens (ou CAE) + F. & Porter	<u>D.T.G.</u>	
		2.21 Limn.			
		2.22 B.P.			
		2.23 B.P. + T.			
		2.24 R.N. + T.			
2.3.	Limnigraphes à prise de pression pneumatique.	2.25 Non défini.	Hydrocapteur Richard	<u>Neyrpic</u>	Ott. C.D.C.
		2.31 Limn.			
2.3.	Limn. à prise de pression par jauge de contrainte..	2.32 R.N. (+ tém.).		<u>S.F.I.M.</u>	

(1) Limn. = limnigrammes; T. = témoin; B.P. = bande perforée; B.M. = bande magnétique; Imp. électr. = impulsion électrique; R.N. = ruban numérique.
(2) Les prototypes disponibles pour essai sont soulignés d'un trait.

C.D.C. pour le compte de la D.G.R.S.T., et exposées au cours de la présente session, se rapprochent beaucoup de ce modèle, bien que les deux principes de mesure de pression soient différents.

e) *Capteur de pression à jauge de contrainte, et codeur R.N.* (réf. 2.32) : Cette combinaison a été réalisée, elle aussi sous forme de prototype, dans le cadre d'un marché passé par le Service de l'Hydraulique avec la S.F.I.M. (Société de Fabrication d'Instruments de Mesure), et elle est décrite en détail ci-après.

CONTEXTE GÉNÉRAL DU CHOIX EXPOSÉ CI-DESSUS.

— Compte tenu de la spécificité des besoins des divers organismes intéressés, nous nous sommes toujours efforcés, tout au long de notre étude, de conjuguer nos efforts avec ceux des autres spécialistes, tant gestionnaires de réseaux qu'industriels, afin de limiter le plus possible les doubles emplois.

Pour le Ministre de l'Agriculture, l'effort s'est porté surtout sur les dispositifs nouveaux décrits en c) et e) au paragraphe précédent, le dispositif b) étant le fait de la D.T.G., mais n'étant pas moins pour nous d'un intérêt certain pour résoudre le problème de la modernisation des équipements existants.

Nous avons par ailleurs, dans un cadre plus vaste, établi des contacts étroits avec les industriels intéressés, ce qui nous a permis de contribuer à orienter leurs fabrications [cas a)] ou leurs études [cas d)].

Résultats des études et essais entrepris par ou pour le Service de l'Hydraulique

Prototype réalisé par la S.F.I.M.

La Société de Fabrication d'Instruments de Mesures, S.F.I.M., consultée pour l'étude d'un prototype de limnigraphe devant satisfaire le plus possible aux exigences définies précédemment (chapitre 2), a présenté une proposition sur la base de laquelle a été réalisé, pour le compte du Ministère de l'Agriculture (C.E.R.A.F.E.R.), le prototype décrit ci-après.

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE L'ÉQUIPEMENT.
— On peut distinguer trois parties (photo 1) :

Un ensemble « capteur-convertisseur », comprenant lui-même les éléments suivants (photos 2 et 3) :

- une crépine de prise de pression, à deux filtres démontables;
- le capteur de pression proprement dit : il s'agit d'une jauge de contrainte à fils tendus, « DYNISCO-GW 22 », d'échelle 1 bar effectif;
- un convertisseur d'impédance, fournissant un courant de sortie de 100 mV.

Ces éléments sont réunis en un boîtier étanche qui est relié à l'ensemble de mesure décrit ci-après,

par un câble spécialement mis au point et qui comporte, outre les conducteurs électriques (2 pour l'alimentation et 2 pour la mesure), une tubulure de mise à l'atmosphère du boîtier étanche afin d'assurer une référence de la mesure à la pression atmosphérique.

Un ensemble de mesure qui comprend lui-même les éléments suivants (photo 4) :

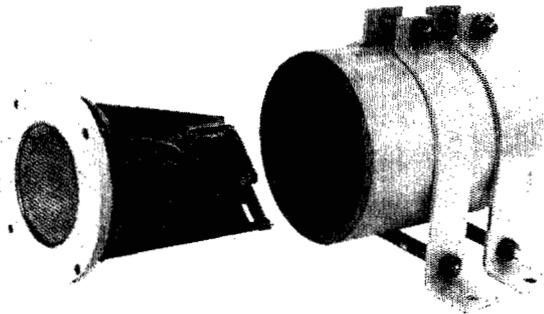
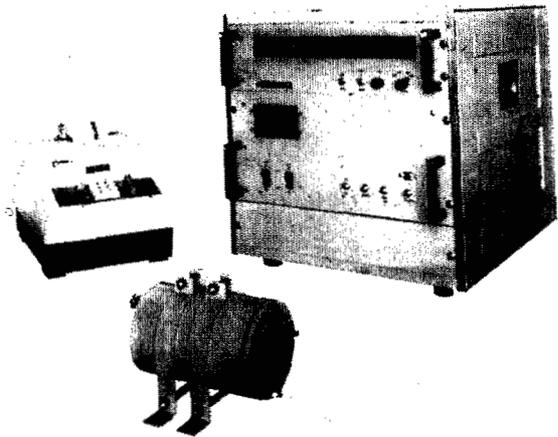
- un voltmètre numérique type CS 2.400;
- une horloge numérique type CH 2.100;

— une séquence de mise sous tension et d'impression commandée par l'horloge; (les signaux fournissent les indications de :

- 0 à 3 pour les 1/4 d'heure;
- 00 à 23 pour les heures;
- 001 à 999 pour les jours;

la date et l'heure n'étant données qu'une fois par heure, à 0 mn);

— le relaiage de commande de l'ensemble (photo 5);



3/

1/

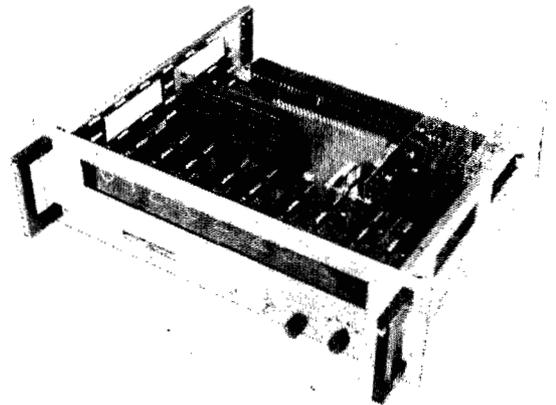
1/ Prototype S.F.I.M. : vue d'ensemble.
General view of S.F.I.M. prototype.

2/ Prototype S.F.I.M. : vue détaillée du capteur.
S.F.I.M. prototype close-up of sensor.

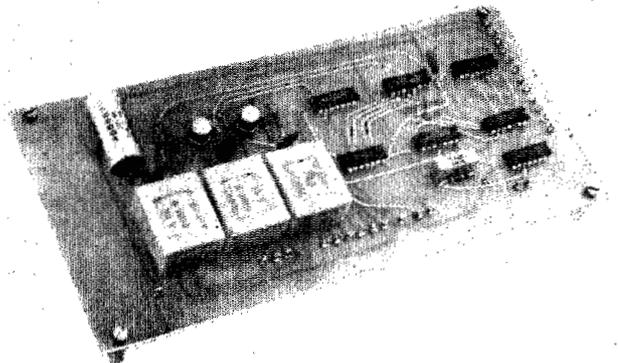
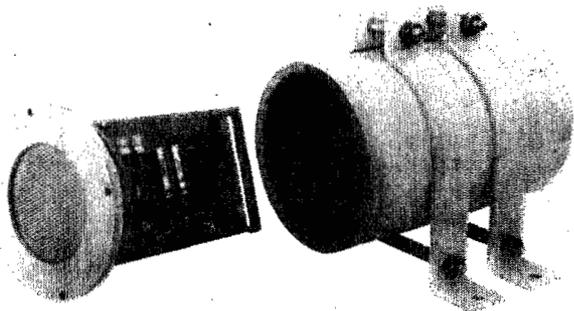
3/ Prototype S.F.I.M. : vue détaillée du capteur.
S.F.I.M. prototype close-up of sensor.

4/ Prototype S.F.I.M. : l'horloge numérique.
S.F.I.M. prototype: digital clock.

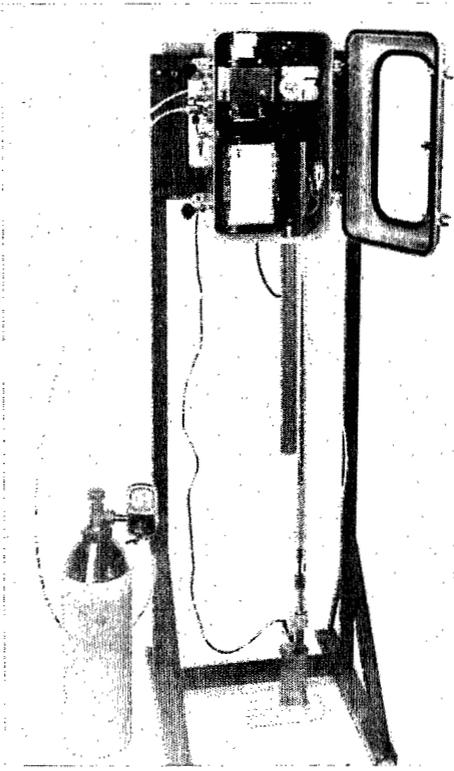
5/ Prototype S.F.I.M. : bloc de relaiage de commande.
S.F.I.M. prototype: control relay unit.



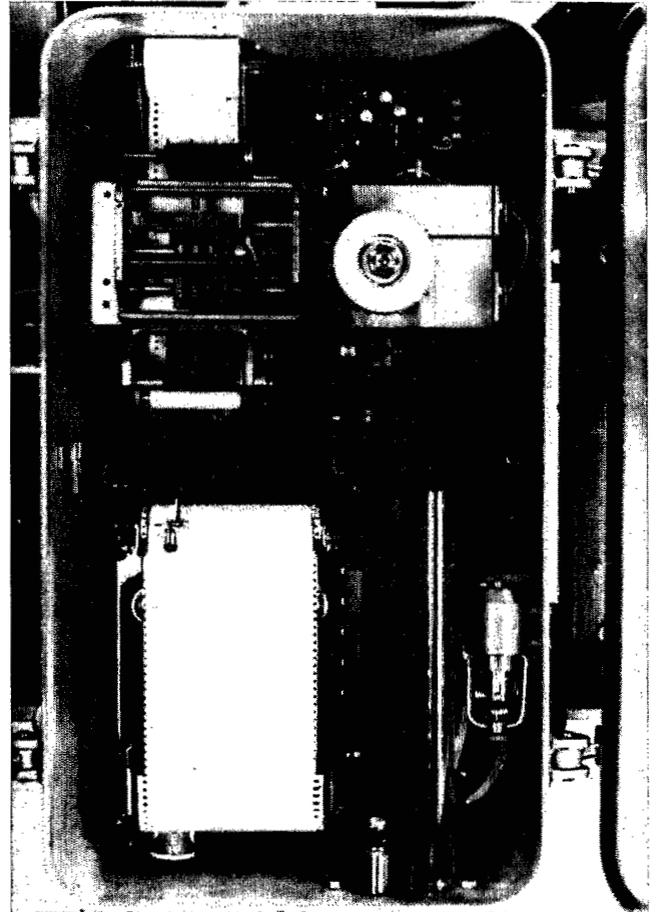
4/



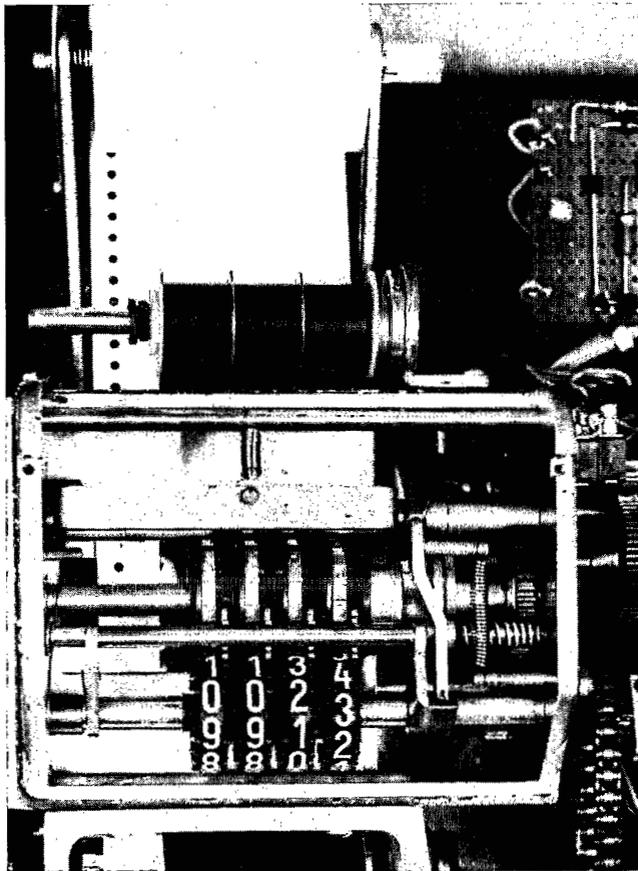
2/ 5/



6/ Prototype Neyrpc : vue d'ensemble.
 General view of Neyrpc prototype.



7/ Prototype Neyrpc : vue détaillée de l'armoire.
 Neyrpc prototype: close-up of main unit.



8/ Prototype Neyrpc : vue détaillée du compteur imprimant.
 Neyrpc prototype: close-up of print-out counter.

•	20	0	2	4	0
•	19	0	2	4	3
•	18	0	2	4	0
•	17	0	2	4	3
•	16	0	2	4	3
•	15	0	2	4	3
•	14	0	2	4	3
•	13	0	2	4	3
•	12	0	2	4	3
•	11	0	2	4	3
•	10	0	2	4	3
•	9	0	2	4	3
•	8	0	2	4	3
•	7	0	2	4	3
•	6	0	2	4	3
•	5	0	2	4	3
•	4	0	2	4	3
•	3	0	2	4	3
•	2	0	2	4	0
•	1	0	2	4	0
•	23	0	2	4	0
•	22	0	2	4	0
•	21	0	2	4	0
•	20	0	2	4	0
•	19	0	2	4	0
•	18	0	2	4	0
•	17	0	2	4	0

9/ Prototype Neyrpc : exemple de ruban numérique.
 Neyrpc prototype: a digital print-out tape.

— un convertisseur 24 V - 220 V, permettant l'alimentation de l'ensemble sur batterie.

Une imprimante : Il s'agit d'un modèle OLYMPIA à bande, à sérialiseur incorporé, et à code B.C.D. (photo 1).

Le bloc de frappe est d'un modèle à caractères optiques IBM 1428, compatibles avec les lecteurs IBM 1285 ou 1287.

La frappe est composée de 11 caractères, ainsi répartis :

- 6 caractères pour le temps (date : 3; heure : 2; quart d'heure : 1);
- 1 blanc ;
- 3 caractères pour la mesure;
- 1 caractère de validation de fin de ligne, pour le lecteur IBM.

Un clavier permet d'inscrire toutes les indications complémentaires nécessaires (code station par exemple).

PERFORMANCES DE L'ÉQUIPEMENT. — Les spécifications précisent les valeurs suivantes, en pourcentage de l'échelle totale (qui est de 10 m, rappelons-le) :

- Linéarité : meilleure que 0,3 %.
- Hystérésis : meilleure que 0,1 %.
- Fidélité : 0,1 %.
- Influence de la tension d'alimentation : < 0,2 % pour des variations de ± 10 %.
- Influence de la température :
 - sur le capteur = $\pm 0,25$ % pour ± 15 °C autour de + 15 °C;
 - sur l'ensemble de mesure = $\pm 0,2$ % pour ± 15 °C autour de + 25 °C.

SÉQUENCÉMENT DE LA MESURE ET DE L'IMPRESSION.

- La séquence se déroule de la façon suivante, tous les 1/4 d'heure :
 - mise sous tension;
 - enclenchement de la mesure de pression;
 - conversion numérique;
 - sérialisation de l'heure et de la mesure;
 - arrêt des éléments (sauf l'horloge programmant la séquence).

PARTICULARITÉS DU PROTOTYPE RÉALISÉ PAR LA S.F.I.M. — Dans cet équipement, c'est essentiellement la partie « capteur » qui est originale, dans cette application du moins, et c'est sur elle que se sont concentrés nos espoirs et nos efforts.

Dans cette première étape, l'ensemble proposé est plus une juxtaposition d'éléments préexistants, ou adaptés, qu'une chaîne spécifiquement conçue. On doit donc considérer comme admissibles, à titre provisoire, les caractères suivants :

- encombrement relativement important de l'ensemble de mesure (le coffret est sensiblement cubique, de 50 cm d'arête) et de l'imprimante (modèle de bureau);
- consommation élevée des éléments de la chaîne entraînant une autonomie réduite (8 jours?) en cas de fonctionnement sur batteries 24 V;
- choix d'un témoin visuel non enregistreur (voltmètre numérique), en attente.

ESSAIS EN COURS. — **ÉVOLUTION PRÉVISIBLE DE LA CONCEPTION DU PROTOTYPE.** — Pour le moment, seuls des essais en laboratoire (Section Hydraulique du C.E.R.A.F.E.R.) ont été envisagés, avant de procéder à des essais sur le terrain (bassins représentatifs de l'Orgeval).

Si, après tous ces essais, ce type de capteur s'avère adapté au problème de la limnimétrie, nous nous efforcerons d'obtenir d'une part une réduction du volume de la chaîne, de sa consommation et finalement de son coût et d'autre part une simplification notable de la partie « imprimante ». Sur le premier point, tous les espoirs sont permis d'ores et déjà (la technologie des jauges de contrainte est elle-même en évolution rapide); sur le second point, l'expérience acquise par ailleurs montre qu'il s'agit d'une affaire délicate en pratique (voir ci-après pour le prototype Neyrpic).

Prototype réalisé par Neyrpic

Consultés dans les conditions déjà évoquées, les Etablissements Neyrpic ont repris l'étude d'un projet dont les premières bases avaient été jetées en mars 1965 par des contacts entre des techniciens d'Electricité de France et de l'Agriculture d'une part, et le responsable du Département « Mesures et Instruments » des Etablissements Neyrpic d'autre part.

Les résultats de cette étude s'étant avérés prometteurs, le Ministère de l'Agriculture (Service de l'Hydraulique) a confié à la Division Neyrpic la réalisation du prototype décrit ci-dessous.

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE L'ÉQUIPEMENT. On peut distinguer quatre parties (photo 6).

Le capteur : Cette partie de l'équipement est, à quelques améliorations près, celle que l'on trouve dans le TELIMNIP, c'est-à-dire que le principe est celui de l'insufflation de gaz; les divers éléments sont (photo 7) :

- un générateur d'air avec manodétendeur (pression de sortie ajustable à une valeur constante entre 0 et 6 bars);
- un bloc visualisateur (réglage et contrôle visuel du débit d'air émis vers la prise de pression);
- une prise de pression fixée en dessous du niveau des plus basses eaux.

L'ensemble de mesure et de conversion de la mesure : Il comprend lui-même (photo 7) :

- un manomètre à mercure (à cuve et une branche verticale) à étalonnage individuel en atelier;
- un limnimètre asservi composé d'une sonde palpeuse à deux électrodes (dispositif utilisé couramment dans d'autres fabrications de la Société) qui reste en permanence au contact du mercure du manomètre, et est entraînée par un moteur commandé, en montée ou en descente, par un circuit à transistors.

Le compteur indicateur imprimant : Les mouvements du moteur d'asservissement visé ci-dessus sont transmis à l'arbre d'entrée d'un compteur double comprenant (photos 8 et 9) :

- un compteur indicateur, pour lecture de la cote à tout instant;

— un compteur à chiffres en relief pour impression de la cote en caractères compatibles avec un lecteur optique IBM (un moteur auxiliaire entraîne le marteau d'impression). Le papier est préimprimé avec les références de l'heure et de la date.

Les compteurs ont une capacité de 9 999 unités.

Enregistreur-témoin (photo 8) : Entraîné mécaniquement par l'arbre de sortie du dispositif de mesure, est constitué par une platine traditionnelle électromécanique, à vitesses de déroulement de 5, 10 ou 20 mm/h et échelles de $1/60^\circ$, $1/120^\circ$ ou $1/180^\circ$ selon l'étendue de mesure (jeux de pignons).

Performances de l'équipement. — Les gammes sont de : 6, 12 ou 18 m (seules changent les caractéristiques du manomètre, quant à ses dimensions et à la quantité de mercure, et d'autre part la démultiplication entre moteur d'asservissement et compteurs).

La sensibilité, constante, est de 1 cm.

La vitesse maximale de poursuite du niveau est de 1 cm/s.

Pour l'impression, les caractéristiques sont :

- durée de l'impression : 30 secondes ;
- cadence : ajustable depuis $1/4$ d'heure jusqu'à 12 h.

Consommation : Sous tension de 9 V (6 piles rondes de 1,5 V), elle est de :

- 45 mA pour le moteur d'asservissement (en mouvement) ;
- 60 mA pour la frappe de l'impression.

Autonomie : Elle dépend de la cadence, et peut aller de 3 à 15 mois.

SÉQUENCÉMENT DE LA MESURE. — La poursuite du niveau du mercure est permanente et l'impression est commandée, au pas de temps voulu, par une came liée à l'horlogerie du témoin d'enregistrement ; il y a alors blocage des compteurs (et ajustement à la valeur la plus proche en centimètres), puis frappe de la cote sur le ruban, et avance des rouleaux (papier et carbone).

ESSAIS EN COURS. — ÉVOLUTION PRÉVISIBLE DE LA CONCEPTION DE L'ÉQUIPEMENT. — Pour le moment, seuls ont été entrepris, par le fabricant, des essais en laboratoire, ou à proximité, et leurs résultats sont très satisfaisants ; quelques difficultés subsistent au niveau de l'impression, mais elles sont en voie de résolution définitive. Des essais seront ensuite faits sur le terrain (S.R.A.E. de Montpellier).

La conception ne paraît pas devoir être modifiée et les efforts seront essentiellement portés sur l'amélioration de la fiabilité de l'équipement d'impression.

Prototype réalisé par la Société Ott

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE L'ÉQUIPEMENT. — Cet équipement, de référence R. 20.061, est en fait constitué d'un équipement commercialisé depuis un certain temps déjà (limnigraphe à bande perforée R. 20.060) et d'une platine d'enregistrement de contrôle, l'ensemble étant référencé R. 20.061.

Le limnigraphe à bande perforée R. 20.060 : Il s'agit d'un appareil à flotteur d'allure très classique (il se rapproche beaucoup du modèle Ott R. 16) dans lequel les mouvements du flotteur sont transmis à une poulie qui entraîne mécaniquement :

- un indicateur digital pour contrôle, par lecture directe des niveaux, de la concordance des indications du limnigraphe et de la cote à l'échelle ;
- un équipement de perforation.

Une horloge électrique commande, à intervalles de temps réguliers ($1/4$ d'heure en équipement standard), la mise en marche d'un petit moteur électrique qui entraîne le système perforateur.

La platine d'enregistrement de contrôle : La face arrière du modèle décrit sommairement ci-dessus a été modifiée de manière à permettre l'entraînement mécanique d'une rampe hélicoïdale double qui porte un stylet à encre, assurant le tracé d'un limnigramme de petites dimensions (largeur = 100 mm ; échelles = $1/20^\circ$ en hauteur et 2 mm/h en défilement) sur une platine traditionnellement entraînée par un mouvement d'horlogerie à remontage par moteur électrique.

PERFORMANCES DE L'ÉQUIPEMENT. — L'amplitude totale mesurable est de 100 m (en fait 9 999 cm).

La précision est de $\pm 0,5$ cm, car le blocage des cames de commande des aiguilles perforatrices se fait sur la valeur en centimètres la plus proche du niveau réel.

L'autonomie est de quelque 6 mois.

La perforation est faite suivant le code télétype international (C.C.I.T.), ce qui permet la transmission par télétype vers un centre de traitement.

ESSAIS SUR LE TERRAIN. — Depuis le 10 octobre 1968, le C.E.R.A.F.E.R. (Section d'Hydrologie) a pu essayer, sur ses bassins versants représentatifs de l'Orgeval (Seine-et-Marne), un équipement que la Société Wild-Paris, concessionnaire de la Société Ott pour la France, a mis gracieusement à sa disposition.

Les pannes constatées présentent le double caractère suivant :

— Elles n'ont affecté que le moteur de remontage du mouvement d'horlogerie de la platine d'enregistrement de contrôle ou le libre déroulement de la bande d'enregistrement correspondante, c'est-à-dire essentiellement le témoin adjoint au limnigraphe à bande perforée R. 20.060. Une panne plus générale (arrêt de la perforation) a été observée, mais elle n'était que la conséquence d'une panne du moteur de remontage de l'horlogerie du témoin ; l'adjonction d'un fusible de protection du circuit de la platine ne permet plus une telle panne.

— Elles étaient liées dans tous les cas à une humidité excessive de l'ambiance du prototype, et elles disparaissent avec celle-ci.

Pour ce qui est de l'humidité, il y a lieu de considérer que, dans l'esprit du fabricant, ce type d'appareil devait être monté dans un abri important, sinon même un bâtiment, et que l'appareil de série, prévu pour montage direct à l'extérieur, sera ventilé efficacement (comme le R. 16). Les dispositions équivalentes, qui ont été prises dans ce sens sur

le terrain, se sont avérées efficaces et justifient l'optimisme du constructeur sur ce point.

Au total, les pannes constatées paraissent essentiellement liées aux conditions de mise en place très défavorables à ce prototype et ne devraient nullement affecter les appareils de série.

Insertion dans une chaîne de gestion des dispositifs existants ou à l'essai

Considérations générales

LES OPÉRATIONS DE TRAITEMENT DE L'INFORMATION DÉBIT. — C'est la suite logique de l'opération « transformation niveau → débit » et, dans un service de gestion, toutes ces opérations sont étroitement liées.

Sous le titre « traitement de l'information débit », nous avons en fait groupé trois catégories d'activités imbriquées, certes, mais d'objectifs propres :

- élaboration des données hydrologiques de base : débits moyens, caractéristiques, etc;
- publication de tout ou partie de ces données de base, généralement sous la forme d'annuaires;
- classement et archivage des diverses informations et données élaborées.

Par ailleurs, à côté de ce traitement « de gestion », il y a lieu de procéder à un traitement que nous appelons « scientifique », et qui correspond à toutes les analyses effectuées à partir des données de base élaborées en vue de répondre à des questions spécifiques ou générales affectant une station ou un ensemble de stations; par sa nature, la liste de ces études n'est pas limitée.

Ces deux types de traitement sont de natures très différentes et l'on peut les caractériser ainsi :

Le traitement de gestion est une somme d'opérations de routine qui peuvent être programmées une fois pour toutes.

Le traitement scientifique est un ensemble d'opérations variées, exigeant des programmes spécifiques, que l'on doit pouvoir modifier aisément selon les besoins et l'état des connaissances théoriques hydrologiques.

LES PROBLÈMES QUI SE POSENT POUR LE TRAITEMENT AUTOMATIQUE. — Le traitement manuel étant définitivement écarté, nous ne prenons donc en considération que le traitement automatique.

S'il est hors de propos de présenter ici une étude, même sommaire, de l'équipement pour calcul automatique, nous examinerons par contre avec quelque détail un certain nombre d'aspects essentiels.

Nature des supports, transcodage : Les remarques suivantes peuvent être faites :

a) Il existe cinq formes de supports de l'information captée, que nous répartissons en trois groupes :

- a_1 : Les limnigrammes; support le plus classique à ce jour dans le monde.
- a_2 : La bande perforée B.P., la bande magnétique B.M., le ruban numérique R.N.; ces supports

peuvent être produits sur le terrain sans difficultés insurmontables.

a^3 : La carte perforée C.P.; ce support n'est pas, actuellement du moins, productible sur le terrain et suppose donc un premier traitement, manuel ou automatique.

b) Le transcodage (au sens large du terme) est le plus souvent nécessaire pour accéder à l'ordinateur :

b_1 : Pour les limnigrammes : il faut les analyser, et ceci ne peut se faire (le traitement manuel étant écarté, répétons-le) que par la mise en œuvre d'analyseurs de courbe.

b_2 : Pour les supports tels que B.P., B.M. et R.N., il y a lieu de procéder à un transcodage automatique, sauf lorsque la B.P. est en code compatible (télex du Ott 20.061) ou le R.N. imprimé en caractères aptes à la lecture optique (prototypes Neyrpic et S.F.I.M.).

En conclusion, le transcodage apparaît rapidement comme un moindre mal, d'une part en raison des conditions difficiles du terrain défavorables à la production de documents compatibles, d'autre part en raison de l'évolution des techniques de calcul automatique qui est si rapide qu'un support, aujourd'hui adéquat, risque d'être périmé demain; mais l'information pourra toujours être reportée sur le nouveau support adéquat.

Si l'on considère enfin que les organes de sortie des ordinateurs sont eux-mêmes très variés, ce qui permet le classement des informations (qu'il s'agisse de hauteurs d'eau ou de débits) sous toutes les formes possibles de supports, il est clair que bien des « degrés de liberté » subsistent dans le choix de ces supports et qu'il n'y a pas, ici non plus, de panacée définitive.

Nature des accès : compatibilité avec le type de traitement : On peut dire que :

— Les supports à accès « direct » : ex. CP (choix manuel) et DM (accès automatique par adresses) ou CM(*), sont particulièrement adaptés au traitement scientifique, sans être incompatibles avec celui de gestion.

— Les supports à accès « séquentiel » : ex. BP, BM et RN, conviennent au traitement de gestion, et sont compliqués pour le traitement scientifique.

Vitesses de lecture (entrée) et de production (sortie) : Les performances des divers supports ne sont pas les mêmes à cet égard, et l'on peut classer ainsi les supports :

— A débit lent : en distinguant les aspects suivants :

— télétransmission des données entre terminaux et ordinateurs : les performances des lignes téléphoniques sont diverses mais restent modestes;

— lecture : les CP et BP ne peuvent être lues que lentement (400 et 1 000 caractères/s), et il en est de même pour les RN (pour lesquels l'expérience manque);

— sortie : les imprimantes de sortie ont des débits très lents.

(*) Les cartes magnétiques sont encore peu connues, des hydrologues du moins.

— A *débit rapide* : les BM sont à peu près cent fois plus rapides que CP et BP.

— A *débit très rapide* : (accès quasi instantané) : comme les DM.

Capacité des supports et concentration de l'information : On peut ainsi distinguer :

Du point de vue de la *densité* de l'information :

- les supports à faible densité : tels CP, BP, RN;
- les supports à haute densité : BM et surtout DM.

Du point de vue *capacité* : en pratique les capacités sont illimitées pour tous ces supports.

Fidélité, fiabilité et longévité des supports : On peut distinguer :

Les supports « classiques », ayant déjà abondamment fait leurs preuves : tels CP et BP.

Les supports plus modernes, qui ne sont pas encore tout à fait au point (« vieillissement » des supports magnétiques; « rebuts » des rubans numériques):

LES SOLUTIONS ENVISAGEABLES POUR LE TRAITEMENT DE L'INFORMATION DÉBIT :

En traitement de gestion : Les caractéristiques des opérations de traitement sont :

Volume important des données à traiter, d'où nécessité d'avoir :

- une lecture rapide;
- une information concentrée;
- Possibilité de travailler en accès séquentiel.

Comme l'objectif prioritaire est la production de la chronique des débits moyens journaliers, la solution suivante est tentante : BM en entrée (hauts) et DM en sortie (débits). Deux critiques doivent cependant être faites :

- la sécurité n'est pas totale du point de vue opérationnel (du moins pour BM);
- en pratique, et dès que la taille de l'ordinateur utilisé est notable, il est nécessaire de transcrire toutes les données d'entrée sur un support à très hautes performances (BM).

La solution proposée est donc intéressante surtout au niveau de la concentration de l'information débit.

En traitement scientifique : Les caractéristiques des opérations sont :

Volume limité des données à traiter (pour chaque opération du moins).

Nécessité d'accéder directement à l'information : d'où préférence à CP et DM.

Dans ces conditions, le traitement peut se présenter ainsi :

- à l'entrée, les CP représentent la solution la plus satisfaisante tant en débits qu'en hauteurs;
- à la sortie, les CP représentent encore la solution la plus adaptée, mais les DM peuvent se substituer à elles assez rapidement, du moins pour le classement débit.

Si l'on considère enfin que les CP peuvent être présentées en code décimal avec « interprétation » des données perforées, ce qui facilite le contrôle par lecture directe (intéressant particulièrement en

traitement scientifique), il apparaît que ce support est celui qui présente, actuellement, le plus d'avantages. Son seul inconvénient reste alors l'encombrement des archives, mais les surfaces nécessaires au classement ne sont en aucun cas prohibitives, même en gestion.

Application des principes généraux au réseau du ministère de l'Agriculture

Dans l'état actuel du parc de limnigraphes, l'on peut considérer, comme nous l'avons déjà indiqué précédemment, qu'il y a deux problèmes différents, à résoudre simultanément, et qui sont d'égale importance, car la rationalisation des stations existantes porte sur quelque 500 à 600 stations, à ce jour, et l'équipement limnigraphique des futures stations doit porter lui aussi sur quelque 500 à 600 stations, sur un nombre d'années relativement limité, disons moins de dix ans.

RATIONALISATION DE L'EXPLOITATION DES STATIONS EXISTANTES. — Les aspects de ce problème sont :

Matériels concernés : L'équipement est essentiellement composé de matériels Ott (surtout le X; plus rarement le XX; exceptionnellement le R. 16 pour les étiages ou certains cours d'eau artificiellement stabilisés en niveau) et Neyrpic (modèle TÉLIMNIP).

Cette limitation volontaire des types d'appareils, décidée par soucis évidents de simplification, portera aussi sur les équipements mis en place dans la phase transitoire actuelle, et, dans ces conditions, la rationalisation n'a été étudiée que pour les appareils cités ci-dessus.

Solution du problème par l'analyseur de courbe : Qu'il soit semi-automatique ou totalement automatique, ce dispositif doit satisfaire à certaines exigences :

- accepter les limnigrammes (largeurs allant de 250 à 300 mm);
- distinguer les enregistrements avec retournements du stylet (dans le cas du Ott X); cette exigence est rigoureuse et valable en toute hypothèse;
- permettre de lire à intervalles de temps prédéterminés, mais variables; éventuellement utilisable en pointe libre;
- permettre de lire des documents à échelles différentes (temps et niveaux);
- assurer le transfert de l'information hauteur sur un support permettant le traitement automatique.

Une première étude de ces principes d'une part, et du marché existant d'autre part, nous amène à considérer par ailleurs :

- que la nature et la diversité des enregistrements sont telles que l'analyseur totalement automatique ne paraît pas devoir être retenu;
- que cet appareil serait satisfaisant s'il pouvait fournir, à la sortie, des CP en code décimal, avec des performances aussi élevées que possible (quelques heures pour une station-année).

Solution du problème par l'adjonction d'un codeur : Nous avons écarté la solution luxueuse et

Tableau 2
Présentation des combinaisons d'équipement possibles

PLAN OPÉRATIONNEL	EQUIPEMENT FUTUR				
	STATIONS EXISTANTES		3	4	5
	1	2			
Limnigraphe. . . .	Ott X, XX, R. 16, Telimnip.	Ott X, XX, R. 16, Telimnip + Codeur BM (DTG)	Ott type 20.061 à témoin	Limnimètre asservi Neyrpic à ruban imprimant	Capteur de pression S.F.I.M.
Inf. hauteur captée.	Limnigramme.	Limnigramme + BM	BP _c (code Telex)	RN _c	RN _c
Transcodage. . . .	Analyseur de courbe D MAC	Lecteur- enregistreur magnétique	non	non	non
Inf. hauteur à traiter.	CP (ou BP _c ?)	BM _c	BP _c	RN _c	RN _c
Entrée ordinateur.	Lecteur CP	Lecteur BM	Lecteur BP	Lecteur optique	Lecteur optique
Programmes. . . .	CP	CP	CP	CP	CP
Sortie débit. . . .	Imprimante	Imprimante	Imprimante	Imprimante	Imprimante
Classement information. . . .					
— Tr. de gestion.	CP/BP/BM	BM	(CP)/BP/BM	RN/(CP)/BM	RN/(CP)/BM
— Tr. mixte. . . .	CP/(DM ?)	(DM ?)	CP/(DM ?)	RN/CP/(DM ?)	RN/CP/(DM ?)

NOTA BENE :

1. Les solutions entre () sont relatives à des supports possibles mais non sûrs, ou non logiques dans le cas traité.
2. L'indice c accolé à un support CP, BP... signifie que celui-ci est compatible avec un ordinateur.

inélégante du second limnigraphe codeur, couplé au limnigraphe classique (*), et considérons seule la solution du codeur magnétique, due à la D.T.G., et qui a été décrite en détail à la présente session par M. André.

Cette solution, particulièrement élégante, et de prix réduit, pourrait éventuellement être considérée comme applicable au problème exposé ci-dessous.

EQUIPEMENT LIMNIGRAPHIQUE DES STATIONS A CRÉER. — Pour répondre aux conditions développées plus haut, et notamment celles relatives aux qualités du support et à la présence d'un témoin visuel, il existe un certain nombre de dispositifs dont une partie seulement répond aux dites conditions; tout ceci a été développé précédemment et résumé dans le tableau 1.

En pratique, nous pouvons considérer ces équipements sous deux angles différents :

(*) Solution très répandue aux U.S.A., au Canada, et qui est mise en œuvre en France (particulièrement dans le Nord, par le Service de la Navigation).

- celui du principe de captage : s'opposent limnigraphes à flotteur et à pression;
- celui des disponibilités : aux équipements opérationnels s'ajoutent les prototypes, restés au stade des essais.

Dans ces conditions, le problème du choix de l'équipement futur se pose, à ce jour, ainsi :

Limnigraphes à flotteur : nous distinguerons alors :

— Un *équipement opérationnel* : Il s'agit du Ott 20.061, modifié par adjonction d'un témoin; les difficultés rencontrées, et décrites plus haut, paraissent tout à fait exceptionnelles et provisoires, et les modifications souhaitables sont mineures.

— Un *prototype* : Il s'agit là du codeur magnétique D.T.G., dont nous disons seulement ici qu'il peut être couplé avec d'autres appareils que le Ott X, pour la valorisation duquel il a été conçu.

Limnigraphes à pression : Cette solution de captage, délicate (installation et entretien), astreignante (maintenance en gaz), de sensibilité encore insuffisante (sauf à compliquer l'équipement, soit

par un asservissement de la lecture, cas du prototype Neyrpic, soit par une multiplication des prises de pression, cas du projet C.D.C.), a fait de gros progrès en fiabilité et présente des avantages considérables quant à l'infrastructure, à la mobilité de l'équipement dans des conditions financières exceptionnelles; pour certains cours d'eau, de type torrentiel, c'est même la seule solution rationnelle.

Nous distinguerons ici encore :

— Un *équipement opérationnel* : le manomètre SERVO reste le meilleur capteur à insufflation de gaz, mais aucun équipement rationnel n'a été conçu autour de ce capteur, et il est actuellement associé à l'enregistreur A. 35 de Stevens (limnigramme), lui-même couplé au codeur Fisher and Porter ADR. 1 542! Cette solution, sans être périmée dans son principe, n'est cependant pas moderne pour la partie codage (nécessité de passer par un décodeur F. and P.), et reste très lourde et coûteuse.

— Deux *prototypes* : tous deux décrits dans la présente note, ils se distinguent car :

— celui de Neyrpic : est à peu près opérationnel, car il s'agit d'une combinaison dont deux éléments sont déjà commercialisés par ailleurs (prise de pression du TÉLIMNIP; commande du codeur selon le principe du limnimètre asservi); les difficultés n'existent qu'au niveau du support codé (ruban numérique).

— celui de la S.F.I.M. : il s'agit là d'une application toute nouvelle d'une technique couramment employée dans le seul domaine industriel, et par ailleurs en pleine évolution (progrès technologiques des jauges de contrainte); cette solution, qui paraît devoir être relativement plus coûteuse (dans l'état actuel de la technologie,

et pour autant que l'on puisse en juger au stade actuel des études), doit être soumise à de longs essais et se classe de ce fait dans les solutions d'avenir.

Vue d'ensemble des solutions envisageables

Tout ce qui vient d'être dit peut être résumé dans le tableau 2, qui présente une vue synoptique mais en même temps détaillée.

Conclusion

Dans la présente note nous avons tenté d'exposer les conditions techniques de l'évolution du réseau hydrométrique du Ministère de l'Agriculture, tout en nous plaçant dans un contexte général.

Ceci nous a sans doute conduits à dire parfois les mêmes choses que M. André, mais il eût été bien malaisé de procéder autrement et, considérant que les redites ont été réduites le plus possible, nous comptons sur l'indulgence de nos auditeurs, puis sur celle de nos lecteurs.

Si nous avons pu donner des détails sur les prototypes réalisés à notre demande, les essais n'ont pas encore pu être assez complets à ce jour pour que nous puissions conclure de façon formelle.

Cette épreuve du terrain est l'objectif des prochains mois, parallèlement à un effort important dans le domaine particulier des analyseurs de courbe et dans celui, plus général, du traitement automatique de l'information.

Discussion

Président : M. J. HENTSCHELL

M. le Président remercie M. HLAVEK et le félicite pour la clarté et la célérité exceptionnelles du large tour d'horizon qu'il vient de présenter.

M. LUGIEZ intervient en ces termes :

« Je tiens à dire l'extrême intérêt que j'ai pris à suivre l'exposé de MM. DUBREUIL et HLAVEK. C'est, à ma connaissance, la première fois qu'est ainsi présentée de façon rationnelle et complète une question classique qui préoccupe des organismes de plus en plus nombreux et dont le renouveau sur le plan technique est certain.

« MM. ANDRÉ et FLEURÉ ont volontairement limité leurs informations sur la solution « codeur magnétique » actuellement à l'essai; ils l'ont fait par souci de ne pas alourdir leur exposé, mais il est bien entendu que les personnes intéressées pourront obtenir auprès d'eux toutes les informations qu'elles désireront.

« Je voudrais apporter deux précisions au sujet de ce codeur :

« Tout d'abord, si ce codeur baptisé D.T.G. par M. HLAVEK a été, à l'origine, conçu par M. Guillot, Chef du Service Hydrométéorologique de la D.T.G., je me dois de souligner que sa mise au point a pu être menée à bien grâce à la collaboration efficace qui s'est établie depuis quelques années entre E.D.F. et E.N.E.L. et, à ce sujet, je voudrais remercier ici M. TONINI de l'intérêt qu'il a manifesté pour l'étude et la mise au point de cet appareillage.

« Deux caractéristiques du codeur magnétique n'ont peut-être pas été suffisamment mises en lumière; en dehors de

son bas prix d'investissement, signalé par M. FLEURÉ, c'est son *bas prix d'exploitation* (le coût d'une « mini-cassette » est très faible et celle-ci, très légère, s'expédie facilement par la poste; le transcodage, c'est-à-dire le repiquage sur bande magnétique compatible avec le calculateur, est une opération relativement simple) et son *autonomie*; l'appareil ne nécessite pas de branchement électrique, mais seulement quelques piles du commerce dont la durée peut être de 6, 12 mois ou même davantage. »

M. le Président remercie M. LUGIEZ pour les intéressantes précisions qu'il a apportées.

M. DE BEAUREGARD note que M. HLAVEK a fait état de 600 stations de jaugeages existantes et de 600 stations projetées au sein du réseau exploité par les services du ministère de l'Agriculture, soit au total un réseau supérieur au réseau actuel français exploité par divers organismes.

Il souhaiterait savoir :

1. si ses résultats sont ou seront publiés, donc rendus accessibles;
2. si les mesures couvrent toute la plage des débits, de l'étiage à la crue, ou, dans certains cas, une partie seulement de celle-ci : celle des bas débits, par exemple.

« La question est assez délicate, répond M. HLAVEK, car elle déborde le cadre du Centre de Recherches auquel j'appartiens. Elle touche principalement les vingt et un Services Régionaux d'Aménagement des Eaux et certaines Compagnies

d'Aménagement; ces organismes ont leurs objectifs et leurs réseaux propres et jouissent d'une certaine autonomie.

« L'étude que nous avons présentée se place dans le cas idéal d'un réseau coordonné à l'échelon national; elle a pour but de rechercher une normalisation et une optimisation des méthodes de collecte et de dépouillement des observations hydrométriques. En pratique, le problème est rendu plus difficile par la division régionale des Services intéressés. Contrairement à ce qui est réalisé à la D.T.G., l'exploitation des stations de mesure n'est pas encore centralisée. »

M. DUBREUIL apporte un complément d'information sur les coûts des trois prototypes présentés : Ott, Neyrpic et S.F.I.M. Leur coût maximal serait de l'ordre de 7 000 F environ, sauf pour la solution S.F.I.M., de technologie plus coûteuse; celle-ci reste une solution d'avenir dont la généralisation à court terme est peu probable.

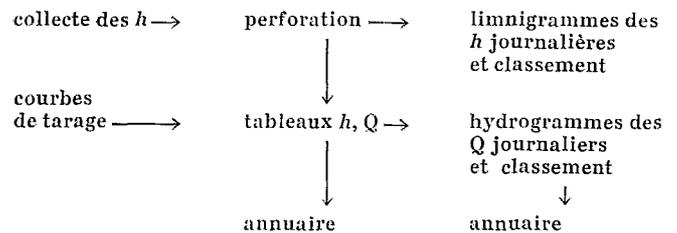
M. CHARLIER donne le point de vue des hydrologues belges sur les trois points ci-après :

1. *Densité des réseaux* : Les services hydrologiques belges observent 300 stations, dont 180 pour le Ministère de l'Agriculture et 120 pour le Ministère des Travaux Publics; la densité moyenne est donc de 10 stations pour 1 000 km².
2. *Coût des réseaux* : Au Ministère de l'Agriculture, nous tendons à équiper 20 % des stations en limnigraphes, les autres restant équipées d'un limnimètre. Si ce dernier est observé et contrôlé régulièrement (une fois par mois au moins), nous obtenons de bonnes concordances entre

stations limnigraphiques et limnimétriques, excepté pour les périodes de crue. Ceci peut paraître un retour en arrière, mais c'est le résultat de notre expérience actuelle.

3. *Le traitement des informations* est actuellement limité à la production et à l'impression dans l'annuaire des tableaux hauteurs-débits, des hydrogrammes donnant les débits moyens journaliers et des courbes de classement des débits. Pour y arriver, nous utilisons simultanément lecteur et ordinateur d'une part, ordinateur et table traçante, d'autre part.

Le schéma des opérations est le suivant :



Les annuaires sont publiés par l'Institut Royal Météorologique à Uccle, grâce aux subsides du Commissariat Royal aux Problèmes de l'Eau.

M. le Président remercie particulièrement M. CHARLIER d'avoir bien voulu nous faire profiter de la précieuse expérience de nos collègues belges.

Abstract

A new approach to river stage measurement

by P. Dubreuil * and R. Hlavek **

The running of a hydrometric network is discussed within its theoretical setting under such varied aspects as the measurement of stage/discharge data, their collection of transmission, conversion of 'stage' data into 'discharge' data, processing and publishing the latter, and general data classification and filing.

The French Ministry of Agriculture's aims and purposes are discussed with regard to the requirements of its gauging network; optimal features of stage measurement equipment or level recorders are prominent among the points explained.

A complete list of stage recording equipment available on the market is subjected to a critical analysis with a view to ascertaining whether it meets present gauging network requirements, and it is found that there are several gaps requiring new types of equipment. At least three European firms have produced prototypes (Neyrpic and S.F.I.M.) or modified an existing level recorder (Ott, type 20 060).

All this new equipment is under test at the time of writing. The author gives some additional information on the prototype equipment, i.e. the Neyrpic pneumatic remote-reading level recorder and the S.F.I.M. strain gauge pressure pick-up recorder. Both manufacturers are considering an I.B.M. tape code print-out system enabling visual data-processing.

The article ends with a discussion of the main lines along which a complete control 'sequence' for a gauging system might run, in theory, allowing for data-processing requirements. Five such sequences are presented in detail, being both suitable for the French Ministry of Agriculture's requirements and feasible with present available standard or prototype equipment.

* Chef du Département Recherche Appliquée du Service Hydrologique de l'O.R.S.T.O.M.

** Chef de la Section Hydrologie-Hydrogéologie du C.E.R.A.F.E.R. (Ministère de l'Agriculture).