

Cah. O.R.S.T.O.M. sér. Hydrol., Vol. V, n° 4 1968.

P. DUBREUIL*

Les conceptions nouvelles dans le domaine du limnigraphe en 1968 : dispositifs actuellement utilisables, prototypes et projets

Dans le cadre d'un marché, le Ministère de l'Agriculture de la France a confié au Service Hydrologique de l'O.R.S.T.O.M. l'étude de l'extension rationnelle de son réseau hydrométrique. Cette étude analyse d'abord la répartition géographique des stations hydrométriques, dresse ensuite le bilan de l'équipement actuel en limnigraphes de tous les réseaux hydrométriques français, puis établit l'inventaire des limnigraphes disponibles sur le marché commercial, des prototypes et des projets en cours de gestation.

C'est à cette dernière partie que nous empruntons la matière de cette note.

Nous remercions M. l'Ingénieur en Chef du Génie Rural, des Eaux et des Forêts, Chef de la Section Technique Centrale d'Aménagement des Eaux, au Service de l'Hydraulique (Ministère de l'Agriculture), qui, agissant en qualité de maître de l'ouvrage, a autorisé l'emprunt à cette étude et la publication de la présente note.

* Directeur de Recherches O.R.S.T.O.M., Chef du Département de la Recherche Appliquée au Service Hydrologique de l'O.R.S.T.O.M.

1. - LA NÉCESSITÉ DE CONCEPTIONS NOUVELLES EN MATIÈRE DE LIMNIGRAPHE

La recherche de conceptions nouvelles dans le domaine du limnigraphe nous est apparue comme une nécessité devant, d'une part, un marché commercial stabilisé fournisseur d'appareils satisfaisants mais dont la gestion requiert une intervention de l'homme de A jusqu'à Z, ou presque, et devant, d'autre part, l'accroissement considérable du parc de limnigraphes en France, et bientôt dans de nombreux pays d'Outre-Mer, et l'inéluctable obligation d'automatiser la gestion d'un tel parc.

Il n'est pas de solution parfaite au problème du limnigraphe s'il est considéré isolément. *Il faut tenir compte de l'étendue complète de la » chaîne de gestion » d'un réseau hydrométrique* qui comprend :

- le captage de l'information « hauteur d'eau »;
- la collecte et la transmission de cette information du lieu de captage au centre de gestion;
- la transformation de l'information « hauteur d'eau » en information « débit »;
- le traitement de l'information « débit » : élaboration des données de base, classement et archivage, analyses scientifiques...

C'est ce qui a été fait au cours de notre étude.

Pour réunir la matière de cette étude, une enquête a été menée auprès des organismes publics et para-publics gestionnaires de stations hydrométriques et auprès des constructeurs de matériel limnimétrique et de matériel de traitement de l'information. On a tenté d'estimer toutes les solutions techniques existantes ou en cours d'études, mais il n'est pas exclu que certaines solutions « en gestation », ici ou là, nous aient échappé, étant donné le « secret » dont s'entourent beaucoup de chercheurs et de constructeurs, ne serait-ce que sur le plan de leur propre publicité...

Cette enquête a d'ailleurs été limitée aux constructeurs français ou étrangers fournisseurs traditionnels (R. F. d'Allemagne, Suisse). Il est simplement fait référence à quelques principaux constructeurs américains, par souci de comparaison.

Sur le plan du captage de l'information « hauteur d'eau » qui est essentiellement celui que nous examinons dans cette note, le travail effectué s'est déroulé en plusieurs temps :

- a) examen de la situation actuelle de l'équipement des stations hydrométriques en fonctionnement;
- b) définition des caractéristiques optimales souhaitées pour le capteur « idéal »;
- c) inventaire des appareillages existant sur le marché et des projets en carton chez les principaux constructeurs;
- d) consultation de constructeurs pour obtenir une meilleure approche du « capteur idéal » soit par modification d'appareillage existant, soit par conception d'un nouvel appareillage.

Il existe en France environ 1 220 stations limnigraphiques dont 450 dans le secteur de l'espace rural *; elles sont équipées de limnigraphes, à enregistrement continu sur diagramme, à flotteur pour 90 %, à prise de pression pour 10 %. Cet équipement est neuf — moins de 10 ans d'âge — pour plus de 50 % des stations (80 % dans le secteur de l'espace rural).

* On désigne par « secteur de l'espace rural » l'ensemble du domaine géographique du territoire français dans lequel la gestion des stations hydrométriques est assurée soit par le Service de l'Hydraulique du Ministère de l'Agriculture (pour 90 %), soit par des organismes publics ou semi-publics dont l'activité porte sur l'aménagement du territoire rural, tels que la Compagnie Nationale d'Aménagement de la région du Bas-Rhône - Languedoc (pour 10 %).

La nature de l'équipement en limnigraphes n'est guère différente dans les divers pays où l'O.R.S.T.O.M. travaille. Cet équipement, dont l'importance est certes bien plus réduite qu'en France actuellement, est également jeune et à forte dominance de limnigraphes à flotteur fournissant un diagramme continu d'enregistrement des hauteurs d'eau. (En France, plus de 75 % de cet équipement sont composés de limnigraphes Ott type X).

Le problème de l'équipement d'un réseau hydrométrique se pose de deux manières différentes selon que l'on regarde la situation actuelle et l'avenir :

a) il faut tout d'abord choisir un dispositif de codage tel que le support actuel de l'information « hauteur d'eau » puisse être valorisé par un traitement automatisé dès la phase de transformation « hauteur » en « débit ». La clé de ce choix réside soit dans l'emploi d'un analyseur de courbe, soit dans celui de l'adjonction d'un codeur au limnigraphe classique;

b) il faut ensuite choisir un nouvel équipement en limnigraphes conçus dans l'optique de fournir principalement une information « hauteur d'eau » codée, aisément traitable ensuite par n'importe quelle procédure automatique.

La première option découle de la nécessité d'assurer l'exploitation rationnelle d'un parc de limnigraphes encore jeune et non amorti, dont il est inconcevable de prévoir immédiatement le remplacement par un équipement codé plus moderne.

C'est pourquoi dans nos recherches de conceptions limnigraphiques nouvelles, nous avons tenu à ne pas négliger l'aspect « valorisation du parc existant ».

II. - DÉFINITION DES CARACTÉRISTIQUES OPTIMALES DU LIMNIGRAPHE

Il est bien entendu que les termes « capteur » et « codeur », empruntés au langage moderne de l'informatique, correspondent, dans le cas présent des hauteurs d'eau, au limnigraphe. Le « capteur » est la partie du limnigraphe qui suit le mouvement des hauteurs d'eau en grandeur et en vitesse, donc qui capte la hauteur; le « codeur » est la partie qui procède à l'enregistrement de la hauteur captée.

Le problème de la définition des caractéristiques optimales du limnigraphe est essentiel car *c'est à partir du limnigraphe que s'échafaude toute la structure de gestion d'un réseau hydrométrique*. Cette définition a, en outre, l'avantage de mettre clairement en évidence les lacunes de l'équipement existant et *d'orienter les constructeurs vers un objectif précis et réaliste*. Il importe donc que cette définition tienne compte des besoins propres des divers utilisateurs de limnigraphes et soit assez large pour satisfaire la plupart d'entre eux. On peut ainsi espérer homogénéiser le parc français de limnigraphes (et envisager la même action sur le parc dépendant de l'O.R.S.T.O.M.) et par-là même réduire le coût de fabrication en grande série de l'appareillage et faciliter les échanges d'information sur l'exploitation de l'équipement et les échanges de personnel d'exécution entre les principaux utilisateurs.

Diverses approches de cette définition du « limnigraphe idéal » avaient été esquissées en 1965 par les utilisateurs d'Électricité de France et du Ministère de l'Agriculture d'un côté, par le constructeur NEYRPEC d'un autre côté, approches reprises en 1967 dans le cadre de l'action concertée « Eau » à la Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique.

Nous nous sommes inspirés de ces diverses approches pour mettre au point notre définition des caractéristiques optimales du limnigraphe, laquelle s'inscrit dans le plan suivant :

- a) caractéristiques inhérentes à la nature du réseau;
- b) caractéristiques propres au capteur :
 - bande de mesure
 - sensibilité, précision
 - cadence d'enregistrement
 - autonomie
- c) caractéristiques propres au codeur.

2.1. — Caractéristiques inhérentes à la nature du réseau.

C'est la nature du réseau hydrométrique du Ministère de l'Agriculture qui a influencé les choix, sans qu'il y ait là matière à forte divergence avec les natures d'autres réseaux. Il s'agit, rappelons-le, d'un réseau à forte proportion de stations tertiaires, installées pour 2 ou 3 ans au plus en vue d'un aménagement déterminé; la connaissance du régime hydrologique, que doit fournir ce réseau, est tout particulièrement orientée vers les étiages.

L'importance relative des stations tertiaires confère au réseau une mobilité certaine. Cette mobilité engendre les caractéristiques 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 stations (cours d'eau et écoulement très divers).

La gestion d'un nombre important de stations par un personnel de terrain très peu spécialisé appelle les caractéristiques suivantes :

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

2.2. — Caractéristiques propres au capteur.

- a) *bande de mesure* — 0 — 10 m dans la majorité des cas,
— extension à 20 m pour quelques cours d'eau méditerranéens.

- b) *sensibilité - précision* influent sur la bande de mesure.

On a proposé aux constructeurs étudiant de nouveaux appareils, les normes souhaitables suivantes :

- ± 1 cm sur la bande 0 — 2 m (connaissance de l'étiage *)
- ± 2 cm sur la bande 2 — 10 m
- ± 3 cm (ou même plus, ce qui n'est pas trop grave) au-delà de 10 m

- c) *cadence d'enregistrement*.

Modifiable aisément sur un appareil pour s'adapter au cours d'eau ou à la saison, entre les extrêmes *1/4 heure et 4 heures* (intermédiaires possibles les plus souhaitables 1/2 h - 1 h - 2 h). Possibilité d'une cadence plus serrée pour les études (hors réseau) particulières sur petits cours d'eau (bassins représentatifs) : 1/10 h (cette division décimale est beaucoup plus pratique technologiquement que la sexagésimale).

Cette cadence s'applique évidemment au codage discontinu par interrogation, chaque Δt , du niveau d'eau. Pour ce qui est du codage continu (limnigramme), il n'y a pas lieu de définir de nouvelles caractéristiques, ce dispositif existant actuellement avec une gamme de vitesse de déroulement assez variée chez les divers constructeurs.

- d) *autonomie*.

Elle dépend de la cadence d'enregistrement qui conditionne directement la vitesse de déroulement du support de codage; la longueur de ce support étant fixée, l'autonomie est une résultante de la cadence.

L'autonomie dépend également de la capacité de la source d'énergie, il est judicieux de conditionner celle-ci pour qu'elle corresponde à la plus longue autonomie (liée à la cadence lente de 4 h par exemple). L'autonomie dépend également du mouvement d'horlogerie : on se libère de cette astreinte en prenant un remontage électrique alimenté par la source d'énergie.

En matière de source d'énergie, le principe retenu est celui de la station non reliée au secteur de distribution électrique.

En définitive, on recommande *une autonomie de 1 à 3 mois, avec source d'énergie indépendante* (piles, batteries). L'éventualité d'une autonomie de 6 mois est à retenir pour quelques stations très isolées.

2.3. — Caractéristiques propres au codeur.

Trois idées directrices pour ces caractéristiques ont été dégagées :

- *fidélité* sévère du codeur qui ne doit pas faire manquer le captage de l'information;

* Il n'est pas exclu que, dans certains cas particuliers, une précision supérieure ne soit nécessaire : $\pm 0,5$ ou $\pm 0,2$ cm, par exemple.

- dans le cas du codage discontinu non clair, *la simplicité de l'appareillage (convertisseur ou transcodeur pour la phase de conversion produisant un support compatible avec l'ordinateur) est vivement souhaitée;*
- nécessité dans le cas du codage non clair d'un contrôle visuel de la hauteur d'eau sous la forme d'un enregistrement — type limnigramme — témoin en « réduction ».

On peut conclure qu'il y a 2 voies de codage :

- la voie continue illustrée par le limnigramme classique;
- la voie discontinue admettant tous les supports existants (cartes, bande perforée, bande magnétique...).

Dans le cas de cette voie discontinue, il est nécessaire que le codeur offre en parallèle un témoin continu de l'enregistrement, permettant au gestionnaire du réseau d'effectuer le contrôle immédiat de la bonne marche de l'appareil et d'avoir une première vision du régime hydrologique avant dépouillement du support codé, lequel peut exiger un certain délai.

Les caractéristiques de ce témoin pourraient être :

- largeur de bande de 100 mm;
- échelle de réduction 1/20^e à 1/50^e;
- vitesse de déroulement 0,5 à 2 mm/h.

Le paragraphe de la définition des caractéristiques optimales du limnigraphe peut être clos en réglant *le problème de la collecte de l'information « hauteur d'eau »*. En matière de réseau de l'Agriculture, la transmission immédiate n'est pas nécessaire; on se contente d'une *transmission différée à l'échelle mensuelle*. Sauf cas peu vraisemblables, cette transmission sera manuelle : tournée de collecte de l'hydrologue ou envoi postal par l'observateur. Il n'y a aucune spécification particulière pour le codeur sinon que *l'extraction de l'enregistrement soit aisée comme la remise en place du nouveau support de codage*, afin que tout observateur puisse réaliser ces opérations sans erreur.

Pour clore ce paragraphe relatif aux caractéristiques optimales du limnigraphe, on peut dire que dans l'optique d'un réseau type O.R.S.T.O.M. pour région aride ou intertropicale, les spécifications seraient sensiblement les mêmes. On ajoutera que l'autonomie énergétique devrait pouvoir dépasser 6 mois, en cas de besoin. Mais il y aurait surtout lieu de « tropicaliser » l'équipement d'autant plus qu'il devient automatique, donc plus fragile peut-être. Tropicaliser ici veut dire tenir compte des gammes de variation de la température et de l'humidité de l'air, tenir compte de la rudesse du milieu (dégradation par insectes, présence d'éléments charriés ou en suspension dans les eaux..., etc...). Malgré tout, cette tropicalisation ne doit nullement influencer sur la conception du limnigraphe et l'accent n'a pas été mis dessus lors de nos entretiens avec les divers constructeurs consultés.

III. - INVENTAIRE DES DISPOSITIFS DE CAPTAGE ET DE CODAGE ACTUELLEMENT UTILISABLES

On aurait pu faire un inventaire le plus exhaustif possible de tous les dispositifs concevables de captage de niveau d'eau et de codage de cette information. On a jugé plus réaliste de limiter cet inventaire aux *dispositifs existants* d'une part et à *ceux qui sont en cours d'essai ou d'études*, étant entendu par là que cela signifie un stade poussé d'investigation allant de l'avant-projet dessiné et chiffré au prototype construit.

De cette manière, ont été écartées, entre autres, les solutions de captage concevables mais simplement restées au stade de l'idée, ou encore que l'évolution actuelle de la technique rend financièrement prohibitives. Dans cette catégorie, peuvent être rangés les dispositifs à ultrasons et à l'infra-rouge invoqués par certains constructeurs, bien que le premier soit déjà opérationnel pour des problèmes voisins (houlographe E.D.F., mesureurs ULTRASONIC).

De la même façon, on a écarté les solutions de codage non opérationnelles sur le terrain aujourd'hui : cartes perforées (fragilité pour lecture ultérieure directe), cartes et disques magnétiques..., etc... Dans ce domaine en pleine évolution du support d'information, on ne peut évidemment prévoir les découvertes ou les améliorations techniques des prochaines années.

Les dispositifs finalement retenus et jugés intéressants sont donc ceux qui existent et qui s'accordent avec les caractéristiques souhaitées pour le capteur optimal (paragraphe 2). Le tableau n° 1 présente ces dispositifs pour le captage d'une part, pour le codage de l'information « hauteur d'eau » d'autre part, avec indication de la nature du codage et du support matériel de celui-ci.

TABLEAU 1

Information limnimétrique

Dispositifs intéressants de captage et de codage

Captage	Codage	
	Nature	Support
1. Par lecture directe : Échelle limnimétrique	1. Clair - Numérique discontinu	1.1. Feuille de R.H.E.
2. Par enregistrement : Limnigraphe	1. Clair - Numérique discontinu	1.2 Ruban numérique
2.1. à flotteur	2. Clair - Courbe continue	2. Limnigramme
2.2. à insufflation de gaz	3. Codé - Numérique discontinu	3.1. Bande perforée
2.3. à prise directe de pression		3.2. Bande magnétique
2.4. à dépression (pr. mémoire)		3.3. Impulsion électrique
2.5. à ultra-sons (pr. mémoire)		

A priori, il n'y a aucune incompatibilité entre les dispositifs de captage et de codage portés dans ce tableau, de telle sorte que toutes les combinaisons entre dispositif de captage par limnigraphe et dispositif de codage quelconque (11 hormis, évidemment) sont concevables. Un certain nombre seulement de ces associations entre capteur et codeur existe sur le marché.

Compte tenu des lacunes présentées par les disponibilités commercialisées aujourd'hui, vis-à-vis des caractéristiques optimales définies, on a incité certains constructeurs à aborder des domaines jugés intéressants. Le tableau n° 2 fait le point de cette situation :

- appareillage existant sur le marché;
- appareillage en cours d'essai ou d'études.

On a, de prime abord, éliminé les solutions de captage à ultra-sons et à dépression. *Le limnigraphe à dépression* a fait l'objet de diverses réalisations. Les expérimentations menées par l'O.R.S.T.O.M. sur son propre réseau (limnigraphe construit par MECABOLIER) n'ont pas été concluantes pour 2 raisons principales :

- a) difficulté insurmontable d'obtenir l'étanchéité de la colonne d'eau par manque de mouillabilité suffisante du liquide;
- b) obligation d'avoir toujours de l'eau, en bas de la colonne, en rivière;
- c) amplitude limitée à quelques mètres.

TABLEAU 2
Information limnimétrique
Situation du marché

Capteur + Codeur			Appareillage	
1 *	Échelles limnimétriques		existant	en projet
			Nombreuses marques	
2.1	L. à flotteur	2.11 Limnigramme	OTT, RICHARD, STEVENS OTT, STEVENS + FISHER and PORTER Limniphone SAREG, OTT STEVENS Telemark	<i>OTT, RICHARD</i>
	—	2.12 Bande perforée		
	—	2.13 Bande perforée + témoin		
	—	2.14 Bande magnétique pré- enregistrée		
	—	2.15 Impulsion électrique		
	—	2.16 Limnigramme + bande magnétique		
2.2	L. à insufflation de gaz	2.21 Limnigramme	TE LIMNIP NEYRPIC, Balance RITTMEYER STEVENS (ou CAE) + F. and PORTER	<i>OTT</i> <i>NEYRPIC</i> C.D.C.
		2.22 Bande perforée		
		2.23 Bande perforée + témoin		
		2.24 Bande numérique + témoin		
		2.25 Film Infra-rouge		
2.3	L. à prise de pression pneumatique	2.31 Limnigramme	Hydrocapteur RICHARD	
2.3	L. à prise de pression par jauge de contrainte	2.32 Bande perforée + témoin		SFIM
		2.33 Ruban numérique + témoin		SFIM

N. B. : Les appareils « en projet » *soulignés* sont à l'état de prototypes disponibles pour essai.

* Les chiffres de cette colonne font référence à ceux de la colonne « captage » du tableau 1.

On voit que par rapport aux rubriques du tableau n° 1 (reprises pour classer l'appareillage dans le tableau n° 2), on a décompté 14 dispositifs (échelle exclue évidemment) sur le marché. Beaucoup sont bien connus de tous les utilisateurs, certains sont encore inédits; quoi qu'il en soit, on a jugé inutile de reprendre ici les descriptions des catalogues de fabricants.

L'objectif de cette note est de voir, dans quelles mesures, ces dispositifs se rapprochent de l'optimum recherché, décrit au paragraphe 2.

A priori, 4 dispositifs ont été écartés pour cette confrontation :

1° Le limniphone à bande magnétique pré-enregistrée — rubrique 2.14 — type Sareg intéressant uniquement pour les utilisateurs désirant soit la transmission instantanée, soit la possibilité d'interrogation à tout moment de la station par appel téléphonique, objectifs situés hors du cadre de nos préoccupations présentes.

2° Le limnigraphe Telemark de LEOPOLD and STEVEN — rubrique 2.15 — ayant même vocation que le précédent. Un jeu de tambours commandés mécaniquement par la rotation du flotteur assure un codage numérique. Par interrogation à distance, le Telemark émet des impulsions électriques, soit par voie téléphonique, soit par radio V.H.F. selon un code de tonalité spécifique pour les hauteurs d'eau et selon le code Morse pour les caractéristiques de la station. A la réception, l'impulsion électrique commande la perforation d'une bande ou, par le canal d'un pont de Wheastone, le report graphique de la hauteur sur un diagramme.

3° L'hydrocapteur à prise de pression par cloche en caoutchouc — rubrique 2.31 — peu utilisé en limnigraphie, alliant les défauts des appareils à flotteur (besoin de puits, donc infrastructure coûteuse) et des appareils à pression (peu précis, environ $\pm 7,5$ cm sur 0 — 15 m).

4° Le projet Compagnie des Compteurs (C.D.C.) — rubrique 2.25 — encore sur le papier, faisant appel à une technologie mal connue (codage sur film I.R.) et dont aucune caractéristique n'est encore définie, semble-t-il.

Les caractéristiques des 10 autres dispositifs intéressants sont rassemblées dans le tableau n° 3, en regard des optimums définis pour le capteur idéal. On trouve réunis là des appareils excellents qui donnent toute satisfaction aujourd'hui, mais sont dépassés ou incomplets pour le réseau de demain.

Les appareils satisfaisants, qui constituent l'équipement actuel des stations, vont être passés en revue. Leurs avantages et leurs inconvénients, par rapport à l'optimum recherché, sont brièvement décrits :

2.11. — Les limnigraphes Ott, types X, XX surtout, et plus ancien quoique moins utilisé, type XV vertical ou plus récent pour grande précision type R.16.

— Les limnigraphes Richard de conception ancienne.

— Les limnigraphes Stevens types F ou A 35, de conception fort analogue aux appareils Ott, et très répandus aux U.S.A.

On leur reproche pour l'équipement futur de ne pas fournir une information « hauteur d'eau » sur un support permettant une exploitation rapide et automatisée.

2.13. — Le limnigraphe Ott type 20.061 à bande perforée, excellent appareil moderne à flotteur, encore peu utilisé en France.

2.12. — Les limnigraphes Stevens à sortie couplée avec un enregistreur numérique de données analogiques, l'ADR 1542 de FISHER and PORTER qui produit une bande perforée. Cette association représente la majorité des équipements de stations aux U.S.A.

On reproche à ces appareils, qui fournissent un support moderne de l'information « hauteur d'eau », de ne pas être dotés de témoin visuel clair de l'enregistrement.

On reproche, en outre, à ces deux groupes — 2.11 et 2.12 — de représenter, avec le flotteur, un équipement exigeant très souvent une infrastructure coûteuse et non récupérable (puits).

TABEAU 3
Caractéristiques des dispositifs existants ou en projet
pour le captage de l'information limnimétrique

Type d'appareil	Caractéristiques du réseau		Caractéristiques du capteur				Caractéristiques du codeur	
	Coût de l'infrastructure	Installation	Bande de mesure	Précision	Cadence d'enregistrement	Autonomie	Nature du support codé	Témoignage visuel
OPTIMUM RECHERCHE	Minimal	Facile	0-10 m (20 m)	± 1 à 2 cm (3 cm)	1/4 h-4 h	1-3 mois (6 mois)	Simple Fidèle	oui
2.11 OTT X, XX	Élevé	Facile	Satisfaisante (retournement stylet)	$\pm 0,5$ à 1 cm	Continu	1 mois (7 mois)	Néant	oui
2.11 STEVENS A.35	Élevé	Facile	Satisfaisante (retournement stylet)	$\pm 0,3$ cm à R 1/6	Continu	6 mois-2 ans	Néant	oui
2.12 STEVENS A.35 + ADR FISHER-PORTER	Élevé	Facile	Satisfaisante (retournement stylet)	$\pm 0,3$ cm à R 1/6	1/4 h	1 an 1/2	Bande perforée C.B.D.	non
2.13 OTT 20.061 (RICHARD)	Élevé	Facile	0-10 m (100 m)	$\pm 1/2$ cm	1/4 h minimum	6 mois	Bande perforée Telex (C.B.D.)	oui
2.16 DTG (sur OTT)	Élevé	Facile	Satisfaisante (retournement stylet)	Satisfaisante	1/10 h minimum	1 an (codeur)	Bande magnétique	oui
2.21 NEYRPIC TELIMNIP	Faible	Délicate	0-18 m	± 2 cm	Continu	1 m/4 m	Néant	oui
2.24 NEYRPIC Imprimant	Faible	Délicate	0-18 m	± 2 cm	1/4 h-1/2 h 1 h-2 h	1 m 1/2-3 m 6-12 mois	Ruban numérique	oui
2.22 Manometer Servo STEVENS + ADR (FISHER-PORTER)	Faible	Délicate	0-15 m	± 1 cm	1/4 h	1 an	Bande perforée C.B.D.	non
2.23 OTT Projet	Faible ?	?	?	± 1 cm souhaitée	1/4 h minimum	6 mois	Bande perforée	oui
2.32-33 SFIM	Faible à modéré ?	Délicate ?	0-10 m (ou 1 000 mb)	$\pm 0,2$ % du maximum	1/4 h	1 mois	Bande perforée ou ruban numérique	oui

N.B. Les indications chiffrées figurant entre () dans les colonnes relatives aux caractéristiques du capteur sont relatives aux objectifs souhaitables mais non nécessaires, ou à des possibilités d'extension sur commande.

2.21. — Le Telimnip Neyrpic est un excellent appareil qui a maintenant surmonté ses maladies de jeunesse. Ni son installation, ni son exploitation ne sont aussi aisées que celles des appareils à flotteur. En outre, le Telimnip fournit une information sur un support non moderne, comme les appareils du type 2.11.

2.22. — L'adjonction d'un Manometer Servo Stevens sur un enregistreur type A.35 de la même marque constitue un équipement de même nature que le Telimnip, mais dans lequel la technique de captage est plus astucieuse et finalement meilleure.

Cet appareil, ou sa version canadienne CAE, avec sortie soit sur limnigramme A.35, soit sur l'ADR de FISHER and PORTER, constitue également l'un des piliers d'équipement des réseaux d'Amérique du Nord.

On lui reproche simplement de ne pas être doté d'un témoin visuel d'enregistrement, et secondairement d'être d'exploitation moins aisée que les appareils à flotteur.

On peut ajouter à cette liste d'appareils, la balance de pression de RITTMAYER — 2.21 — qui est généralement inutilisée en rivière car cet appareil est beaucoup trop cher. Il offre les mêmes inconvénients que le Telimnip, mais il assure une précision bien supérieure de la mesure.

Ainsi, cet examen conduit-il à éliminer pour l'équipement futur les 4 catégories de dispositifs qui viennent d'être passées en revue.

En réalité, si l'élimination est à prononcer pour les dispositifs existants décrits, *il n'est pas exclu, comme on va le voir, que ces dispositifs deviennent valables après avoir subi une légère modification qui sera généralement une adjonction :*

- a) soit d'un témoin visuel clair aux dispositifs à codage non clair,
- b) soit d'un codeur à support moderne aux dispositifs à limnigramme.

L'idée de la seconde adjonction est à mettre à l'actif de M. GUILLOT de la D.T.G. L'idée de la première adjonction nous est propre et nous sommes satisfaits d'avoir pu la faire partager à certains constructeurs (ОТТ, НЕУРПИК) jusqu'à la leur faire adopter dans leurs fabrications (1).

A côté de cette récupération ou modernisation de dispositifs existants, nos réflexions sur le capteur idéal nous ont conduits à rechercher un équipement libéré de l'astreinte du puits pour flotteur d'une part, et fournissant une information sur support codé moderne associé à un témoin visuel d'autre part. Cette recherche a débouché sur des résultats concrets puisque nous avons pu relancer l'idée du limnigraphe à ruban imprimant chez НЕУРПИК et provoquer à la S.F.I.M. l'étude et la mise au point d'un capteur original de hauteurs d'eau.

(1) Nous partageons la satisfaction d'avoir été à l'origine de l'étude de prototypes, ou de l'amélioration d'appareillage existant chez Ott, Neyrpic et Sfm, avec R. HLAVEK, ingénieur en chef du G.R.E.F. au Cerafer, responsable, pour le compte du Ministère de l'Agriculture, du marché cité en introduction.

IV. - DESCRIPTION DES NOUVEAUX LIMNIGRAPHERS, PROTOTYPES ET PROJETS

Grâce aux adjonctions, soit d'un codeur, soit d'un témoin et grâce à ces nouveaux prototypes provoqués chez les constructeurs, on arrive à retenir 6 dispositifs, sur les 13 de l'inventaire, qui satisfassent, au moins partiellement, aux normes de l'optimum.

On présente de manière aussi détaillée que possible ces 6 dispositifs, compte tenu de ce que les constructeurs ont bien voulu faire connaître aujourd'hui et en insistant sur les nouveautés techniques.

On trouve d'abord un premier dispositif représenté par deux appareils existants, à flotteur, et sortie sur bande perforée, valorisés par la présence d'un témoin visuel :

2.13. — *Le limnigraphe Richard à bande perforée et témoin visuel* toujours au stade du premier prototype, bien qu'ayant franchi favorablement le stade de l'essai de terrain (fait à la D.T.G. — Grenoble) il y a quelques années.

2.13. — *Le limnigraphe Ott à bande perforée type 20.061* existant sur le marché et fonctionnant bien, devenu tout à fait satisfaisant après adjonction d'un témoin visuel, ce qui est fait depuis mai 1968 (prototype opérationnel) à la suite de notre demande.

Entre le prototype Richard et le limnigraphe Ott type 20.061, léger avantage à ce dernier car il est d'une part *fabriqué dès maintenant en série* (adjonction prévue sans difficulté du témoin visuel, dès 1968, sur les appareils déjà en service) et fonctionne normalement, car d'autre part son *code de perforation à 5 canaux est celui du Telex international* (gros intérêt pour la transmission des données) alors que Richard perce en binaire-décimal à 16 canaux; en outre, le code Telex est compatible avec les lecteurs de bande perforée d'ordinateur, le code BD ne l'est pas (d'où la nécessité d'un transcodage comme pour le Fisher and Porter).

On trouve ensuite, dans un second dispositif, la valorisation de tous les limnigrammes classiques par l'adjonction d'un codeur à support moderne :

2.16. — *Le capteur magnétique de la Division Technique Générale* (Service des Études et Mesures Hydrométriques) D.T.G. - E.D.F. qui doit rendre satisfaisant l'équipement classique Ott (rubrique 2.11, types X et XX) de cet organisme. Il passe au stade des essais du prototype sur le terrain (pluviographe et limnigraphe) au cours du 2^e semestre 1968.

Sans nous permettre de déflorer l'originalité de ce prototype, nous pouvons donner quelques explications sur le principe d'enregistrement utilisé dans le codage sur bande magnétique à 2 pistes. Conçu initialement pour s'adapter à un pluviographe à augets basculeurs (impulsions de temps sur une piste, impulsions de grandeur — 1/10^e de mm de pluie par exemple si telle est la quantité faisant basculer un auget — sur la 2^e piste), le codeur a été modifié pour être compatible avec un limnigraphe Ott (entrée par rotation mécanique d'un arbre de l'information « hauteur » captée par le flotteur). Dans cette variante, une piste reçoit les impulsions relatives aux variations positives du plan d'eau, l'autre aux variations négatives; une impulsion simultanée sur chaque piste est indicative d'un pas de temps. Le comptage de la variation de hauteur entre 2 pas de temps est effectué grâce à un « différentiel » électromécanique qui ramène à zéro, ensuite, l'écart entre une roue témoin et une roue liée au flotteur.

Trois piles standard 4,5 v. en série suffisent à l'alimentation du codeur.

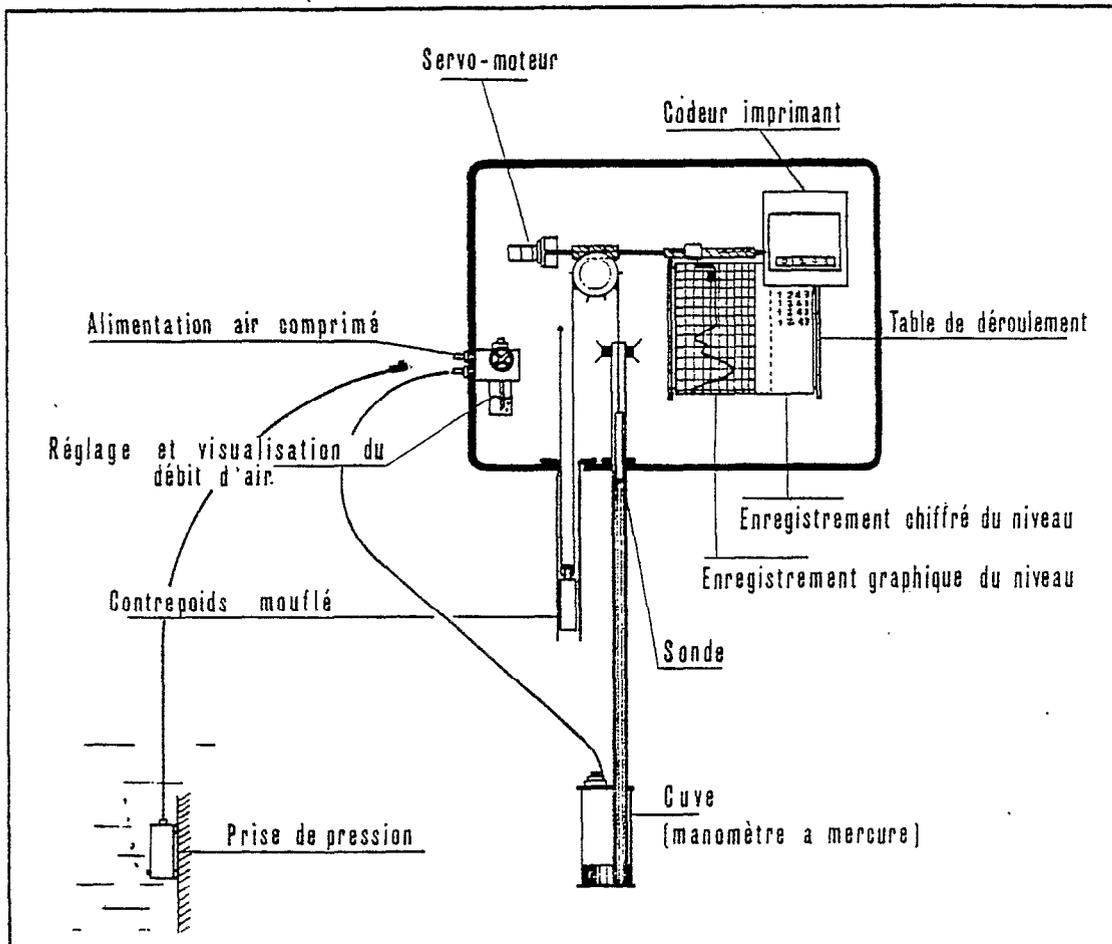
Pour la valorisation des équipements classiques à flotteur et sortie sur diagramme, le projet du *capteur magnétique D.T.G. est très séduisant*, il pourra s'imposer s'il se révèle

satisfaisant aux essais et si aucun procédé de traitement automatique du diagramme (analyseur de courbe) ne s'avère plus intéressant. Il faut signaler que de tels capteurs sont expérimentés avec succès en Grande-Bretagne depuis plusieurs mois et que ce procédé (codage sur B.M.) est l'objet d'une forte tendance dans ce pays comme aux U.S.A. actuellement.

Le dispositif suivant est un nouveau prototype Neyrpic :

2.21. — *Le limnigraphe à ruban imprimant Neyrpic* est une association d'un capteur analogue à celui du Telimnip (par insufflation de gaz) et d'un codeur imprimant les hauteurs d'eau en clair sur un ruban, dit ruban numérique, les caractères utilisés pour représenter les chiffres étant susceptibles d'être lus par un lecteur optique (caractères I.B.M. 1428, lecteur I.B.M. 1287).

SCHEMA PRIMITIF (Juin 1967) du
LIMNIGRAPHE IMPRIMANT
 de NEYRPIC (Grenoble)
 (Mesure par injection d'air)



d'après NEYRPIC -Grenoble - FRANCE -

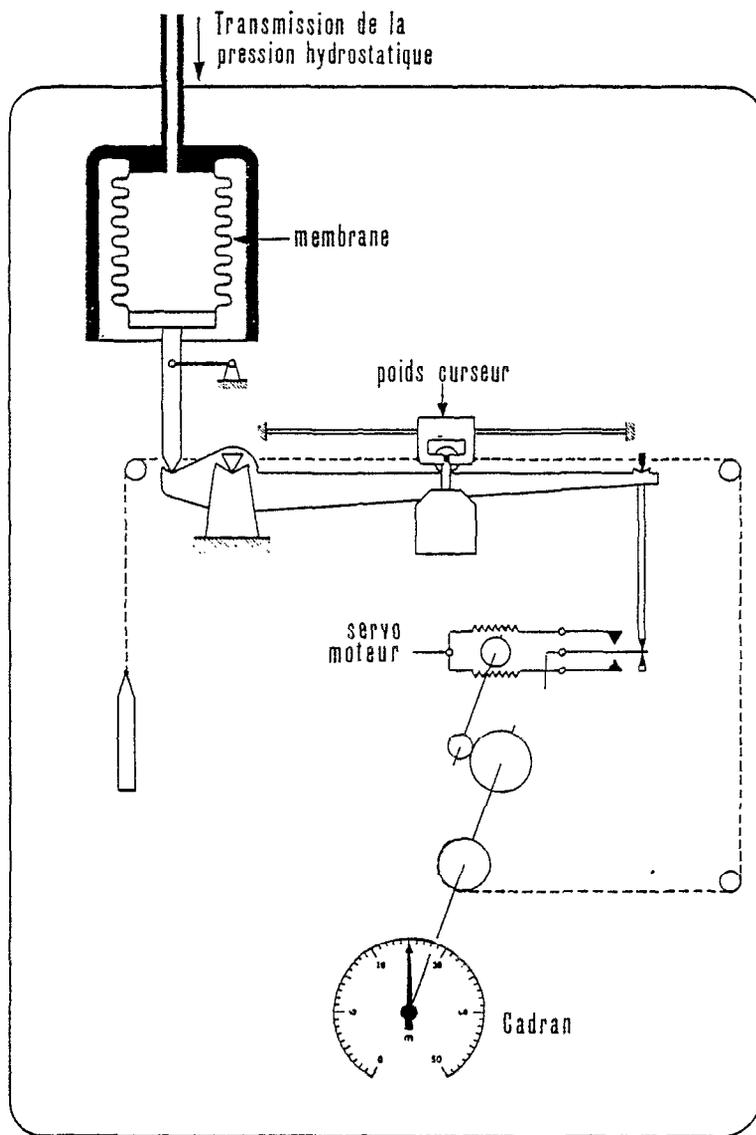
La commande du codeur est assurée par un servo-moteur sur le principe du limnimètre asservi (horloge électrique pour déclenchement du pas de temps). Il est adjoint un témoin visuel de l'enregistrement, sur notre demande expresse (voir schéma de principe joint).

Quelques difficultés dans le choix du compteur-codeur imprimant retardent jusqu'à la fin de 1968 les essais du premier prototype.

Le quatrième dispositif est une association du dispositif 2.13 pour le codage avec un nouveau capteur :

2.23. — *Ce projet Ott associe la prise de pression par insufflation de gaz et le codage sur bande perforée (avec témoin); mais il est au stade des études de définition (achèvement de*

BALANCE DE PRESSION RITTMAYER . SCHEMA DE PRINCIPE .



d'après FRANZ RITTMAYER SA Zoug 4839b/F

celles-ci, fin 1968); la transmission prévue est *du type à balance de pression* et servomoteur (comme chez Rittmeyer) d'où une meilleure précision (le centimètre est envisagé) tout en étant d'un prix abordable, bien que non défini aujourd'hui.

Bien que l'on ne sache pas dans quelle mesure ce projet Ott suivra la technologie de la balance de pression type Rittmeyer (1), on peut succinctement décrire le principe de ce dernier appareil (schéma de principe joint). La pression hydrostatique est transmise à la membrane pneumatique, soit directement (colonne d'eau), soit indirectement (bulle à bulle). Les variations de pression (donc de niveau), transmises à la membrane puis au bras court de la balance, déséquilibrent le bras long de celle-ci, ce qui commande les contacts de mise en marche d'un servomoteur. Celui-ci rétablit l'équilibre de la balance (déplacement du poids curseur) et actionne un enregistreur quelconque (ici cadran à aiguille).

Enfin, les deux derniers dispositifs reposent sur un principe de captage entièrement nouveau en hydrométrie :

2.32 et 33. — Ce principe de captage direct de la pression peut s'opérer soit par transformateur différentiel, soit par jauge de contrainte.

La Société Française d'Instruments de Mesure, S.F.I.M., sollicitée, a bien voulu répondre à nos demandes et a étudié cette possibilité de captage.

Dans un premier stade, la S.F.I.M. envisageait soit l'un ou l'autre des procédés de captage avec sortie, soit sur bande perforée, soit sur ruban numérique (principe déjà retenu par NEYRPEC pour son limnigraphe à ruban imprimant).

Après études préalables, il a été décidé de construire un premier prototype sur le principe du capteur à jauge de contrainte associé au codeur par compteur imprimant sur ruban numérique.

L'appareil délivre également un témoin d'enregistrement.

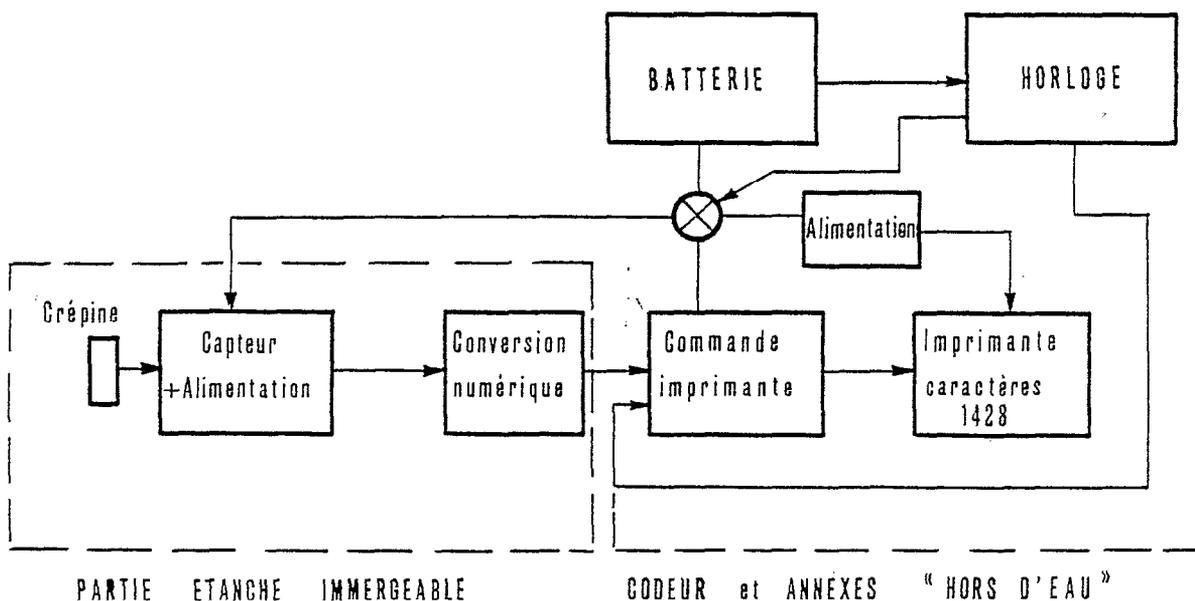


Schéma synoptique de l'avant-projet de mesure de niveau de cours d'eau présenté par la S. F. I. M. (oct. 1967).

(1) De nombreux constructeurs utilisent une technique comparable pour toutes les mesures de niveau industrielles sur réservoir par exemple; on peut citer parmi eux, Précision Mécanique Labinal avec son capteur pneumatique de niveau, Translab NP 10.

Le schéma synoptique joint montre l'assemblage des composants de ce futur limnigraphe. Le capteur de type G.A. 1000 a une étendue de mesure de 1 000 millibars et une erreur relative de 0,2 % sur l'étendue de mesure; la conversion par voltmètre numérique s'effectue en code binaire décimal et la commande d'imprimante redonne une grandeur décimale; les affichages de la grandeur et du temps sont prévus.

Dans l'immédiat, en écartant le projet Ott, encore imprécis, il reste deux appareils prometteurs : le *limnigraphe à ruban numérique Neyrpic* (technologie de captage déjà confirmée, technologie du codage séduisante à envisager) et le *capteur de pression S.F.I.M.* à soumettre aux essais. Léger avantage au limnigraphe Neyrpic car le capteur S.F.I.M. serait actuellement d'un prix non compétitif, ce que peut justifier à la fois le fait que cette entreprise aborde pour la première fois le marché des limnigraphes, et également le fait que son capteur soit cher (baisse non invraisemblable dans quelques années avec les progrès de la technique de fabrication). On peut retenir ce capteur S.F.I.M. comme un prototype d'avenir, non utilisable dans les prochaines années

On ne peut clore cet inventaire des dispositifs intéressants sans mentionner deux solutions également dignes d'intérêt :

a) Le besoin d'un témoin visuel d'enregistrement a été ressenti par les Américains lorsqu'ils ont adopté les limnigraphes codeurs (association Stevens et A.D.R. de Fisher and Porter).

Leur solution est celle d'un pays riche : *mise en parallèle de deux limnigraphes*, l'un classique par exemple le Stevens A. 35, l'autre à sortie sur A.D.R.

Cet accouplement peut se réaliser avec un seul capteur et deux codeurs ou même avec deux limnigraphes séparés (méthode employée au Canada pour accroître la sécurité de l'observation permanente en région très froide).

Toutes les combinaisons sont possibles entre capteurs (limnigraphes à flotteur comme le Stevens A. 35 ou à insufflation de gaz comme le Manometer Servo Stevens ou comme la variante canadienne de C.A.E.) et codeurs (diagramme sur tambour ou codeur analogique numérique A.D.R. 1542 de Fisher and Porter).

Nous estimons beaucoup plus astucieuse et économique la solution du simple témoin visuel, que nous avons préconisée et fait adopter par Ott, Neyrpic et S.F.I.M. : un seul limnigraphe, donc un prix non prohibitif.

b) Parmi les désirs de nombreux gestionnaires de réseau, il y a celui de voir associés dans un même réseau limnigraphes et pluviographes.

L'idéal est la disposition d'un appareil à double capteur et codeur unique. Le seul appareil existant, à notre connaissance, sur le marché est le Stevens, type SR :

- enregistrement de la pluie par flotteur dans un cylindre de 2 pouces de diamètre à vidange automatique par siphon,
- enregistrement du niveau par flotteur dans un même cylindre,
- inscription par stylets à 180° l'un de l'autre des deux enregistrements sur un même diagramme circulaire horizontal.

L'appareil n'est pas universel car son enregistrement limnigraphique est insuffisant : réduction d'échelle trop grande (1/30^e à 1/120^e), amplitude réduite (6 m au plus), puits trop étroit valable pour des eaux très claires et très calmes, codage classique de type ancien.

On doit noter le grand intérêt du codeur magnétique D.T.G. adaptable aussi bien sur limnigraphe que sur pluviographe puisqu'il a été conçu à l'origine pour couplage avec pluviographe à augets basculeurs (type Précis Mécanique ou Richard).

Nous n'avons pas orienté la recherche des constructeurs vers un appareil limnigraphe-pluviographe moderne, mais cela pourrait être tenté, d'autant plus que le codage de la pluie (captée par augets basculeurs) est beaucoup plus facile que celui de la hauteur d'eau. L'adjonction d'un pluviographe à l'un des dispositifs intéressants de limnigraphie ne serait donc pas impossible.

V. - L'INCIDENCE DU TRAITEMENT DE L'INFORMATION « HAUTEUR D'EAU » SUR LE CHOIX D'UN LIMNIGRAPHE

Avant de dégager une conclusion qualitative sur les différentes nouveautés dans le domaine de la limnigraphie, il est important de voir quelle incidence le devenir de l'information « hauteur d'eau » captée et codée peut avoir sur le type de limnigraphe envisagé, et vice versa.

Il n'est pas question ici de décrire en détail les divers systèmes de transformation de l'information « hauteur » en information « débit », ni les multiples procédures existantes ou envisageables pour le traitement de l'information « débit ».

On désire montrer simplement que le problème de la transformation « hauteur-débit » se pose surtout pour l'analyse des limnigrammes classiques, et que le choix de tel ou tel système de codage de l'information « hauteur », tout en laissant une certaine liberté pour un transcodage ultérieur, est étroitement lié à la manière dont l'on conçoit le traitement des données.

De toutes manières, *l'évolution aujourd'hui est irréversible et partout le traitement des informations hydrométriques s'effectue ou tend à s'effectuer sur ordinateur*. Là où une telle automatisation paraît aujourd'hui prématurée, il faut cependant l'envisager (travailler de manière « compatible ») car l'évolution risque d'être plus rapide qu'on ne le suppose généralement.

5.1. — Le rôle du support d'information en traitement automatique.

Il serait présomptueux d'augurer de l'évolution des formes de support d'information dans 10 ans, mais aujourd'hui quelques remarques actuelles peuvent être faites et paraissent valables.

Le support d'information intervient à trois stades différents du traitement des données : celui du codeur du limnigraphe, celui du traitement des débits et celui intermédiaire de l'introduction des programmes de calcul.

Pour un service hydrométrique, qui limite son activité à la production des données de base issues de son réseau (débits journaliers, mensuels, annuels, moyennes...), les informations « hauteur » et « débit » peuvent être sur un support à accès séquentiel (1) comme la bande perforée BP, ou la bande magnétique BM.

Pour un service hydrométrique, qui étend son activité au traitement des données de base en vue de résoudre tout problème d'analyse hydrologique, l'accès sélectif direct (1) aux informations s'impose et la carte perforée CP est encore le meilleur support ; le disque magnétique DM s'y substituera, peut-être, et tout au moins pour l'information « débit ».

Quelle que soit la nature des activités déployées, *l'introduction des programmes se fait à l'aide de la carte perforée (2), support souple et aisément modifiable.*

Enfin, *sur le plan de la fiabilité*, la confiance est entière pour les supports perforés BP, CP mais moindre pour les autres : le disque DM et le ruban numérique à lecture optique RN ne sont pas très bien connus ; on sait déjà que la bande magnétique actuelle vieillit et qu'il est prudent, chaque année environ, de transférer l'information sur un support neuf et vierge.

Au stade actuel de nos connaissances, on peut dégager deux tendances dans le monde :

a) aux U.S.A., le Geological Survey tend à *généraliser l'emploi de la bande magnétique* comme support de traitement des informations « hauteur » et « débit », quel que soit le support de codage du limnigraphe ; Fisher and Porter a doté son décodeur d'une sortie sur bande

(1) On précise ici qu'un support est d'accès :

- direct quand on peut aller chercher une information à son emplacement directement et sans tenir compte de l'ordre de classement,
- séquentiel quand on ne peut atteindre une information recherchée qu'après avoir fait « défiler » le support jusqu'à l'emplacement occupé par ladite information, c'est-à-dire en tenant compte de l'ordre de classement.

(2) C'est le cas de l'information « étalonnage » d'une station hydrométrique.

magnétique pour permettre l'adaptation du réseau (à codage BP) à cette nouvelle procédure de traitement. En Grande-Bretagne et en France (E.D.F. - D.T.G.), il y a un fort mouvement dans cette voie;

b) *l'emploi de la carte perforée* paraît s'imposer à tous les utilisateurs gestionnaires de réseaux d'importance modeste ou dans lesquels le codage du limnigraphe n'est pas encore unique, et à tous les hydrologues effectuant de nombreux travaux d'analyse scientifique. Telle est la voie actuelle du Service Hydrologique de l'O.R.S.T.O.M.; telle sera vraisemblablement la voie d'autres utilisateurs en France.

5.2. — Le rôle du codage de l'information « hauteur » classique.

Avant cet avenir proche pour certains, lointain pour d'autres, d'un parc de limnigraphes codeurs fournissant une information compatible avec le traitement sur ordinateur (après ou sans transcodage d'un support sur un autre), il est important d'envisager l'amélioration et la rationalisation de la gestion des parcs de limnigraphes classiques.

L'une des solutions est celle de l'adjonction d'un codeur magnétique en bout d'arbre du limnigraphe classique à tambour enregistreur (prototype E.D.F. - D.T.G.).

L'autre solution est celle de l'analyseur de courbe.

Dans cette solution, l'analyseur de courbe doit satisfaire diverses exigences :

a) accepter les limnigrammes de toute nature, en tenant compte du fait que près de 90 % de l'équipement est en France — comme à l'O.R.S.T.O.M. — le fait d'un nombre limité d'appareils (Ott type X, XX et R. 16, Neyrpic Telimnip). Accepter ces limnigraphes, c'est satisfaire aux *conditions de largeur de bande* (250 mm pour la plupart des limnigraphes, 300 mm pour le Telimnip, 430 mm pour le Ott type X 43 assez peu répandu) et aux *conditions de retournement de stylet* (Ott type X, HWK type P 4 pour puits et forages);

b) lire à intervalles de temps choisis, mais modifiables, une hauteur enregistrée sur un limnigraphe selon une échelle de réduction et une vitesse de rotation susceptibles de varier.

Cette seconde exigence renforce l'idée que *l'analyseur ne doit pas être automatique, mais seulement semi-automatique*, c'est-à-dire qu'un opérateur suivant à la main le tracé du limnigramme commande par ses « pointés » (libres ou prédéterminés) le codage de la hauteur;

c) transcrire la hauteur d'eau sur un support compatible avec un ordinateur, lequel, à ce stade, devrait être *une carte perforée en code décimal*, plutôt que tout autre, ne serait-ce que pour des raisons de tri et de classement ultérieurs et des raisons d'identification des stations et des périodes d'observations.

La situation actuelle du marché des analyseurs de courbe n'a pas encore été complètement inventoriée. On peut cependant dire qu'il y a d'une part des appareils conçus spécialement par les utilisateurs qui sont à commande manuelle ou semi-automatique et qui satisfont généralement bien à leurs propres exigences, mais ne paraissent pas toujours remplir toutes les conditions énumérées ci-dessus; il y a d'autre part de nombreux appareils commerciaux, à commande généralement automatique et à vocation universelle, qui ne s'adaptent pas toujours très bien à l'analyse de limnigrammes.

Sans prétendre être complet, nous présentons dans le tableau 4 les caractéristiques des analyseurs spécifiques français connus et de quelques analyseurs universels.

On peut dire que les deux prototypes E.D.F. offrent de bonnes possibilités d'emploi mais peut-être limitées aux besoins propres des créateurs, tandis qu'un appareil comme le D.MAC Pencil Follower paraît être le plus adaptable des appareils commerciaux inventoriés, jusqu'à maintenant.

TABLEAU 4
Caractéristiques de quelques analyseurs de courbe

Marque commerciale et type ou organisme créateur	Largeur maximale de bande tolérée en mm	Acceptation du retournement de stylet	Adaptabilité au pas de temps variable	Mode de fonctionnement	Nature du support de codage de l'information « hauteur »
M. DICONNE - 2 ^o Circonsr. Électrique (Dijon)	au moins 250 mm	oui	bonne	manuel	tableau imprimante (à transcrire ultérieurement sur carte perforée, à la main)
Prototype DTG - EDF (Grenoble)	au moins 250 mm	oui	bonne	manuel	BP. code Telex (du OTT 20.061)
Prototype ERNUTH - EDF (Chatou)	au moins 250 mm	peut-être	faible mais peut-être modifiable	semi-automatique avec clavier intermédiaire d'entrée des indications annexes	bande perforée
SIEMENS Électronique	290 mm	non	faible	automatique	BP. code Telex
BENSON lecteur digital 5 075	500 mm	non	faible	automatique	CP/BP/BM code binaire
D.Mac Pencil Follower type P.F.	1 000 mm	non	assez bonne	manuel semi-automatique ou automatique	CP code décimal CP/BP/BM code binaire

TABLEAU 5
Présentation des combinaisons d'équipement possibles

Plan opérationnel	Stations existantes	Équipement futur			
	1	2	3	4	5
Limnigraphe	OTT X, XX, R.16, TELIMNIP	OTT X, XX, R.16 TE LIMNIP + Codeur BM (DTG)	OTT type 20.061 à témoin	Limnimètre asservi NEYRPIC à ruban imprimant	Captur de pression SFIM
Inf. hauteur captée	Limnigramme	Limnigramme + BM	BP (code Telex)	RN	RN ou BP
Transcodage	Analyseur de courbe (D.MAC par ex.)	Lecteur-enregistreur magnétique	non ou perforateur de carte	non ou perforateur de carte	non ou perforateur de carte
Inf. hauteur à traiter	CP ou BP ou BM	BM	BP/CP	RN/CP	RN/BP/CP
Entrée ordinateur	Lecteurs CP/BP/BM	Lecteur BM	Lecteurs BP/CP	Lecteur optique Lecteur CP	Lecteur optique Lecteurs CP/BP
Programmes	CP	CP	CP	CP	CP
Sortie débit	Imprimante	Imprimante	Imprimante	Imprimante	Imprimante
Classement information débit	CP/BM/DM	BM/DM	CP/BM/DM	CP/BM/DM	CP/BM/DM

VI. - LES COMBINAISONS D'ÉQUIPEMENT ENVISAGEABLES EN 1968

Il est possible aujourd'hui de définir, dans une optique française, les quelques voies possibles dans l'amélioration de gestion des limnigraphes existants comme dans l'équipement en limnigraphes modernes. Ces voies définissent des combinaisons d'équipement et de procédures de traitement des données allant d'amont en aval de la chaîne complète de gestion d'un réseau hydrométrique.

Ces combinaisons sont au nombre de cinq : une concernant l'équipement actuel, trois l'équipement futur, une les deux types d'équipement.

Ces combinaisons sont présentées sur le tableau 5. On les a voulues aussi souples que possible, c'est-à-dire détachées des contraintes propres à tel utilisateur français qui adopte ou compte adopter en totalité ou en partie l'une ou l'autre de ces combinaisons.

On peut faire les remarques suivantes à l'examen de ce tableau :

a) *Seule la solution 3, celle du limnigraphe Ott type 20.061 à témoin peut être considérée comme quasi opérationnelle aujourd'hui.*

b) *Toutes les autres solutions exigent des essais préalables avant d'être sûrement opérationnelles.*

Ces essais préalables qui sont tous en cours en France, tant à la D.T.G. (Électricité de France), qu'au C.E.R.A.F.E.R. (Ministère de l'Agriculture) et à l'O.R.S.T.O.M., devraient aboutir à des conclusions définitives en 1969.

Les points les plus sensibles que doivent étudier tout particulièrement ces essais sont les suivants :

- *fidélité du captage par codeur magnétique* type D.T.G. et facilité d'emploi du support magnétique BM en traitement automatique, y compris la fiabilité;
- *caractère opérationnel de la lecture optique* des caractères imprimés sur ruban numérique (solutions Neyrpic et S.F.I.M.);
- *adaptabilité d'un analyseur de courbe* (solution D.MAC par exemple) aux exigences du dépouillement des limnigrammes;
- *adaptabilité du capteur S.F.I.M. à jauge de contrainte* aux conditions imposées au « limnigraphe idéal ».

En matière de conclusions, nous présenterons deux ultimes remarques :

- Parmi les quatre combinaisons d'équipement futur retenues, trois sont ou seront certainement opérationnelles à court terme, mais on doit considérer la solution S.F.I.M. comme étant encore au stade de l'avant-garde pour une utilisation à moyen terme, ne serait-ce que par la nouveauté du captage et par le prix actuel non compétitif.
- Dans un réseau hydrométrique de quelque importance, il y a des cours d'eau aux régimes variés et des stations de divers types de sorte que le limnigraphe optimal est tantôt à flotteur, tantôt à prise de pression et qu'en conclusion aucune combinaison d'équipement ne peut être considérée comme universelle. On peut même dire que *le choix de plusieurs combinaisons paraît souhaitable pour un grand réseau hydrométrique* et qu'en outre *des interférences entre l'une ou l'autre des combinaisons retenues doivent être possibles* (permutation du capteur à flotteur avec le capteur à pression dans l'accouplement avec tel ou tel codeur, qu'il soit à sortie sur bande perforée ou sur ruban numérique, par exemple).

BIBLIOGRAPHIE

- DUBREUIL (P.). — 1968. — « Étude de l'extension rationnelle du réseau hydrométrique du Ministère de l'Agriculture 1. Rapport méthodologique » — Min. Agricult., Dir. Équipement et Hydraulique — O.R.S.T.O.M., Serv. Hydrologique — multigr. 96 p.
- OTT (Kempten, Bavière). — « Limnigraphe Ott à bande perforée pour la détermination automatique des niveaux et des débits moyens », par D. Dodane, extrait de « Terres et Eaux », vol. XIX, n° 47.
- RICHARD (Jules) (Paris). — « Appareils de mesures et de contrôles », catalogue général dont « Limnigraphe enregistreur codeur » (document provisoire FT 28).
- RITMEYER, ZOUG (Suisse) et PROMÉ (Paris), représentant pour la France. Catalogue.
- OTT - FISHER and PORTER (Clermont-Ferrand). — « Enregistreur de données analogiques ADR 1542 ».
- LEOPOLD and STEVENS Instruments Inc. (Portland, Oregon, U.S.A.). — « Hydrologic instruments and accessories » — short form catalogue n° 23 — 4^e édition.
- CANADIAN AVIATION ELECTRONICS CAE (Winnipeg, Montréal, Canada). — « Manomètre indicateur du niveau supérieur des eaux » — Instructions pour l'installation, l'emploi et l'entretien — Publication 6 425 F.
- OTT. — Lettre du 3-1-68 de la Société Wild, Paris relative à l'adjonction d'un témoin d'enregistrement classique au limnigraphe Ott à bande perforée, suite à notre demande.
- SOCIÉTÉ FRANÇAISE D'INSTRUMENTS DE MESURES S.F.I.M. (Massy). — « Spécification provisoire d'un prototype d'équipement de mesure de niveau de rivière », Y. Descamps, 29-4-68.
- SIEMENS (Karlsruhe).
- a) « Un analyseur de diagramme électronique pour l'évaluation des courbes » — H. Breunig, H. Kurner — extrait de « Revue Siemens », 19^e année, mai 1961.
 - b) « L'appareil de commande par perforation dans la métrologie digitale » — G. Mett, G. H. Scheidenberger — extrait de « Siemens Zeitschrift », n° 4, avril 1964.
- CORMARY (Y.) et GENIN (C.). — « Traitement automatique de l'information en hydrologie. Transcription et dépouillement de pluviogrammes et limnigrammes ».
B.E.P. — 1967.
En annexe, notice sur analyseur D. Mac Pencil Follower type PF.
- DICONNE (A.). — 2^e Circonscription Électrique. — « Exposé d'une méthode mécanographique pour la lecture des hydrogrammes et la détermination des débits ».