

ECHANTILLONNAGE DU SIGNAL CAPTEUR

REFLEXION SUR LA "REPRESENTATION" (AU SENS SCIENCES HUMAINES DU TERME) DES PHENOMENES HYDROLOGIQUES

Bernard. POUYAUD

En métrologie classique on distingue les manifestations "discrètes" et "continues" des événements. L'ennui, c'est que dans le domaine des sciences naturelles auquel appartient l'Hydrologie, un même phénomène présentera tour à tour un aspect "discret" puis "continu", selon l'échelle spatiale ou temporelle adoptée.

Ainsi, la pluie est un phénomène résolument "discret":

- c'est vrai au niveau de la goutte de pluie
- mais encore à celui de l'événement pluvieux.

Pour "mesurer" la pluie on pourrait compter le nombre de gouttes de pluie qui traversent une surface d'orientation donnée, vaste problème, pendant un temps donné. On a ainsi ébauché la description d'un capteur adapté à ce type de phénomènes discrets, qui consiste à cumuler sur un pas de temps donné les manifestations d'un événement dans une région donnée.

L'écoulement d'une rivière, autre constante du paysage hydrologique, est un bon exemple de manifestation "continue" d'un phénomène hydrologique, même si à l'échelle moléculaire cela redevient une manifestation "discrète". Le phénomène physique intéressant est bien sûr le volume d'eau qui traverse une section donnée durant un temps donné. Sa mesure n'est pas évidente et peut se faire en mesurant les vitesses ponctuelles instantanées, qui sont ensuite doublement intégrées. Cette mesure est longue et onéreuse et on se rattache en général à un autre paramètre, plus simple d'accès, qui peut être une hauteur d'eau représentative ou encore une vitesse en un point représentatif, deux paramètres liés, dans les cas simples, au débit instantané.

La question est alors double :

- où mesurer ce niveau ou cette vitesse ? Nous n'en parlerons pas ici ;
- comment l'échantillonner ? et c'est le coeur du débat.

Qu'ils soient discrets ou continus, la mesure des phénomènes naturels se ramène presque toujours à la mesure d'un niveau, d'un volume, d'un poids ou d'un nombre d'événements. Si l'on est parti d'un événement discret, le phénomène à mesurer se présente sous la forme d'une courbe cumulative, continue et croissante. Dans le cas d'un événement continu cela peut être beaucoup plus compliqué et il s'agit au moins d'une courbe avec minimum et maximum.

Si l'on suppose résolue la question du capteur, et donc de l'acquisition de la mesure, il faut savoir ce que l'on veut en faire, autrement dit comment on va la stocker afin de la restituer à la demande en déformant le moins possible le phénomène investigué, représenté par son signal.

- Au niveau de l'acquisition de la mesure on se trouve devant un problème de sensibilité et de précision de la mesure.
- Au niveau du stockage de la donnée, on se trouve devant un problème de dimension des mémoires et donc de fréquence de la mesure.

Décrire un événement, c'est au plan général le dimensionner à des dates données ; on le décrira bien sûr de façon plus ou moins fine selon l'échelle spatiale et temporelle de cette description.

Dès maintenant on peut distinguer :

- une description à pas de temps fixes (la seconde, la minute, l'heure, le jour) ;
- une description à seuils spatiaux fixes (le centimètre en limnimétrie).

Afin d'illustrer cet exposé trop austère, nous allons prendre quelques exemples pratiques, en allant du plus simple au plus complexe :

1) La mesure est faite à pas de temps fixe Δt et on stocke toutes les mesures X_i et elles seules :

temps :	t_0 ,	$t_0 + \Delta t$,	$t_0 + 2.\Delta t$,	, $t_0 + i.\Delta t$,	, $t_0 + n.\Delta t$
Valeur stockée :	X_0	X_1	X_2		X_i		X_n

la précision de la description est fonction de Δt , mais plus on est précis, plus on occupe de place mémoire.

2) on date, au contraire, chaque dépassement d'un seuil ΔX fixe.

→ s'il s'agit d'une courbe continue et croissante (fonction cumulée), pas de problème, c'est le cas d'OEDIPE où est daté chaque basculement.

$t_1, t_2, \dots, t_i, \dots, t_n$ pour ΔX

on peut toujours dire au temps t_i : $X_i = i \cdot \Delta X$

→ Si la fonction n'est pas continuellement croissante il y a un problème :

il faut stocker :

- le temps + le signe depuis le pas de temps précédent
- ou le temps et la mesure

c'est à dire $t_1, +, t_2, +, \dots, t_i, \pm, \dots, t_n, \pm$

ou $t_1, X_1 ; t_2, X_2, \dots, t_i, X_i, \dots, t_n, X_n$

Cela prend évidemment beaucoup de place d'où des idées alternatives.

3) On garde un pas de temps fixe ΔT , que l'on appelle délai de scrutation, mais on ne stocke la mesure que si elle est "intéressante" :

C'est le cas du CHLOE où on se fixe un seuil ΔX , la mesure est faite aux temps $t_0 + i \cdot \Delta T$, on stocke la date et la mesure si et seulement si :

$$|X_i - X_S| \geq \Delta X$$

où X_S est la dernière mesure stockée au temps t_S

Cela suppose de conserver accessible en mémoire le dernier couple t_S, X_S

Selon les valeurs de ΔX et ΔT retenues, la restitution du phénomène est plus ou moins bonne.

Des améliorations sont donc possibles.

4) Première amélioration

Prendre en compte les alternatives de croissances et décroissances, afin de détecter les minimum et les maximum.

→ la mesure est toujours faite à $t_i = t_0 + i.\Delta T$

on stocke t_i, X_i si et seulement si

$$(X_i - X_{i-1}) / (X_{i-1} - X_{i-2}) < 0$$

ou si

$$|X_i - X_S| \geq \Delta X \quad X_S \text{ est le dernier } X_i \text{ stocké}$$

cela est lourd car suppose à tout moment la disponibilité des deux dernières mesures à t_{i-1} et t_{i-2} , même si elles ne méritent pas d'être stockées.

→ on peut faire la même chose avec les valeurs stockées, c'est à dire stocker t_i, X_i si, et seulement si

$$(X_i - X_S) / (X_S - X_{S-1}) < 0$$

X_S et X_{S-1} sont les deux derniers X_i stockés

ou si

$$|X_i - X_S| \geq \Delta X$$

5) Deuxième amélioration

Détecter les variations rapides de la pente de la courbe.

La mesure est toujours faite à $t_0 + i.\Delta T$

on stocke t_i, X_i si et seulement si

$$(1+k)(X_{i-1} - X_{i-2}) < (X_i - X_{i-1}) < (1-k)(X_{i-1} - X_{i-2})$$

ou si $|X_i - X_S| \geq \Delta X$

Cela est lourd, il faut connaître à tout moment les deux derniers X_{i-1} et X_{i-2} même s'ils ne sont pas stockés, mais très précis et très économe en place mémoire.

Toutes ces méthodes de stockage sont donc possibles et peu difficiles à mettre en oeuvre avec les technologies modernes. Un autre critère de choix, dont nous n'avons pas encore parlé, est bien sûr d'éviter des formats de stockage différents trop multiples, qui compliqueraient considérablement la tâche au moment du dépouillement, qui, même s'il est automatique, doit pouvoir reconnaître le bon format.

DISCUSSION

De MARSILY s'interroge sur les systèmes qui donnent directement les débits sans passer par les hauteurs, et en particulier le système électromagnétique. POUYAUD répond qu'ils ne sont pas utilisables pour des rivières non calibrées. COLOMBANI souligne qu'aucun des systèmes (ultrasons, électromagnétiques...) ne supprime l'étalonnage, et donc les jaugeages. De plus, les systèmes utilisant le champ magnétique terrestre sont très sensibles aux parasites. ROCHE ajoute que ces systèmes sont intéressants lorsque les courants sont très lents, pour un fond de lit herbeux, ou s'il ne peut pas exister une relation hauteur-débit ; mais il s'agit d'une technique lourde, très difficile à mettre en oeuvre et qui ne supprime pas l'étalonnage.

A la suite de la présentation de POUYAUD, ROCHE s'interroge sur les critères choisis dans CHLOE pour condenser l'information. En particulier, l'utilisation de la dérivée seconde impose de différer le stockage pour tester les valeurs précédentes. COLOMBANI indique que pour des problèmes techniques, la dérivée seconde n'est pas intégrée dans CHLOE pour l'instant. MAILLACH parle de compromis entre volume d'informations stockées et suivi précis des hauteurs. Pour augmenter la précision, la meilleure solution consiste à réduire le pas de temps de scrutation. Mais ce compromis stockage-précision ne se pose réellement que dans le cadre de la télétransmission où il faut optimiser le message transmis. FRITSCH donne un exemple : sur la crique Grégoire en Guyane (crues fréquentes), toute l'information hydrométrique annuelle représente 3 000 points bien répartis. Comme il est possible de stocker plus de 10.000 points sur une cartouche de CHLOE B, la marge de manoeuvre est importante.

A une question de de MARSILY sur le prix de revient des appareils ELSYDE, SEVEQUE fournit la liste des prix en fonction des modèles et POUYAUD rajoute un renseignement sur les coûts d'installation: sur une même station du BURKINA FASO, il a fallu 15 jours de mission et 2 millions de francs CFA pour installer un limnigraphe à flotteur alors que GAUTIER a installé un CHLOE en cinq heures avec 200.000 F. CFA.

En réponse à ROCHE qui s'interroge sur la possibilité de récupérer des installations anciennes, GAUTIER indique que pour l'instant, cela n'a pas été fait. Dans le cadre de stations déjà existantes, les CHLOE ont doublé les limnigraphes déjà installés.