

Dispositif de prélèvement automatique d'un échantillon moyen de transport solide en suspension pondéré en fonction du débit, et dispositif de mesure par électrodes spécifiques des concentrations en solutes

J. COLOMBANI, J. M. FRITSCH & J. SUSINI
IRSTOM, 70-74 Route d'Aulnay, F-93140 Bondy, France

RESUME Une des principales difficultés des mesures de débit solide en rivière est la nécessité d'un échantillonnage abondant afin de suivre les variations de la concentration des matières, soit en suspension, soit en solution. Le premier appareil présenté réalise le prélèvement d'un échantillon d'eau moyen pondéré par le débit composé d'échantillons élémentaires de volume proportionnel au débit à l'instant des prélèvements exécutés à intervalles de temps prédéterminés. L'appareil est asservi au limnigraphe de la station hydrométrique. Le deuxième appareil mesure et enregistre à intervalle de temps prédéterminés le pH, la température, la concentration en ions sodium, chlore, calcium, calcium + magnésium. Ce deuxième appareil utilise une batterie solaire photovoltaïque pour son alimentation électrique. Les deux automates font largement appel aux microprocesseurs et amplificateurs opérationnels qui permettent de miniaturiser les circuits électroniques et de réduire les consommations en électricité tout en obtenant des mesures de grande qualité.

Automatic sampling device for a mean sample of suspended sediment weighted by discharge and a device for measuring dissolved matter concentration with specific electrodes

ABSTRACT A main difficulty in solid transport measurements in rivers is the number of samples necessary to follow variations in concentration both of suspended and dissolved material. The first device discussed here delivers a weighted mean water sample composed of subsamples with volume proportional to discharge, at a succession of equally-spaced time instants. The device is linked to the water level recorder. The second device measures and records, at regular intervals, pH, temperature and concentration of sodium, chloride, calcium, calcium + magnesium. The device is powered by a battery recharged by solar power. These two devices use miniaturised electronic circuits and operational amplifiers which reduce power requirements whilst giving measurements of the best quality.

INTRODUCTION

Une des principales difficultés de la détermination des transports solides tant en suspension qu'en solution résulte avant tout de la nécessité d'un échantillonnage suffisant de ces débits. La méthode de prélèvement dépend essentiellement du but poursuivi: ou bien on cherche à déterminer la variation du débit solide en fonction du débit liquide à un court pas de temps ou bien on ne s'intéresse qu'au poids total des transports à l'échelle d'une crue par exemple, ou à l'échelle journalière. Les prélèvements manuels requièrent dans un cas comme dans l'autre la présence constante d'un opérateur ce qui peut représenter une lourde charge sans garantie absolue quant à la qualité des mesures. Par contre l'échantillonnage automatique peut être beaucoup plus sûr et finalement moins coûteux malgré l'investissement initial. Nous allons décrire deux automates conçus dans cette optique. Le premier de ces appareils assure le prélèvement d'un échantillon moyen pondéré par le débit en vue de la détermination globale du transport solide en suspension. Le second est destiné à la surveillance de la qualité des eaux et permet l'enregistrement des mesures faites à intervalles de temps prédéterminés. La technique du microprocesseur est utilisée pour la réalisation de ces deux appareils.

AUTOMATE PILOTE PAR MICROPROCESSEUR DESTINE A PRELEVER UN ECHANTILLON MOYEN PONDERE PAR LE DEBIT

Cet appareil a été mis au point par Fritsch (1980), avec le concours efficace de l'Etablissement d'Etudes et de Recherches de la Météorologie Nationale (Maillach & Leveque, 1980), pour les besoins du programme ECEREX de l'ORSTOM dans le département de la Guyane. Ce programme (ECoulement, ERosion, EXPérimentation) se propose d'étudier les modifications de l'écosystème forestier de type amazonien sous l'influence des travaux de mise en valeur agricole. Dix petits bassins sont étudiés dont huit doivent subir des aménagements après deux années d'études en milieu naturel.

Compte tenu du fait que l'on observe en année moyenne de 120 à 130 crues par an les opérations manuelles de prélèvement d'échantillon de débit solide en suspension représentent une très lourde charge tant sur le plan du personnel nécessaire qu'en ce qui concerne le traitement des échantillons au laboratoire. L'automate mis au point permet de disposer d'un échantillon moyen composé de prélèvements élémentaires effectués à intervalles de temps réguliers, le volume de ces prélèvements étant proportionnel au débit à la station à l'instant du prélèvement. La chaîne de prélèvement comporte une prise d'eau, une unité de prélèvement, une unité de contrôle, un capteur potentiométrique, une alimentation électrique.

Prise d'eau

Les stations étant toutes équipées d'un déversoir de mesure le problème est résolu simplement à l'aide d'une prise d'eau

gravitaire étalonnée pour toute la gamme des hauteurs d'eau possible du déversoir au dessus d'une cote minimum.

Unité de prélèvement

La prise d'eau se déverse en permanence dans l'embouchure de l'unité de prélèvement. Cette unité comporte un col de cygne mobile autour d'un axe. Un simple moteur électrique alimenté en 12 V assure le mouvement du col de cygne ce qui permet le déversement de l'eau prélevée dans un récipient collecteur pendant le temps nécessaire pour que le volume prélevé soit proportionnel au débit de la station. Ce temps est déterminé par l'unité de contrôle.

Unité de contrôle

L'élément essentiel de l'unité de contrôle est un microprocesseur INTEL programmé pour transformer l'information "cote du déversoir" en "temps de prélèvement" grâce à la mise en mémoire de la relation $T = f(H)$ sous forme de table. Cette relation a été déterminée par la combinaison de la courbe de tarage du déversoir de mesure, de celle de la prise d'eau gravitaire et par le choix d'un facteur K de prélèvement (ici $K = 0.03$). L'unité de contrôle déclenche la mise en place et le retour de l'unité de prélèvement de façon à ce que le prélèvement ait une durée effectivement égale à T, ceci assure un prélèvement élémentaire proportionnel au débit du cours d'eau. La périodicité des prélèvements élémentaires est réglable de 10 à 990 s par un dispositif simple de roues codeuses. Un dispositif d'affichage à cristaux liquides de la hauteur d'eau au déversoir complète l'unité de contrôle et permet un réglage éventuellement nécessaire du capteur potentiométrique.

Capteur potentiométrique

De même fabrication que le limnigraphe utilisé, ce capteur, dans les conditions où nous l'employons, a une résistance variant de $2 \Omega \text{ cm}^{-1}$ de hauteur d'eau. La résistance, fonction de la cote au déversoir, constitue l'élément variable d'un circuit électronique résonnant. La mesure de la fréquence du courant de ce circuit par l'unité de contrôle permet à cette dernière de déterminer la cote à chaque instant.

L'alimentation

Une simple batterie au plomb de 12 V et 60 A h⁻¹ alimente l'ensemble du dispositif. La consommation électrique, variable en fonction du nombre d'heures d'écoulement, reste faible et l'autonomie de la batterie atteint plusieurs semaines. Ce dispositif fonctionne de façon satisfaisante depuis quelques mois. La Fig. 1 donne un schéma d'ensemble des installations.

AUTOMATE DESTINE A LA SURVEILLANCE DE LA QUALITE DE L'EAU ET A LA DETERMINATION DES TRANSPORTS SOLIDES EN SOLUTION

Cet appareil destiné à l'origine à la surveillance des eaux de drainage d'un périmètre irrigué est parfaitement utilisable pour

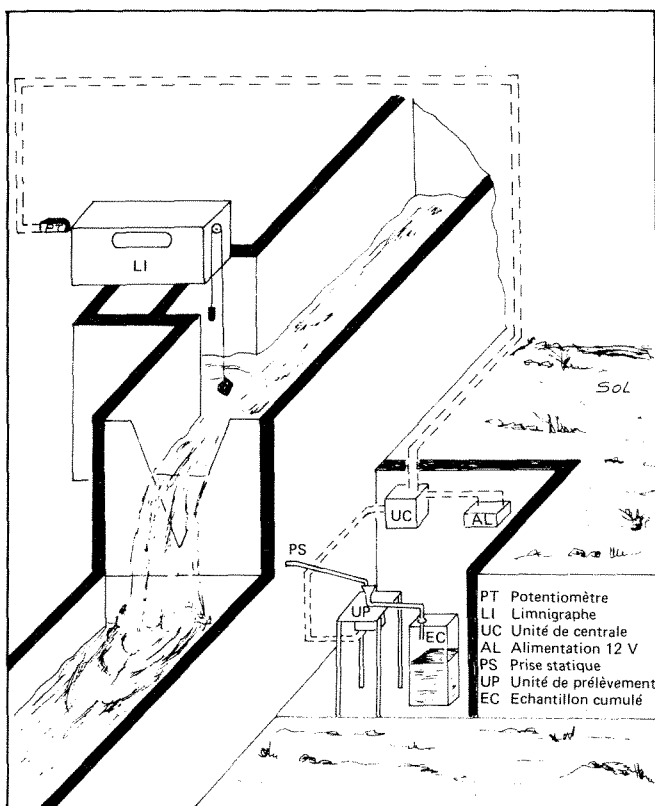


Fig. 1 Implantation du préleveur sur le site ECEREX.

un cours d'eau, il fonctionne en Tunisie depuis plus d'un an. Il permet dans sa forme actuelle la mesure et l'enregistrement des paramètres suivants: pH, température, concentration en ions sodium, chlore, calcium, calcium + magnésium. D'autres éléments pourraient être dosés si nécessaire. L'appareil comporte un dispositif de prélèvement, un dispositif de mesure, un dispositif d'enregistrement, un programmeur, une alimentation électrique. Il a été conçu et réalisé par Susini (1980).

Dispositif de prélèvement

Les eaux de drainage se déversent dans un réservoir dans lequel est effectué le pompage des volumes d'eau nécessaire aux analyses. Le renouvellement permanent de l'eau du réservoir de petit volume (1 litre) assure la représentativité de l'échantillonnage (cf. Fig. 2). Le pompage du liquide à examiner se fait par une pompe péristaltique commandée par le programmeur.

Dispositif de mesure

L'eau pompée est dirigée vers autant de récipients de mesures que nécessaire. Ces récipients (cf. Fig. 3) comportent un siphon assurant la vidange après remplissage. Le lavage des cuves est donc réalisé énergiquement par ce procédé tant que l'alimentation en eau se poursuit. Lorsque celle-ci cesse il reste le volume nécessaire à l'analyse.

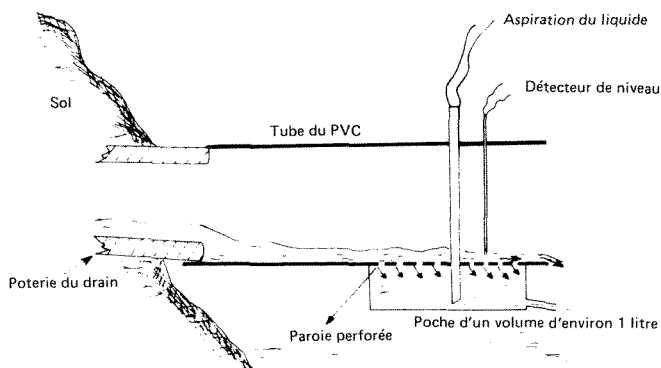


Fig. 2 Système de captage de l'eau du drain.

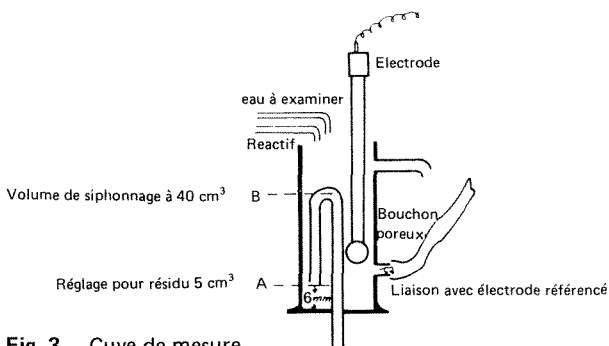


Fig. 3 Cuve de mesure.

Les quantités de réactifs nécessaires sont apportées par une pompe péristaltique commandée par le programmeur et un relais minuteur. Des agitateurs à barreau magnétique mélangent réactif et prise d'essai. Les concentrations en ions et le pH sont mesurées à l'aide d'électrodes spécifiques, dont le signal est amplifié par un amplificateur opérationnel Philbrick 1421; la température est déterminée par la variation de la tension aux bornes d'une diode signal en fonction de la température.

Ce dispositif atteint une sensibilité de 0.02°C et présente l'avantage de ne pas nécessiter l'emploi d'une température de référence. A 0° la diode présente une différence de potentiel de 650 mV qui est annulée par une tension d'opposition. Lorsque la température diffère de 0° une différence de potentiel apparaît qui est amplifiée grâce à un amplificateur opérationnel Philbrick 1319 et transmise à l'enregistreur. Le montage des différents circuits et le système de commutation des électrodes ont été réalisés avec beaucoup de précautions pour éviter l'influence des courants parasites qui pourraient perturber ces mesures. Le signal de sortie de l'amplificateur des électrodes est mesuré par un potentiomètre d'opposition; un détecteur de zéro sur le circuit commande un moteur d'entraînement du potentiomètre à raison de 0.5 tours/min avec arrêt instantané par court circuit des entrées à la coupure de l'alimentation.

Dispositif d'enregistrement

Un potentiomètre "répéteur" couplé sur le même axe avec le

potentiomètre de mesure et identique à ce dernier suit exactement les variations des mesures et transmet à l'enregistreur un signal adapté à cet appareil.

L'enregistreur est un modèle industriel très robuste utilisable dans les conditions difficiles du terrain, alimenté sous 12 V de tension. L'enregistrement des mesures se fait en séquence à intervalles de temps prédéterminés, soit à partir du potentiomètre répéteur, soit à partir de l'amplificateur de la sonde de température.

Programmateur

Le programmeur est double: un premier appareil qui a un cycle de 24 h en déclenche un second qui a un cycle de 1 h. Le premier peut déclencher le second au choix toutes les heures, toutes les 6 h, 12 h, 18 h ou 24 h.

Le programmeur de 1 h interroge successivement cinq électrodes, la température étant enregistrée après la mesure de la troisième électrode. La succession des opérations est la suivante:

- (a) mise en service du système détecteur de liquide;
- (b) mise en marche de l'amplificateur et de l'enregistreur;
- (c) pompage de l'eau à examiner;
- (d) injection des réactifs tampons de conductivité;
- (e) mise en fonctionnement de la première électrode;
- (f) retour à 0;
- (g) mise en fonction de la deuxième électrode, etc. ... après la troisième électrode, mesure de la température, etc. ... jusqu'à la cinquième électrode;
- (h) arrêt général: le programmeur de 1 h ne se remet en marche que s'il reçoit une nouvelle impulsion du programmeur de 24 h.

Alimentation électrique

Les amplificateurs opérationnels sont alimentés par des piles ordinaires de 4.5 V dont la tenue excède 3 mois. Les circuits potentiométriques sont alimentés par des piles de 1.5 V dont la tenue dépasse 5 mois.

Les circuits d'automatisme et de pompage sont alimentés par des batteries au plomb de 12 V et 100 A h⁻¹ sous charge constante assurée par des panneaux solaires photovoltaïques qui délivrent une puissance de 20 W environ (sous le climat tunisien). Cette puissance est largement suffisante pour assurer un fonctionnement régulier de l'appareillage. Le dispositif a donné toute satisfaction depuis plus d'un an.

REFERENCES

- Fritsch, J. M. (1980) Présentation d'un automate destiné à prélever un échantillon moyen pondéré par le débit. ORSTOM, Cayenne.
- Maillach, P. & Leveque, M. (1980) EERM (à paraître).
- Susini, J. (1980) Utilisation d'électrodes sensibles aux ions pour la mesure en continu avec enregistrement des qualités physico-chimiques - des eaux d'irrigation et de drainage. ORSTOM, Tunis.