

ORSTOM

Institut Français de Recherche Scientifique
pour le Développement en Coopération

**UR 2A GEODYNAMIQUE DE
L'HYDROSPHERE CONTINENTALE**

911 Avenue d'Agropolis
BP 5045 34 032
MONTPELLIER Cedex 1

**Jean Claude OLIVRY
Gil MAHE**

**MISE AU POINT D'UNE STATION DE
MESURE AUTOMATIQUE DE PARAMETRES
DE LA QUALITE DES EAUX**

Compte-Rendu de fin d'étude d'une
recherche financée par le Ministère
de la Recherche et de la
Technologie.

Janvier 1993

Décision d'aide n°89.L.0215

ORSTOM

Institut Français de Recherche Scientifique
pour le Développement en Coopération

**UR 2A GEODYNAMIQUE DE
L'HYDROSPHERE CONTINENTALE**

911 Avenue d'Agropolis
BP 5045 34 032
MONTPELLIER Cedex 1

**Jean Claude OLIVRY
Gil MAHE**

<p>MISE AU POINT D'UNE STATION DE MESURE AUTOMATIQUE DE PARAMETRES DE LA QUALITE DES EAUX</p>
--

Objet :

Il s'agit de mettre au point des capteurs automatiques permettant un suivi régulier des flux de matière (turbidité, conductivité, etc...) par mémorisation ou télétransmission. Ces capteurs seront annexés aux stations automatiques des hauteurs d'eau dans les grands fleuves. Il sera réalisé des prototypes qui seront ensuite mis en oeuvre opérationnellement.

Compte-Rendu de fin d'étude d'une recherche financée par le Ministère de la Recherche et de la Technologie.

Janvier 1993

Décision d'aide n°89.L.0215

FICHE SIGNALÉTIQUE ADMINISTRATIVE

Numéro de la décision d'aide : 89.L.0215

Objet de la décision : Il s'agit de mettre au point des capteurs automatiques permettant un suivi régulier des flux de matière (turbidité, conductivité, etc...) par mémorisation ou télétransmission. Ces capteurs seront annexés aux stations automatiques des hauteurs d'eau dans les grands fleuves. Il sera réalisé des prototypes qui seront ensuite mis en oeuvre opérationnellement.

Nom du responsable scientifique : Jean Claude OLIVRY
Directeur de l'Unité de Recherche 2A de l'ORSTOM
Représentant ORSTOM au MALI

Téléphone : 67 61 74 35 (Montpellier, secrétariat)
19 223 22 43 05 (Mali)

Adresse du Laboratoire : Centre ORSTOM BP 5045 34032 Montpellier
Centre ORSTOM BP 2528 Bamako MALI

Objectifs visés à l'origine : Mise au point de capteurs immergés (prototypes puis tests sur le terrain) permettant la mesure et l'enregistrement automatiques des flux de matières dans les rivières (turbidité, conductivité, etc...). Installation de ces capteurs sur des stations de mesures de hauteurs d'eau sur les grands fleuves.

Ces objectifs ont-ils été atteints ? En grande partie, mais avec du retard, dû à plusieurs événements : d'une part le retard dans l'exécution d'un programme d'installation de balises Météosat sur le fleuve Congo auquel le projet avait été associé, d'autre part les événements politiques au Zaïre.

D'autres objectifs que ceux visés à l'origine ont-ils été atteints ? Lesquels ? Oui, la réalisation de l'interface pour la télétransmission Argos

Le compte -rendu a-t-il un caractère confidentiel ? Non.

Des brevets ont-ils été pris à l'occasion de la recherche ? Pas encore.

Conclusion générale sur la recherche : Programme mené en grande partie à son terme malgré des difficultés et des contretemps très handicapants, à l'origine du retard et du déplacement au Mali. La station et les capteurs sont opérationnels en laboratoire mais les réglages en vraie grandeur ne sont pas terminés. Le projet initial a été amplifié puisque ces stations automatiques vont pouvoir équiper non seulement les réseaux africains mais également les réseaux d'Amérique du Sud grâce à Argos.

SOMMAIRE

6	AVANT - PROPOS
7	1. INTRODUCTION.
13	2. PRESENTATION DES OBSERVATOIRES PERMANENTS DE L'ENVIRONNEMENT DES HYDROSYSTEMES INTERTROPICAUX.
19	3. LES MESURES DE LA QUALITE DES EAUX : L'EXPERIENCE DE L'ORSTOM.
20	3.1. Les techniques de mesure.
23	3.2. L'expérience acquise sur le bassin du Congo-Zaïre.
23	3.2.1. Généralités sur le bassin du Congo et son hydrologie.
26	3.2.2. Les concentrations de la charge solide en suspension sur le Congo et l'Oubangui.
30	3.2.3. Bilan et variations saisonnières des flux particuliers.
31	3.2.4. Conclusions sur les premiers résultats sur le Congo.
32	3.3. L'expérience en cours sur le bassin du Niger.
35	3.4. Validation de sites ponctuels pour installation de stations automatiques.
35	3.4.1. Le Congo à Brazzaville.
38	3.4.2. L'Oubangui à Bangui.
40	3.4.3. Le Niger Supérieur.
43	3.5. Mesures de la qualité des eaux : conclusion.
43	4. DEFINITION DES CARACTERISTIQUES DE LA STATION AUTOMATIQUE DE QUALITE DES EAUX EN MILIEU INTERTROPICAL.
43	4.1 Choix des paramètres à mesurer.
44	4.2. Contraintes de sensibilité des capteurs.
45	4.3. Contraintes climatiques et techniques d'exploitation.
46	4.4. Télétransmission satellitaire.

48	5. CONCEPTION ET REALISATION DE LA STATION AUTOMATIQUE.
49	5.1. Description de la station AUTEG/ORSTOM.
51	5.2. Centrale d'acquisition, mémorisation et dialogue.
51	5.3. Les capteurs.
53	5.3.1. Niveau d'eau.
53	5.3.2. Mesure du pH.
53	5.3.3. Conductivité et température de l'eau.
53	5.3.4. Turbidité de l'eau.
55	5.3.5. Radioactivité naturelle globale.
55	5.4. Télétransmission Argos.
55	5.4.1. Présentation.
57	5.4.2. Principe.
58	5.4.3. Protocole.
58	5.4.4. Liaison RS232.
58	5.4.5. Raccordements. (voir schéma).
59	5.4.6. Correction à apporter à la conductivité mesurée en fonction de la température.
59	5.4.7. Correction à apporter au PH mesuré en fonction de la température.
60	5.4.8. Conversion de la mesure de turbidité.
60	5.4.9. Mesure de la Radioactivité.
60	5.4.10. Mesure de PH.
60	5.4.11. Paramétrage des voies de mesure de la station.
62	6. PREMIERES EXPERIMENTATIONS.
63	6.1. Essais de télétransmission.
63	6.2. Mesures physicochimiques.
76	6.3. Bilan des premières expérimentations.
77	7. CONCLUSION
81	BIBLIOGRAPHIE
87	LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

91 ANNEXE 1 : Documentation Générale Complémentaire sur la Station Automatique AUTEG/ORSTOM

127 ANNEXE 2 : Documentation Technique Complémentaire sur la Station Automatique AUTEG/ORSTOM

AVANT - PROPOS

Le projet présenté ici, ayant bénéficié de la décision d'aide n° 89.L.0215 du Ministère de la Recherche et de l'Espace, initialement prévu pour 2 ans, a été prolongé d'un an et s'est terminé fin 1992.

Placé sous la responsabilité de Jean-Claude Olivry, cosignataire avec Gil Mahé du compte-rendu de recherche, le projet a bénéficié du concours des équipes suivantes :

- au **Congo**, Jean-Pierre Bricquet, Alain Laraque, Marc Berthelot, Bienvenue Maziezoula, Noël Moukolo ;
- en **Centrafrique**, Claude Censier, Didier Orange, Yann Le Troquer ;
- au **Mali**, Jean-Claude Olivry, Jean-Pierre Bricquet, Noël Guiguen, Laurence Gourcy, Thierry Henry des Tureaux, Mamadou Diarra, Mahamane Toure ;
- en **France**, à **Montpellier**, Gil Mahé, Michel Gautier (pour la télétransmission) avec l'appui du Laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM dirigé par Marc Morell ;
à **Grenoble**, la Société AUTEG avec en particulier M^{rs} Jeymond et Serbource.

1. INTRODUCTION.

Depuis 1962 et pendant une vingtaine d'années différents programmes ORSTOM ont développé en Afrique intertropicale, en complément des mesures hydrologiques, la mesure des transports solides en suspension et, dans certains cas, celle de la charge dissoute. Des méthodologies diverses ont été mises en oeuvre, correspondant à la problématique propre à chaque projet de recherche (recherche fondamentale sur l'hydrogéodynamique de bassins hydrologiques, ingénierie liée aux grands projets hydrauliques). On peut notamment citer les travaux réalisés au Cameroun sur le bassin de la Sanaga (Nouvelot, 1972 ; Olivry, 1977), au Tchad sur le bassin du Chari (Carré, 1972 ; Gac, 1980), en Côte d'Ivoire sur le Bandama (Monnet, 1970 ; Mathieu et Monnet, 1970), etc.

A partir de 1983 l'ORSTOM a étendu le champ de ses recherches sur les grands bassins fluviaux en systématisant les mesures de qualité des eaux. Ces recherches qui supposent de connaître les variations saisonnières et interannuelles des transports de matière dissoute et en suspension et d'étudier les processus du régime des flux de matière, ont été réalisées dans le cadre du grand programme EQUERRE (Etude de la QUALITÉ des Eaux ERosion et Régime des Ecoulements) au sein de l'unité de recherches Géodynamique de l'Hydrosphère Continentale (UR 2A du Département Eaux Continentales).

Dès 1986 ces actions de recherches se sont enrichies de la participation de Laboratoires Spécialisés de l'INSU (INstitut des Sciences de l'Univers (CNRS et Universités)) dans les domaines de la chimie organique, isotopique et de divers traceurs naturels des eaux et ont été coordonnées au sein d'un grand programme INSU/ORSTOM : le Programme PIRAT*. La thématique du projet est essentiellement axée sur des recherches fondamentales relatives à l'évaluation qualitative et quantitative des apports continentaux à l'océan en relation avec la sédimentation océanique. Elle présente en outre un intérêt appliqué majeur, à travers un suivi de longue durée et l'analyse d'une variabilité naturelle de milieux peu anthropisés, dans la mesure où elle permet de préciser les normes hydrochimiques de référence de ces grands hydrosystèmes. Dans le futur, leur surveillance permettra de mettre en évidence d'éventuelles dégradations du milieu au plan régional ou des évolutions d'origine globale (en relation avec le Programme International sur la Géosphère et la Biosphère -PIGB). Cela suppose la mise en place d'observatoires permanents de l'environnement et le projet présenté ici était destiné à valoriser et pérenniser les actions entreprises par l'ORSTOM pour un suivi des flux particuliers et dissous des bassins intertropicaux et en particulier du bassin du fleuve Congo-Zaïre.

* Programme Inter disciplinaire de Recherches péri-Atlantique

Cette orientation vers des observatoires permanents, une veille hydroclimatique au sens large, constitue une des priorités de l'ORSTOM. C'est aussi un des objectifs de l'OMM, et également de l'OMS à travers son programme GEMS-WATER.

Le bassin du Zaïre est largement couvert par la grande forêt équatoriale dont l'importance dans les bilans globaux de CO₂ n'est plus à démontrer. L'évolution et les variations des flux particuliers et dissous constituent le principal marqueur des modifications apportées au milieu. Un suivi régulier suppose actuellement de lourds investissements en interventions sur le terrain, moyens embarqués et préleveurs et ne peut se faire que sur un nombre limité de stations. Un réseau automatique avec télétransmission des paramètres relatifs à ces flux constitue la seule possibilité de réaliser cette surveillance de grands écosystèmes intertropicaux. Il s'agit là d'une première dans le suivi de l'environnement d'un grand bassin fluvial. Le projet bénéficie de deux atouts spécifiques à l'ORSTOM :

- la maîtrise des mesures de bilans et variations des flux particuliers et dissous, nécessaire à l'étalonnage de stations automatiques, et la présence d'équipes sur le terrain ;
- l'expérience d'une mise en oeuvre de réseaux de télétransmission (Argos, Météosat) pour l'hydroclimatologie (Niger, Sénégal, Amazone,...) et l'actuel développement d'un tel réseau sur le bassin du Congo.

Ce souci de pérennisation de l'information environnementale sur les grands bassins fluviaux des régions intertropicales a coïncidé avec la réalisation par le Département Eaux Continentales (Laboratoire d'Hydrologie de Montpellier et UR 2A) d'un programme d'équipement de stations hydrologiques de référence sur le bassin du Congo-Zaïre avec télétransmission des données suivant le système Météosat, programme ayant bénéficié d'une décision d'aide du MRT^e.

La mise au point d'un réseau de capteurs automatiques des paramètres de la qualité des eaux apparaissait donc comme un complément naturel des programmes PIRAT et ORSTOM/METEOSAT. Une aide du Fonds de la Recherche et de la Technologie (Département Recherche pour le Développement, Milieux et Ressources du MRT) a été notifiée à l'ORSTOM fin 1989 et a permis d'engager les travaux, en liaison avec le programme PIRAT et le programme ORSTOM/METEOSAT.

^eMRT pour Ministère de la Recherche et de la Technologie, devenu à la date de remise de ce rapport Ministère de la Recherche et de l'Espace.

A partir de stations automatiques équipées dans le système Météosat pour le suivi en RCA, au Zaïre et au Congo des hauteurs d'eau des fleuves et suivies par ailleurs au niveau des flux particuliers et dissous (échantillonnage, préleveurs), le projet avait pour objectif de mettre au point les systèmes de capteurs automatiques (à données mémorisées ou télétransmises) permettant un suivi plus régulier de ces flux de matière (turbidité, conductivité,...). Ce suivi en continu doit permettre une approche plus complète du régime des transports de matière et des bilans chiffrés précis des exportations ; à terme, il permettra la constitution de réseaux opérationnels complétant, dans la connaissance de notre environnement et des fluctuations climatiques, les données acquises par les réseaux hydropluviométriques.

Le programme des travaux prévoyait :

1. La mise au point d'une méthodologie adaptée à la mesure des matières en suspensions (MES) et matières dissoutes. Métrologie avec la mise au point de systèmes de mesures en continu des paramètres hauteur d'eau, température, pH, concentrations en MES, matières dissoutes, (capteurs de pression et température, turbidités MES par absorptiomètre infra-rouge, turbidimètres, conductivimètre à induction, etc...). Réalisation des interfaces de stockage des données et de télétransmission.
2. Installation du ou des prototypes aux stations principales du réseau et étalonnage par mesures in situ et corrélation entre mesures ponctuelles et mesures moyennes obtenues sur la section complète du fleuve.
3. Analyse des résultats, bilan des transports de matière ; critique des méthodologies et technologies employées. Optimisation d'un réseau automatique de surveillance de la qualité des eaux. Proposition de développement.

La première année devait être consacrée au premier aspect de ce programme, avec réalisation des premiers prototypes et suivi de la gamme de variations des paramètres pour choix de la sensibilité des appareils.

Les deuxième et troisième années devaient voir la mise en oeuvre opérationnelle de ces prototypes, les essais devant aboutir aux premières conclusions sur la fiabilité de tels réseaux automatisés.

L'organigramme de la recherche comportait les étapes suivantes :

- Validation du choix des sites ponctuels pour lesquels les paramètres mesurés sont représentatifs des flux particuliers et dissous transitant à une station donnée du cours d'eau dans l'ensemble d'une section après étalonnage.
- Bilan des observations et résultats pour détermination de l'ordre de grandeur et de l'amplitude des variations des variables à mesurer.
- Choix des paramètres pertinents à retenir pour la station automatique et de la fréquence d'observation, et établissement du projet technique correspondant (cahier des charges).
- Réalisation de la station et essais sur le terrain.

Outre les conséquences attendues sur le plan scientifique découlant d'une observation précise des transports de matière (articles dans revues, thèses, etc.), il faut souligner :

- l'aspect innovation technologique dans la mise au point de stations automatiques d'acquisition de données ;
- la création d'une banque de données unique en matière de composition des flux particuliers et dissous et leur traitement statistique ;
- les retombées pratiques pour les Etats d'une telle expérimentation sur le plan de la qualité des eaux, transports et dépôts de sédiments, et de la surveillance globale de l'environnement.

Le programme devait initialement être réalisé au Zaïre, conjointement aux programmes de l'ORSTOM déjà cités. Il était en effet prévu une intervention du Laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM de Montpellier, de l'UR 2A et du Département Eaux Continentales de l'ORSTOM dans ce pays, pour équiper les stations hydrométriques du fleuve Congo (2^{ème} fleuve du monde en débits après l'Amazone) de stations de télétransmission Météosat.

De fait, l'étape de validation de sites ponctuels propres à recevoir des stations automatiques représentatives s'est bien déroulée pour une part sur le fleuve Zaïre ; elle a été étendue à l'Oubangui en République Centrafricaine, et plus tard sur le Niger. Mais diverses difficultés sont apparues ; un retard important dans la mise au point des cartes Météosat par CEIS Espace nous a conduit à renoncer à ce système de télétransmission pour la station de qualité des eaux et à revenir au système Argos largement utilisé sur

d'autres bassins fluviaux d'Afrique, avec stations de réception sur place. En outre, les troubles graves survenus en cours de projet au Zaïre ont entraîné le report sine-die du projet ORSTOM-METEOSAT qui prévoyait l'installation de plusieurs stations sur les grands axes hydrographiques de ce pays.

La réalisation du programme "station automatique" qui y était liée a donc dû être déplacée, en l'occurrence au Mali, sur le fleuve Niger (2^{ème} fleuve d'Afrique de l'Ouest en débits après le Congo-Zaïre). L'installation de ce projet au Mali confère au programme initial un intérêt au moins aussi important que s'il avait été réalisé au Zaïre. L'ORSTOM est fortement implanté dans ce pays et depuis longtemps, l'Institut y dispose d'importants moyens d'interventions matériels et humains. Le Niger est déjà équipé de nombreuses stations automatiques de surveillance des hauteurs d'eau, et a fait l'objet d'une étude hydrologique approfondie par l'ORSTOM (Brunet Moret et al., 1986). La base de Bamako se situe au coeur du réseau hydrographique du Niger supérieur et moyen, en aval de la zone montagneuse et en amont du grand delta intérieur, s'étendant lui-même au Mali. Enfin d'importants moyens ont été mis en oeuvre récemment pour la réalisation du projet pluridisciplinaire EQUANIS (Environnement et QUalité des Apports du Niger au Sahel) (Olivry, 1992), consacré à l'environnement du bassin supérieur du fleuve Niger et à la qualité de ses apports parvenant au Sahel dans son delta intérieur et qui intéresse pour une part le programme PEGI*.

La crise climatique actuelle et les dégradations de l'environnement consécutives à une longue sécheresse ont sur le régime des fleuves des conséquences durables mises en évidence par de récentes études de l'ORSTOM (Olivry, 1987 ; Mahé, 1992 ; Olivry et al., 1993). Ces fleuves sont "malades" et montrent en particulier une baisse importante des ressources de basses-eaux pouvant remettre en cause dans un proche avenir jusqu'à leur pérennité.

L'environnement, l'abondance et la qualité des eaux du fleuve parvenant au Sahel, fécondant celui-ci, deviennent autant d'éléments déterminants du devenir de ces régions qu'il convient de suivre, de comparer aux données antérieures ou voisines, dont l'évolution doit être caractérisée par rapport aux aléas climatiques et à la variabilité globale du climat.

La nécessité d'observatoires des grands fleuves Soudano-Sahéliens a été par ailleurs largement soulignée en particulier sur le plan de leur intérêt pratique pour les populations riveraines.

*PEGI : Programme sur l'Environnement de la Géosphère Intertropicale, qui a remplacé le programme PIRAT en 1990 (INSU/ORSTOM)

Ainsi les modifications apportées en cours de programme sur les lieux d'implantation du projet n'ont pas eu d'incidence sur l'objet même des recherches. Si elles ont entraîné quelques retard dans la réalisation, elles ont aussi apporté un double éclairage sur les conditions d'implantation des stations automatiques en milieu tropical humide et en milieu tropical sec.

Sur le plan de la réalisation technique, après recherche des matériels et capteurs existants, il s'est avéré nécessaire de concevoir une station spécifique pour les faibles concentrations de matière dans les grands fleuves intertropicaux. La mise au point de cette station a été réalisée par la Société AUTEG à Grenoble. L'étalonnage des capteurs a été effectuée en France, l'ensemble étant ensuite testé sur le site de Bamako au Mali.

2. PRESENTATION DES OBSERVATOIRES PERMANENTS DE L'ENVIRONNEMENT DES HYDROSYSTEMES INTERTROPICAUX.

La participation de l'ORSTOM et de ses partenaires à la mise en place d'observatoires permanents des hydrosystèmes intertropicaux correspond à une volonté politique affichée au niveau des organisations internationales pour la surveillance de la géosphère et de la biosphère. L'Organisation Météorologique Mondiale en particulier recommande l'implantation de tels observatoires dans le cadre de l'hydroclimatologie ; un projet de veille hydroclimatique sur le continent africain est en cours d'élaboration et prévoit l'implication de l'ORSTOM compte tenu de son savoir faire dans ce domaine.

L'Organisation Mondiale de la Santé, à travers son programme GEMS-WATER, cherche à promouvoir de son côté un réseau de surveillance de la qualité des eaux destiné à mettre en évidence les pollutions dans les régions fortement anthropisées et les altérations des hydrosystèmes dans les régions intertropicales où l'influence de l'homme est réduite.

Dans la présentation faite ici, on s'est borné à préciser certains objectifs géographiques retenus par l'ORSTOM dans le cadre de ses recherches, d'abord pour indiquer les sites d'implantation de la station automatique de qualité des eaux après sa mise au point, ensuite pour cerner les contraintes climatiques et physico-chimiques d'utilisation de cette station ; ces dernières doivent servir à l'établissement d'un cahier des charges plus particulièrement adapté ici aux observatoires des flux particuliers et dissous.

Leur objet est le suivi de l'évolution de l'altération mécanique et physico-chimique des sols, et par là des variations en quantité et en qualité des matières exportées vers les océans. Ces observatoires sont installés sur des sites de stations hydrométriques de longue durée, bien connues hydrologiquement, à l'exutoire de grands bassins fluviaux ou de grands ensembles hydrographiques.

La mise en place de ces observatoires permanents a été catalysée par la réalisation du grand programme PIRAT, puis, depuis 1990, par le programme PEGI.

A cette occasion ont été définis quatre grands sites en Afrique (fig.1) :
le Congo à Brazzaville (BV de 3.5 Mkm²) (fig.2) ;

Stations principales

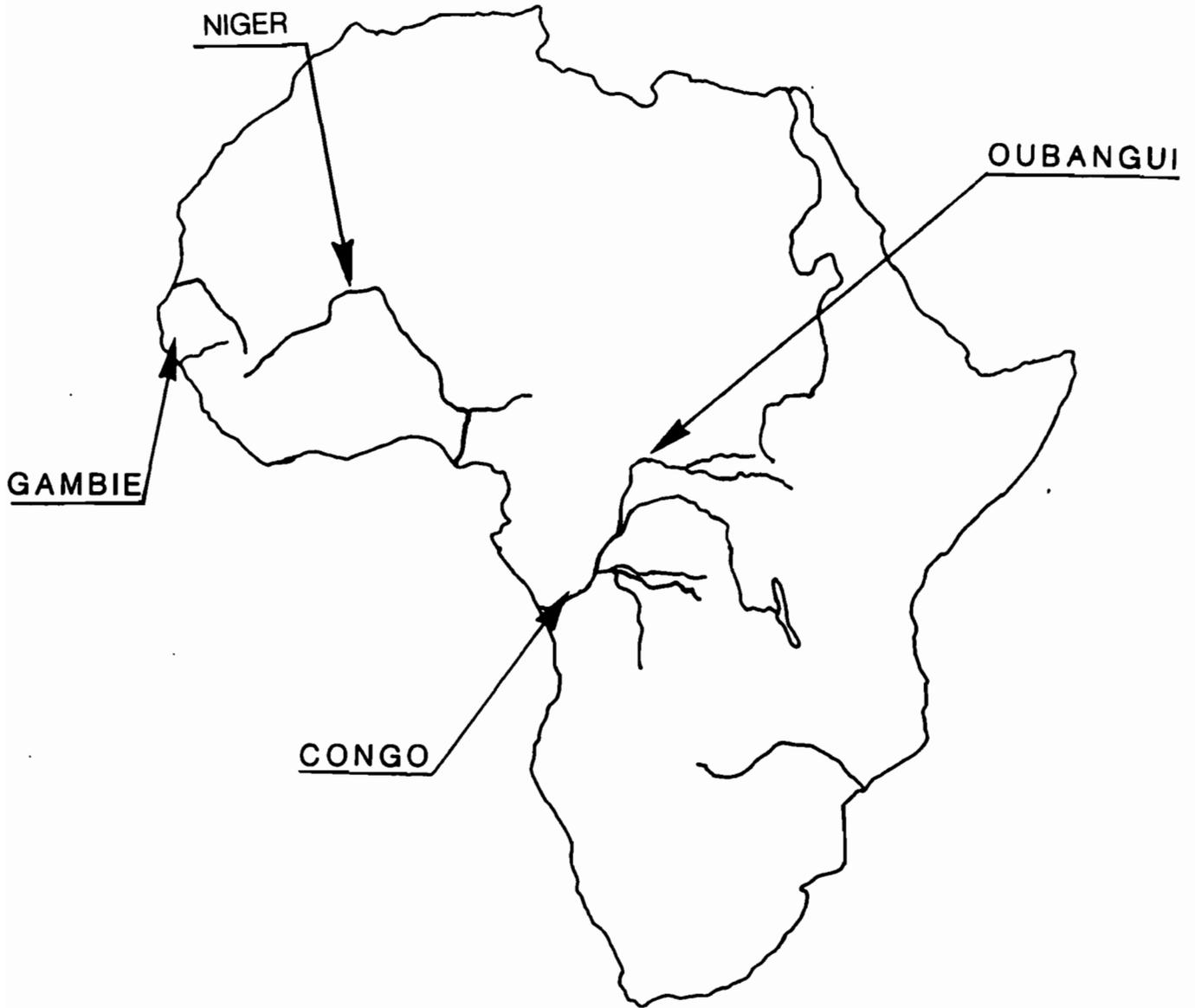


Figure 1 :
Stations principales des observatoires permanents de l'environnement
en Afrique.

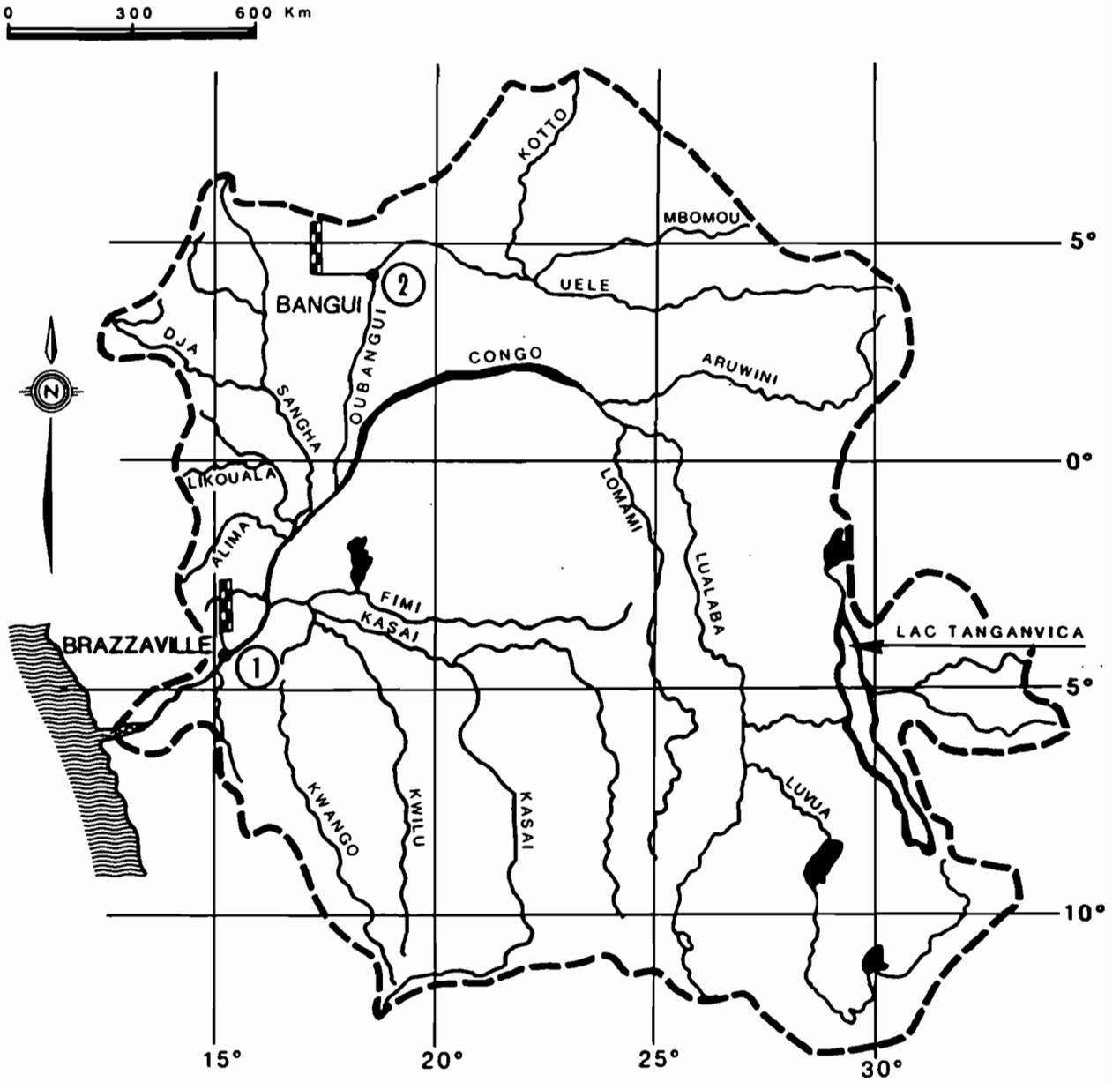


Figure 2 :
Bassin-versant du fleuve Congo-Zaire (3 750 000 km²). 1 et 2 : stations principales de PIRAT.

l'Oubangui à Bangui (BV de 0.5 Mkm²) (fig.2) ;
 le Niger à Banankoro (BV de 0.07 Mkm²) (fig.3) ;
 la Gambie à Kédougou (BV de 0.01 Mkm²) (fig.3) ;

et trois grands sites en Amérique du Sud (fig.4) :

l'Amazone à Obidos (BV de 4.6 Mkm²) ;
 le Rio Negro à Manaus ;
 le Rio Solimoes à Manacapuru ou le Rio Madeira au Confluent

Sur ces grands sites d'étude, l'action hydrologique est menée suivant deux grands principes :

- la durée des observations des flux particuliers et dissous doit être au minimum de 10 ans ;
- la fréquence des prélèvements pour analyses est au minimum de 12 par an sur des échantillons représentatifs de toute la section des cours d'eau.

L'intérêt du suivi en continu des variations de turbidité a déjà été signalé lors de la mise en place du Programme PIRAT, et on peut reprendre dans les trois paragraphes suivants les développements concernant la représentativité des prélèvements.

La durée des observations (10 ans) optimise les possibilités de relier les régimes des flux de matière aux régimes hydrologiques pour autant que l'on approche de la compréhension des mélanges prélevés aux exutoires des grands bassins. Cette finalité nécessite, pour les mesures de la turbidité, un suivi de longue durée, des prélèvements représentatifs dans le temps (grande fréquence des mesures) et dans l'espace (section de mesure), ainsi que des analyses qualitatives fines.

Des prélèvements représentatifs dans le temps supposent que la fréquence choisie (12 analyses complètes par an en fonction des possibilités analytiques des laboratoires) traduise bien la variabilité des phénomènes, d'où la nécessité de contrôler à l'échelle des petits pas de temps, que la variabilité des concentrations (MES, conductivité) à l'intérieur du pas de temps considéré n'excède pas celle que l'on observe d'un échantillon mensuel à l'autre. En conséquence, il est nécessaire d'assurer un suivi simple mais journalier par prélèvements de surface dans des stations manuelles ou automatiques, et de les relier aux prélèvements mensuels. Sur la base de l'ensemble de l'information recueillie on pourra affiner l'estimation des bilans quantitatifs des flux de matière et les comparer avec les bilans obtenus à partir des seuls échantillons mensuels.

Bassin de l'Amazone

Stations principales

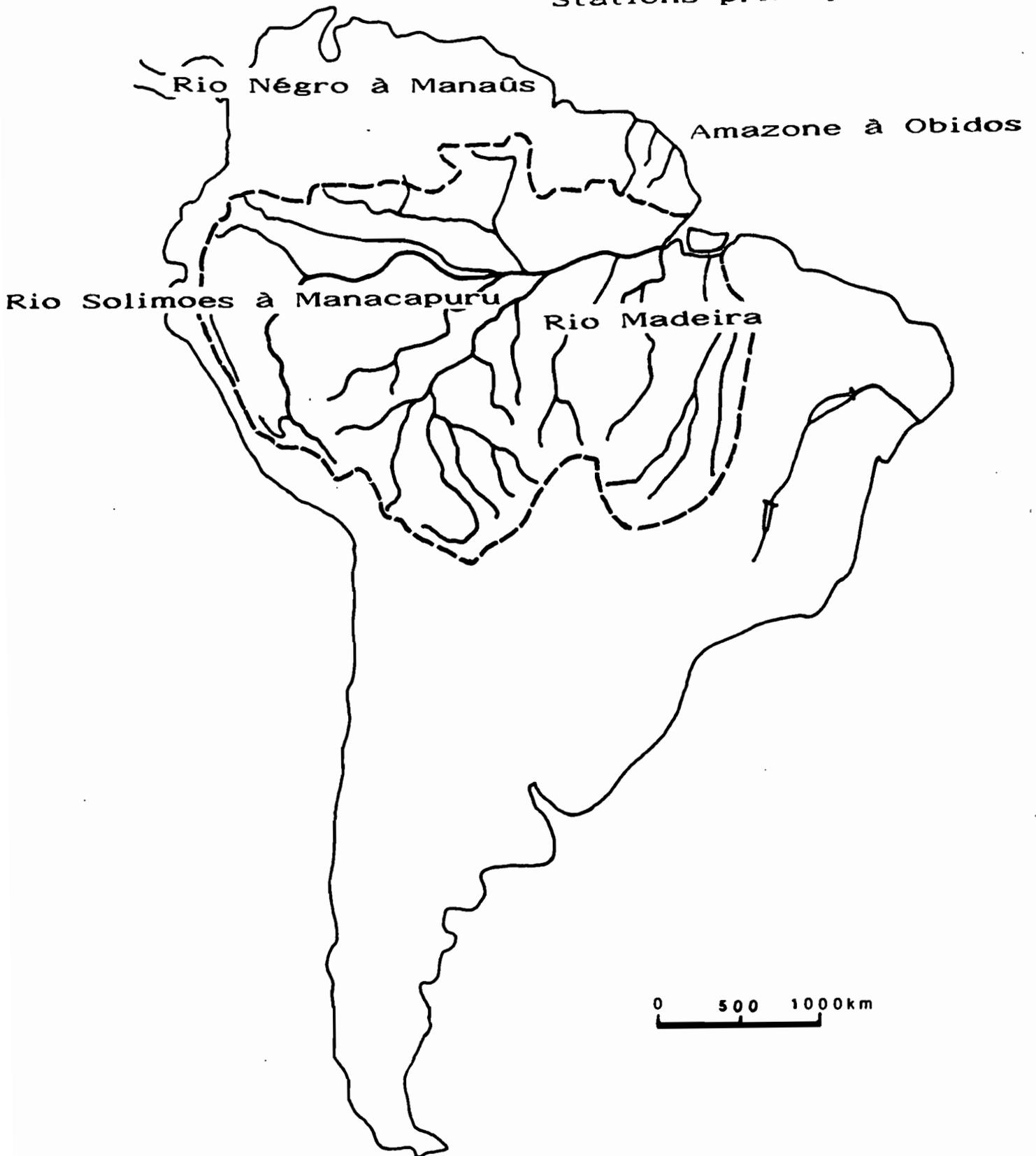


Figure 4 :
Stations principales des observatoires permanents de l'environnement
en Amérique du Sud.

Des prélèvements représentatifs dans l'espace supposent la meilleure estimation possible des flux de matière transitant dans la section à un instant donné. Ceci implique :

- pour la charge dissoute, contrôle de mélanges homogènes, d'absence de stratification des eaux ;
- pour la charge en suspension,
 - . explorations préliminaires de la section de mesures : vitesses, concentrations ; jaugeages des débits solides ;
 - . choix d'une verticale représentative avec prélèvements en différents points ; calcul de la concentration moyenne des MES par pondération de chaque concentration ponctuelle par le vecteur vitesse correspondant ;
- pour les transports de fond (5% des MES environ mais variable)
 - . prélèvement des saltations ;
 - . estimation du charriage.

La mise au point de la station de mesures automatiques de la qualité des eaux est donc un élément très important pour le développement futur des observatoires permanents de l'environnement. L'installation des capteurs automatiques est subordonnée à la connaissance hydrologique des sites de mesures et à la définition de points de mesures représentatifs des valeurs de la section complète.

3. LES MESURES DE LA QUALITE DES EAUX : L'EXPERIENCE DE L'ORSTOM.

Les cours d'eau transportent divers éléments que l'on peut ranger en quatre catégories.

1. Des gros éléments roulés sur le fond ou transitoirement déplacés lors des grosses crues par saltation, ou des objets flottants. Ces éléments ne modifient pas fondamentalement la nature chimique des eaux qui les entraînent et n'interviennent sur les grands fleuves que pour une faible part dans le transport global.

2. Des matières en suspension (MES), argiles, limons et sables le plus souvent, éléments fins, produits directs de l'érosion des sols. Ces MES peuvent constituer la majeure partie des éléments transportés. Ce sont les apports en MES qui sont responsables de la plus

grande partie de la sédimentation dans les cours d'eau, dans les estuaires ou deltas et sur les plateaux continentaux des océans.

3. Des matières minérales dissoutes (MD), produits de la dégradation chimique des sols, ou d'origine anthropique. Ces matières dissoutes peuvent constituer la majorité des matières transportées (Congo à Brazzaville par exemple).

4. Des matières organiques (MO), dont la majeure partie est souvent sous forme dissoute, mais qui peut également se trouver sous forme grossière : rameaux, feuilles, herbes, débris hachés. Suivant leur taille ces éléments peuvent également rentrer dans la catégorie des MES.

L'analyse de la qualité physico-chimique des éléments transportés nécessitera toujours de prélever des échantillons. Parmi les éléments ou molécules le plus souvent dosées dans les matières dissoutes on peut citer : SiO_2 , Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{--} , NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , Fer Total, matières organiques totales, phénols, composés azotés, hydrocarbures aromatiques, sucres, acétamides, etc...

Les matières en suspension font l'objet d'études granulométriques, qui doivent permettre de différencier les éléments par leur taille et leur forme, indices de leur provenance et de leur temps de séjour dans la rivière.

A la différence du transport dissous, pour lequel la conductivité n'indique que la charge ionique globale, le transport solide (MES) peut être mesuré directement sur place, sans prélèvement, par sonde optique ou radioactive. C'est ce qui rend possible son automatisation, à condition bien sûr que les caractéristiques des écoulements solides et liquides aient été au préalable étudiés sur l'ensemble de la section du site de prélèvement, et que la relation entre la concentration moyenne dans la section et celle mesurée au point de prélèvement ait été définie.

L'expérience de l'ORSTOM, déjà ancienne comme nous l'avons indiqué en introduction, ne sera décrite ici qu'à travers les techniques utilisées et les résultats obtenus sur les bassins du fleuve Congo-Zaïre et du Niger.

3.1. Les techniques de mesure.

Le calcul des "débits solides" de transport en suspension d'un cours d'eau est obtenu par la détermination de la concentration moyenne des MES dans la section de mesure

ramenée au débit liquide correspondant à un instant t . La meilleure approche du débit solide est obtenue par une exploration complète de la section sur le plan des vitesses et des prélèvements d'échantillons, sur lesquels sont calculés les concentrations en MES correspondantes.

Une première méthode consiste à intégrer sur chaque verticale retenue dans la section la concentration moyenne obtenue à partir d'un échantillon recueilli depuis la surface jusqu'au fond du fleuve ; la bouteille de prélèvement est placée dans un préleveur profilé pour rester dans l'axe du courant. Cette méthode (utilisée au US Geological Survey) présente l'inconvénient de ne pas fournir d'information sur la variation verticale des concentrations et en particulier sur la stratification d'eaux généralement plus chargées en profondeur.

Une deuxième méthode, plus souvent utilisée par l'ORSTOM, consiste à opérer plusieurs prélèvements sur chaque verticale, le remplissage de chaque bouteille échantillon étant commandé manuellement, depuis la surface, à la profondeur voulue. Point par point, les concentrations correspondantes, ramenées au vecteur vitesse mesuré simultanément, permettent de réaliser un jaugeage complet des débits solides. Les préleveurs utilisés correspondent à des bouteilles avec fermeture à clapets placés sur un ensemble profilé du type saumon hydrométrique descendu à la profondeur voulue à l'aide d'un treuil depuis une embarcation ancrée sur la section de mesure. Sur le Congo, le préleveur devait répondre à plusieurs impératifs expérimentaux : grande capacité de prélèvement, bonne navigabilité dans le courant, poids assez important, captage de l'échantillon le plus instantané possible. Dans cette idée a été repris le principe de la sonde de Collet et de la bouteille océanographique dans la réalisation d'une équipe ORSTOM décrite ci-après.

Il s'agit d'un corps en P.V.C. de 25 cm de diamètre et de 65 cm de long donnant ainsi un cylindre de 24 litres. Il est équipé de deux clapets à joints toriques internes assurant de la sorte une étanchéité parfaite. Ces clapets, de 9 cm de diamètre, sont reliés entre eux par un fort tendeur et un système de commande permet de maintenir levés ces clapets. On déclenche la fermeture de clapets depuis la surface. Un bouchon de vidange est placé sur la bouteille. Le préleveur est fixé sur un bâti lesté et profilé, équipé d'une dérive et supportant également le système de déclenchement. L'ensemble bâti-préleveur pèse 65 kilos à vide. Au moment de prélever, l'appareil est descendu de la même manière qu'un saumon de jaugeage au bout d'un treuil, le préleveur étant ouvert à ses deux extrémités et les clapets retenus par le crochet. Lorsque la profondeur voulue est atteinte, il suffit de déclencher la fermeture des clapets en libérant le crochet pour échantillonner une tranche d'eau sans altération du champ de vitesses.

Des modèles basés sur le même principe ont été adaptés aux conditions de l'Oubangui et du Niger avec des capacités plus réduites. Dans le cas du Congo, la nécessité d'échantillonner suffisamment de matière particulaire pour les analyses chimiques, sédimentologiques et organiques impliquait un matériel lourd. Le tamisage et la filtration des 180 litres prélevés, la centrifugation, la passage à l'étuve et les pesées, le conditionnement des échantillons, supposent environ une semaine de laboratoire pour chaque mesure.

Ainsi sur les grands fleuves, des jaugeages complets de débits solides constituent une lourde charge qui ne peut être répétée trop souvent. On a remarqué généralement que les concentrations en MES variaient peu sur une section excepté à proximité des berges ; en revanche on observe très souvent une stratification des concentrations sur la verticale. Aussi pour simplifier les mesures, on retient à partir des jaugeages complets une verticale déterminée, dont on a testé la représentativité par rapport aux valeurs mesurées sur plusieurs verticales réparties dans la section de jaugeage. La concentration moyenne mesurée sur la verticale constitue une bonne évaluation de la concentration moyenne C_m probable dans la section, étant entendu que chaque concentration ponctuelle de la verticale doit être pondérée par la vitesse du courant en ce point. Le débit solide Q_s est obtenu en effectuant le produit $Q_s = C_m \cdot Q$, Q étant connu par la relation hauteur-débit de la station.

La variabilité des MES, surtout sensible comme on l'a dit au niveau d'une stratification des charges, justifie la mise en oeuvre de protocoles bien définis qui ont beaucoup moins d'importance pour ce qui est de la charge dissoute. Celle-ci est en principe plus homogène dans la section pour autant qu'il y ait eu un bon mélange des apports amonts. Ceci doit être néanmoins vérifié dans les jaugeages évoqués ci-dessus, car on a souvent constaté que le mélange d'apports affluents avec l'apport principal du cours d'eau n'était pas encore effectif plusieurs dizaines de kilomètres à l'aval des confluences, et doit être pris en compte dans le choix des stations observatoires.

Le pas de temps de ces mesures est généralement mensuel ; il a dans certains cas été ramené à la quinzaine ou même à la semaine.

Par ailleurs un échantillonnage journalier a été effectué à partir de la rive des fleuves soit par un observateur, soit par des préleveurs automatiques. L'objectif est alors de relier les concentrations de ces prélèvements aux mesures complètes afin de reconstituer, suivant le niveau des corrélations obtenues, une chronique complète des charges solides

journalières au niveau des MES. Nous reviendrons plus loin sur la validation des ces sites ponctuels.

Les préleveurs automatiques installés à Brazzaville et Bangui sont des appareils classiques achetés dans le commerce comprenant : une unité de pompage asservie à une horloge programmable décidant de la fréquence des prélèvements ; une couronne de 24 bouteilles recueillant les échantillons en séquence et éventuellement un échantillon moyen composite sur la période de mesure. L'autonomie de ces appareils est de 24 jours pour une fréquence d'échantillonnage journalière. L'intérêt de ce type d'appareils n'est pas très évident pour des sites difficiles d'accès ; en outre, après récupération des échantillons on se trouve confronté aux problèmes d'analyses et filtrations en laboratoire.

L'utilisation de tels appareils correspond donc à une phase transitoire, permettant l'étalonnage du site d'observation, qui doit déboucher sur la mise en oeuvre de stations à capteurs automatiques.

3.2. L'expérience acquise sur le bassin du Congo-Zaïre.

Depuis 1986, L'ORSTOM et l'INSU ont entrepris le développement de la mesure systématique des exportations de matières particulaires et dissoutes sur le bassin du fleuve Congo (ou Zaïre) dans le cadre de l'Opération "Grands Bassins Fluviaux" du PIRAT puis du PEGI. Les premiers résultats présentés ici portent sur les flux particulaires mesurés sur le Congo à Brazzaville et son affluent principal dans l'hémisphère nord, l'Oubangui à Bangui, ainsi que quelques résultats sur la charge dissoute.

3.2.1. Généralités sur le bassin du Congo et son hydrologie.

Avec une superficie de 3.7×10^6 km², le bassin du Congo est le second bassin mondial après celui de l'Amazone ; le fleuve occupe également le deuxième rang après l'Amazone pour l'importance de ses apports à l'océan. Le Congo-Zaïre-Lubwaba a une longueur de 4700 km. Il draine une des plus grandes forêts intertropicales, située de part et d'autre de l'Equateur (fig.2). La forêt dense et humide occupe environ 50% du bassin tandis que les bordures nord et la partie sud laissent la place à des forêts plus claires, savanes boisées et forêts galeries. Le substratum est en majeure partie constitué par le socle précambrien avec cependant vers l'est une part non négligeable de massifs volcaniques et vers l'ouest les séries gréseuses du Kasai et des plateaux Batékés (mésozoïque). Les sols sont essentiellement ferrallitiques avec des zones de cuirassement particulièrement vastes (en

Centrafrique notamment). Le bassin du fleuve Congo intéresse les pays suivants : Zaïre, Congo, Cameroun, Centrafrique, Rwanda, Burundi, Tanzanie, Zambie et Angola.

La station hydrologique la mieux connue est celle de Brazzaville-Kinshasa ; elle contrôle un bassin de $3.5 \times 10^6 \text{ km}^2$. Calculé sur 84 ans, le module interannuel est de $40.900 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (1903 à 1986), soit un débit spécifique de $11.7 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ et un volume exporté en année moyenne de 1290 milliards de m^3 . La lame écoulee est de 370 mm ; la lame précipitée moyenne sur le bassin est estimée à 1450 mm ce qui donne un déficit d'écoulement de 1080 mm correspondant à l'évapotranspiration interannuelle du bassin. Le coefficient d'écoulement est de 25,5%. Les variations interannuelles sont faibles ; le rapport entre les modules extrêmes n'est que de 1.67 ($56\,000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ en 1961-1962 et $33\,500 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ en 1913-1914).

La figure 5 montre l'évolution des modules du Congo (année civile) depuis le début du siècle ; une très faible variabilité pendant 60 ans avec une tendance faible à la hausse, puis les années exceptionnelles de 1961 et 1962 avec persistance d'écoulements excédentaires sur toute la décennie jusqu'aux minimums de 1972-1973 puis une forte tendance à la baisse depuis les années 80 (l'année hydrologique est calculée de septembre à août). Au niveau des variations saisonnières, on observe également une grande régularité puisque le rapport débit maximum mensuel/débit minimum mensuel est seulement de 1.74 ($57\,200 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ en décembre, $32\,800 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ en août). Les valeurs extrêmes relevées sont les suivantes :

- $22\,000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ le 20 juillet 1905
- $76\,500 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ le 27 décembre 1961

Cette régularité annuelle et interannuelle du Congo est essentiellement due à la situation du bassin de part et d'autre de l'Equateur. Le régime du Congo à Brazzaville (fig. 6), dont les débits sont le résultat du mélange de ses affluents d'origine australe ou boréale, proche ou lointaine, montre :

Q EN M3.S-1 * 10000

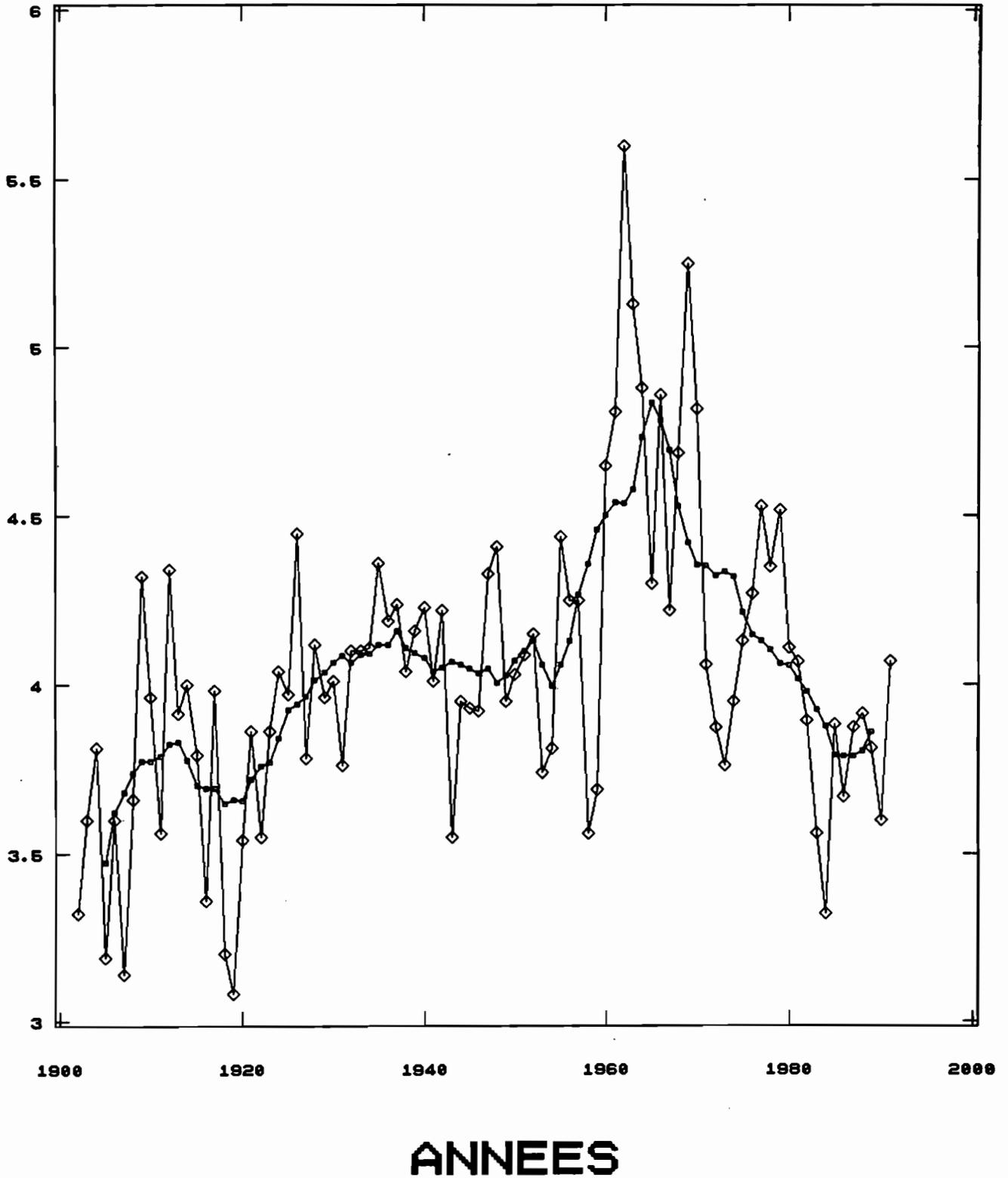


Figure 5 :
Evolution des modules du Congo à Brazzaville (3 500 000 km²) de 1902 à 1991 (année civile), et de la moyenne mobile sur 5 valeurs (les trois premières et dernières valeurs sont ôtées du graphique).

- (a) une période de basse eaux de juin à septembre correspondant aux basses eaux du régime équatorial et à la décrue du régime tropical austral ;
- (b) une période de très hautes eaux d'octobre à janvier correspondant aux apports de la partie septentrionale du bassin (bassin de l'Oubangui) ;
- (c) une seconde période de basses eaux en février/mars due aux basses eaux de l'hémisphère nord, moins accusée que celle d'août du fait de l'arrivée des hautes eaux du Kasai ;
- (d) une seconde période de maximum en avril/mai, moins importante que celle de décembre, due aux hautes eaux de la partie méridionale du bassin (Kasai et Haut-Zaire).

En définitive, l'ajustement du régime du fleuve au rythme pluviométrique équatorial tient davantage aux temps de propagation des crues d'origine différente. Il suffit d'un déphasage (avance ou retard) dans le régime des hautes eaux des hémisphères nord ou sud pour que l'on observe leur arrivée simultanée à Brazzaville (crues exceptionnelles de 1961 et 1962).

Pour terminer cet aperçu hydrologique, ajoutons quelques données sur le régime de l'Oubangui à Bangui (superficie : 480 000 km²). Son régime est tropical, avec une saison de hautes eaux de juin à décembre et des basses eaux de janvier à mai. L'année hydrologique est calculée d'avril à mars. La fig. 7 donne un exemple d'hydrogramme annuel. La variabilité est beaucoup plus grande que sur le Congo tant sur le plan interannuel (rapport des modules extrêmes de 2,8) que sur le plan saisonnier (rapport des débits moyens mensuels maximum et minimum de 10). Les débits extrêmes observés sont de 315 et 16 300 m³.s⁻¹. Le module interannuel (53 ans) est de 4080 m³.s⁻¹ soit 8.5 l.s⁻¹.km⁻², avec une lame d'eau équivalente de 270 mm pour une lame d'eau précipitée de 1490 mm, soit un déficit d'écoulement de 1220 mm et un coefficient d'écoulement de 18%.

3.2.2. Les concentrations de la charge solide en suspension sur le Congo et l'Oubangui.

L'amplitude des concentrations n'a pas dépassé 15 mg.l⁻¹ sur le Congo à Brazzaville ; sur l'Oubangui, par contre, cette amplitude a atteint 50 mg.l⁻¹, les

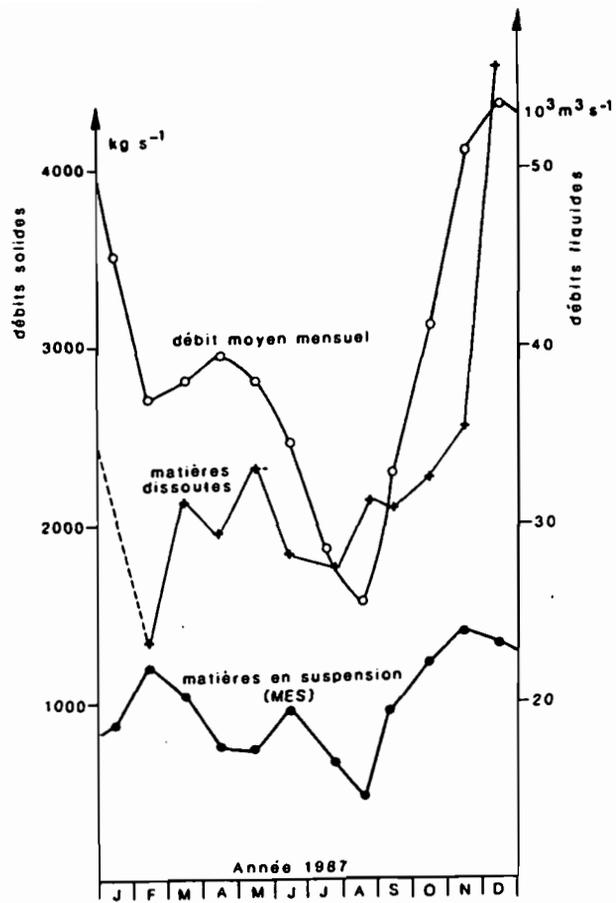


Figure 6 :
Variation des débits liquides et solides (matières en suspension et matières dissoutes) du Congo à Brazzaville en 1987, d'après Olivry et al., 1988.

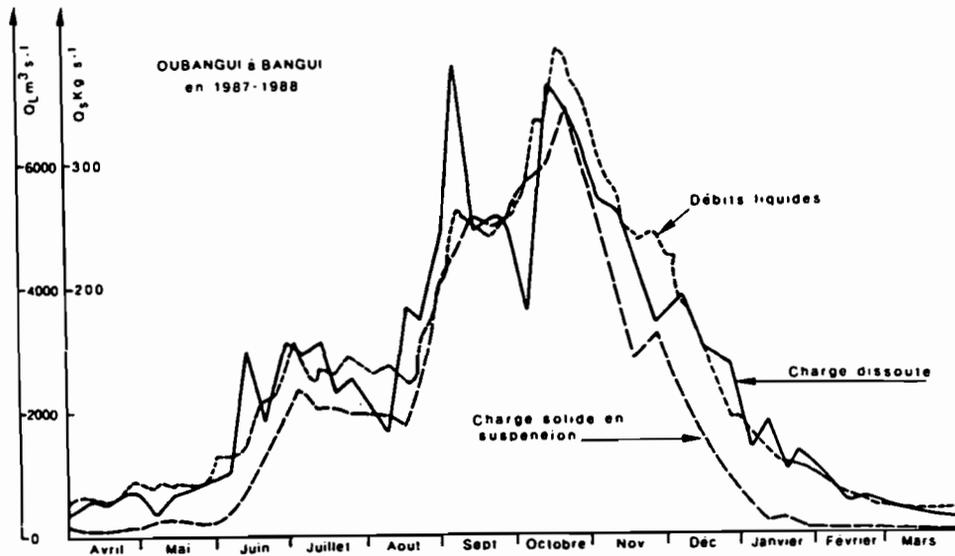


Figure 7 :
Hydrogramme 1987/1988 de l'Oubangui à Bangui et variation des débits solides des suspensions et de la matière dissoute, d'après Olivry et al., 1988.

concentrations minimales des suspensions n'étant alors que de 3 mg.l^{-1} alors qu'elles sont toujours plus fortes sur le Congo (minimum supérieur à 15 mg.l^{-1}).

Ces différences illustrent d'abord celles du régime hydrologique des deux cours d'eau ; les débits de l'Oubangui ont varié en 1987 de 1 à 25 entre basses et hautes eaux ; sur le Congo, le rapport des débits extrêmes est à peine supérieur à 2 en 1987. Alors que sur l'Oubangui la saison de basses eaux, sans précipitations, correspond à un arrêt quasi-total de l'érosion météorique sur le bassin et donc des transports particuliers, le régime complexe du Congo ne suppose jamais un arrêt général de la production de sédiments ; les flux transitant aux plus basses eaux à Brazzaville sont encore le vecteur d'exportations de matières, produits d'une érosion sur une partie ou une autre du bassin. Les variations saisonnières des concentrations sont reproduites pour l'année 1987-1988 (Oubangui et Congo) dans la fig. 8. On retrouve dans l'Oubangui le schéma classique des régions tropicales (Olivry, 1977 ; Nouvelot, 1972 ; Gac, 1980 ; Carre, 1972) traduisant des capacités d'érosion du bassin qui augmentent pendant la montée des hautes eaux pour atteindre un maximum des concentrations antérieur à celui de la crue annuelle. A partir d'un certain seuil d'écoulement, il y a dilution des matières en suspension. A la décrue, la baisse des concentrations indique l'arrêt des processus actifs d'érosion pour la saison considérée.

Pour le Congo, le schéma est plus complexe dans la mesure où l'on n'observe pas sur l'année étudiée de véritable cycle. Les concentrations les plus fortes sont observées en septembre-octobre pendant la phase de montée de la crue principale de l'année. Elles diminuent en novembre-décembre avec l'apparition du maximum annuel. Mais en 1987, les concentrations augmentaient déjà en janvier pour atteindre un deuxième maximum en février correspondant à la précrue du maximum secondaire de mars-avril généralement attribué aux apports du Kasai. Un maximum relatif apparaît en août aux plus basses eaux.

Au simple niveau des concentrations moyennes annuelles, celles du Congo auraient été de 25.4 g.m^{-3} dans la gamme des valeurs proposées par Molinier (1979) et Gibbs (1967), mais très différentes de celles citées par Meybeck (1984), Kinga Mouzeo (1986) et inférieures de moitié à celles proposées par Holeman (1968) et NEDECO (1959). Pour l'Oubangui, la concentration moyenne de 35.9 g.m^{-3} reste très faible au regard d'autres bassins situés aux mêmes latitudes comme par exemple la Sanaga, 58 g.m^{-3} (Olivry, 1977).

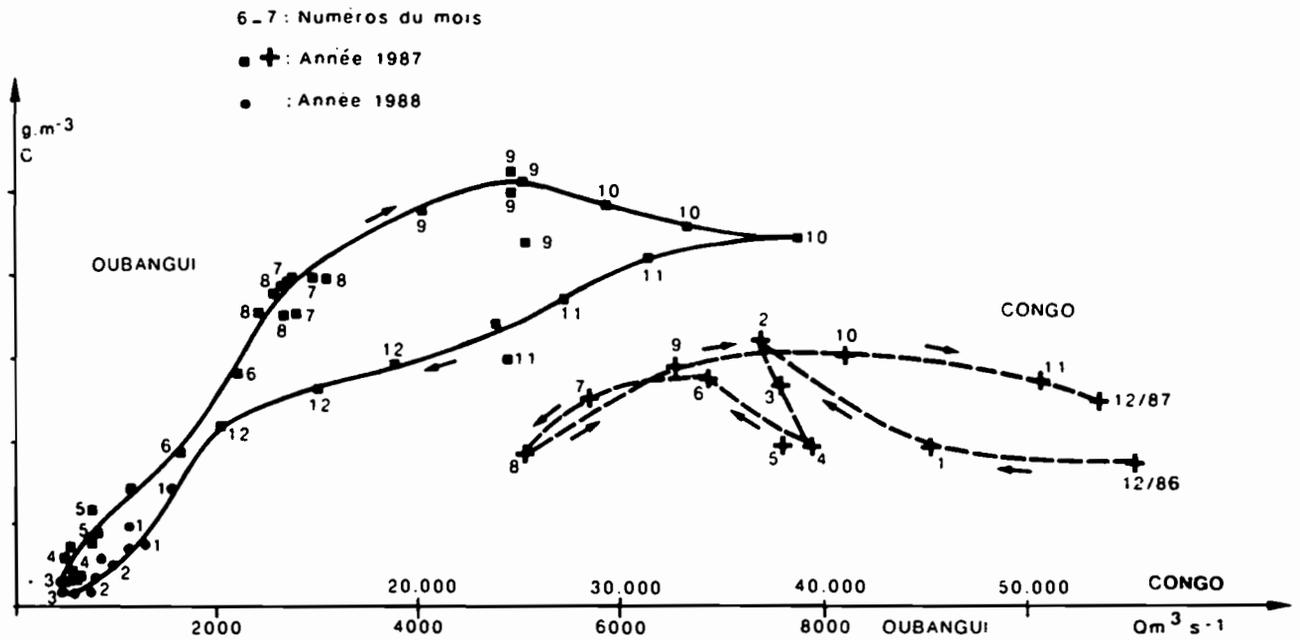


Figure 8 :
 Concentration des matières en suspension en fonction des débits sur le Congo et l'Oubangui (année 1987-1988), d'après Olivry et al., 1988.

FLEUVES	SiO ₂	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺
Congo (1)	11.20	2.40	1.38	2.08	1.54	1.87	12.62	3.49	0.046	1.611	0.12
Oubangui (2)	10.15	2.25	0.98	1.17	1.09	0.87	11.73	1.7	0.037	0.050	0.014

1) - Moyenne de 12 échantillons mensuels 2) - Moyenne de 4 échantillons mensuels

Tableau 1 :
 Composition chimique moyenne des eaux du Congo et de l'Oubangui.

3.2.3. Bilan et variations saisonnières des flux particuliers.

Sur le Congo, la charge solide globale présente deux maximums en février et en novembre (1200 et 1400 kg.s^{-1}), les minimums survenant en mai puis en août avec, pour ce dernier mois seulement, 430 kg.s^{-1} . Au sein de cette charge les sables totalisent, pour l'année 1987, 4 millions de tonnes soit 13% de l'ensemble du tonnage des matières en suspension.

Le bilan des exportations de matières en suspension est en 1987 de 31 millions de tonnes, pour un volume des apports liquides de 1220 milliards de m^3 . La dégradation spécifique correspondante serait de $8.86 \text{ t.km}^{-2}.\text{an}^{-1}$.

Sur l'Oubangui, sur deux cycles annuels (1986/1987 et 1987/1988), les mesures de la charge solide en suspension effectuées sur l'Oubangui aboutissent à des résultats très voisins, tant au plan du bilan global que des variations saisonnières. Les débits solides minima sont de l'ordre de 10 kg.s^{-1} tandis que le maximum annuel atteint en octobre des valeurs voisines de 320 et 340 kg.s^{-1} . La fig.7 retrace les variations obtenues en 1987/1988.

La part des sables fins dans les suspensions varie en moyenne de 5 à 10%, des valeurs bien inférieures à 10% étant observées en crue. Les suspensions sont globalement moins riches en sables que sur le Congo. En 1986/1987, l'exportation de matières en suspension a totalisé 2.9 millions de tonnes pour un volume écoulé de 83.9 milliards de m^3 . En 1987/1988, les matières en suspension totalisent 2.97 millions de tonnes pour un écoulement de 82.6 milliards de m^3 .

Les dégradations spécifiques sont de 6.04 et de 6.19 $\text{t.km}^{-2}.\text{an}^{-1}$ respectivement pour les deux années étudiées, lesquelles ont eu un comportement hydrologique comparable (modules de 2660 et 2620 $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$). Ces valeurs sont encore plus faibles que pour le bassin du Congo à Brazzaville. Mais la contribution des sables des plateaux batékés déjà évoquée peut expliquer une dégradation globale plus forte sur le Congo alors qu'on pouvait s'attendre à une vulnérabilité à l'érosion plus grande du bassin de l'Oubangui dont la végétation dense est moins continue.

Les figures 6 et 7 illustrent aussi les variations saisonnières des exportations de matières dissoutes comparées à celles des suspensions. La charge dissoute est pour le Congo, comme pour l'Oubangui, supérieure à la charge solide en suspension. Elle a totalisé, en 1987, 72 millions de tonnes pour le Congo et respectivement, pour l'Oubangui, 3.7 et 4.09

millions de tonnes sur les deux années observées. Le tableau 1 ci-dessous donne les compositions chimiques moyennes des eaux du Congo et de l'Oubangui en 1987.

Le rapport des suspensions sur la charge totale est de 30% pour le Congo à Brazzaville, 43% pour l'Oubangui à Bangui (moyenne des deux années). Cette évolution, qui traduit, lorsque l'on passe du climat tropical au climat équatorial, une part croissante de l'érosion chimique, est surtout dûe à l'importance de la matière organique dans la charge globale exportée. La production de matière organique est maximale au niveau de la grande forêt congolaise. Le pic observé dans la courbe des charges dissoutes au moment de la crue maximale du Congo correspond probablement au rinçage en hautes eaux de la cuvette congolaise des solutés organiques très concentrés en forêt inondée.

La matière organique (contenant 50% de carbone) représente 15% de la charge annuelle en suspension (variation de concentration du carbone entre 1 et 2.5 mg.l⁻¹). La charge dissoute (59 mg.l⁻¹ de concentration moyenne en 1987) serait constituée pour 30% à 40% de matière organique (concentration en carbone dissous de 10 à 12 mg.l⁻¹ d'après Kinga-Mouzeo, 1986).

3.2.4. Conclusions sur les premiers résultats sur le Congo.

A Brazzaville, la valeur de 8.7 t.km⁻².an⁻¹ en 1987 correspond à une année d'hydraulicité légèrement inférieure à la moyenne (0,94). Les faibles valeurs de la dégradation spécifique sur l'Oubangui - 6 et 6.2 t.km⁻².an⁻¹ - correspondent à des années hydrologiques (1986 et 1987) très déficitaires (hydraulicité de 0.65). On notera encore que les charges solides exportées, comme les modules interannuels, varient entre le Congo et l'Oubangui dans le rapport de 1 à 10 alors que ce rapport ne varie que de 1 à 7 pour les superficies des bassins.

Une comparaison rapide entre le Congo et l'Amazone montre l'énorme différence qu'il y a dans le régime des flux particuliers des deux fleuves. La dégradation spécifique est 9 fois plus forte sur l'Amazone ; des précipitations plus abondantes donnent un module spécifique 2 fois supérieur à celui du Congo et les concentrations moyennes des suspensions y sont donc de 4 à 5 fois plus fortes. Enfin, avec un bassin de superficie de près du double de celui du Congo, les apports particuliers de l'Amazone à l'Océan seraient en moyenne de l'ordre de 500 à 600 millions de tonnes soit 16 à 20 fois les apports du fleuve Congo. Celui-ci aurait un régime se rapprochant, côté Amazonie, du régime du Rio Negro.

Il n'en reste pas moins que le Congo, important par ses apports hydriques (52% des apports africains à l'Océan Atlantique, 38% de l'ensemble du continent), l'est aussi par ses exportations de matière (40% de la charge dissoute, mais seulement 7% de la charge en suspension pour tout le continent).

En complément de cette information, on a présenté, après cinq années de mesures mensuelles continues, les variations des débits solides, dissous et liquides du Congo à Brazzaville (3,5 Mkm²) sur la figure 9, et une comparaison des transports particuliers (sables et MES) et dissous sur la figure 10 (d'après Laraque et Bricquet, 1992).

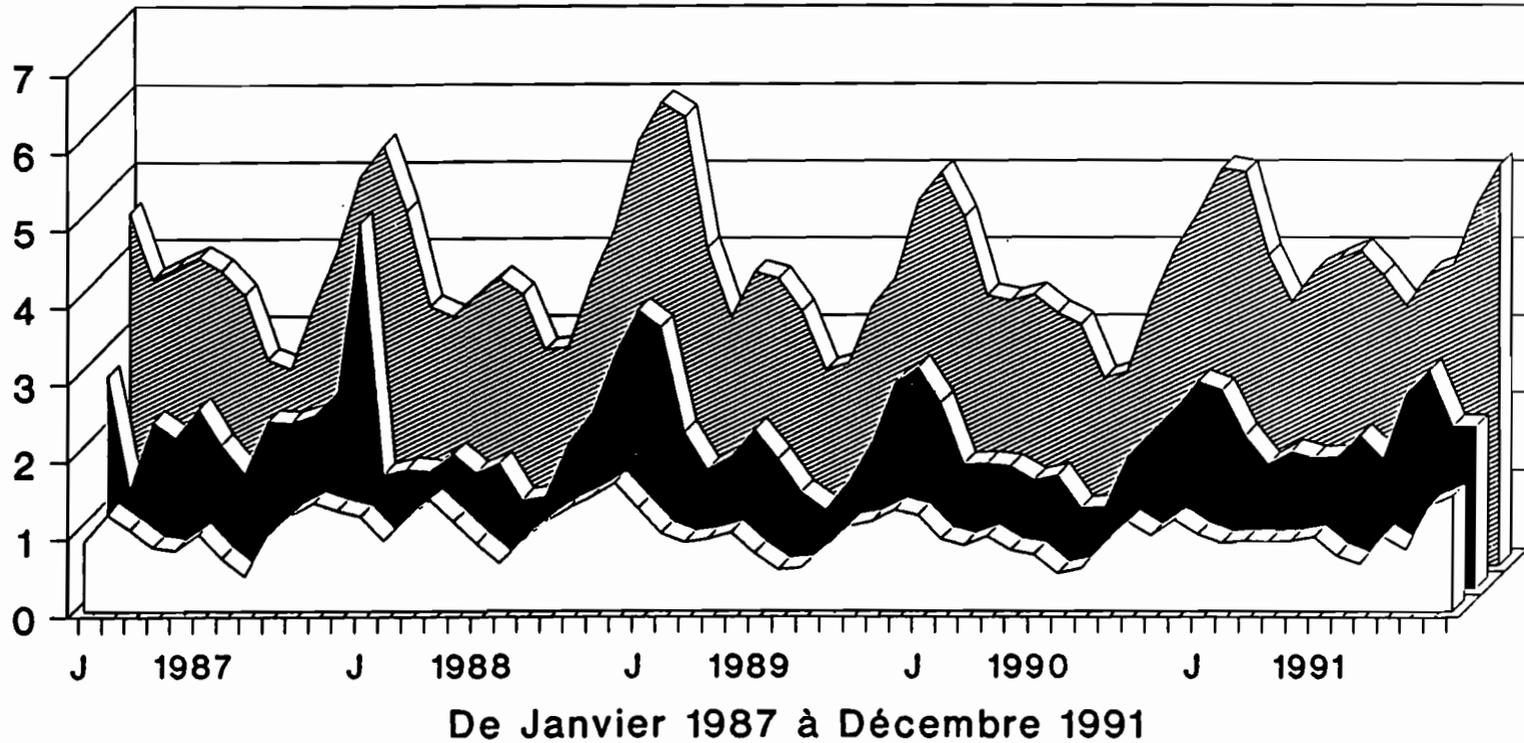
3.3. L'expérience en cours sur le bassin du Niger.

Comme nous l'avons souligné précédemment, l'hydrologie du bassin du Niger est bien connue et les observations limnimétriques sont anciennes puisqu'une des stations principales, Koulikoro, est observée de manière continue depuis le début du siècle (avec Bakel sur le Sénégal et Brazzaville sur le Congo, Koulikoro fait partie des stations "historiques" de l'Afrique francophone). La gestion des ressources en eau (Office du Niger) et la navigation fluviale expliquent cette rationalisation d'un réseau hydrométrique, qui n'a cessé depuis quarante ans de se moderniser et de retenir l'attention des services de l'Hydraulique qui se sont assurés le concours de l'ORSTOM jusqu'au dernier projet de réseau de stations automatiques (télétransmission satellite) géré par HYDRONIGER (A.B.N.). Le contrôle régulier de l'étalonnage des stations permet une bonne estimation des débits liquides sur la période d'observation. La gestion au quotidien de ce réseau est aujourd'hui entièrement assurée par le Service Hydrologique de la Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie (DNHE) avec lequel l'ORSTOM entretient des rapports étroits de coopération. Des modèles de propagation des débits de crue ont été mis au point (SOGREAH, ORSTOM) et doivent être repris pour améliorer la prévision (Projet PNUD-HYDRONIGER). Un autre modèle basé sur l'estimation des pluies sur le haut bassin (Guinée) par la télédétection est également à l'étude afin de gagner quelques jours dans la prévision des transferts hydriques. Enfin l'ORSTOM doit procéder avec le Service Hydrologique Guinéen (Convention FAC) à la restauration du Réseau Hydrométrique National de Guinée intéressant *pro parte* le bassin du fleuve Niger. Un premier annuaire relatif à la saison des pluies 1992 a déjà été publié.

Un bilan en MES a été effectué sur le Niger à la station de Banankoro sur un cycle hydrologique complet de juillet 1990 à juin 1991, à partir de prélèvements de subsurface quotidiens en crue et hebdomadaires en décrue. Des jaugeages complets étaient par ailleurs réalisés de façon hebdomadaire. Les données de l'observateur ont pu ainsi être

VARIATIONS DES DEBITS SOLIDES, DISSOUS ET LIQUIDES A BRAZZAVILLE

Milliers



SOLIDE Kg/s
 DISSOUS Kg/s
 LIQUIDES *10 m³/s

Figure 9 :
Variations des débits solides, dissous et liquides du Congo à Brazzaville de 1987 à 1991, d'après Larague et Bricquet, 1992.

VARIATIONS DES TRANSPORTS PARTICULAIRES ET DISSOUS A BRAZZAVILLE

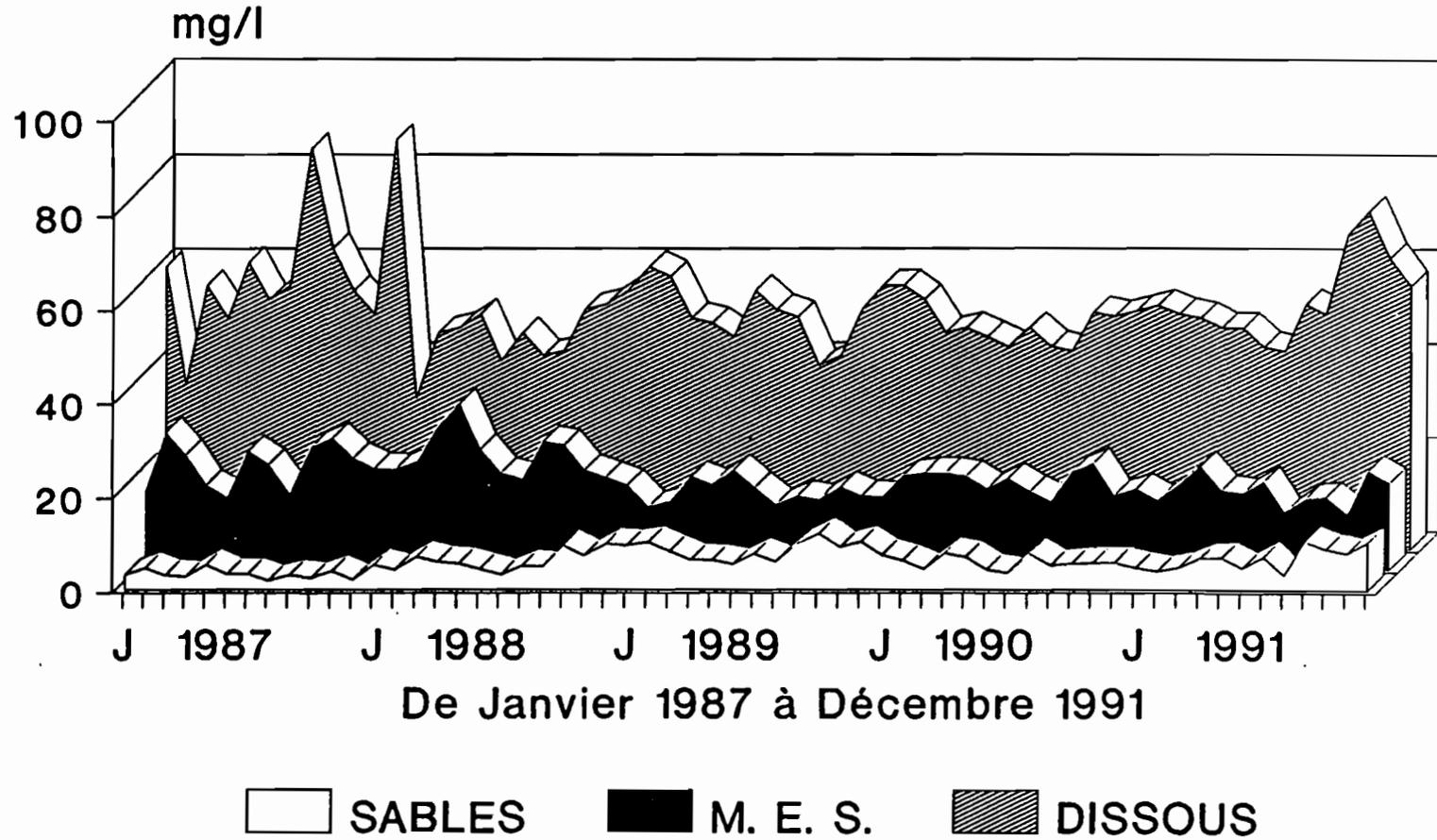


Figure 10 :
Variations des transports particuliers et dissous du Congo à Brazzaville de 1987 à 1991, d'après Laraqe et Bricquet, 1992.

corrigées à partir des valeurs des jaugeages. Il ressort de ce suivi que les valeurs extrêmes de MES sont de 215 g.m^{-3} le 21 juillet 1990 et de 14 g.m^{-3} le 25 mai 1991, le bilan annuel de MES exportées à Banankoro étant de 923 650 tonnes, soit $12,9 \text{ t.an}^{-1}.\text{km}^{-2}$. Il est probable que l'orpaillage durant les basses eaux sur le fleuve augmente un peu la valeur des exportations de MES à Banankoro. Il semble par ailleurs que la sédimentation s'accroît entre octobre et novembre alors qu'on pourrait s'attendre à ce qu'elle soit constante.

La qualité de l'information déjà acquise permet de penser qu'une modélisation des débits solides pourra être possible en poursuivant l'étude sur plusieurs cycles hydrologiques comme sur les bassins tropicaux de l'Oubangui et du Sénégal.

Enfin on présente également les résultats concernant les stations de Koulikoro sur le Niger et de Douna sur le Bani, affluent de rive droite du Niger contribuant pour un tiers du débit à Koulikoro (deux tiers pour Banankoro). Leur suivi conjoint et la corrélation entre les mesures aux trois stations permet une étude détaillée et critique du fonctionnement hydrogéochimique du bassin du Niger. Les figures 12 et 13 présentent quelques résultats de la campagne 1990-1991 (hydrogrammes et variations des concentrations en MES, campagnes de jaugeages de transports solides).

3.4. Validation de sites ponctuels pour installation de stations automatiques.

Celle-ci a été effectuée pour le bassin du Congo-Zaïre aux stations de Brazzaville sur le Congo, de Bangui sur l'Oubangui, et pour le bassin du Niger aux stations de Banankoro et Koulikoro sur le Niger, de Douna sur le Bani. Les méthodes utilisées correspondent à celles utilisées par Nouvelot au Cameroun (1972) déjà évoquées dans ce qui précède. Elles conditionnent le choix de l'implantation d'une station automatique. Ce choix doit concilier deux impératifs :

- celui de la faisabilité technique de l'implantation (mise hors d'eau de la station, conditions du marnage, stabilité, etc.) ;
- celui de la représentativité du site en toutes saisons.

3.4.1. Le Congo à Brazzaville.

Depuis le mois de janvier 1991 les MES sont mesurées suivant la fréquence minimale d'au moins une observation par semaine. Les prélèvements mensuels sont effectués sur

COMPARAISON DES SUSPENSIONS MENSUELLES ET HEBDOMADAIRES 1991

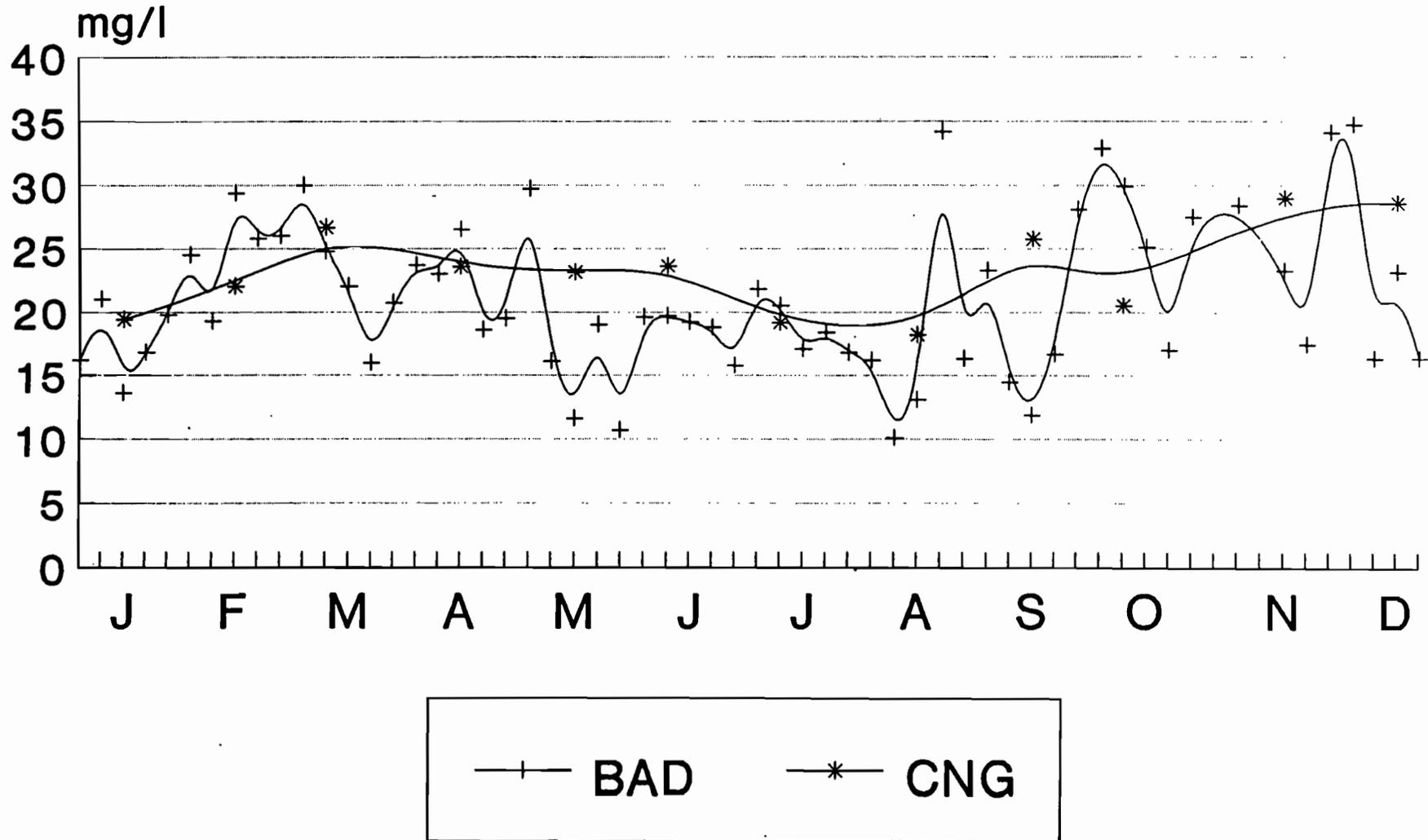
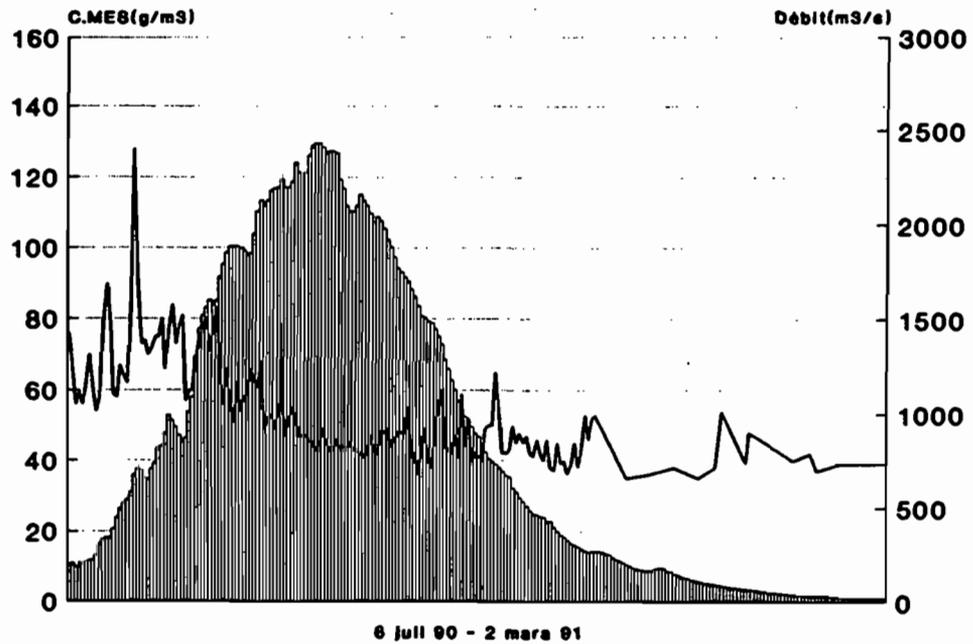


Figure 11 :
Comparaison des valeurs de concentrations en suspensions tirées des
mesures mensuelles et hebdomadaires pour 1991, d'après Laraque et
Bricquet, 1992.

Matières en suspension NIGER A BANANKORO



BANI A DOUNA

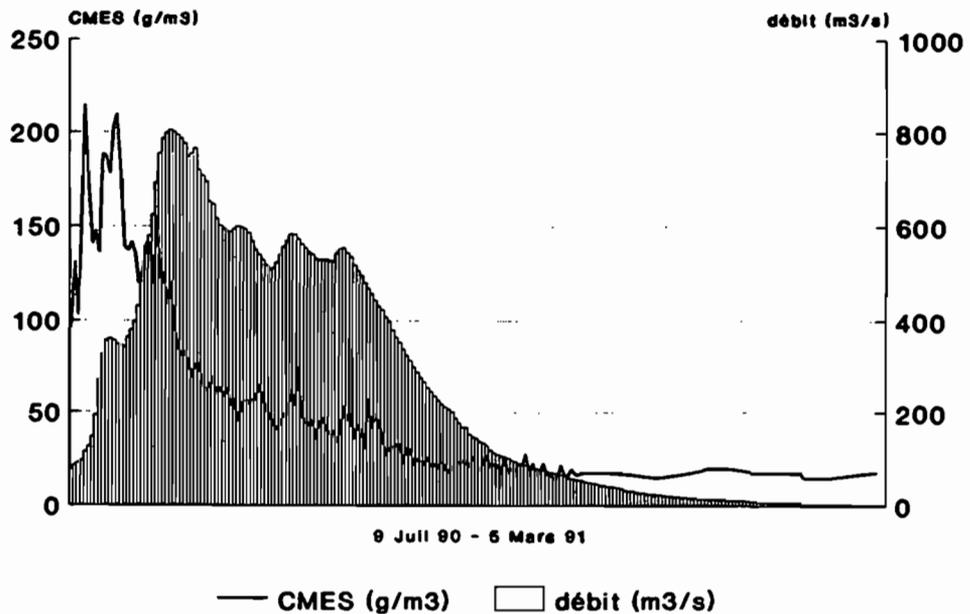


Figure 12 :
Hydrogrammes et variations des concentrations en MES pour deux stations du Haut-Niger : le Niger à Banankoro et le Bani à Douna, de juillet 1990 à mars 1991, d'après Olivry, 1992.

plusieurs verticales et en plusieurs profondeurs, les prélèvements hebdomadaires sur une seule verticale, et les prélèvements tous les 2 jours sont effectués en surface.

La comparaison des concentrations en MES mesurées chaque mois à l'amont de Brazzaville (CNG) avec celles mesurées chaque semaine à l'aval (BAD), met en évidence une corrélation étroite en ce qui concerne les sens de fluctuations saisonnières (fig.11). Les moyennes annuelles sont quand à elles très proches : $23,3 \text{ mg.l}^{-1}$ (mensuel) et $21,1 \text{ mg.l}^{-1}$ (hebdomadaire). La comparaison des valeurs obtenues les mêmes jours par les trois méthodes de prélèvement révèle une certaine dispersion des valeurs, supérieure à celle qui est observée par comparaison des moyennes mensuelles et hebdomadaires. Ceci incite à beaucoup de prudence pour déterminer un site de prélèvement de surface dont on voudrait comparer les valeurs de concentration en MES à celles obtenues par jaugeages ou mesures sur une ou plusieurs verticales. Néanmoins, la corrélation entre les évolutions des concentrations en MES mesurées les mêmes jours suivant les méthodes hebdomadaires (h) et journalières (j) donne un résultat moyennement satisfaisant ($n = 18$; $j = 2,121 h + 10,8$; $r = 0,705$), un site mieux approprié pourrait sans doute être recherché, mais la largeur du fleuve Congo au point de mesure est de 3 km, et sa profondeur atteint 25 m et dans ces conditions, la comparaison des valeurs de concentration de MES calculées à partir des mesures en surface avec celles tirées des jaugeages montrera toujours une variabilité aléatoire plus ou moins grande. Cette expérience met en évidence la nécessité d'une grande répétitivité des mesures de surface si l'on veut pouvoir appréhender statistiquement l'estimation d'une concentration en MES journalière représentative en un site donné

Cette remarque prend tout son intérêt à travers les deux exemples suivants, puisqu'il s'agit des comparaisons des mesures de MES sur l'Oubangui à Bangui et sur le Niger à Banankoro, fleuves moins larges que le Congo et aux débits moins forts.

3.4.2. L'Oubangui à Bangui.

Dugas et Thiebaut (1989) indiquent que le site du prélèvement journalier est différent du site des prélèvements hebdomadaires et mensuels. Le prélèvement journalier est effectué au bord des rapides ; les prélèvements hebdomadaires et mensuels dans un bief calme du fleuve.

Les méthodes de prélèvement diffèrent suivant le type d'échantillon. L'échantillon journalier est prélevé avec un flacon d'un litre à large ouverture. Des essais pour le remplacer par une bouteille à petit orifice que l'on immerge à 1,5 m de profondeur ne sont pas

CAMPAGNE DE JAUGEAGES
TRANSPORTS SOLIDES

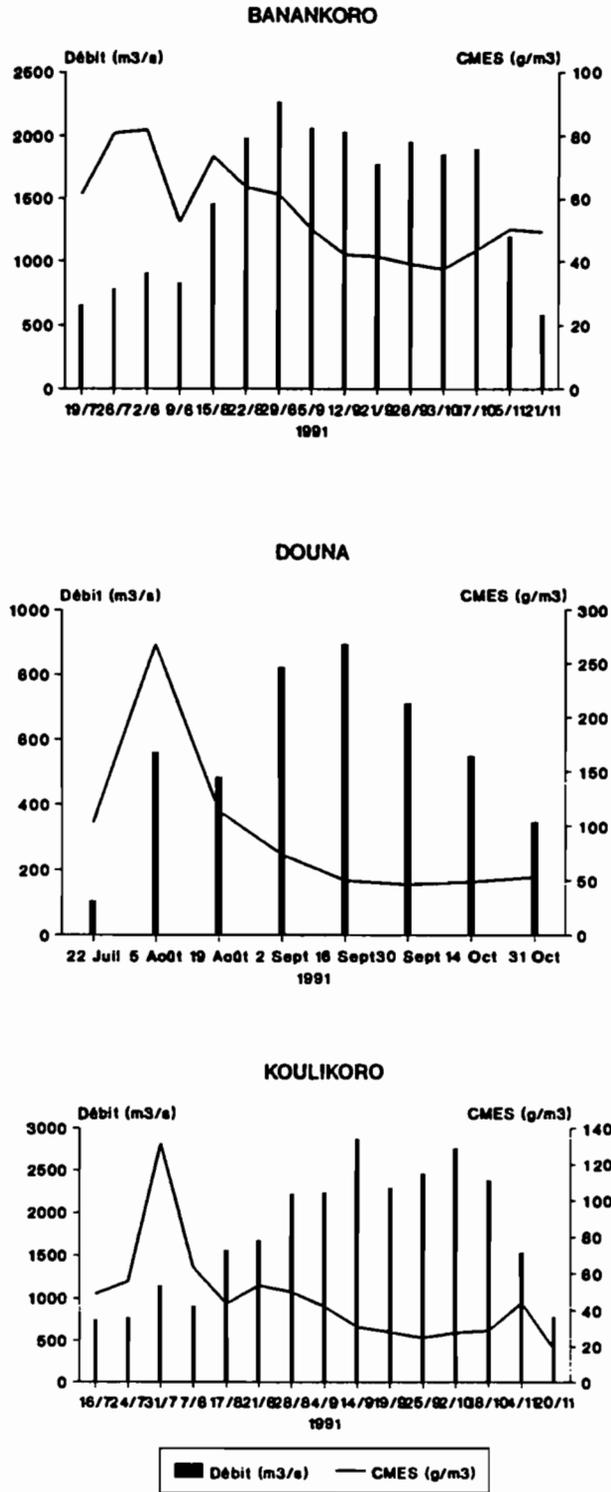


Figure 13 :
Résultats de la campagne de jaugeages 1991 des débits solides sur le Haut-Niger : Niger à Banankoro, Niger à Koulikoro et Bani à Douna, d'après Olivry, 1992.

concluants. En effet les valeurs obtenues dans la zone des rapides sont généralement inférieures aux valeurs moyennes mesurées dans le fleuve, de plus elles sont inférieures à celles obtenues avec la bouteille. L'échantillon hebdomadaire est prélevé à partir de 2 litres d'eau récoltés à 5 profondeurs différentes et mélangés. Il est préférable d'effectuer 5 analyses sur 1 litre d'eau et de calculer une moyenne pondérée par les mesures de vitesse et planimétrie. Enfin la méthode du prélèvement mensuel consiste à prélever 12 litres aux cinq profondeurs.

Les mêmes auteurs, après avoir étudié les corrélations entre les différentes valeurs de concentration en MES à différents endroits et surtout suivant les différents modes de prélèvement concluent, à propos de la représentativité de la concentration moyenne de MES mesurée à la station Bangui Saint-Paul sur l'Oubangui, que les mesures effectuées à cette station sont représentatives de l'ensemble du bief avec un écart de l'ordre de 10%. Ils mettent également en évidence une variation corrélée entre les concentrations journalières en surface aux sites de prélèvements de l'Hôtel et de la station Saint-Paul, et les concentrations moyennes sur une verticale à la station Saint-Paul.

Cependant les écarts en % sont élevés et nécessitent un plus grand nombre de mesures dans une journée, pour connaître l'évolution des variations.

En conclusion il apparaît, pour l'Oubangui à Bangui, que la mesure de la charge solide du fleuve à partir des mesures de concentration est une valeur représentative des variations de teneurs en suspension.

Afin de multiplier les mesures et pour poursuivre ce travail on a également procédé à des prélèvements automatiques fréquents (PA) en 1991/1992, dont on a comparé les valeurs de concentrations de MES avec celles obtenues à partir des prélèvements manuels en surface (PM) ou à deux mètres de fond (BGP), à la station de Bangui Saint-Paul (fig.14A, 14B, 14C ; Orange et Censier, 1992). L'étude sur 60 points donne un coefficient de régression linéaire de 0,92. Les trois modes de prélèvements donnent des résultats à peu près équivalents, bien que les PM semblent légèrement sous-estimer la concentration en MES.

3.4.3. Le Niger Supérieur.

L'expérimentation a été effectuée principalement sur la station de Banankoro mais aussi sur celle de Koulikoro et sur l'affluent principal du Niger, le Bani à Douna. La figure 15 donne le type de corrélations obtenues entre les concentrations journalières d'un

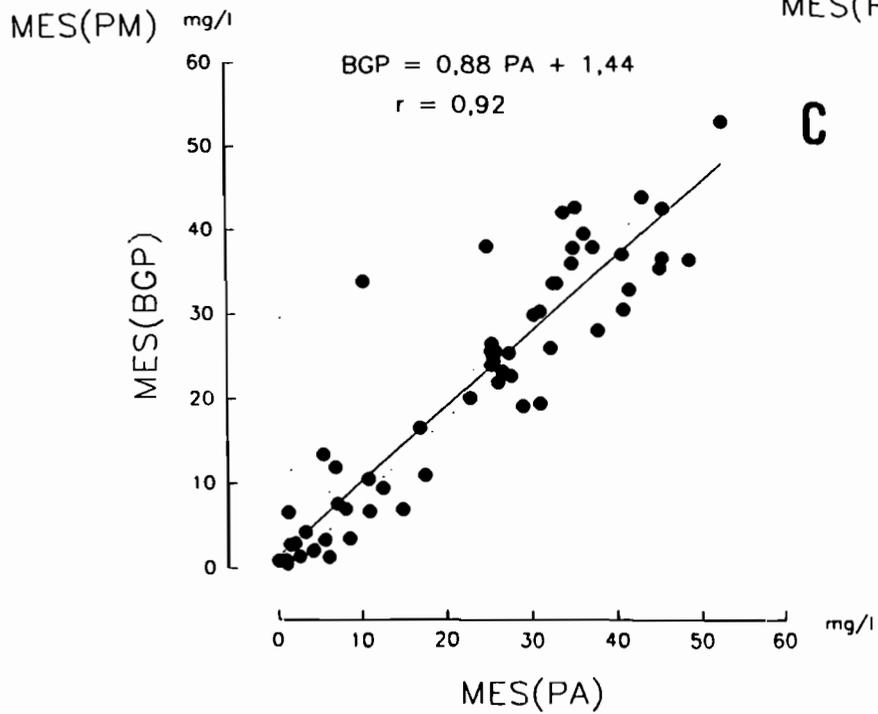
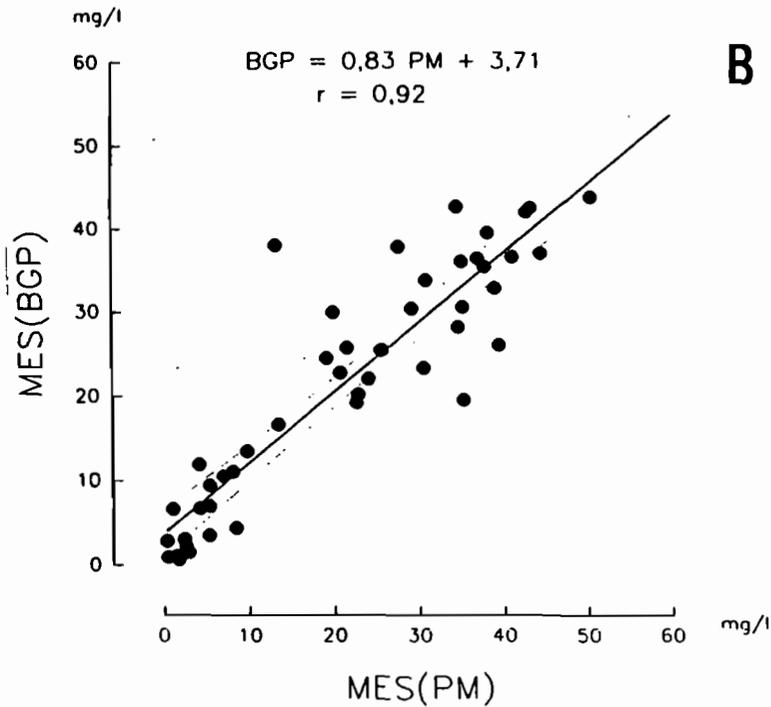
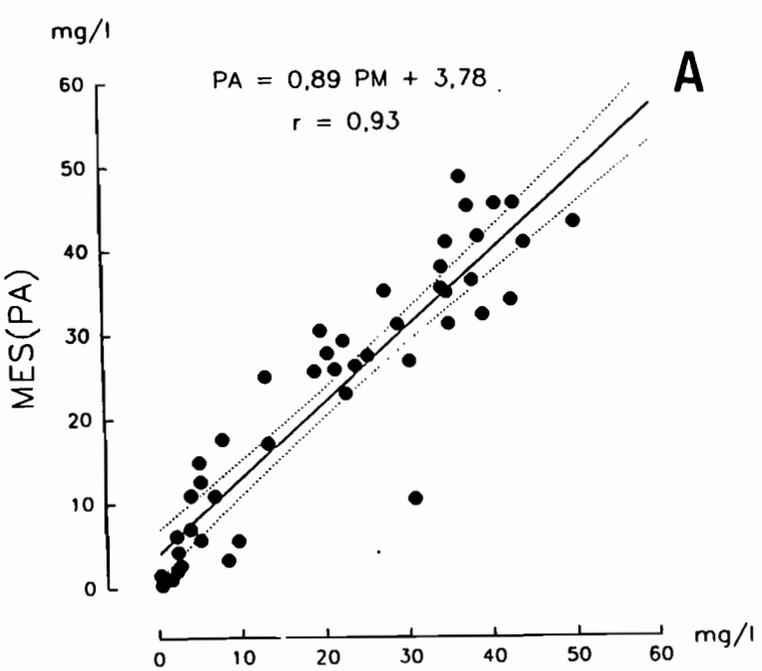


Figure 14 :
 Comparaison des concentrations en MES sur l'Oubangui à Bangui
 déterminées à partir de 3 modes de prélèvements différents : Prélèveur
 Automatique (PA), Prélèvement Manuel en surface (PM) et à 2 mètres
 de profondeur à la station de Bangui Saint Paul (BGP).
A : comparaison PA-PM ; **B :** comparaison BGP-PM ; **C :** comparaison
 BGP-PA.

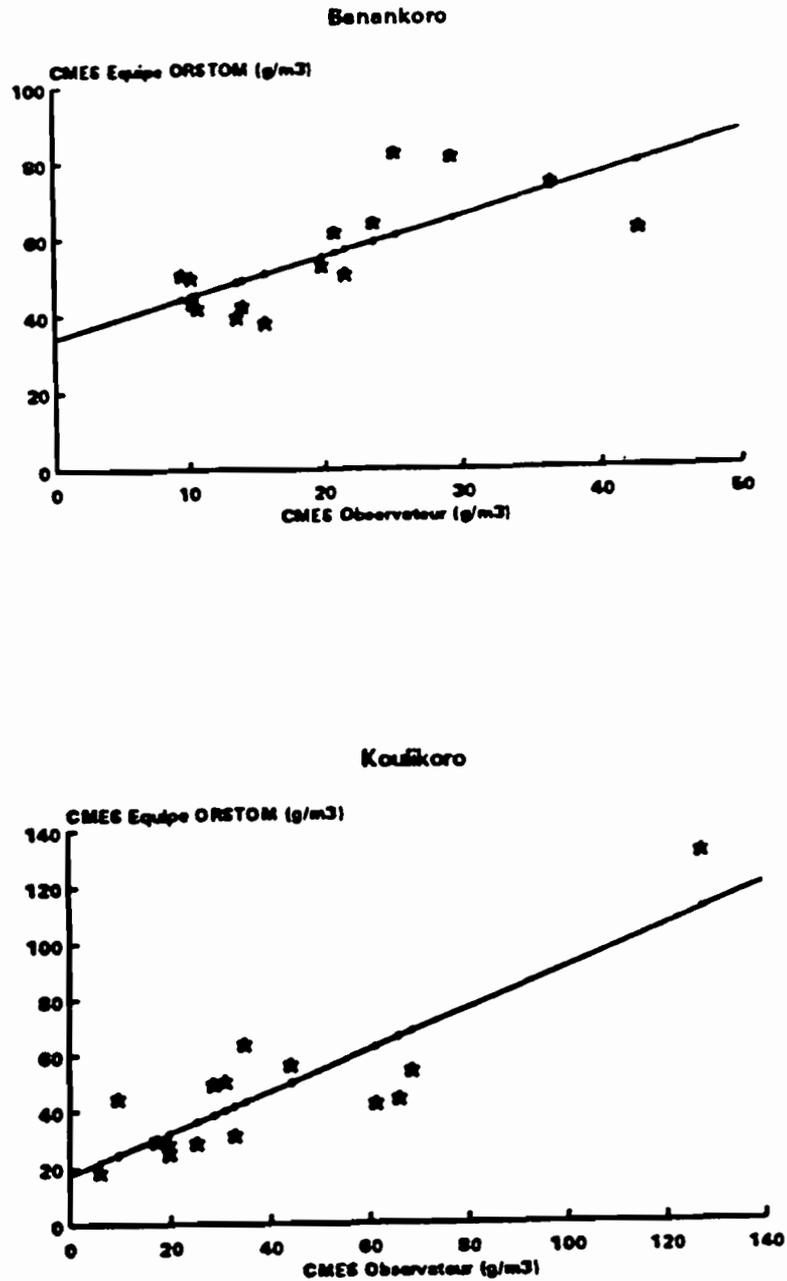


Figure 15 :
 Comparaison des concentrations en MES du Niger à Banakoro et du Niger à Koulikoro suivant les différents types de prélèvements (jaugeages complets par l'équipe ORSTOM et prélèvements manuels à 60 cm de profondeur par un observateur) (période juillet 1990-juin 1991).

observateur et celles obtenues à partir de jaugeages de débits solides réalisés par les équipes ORSTOM. Dans le cas de Banankoro, la qualité très moyenne de la relation a impliqué le choix d'un site mieux approprié en cours de validation.

3.5. Mesures de la qualité des eaux : conclusion.

L'ensemble de l'expérimentation, rapidement évoquée ici a contribué à améliorer les techniques de mesures, d'analyse et d'interprétation des concentrations en MES, elles mêmes étroitement liées à la mesure des débits et à l'établissement de relations hauteurs-débits fiables. Les observations de la charge dissoute ne posent pas de problème de protocole de mesure pour autant que les sites choisis concernent un mélange homogène très en aval des grandes confluences.

L'expérience a montré la possibilité d'alléger les protocoles de mesures de MES jusqu'à n'effectuer que des mesures journalières en surface, à condition d'avoir étalonné les relations entre la surface et la section complète à partir de plusieurs années d'observations communes.

L'expérience montre également le grand intérêt pour la qualité des mesures de surface en un point, de pouvoir disposer de mesures en continu ou de plusieurs mesures par jour. Ceci permettrait de minimiser les erreurs dues à des perturbations locales et passagères de la turbidité, provoquées par exemple par des apports de petits affluents proches, lorsque le brassage est mal effectué.

L'ensemble de ces expériences, et bien d'autres, permettent de définir les paramètres utiles en qualité des eaux pour une station de mesures automatiques de paramètres de la qualité des eaux en milieu tropical humide.

4. DEFINITION DES CARACTERISTIQUES DE LA STATION AUTOMATIQUE DE QUALITE DES EAUX EN MILIEU INTERTROPICAL.

4.1 Choix des paramètres à mesurer.

La fonction d'une station automatique de prélèvements n'est pas de se substituer aux mesures plus complètes effectuées sur des échantillons d'eau représentatifs de la section, qui peuvent comprendre la mesure de la quantité de certains éléments ou molécules chimiques. Les valeurs des paramètres dont on veut suivre les variations en continu

doivent être quantifiables par mesures directes sur place, d'autant plus que ces stations automatiques peuvent être d'accès difficile durant certaines périodes de l'année.

Dans ces conditions on peut raisonnablement envisager la mesure régulière de 6 paramètres :

- la **hauteur d'eau** : elle permet le calcul des débits ;
- la **turbidité** : elle est largement représentative des MES ;
- la **température** : elle est utile pour connaître la solubilité des éléments et la conductivité ;
- le **pH** : indique la variabilité des formes prises par les molécules, l'état du milieu plus ou moins propice au développement de l'activité biologique autotrophe (blooms planctoniques).
- la **conductivité** : indique les propriétés électriques de l'eau et est en relation avec la nature et la quantité des éléments transportés en solution (les éléments majeurs varient en bonne corrélation avec la conductivité) ;
- la **radioactivité** naturelle : est fonction essentiellement de la quantité d'éléments transportés en suspension une fois éliminé le bruit de fond propre à la station ; c'est une autre approche de la mesure des MES qui nécessite cependant un étalonnage dans la saison afin de prendre en compte l'éventuelle variabilité de l'origine géologique des éléments transportés.

4.2. Contraintes de sensibilité des capteurs.

La hauteur d'eau du fleuve doit être connue avec une précision du centimètre afin d'avoir une bonne estimation du débit par les courbes d'étalonnage hauteur-débit ; cette précision est généralement obtenue dans les sondes de pression existant sur le marché. La turbidité mesurée sur les grands fleuves intertropicaux est généralement relativement faible. La gamme de sensibilité à retenir doit correspondre à des concentrations en suspensions comprises entre 5 mg.l^{-1} et 500 mg.l^{-1} . La température de l'eau devra être déterminée en degrés et dixièmes de degrés centigrades. Le pH est généralement déterminé par les capteurs existants avec deux décimales ; la variation du pH en cours de journée suppose que l'on considère les valeurs extrêmes, une seule décimale étant suffisante pour le type d'exploitation qui sera fait. Les conductivités mesurées sont comprises entre 10 et 100 $\text{microSiemens.cm}^{-1}$; la gamme de variation des concentrations en matières dissoutes se situe entre 10 et 100 mg.l^{-1} , dont un pourcentage de silice relativement important puisqu'il varie de 5 à 20 mg.l^{-1} avec une médiane de l'ordre de 11 mg.l^{-1} et, saisonnièrement en Afrique humide, un pourcentage non négligeable de matière organique dissoute, ces charges dissoutes n'intervenant évidemment pas au niveau des conductivités. La

radioactivité naturelle des sédiments en suspension est évidemment très faible en regard des concentrations des fleuves étudiés ; il convient de déterminer un temps de comptage minimum susceptible d'apporter une information significative.

4.3. Contraintes climatiques et techniques d'exploitation.

Les stations doivent être installées soit en environnement équatorial sous climat chaud et humide toute l'année (70 à 100 % d'humidité relative et 25 à 30°C), soit en environnement tropical de plus en plus sec vers les tropiques, sous climat chaud et humide une partie de l'année et très chaud et sec durant l'autre partie (températures moyennes entre 35 et 45°C). Ces stations devront également subir dans les régions tropicales des vents de sables parfois très épais, et devront pour le moins supporter durant les saisons sèches des atmosphères très poussiéreuses. Enfin les pluies tropicales et parfois équatoriales sont le plus souvent de caractère orageux très violent et s'accompagnent, en ce qui concerne les lignes de grains, de vents dépassant fréquemment 100 km.h^{-1} .

Les contraintes techniques sont dûes aux conditions climatiques et aux conditions environnementales. Le climat tel que décrit plus haut oblige à enfermer la partie électronique de façon complètement étanche à l'air et à l'eau et à s'assurer d'une humidité minimale à l'intérieur du boîtier. Les éléments de l'ensemble de la station doivent supporter des températures variant de 0°C (minimum en climat tropical sec) à plus de 50-60°C (maximum en climat tropical sec). L'ensemble doit pouvoir se fixer solidement au sol. Les éléments immergés de la station devront résister aux ondes de crues parfois extrêmement violentes qui peuvent charrier des éléments très lourds. L'ensemble devra être protégé de la foudre.

Les stations pourront être difficiles d'accès durant tout ou partie de l'année, il est donc nécessaire d'adapter matériel et fonctionnement suivant des contraintes environnementales volontairement poussées à l'extrême. Ceci implique tout d'abord que tous les éléments et leur montage soient assez robustes pour supporter plusieurs jours de transport en conditions très chaotiques (sous emballage étanche). Le poids de la station devra être limité au minimum, pour diminuer encombrement et frais de transport. Le montage des parties électroniques, et en particulier celui des relais entre les capteurs et les cartes correspondantes, doivent permettre un dépannage rapide et sur place des fonctions essentielles de la station, sans entraver durablement le fonctionnement de la station. Il est également très fortement indiqué de doter la station d'un émetteur de type Météosat ou Argos pour "télé-surveiller" le bon fonctionnement de la station et de chaque capteur en particulier. L'alimentation doit être prévue par batterie rechargée par panneau solaire.

Consommation totale de la station et capacité de charge de la batterie doivent tenir compte des conditions suivantes : la durée d'ensoleillement est limitée à moins de 12 heures en région équatoriale ; certains jours pluvieux la nébulosité peut réduire considérablement le rayonnement net au sol ; enfin, des brumes peuvent temporairement habiter les berges des rivières et soustraire une partie du rayonnement aux capteurs. Il est donc nécessaire de prévoir une capacité de charge supérieure à la consommation journalière. L'ensemble doit pouvoir supporter l'installation d'un ou deux capteurs supplémentaires sans modification de la super-structure (boîtier principal et panneau).

La fréquence d'investigation devra donc être déterminée en fonction des besoins de la mesure, du temps de mesure et de l'autonomie des batteries dont la recharge n'est pas assurée pendant la nuit et les jours de forte nébulosité.

4.4. Télétransmission satellitaire.

Le Laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM Montpellier a installé et assure le suivi technique, principalement en Afrique et en Amérique du Sud, d'un grand nombre de balises Météosat et Argos connectées à des stations hydrométriques et pluviométriques. Le Laboratoire dispense également un enseignement technique sur les *Nouvelles Technologies en Hydrologie*, destiné surtout à la formation continue des ingénieurs et techniciens des Services Hydrologiques étrangers mais également à la formation des élèves.

Dans un premier temps il avait été prévu d'équiper les stations automatiques, qui devaient être installées au Zaïre, avec des balises Météosat. En effet, le Laboratoire d'Hydrologie devait installer dans ce pays plusieurs balises sur des stations hydrométriques contrôlant les affluents majeurs du fleuve Congo. Mais ce projet a souffert d'abord d'un retard de plus de six mois dans sa phase initiale (terminée en juillet 1991 (cf. Jaccon et Gautier, 1991)). Il a été ensuite retardé par l'impossibilité d'accéder aux stations hydrométriques du réseau zaïrois, dont on ne peut préjuger de l'état sans en avoir fait une reconnaissance sur le terrain. Cette difficulté préluait à des troubles plus graves qui ont suivi et qui ont définitivement eu raison de la réalisation de ce projet, et par là ont entraîné le retard et le déplacement du projet station automatique.

Ceci nous a amené à réviser notre orientation en matière de télé-transmission. En effet, le choix d'utiliser des balises Météosat était lié à l'ensemble cohérent du projet Météosat Zaïre. Les nouvelles conditions de réalisation de notre projet nous ont amené à effectuer une comparaison entre les deux types de télé-transmetteurs.

- Prix.

Le matériel Météosat (balise et antenne) est plus coûteux que le matériel Argos : 20 000 FFs contre 7 500 FFs environ ; pour Météosat il faut installer une antenne directionnelle, l'abonnement est aussi plus élevé.

- Maintenance.

Les balises Argos ne nécessitent aucune maintenance après leur installation alors que les balises Météosat doivent être visitées périodiquement, leur horloge ne doit pas être décalée de l'heure TU de plus de quelques secondes sous peine de ne pas pouvoir recevoir les messages du satellite, ceci signifiant le déplacement sur le terrain avec un micro ordinateur portable et des réglages minutieux. Les problèmes de maintenance de l'antenne s'ajoutent à ceux de la station d'émission.

- Faisabilité.

Les émetteurs Argos et Météosat en cours d'utilisation à l'ORSTOM n'ont jamais defailli. Les problèmes d'émission enregistrés avec Météosat ne sont dûs qu'à une mauvaise utilisation.

- Aire d'utilisation.

Météosat ne couvre bien que l'Afrique de l'Ouest et Centrale, et couvre mieux l'Est du bassin du Congo que Argos, ce qui était une des raisons pour laquelle Météosat avait été retenu pour équiper l'ensemble du bassin du fleuve Congo, bien que Brazzaville, la station hydrométrique la plus fiable et la plus proche de la mer sur le fleuve, soit encore dans la zone Argos. Par contre Météosat ne couvre pas la majeure partie de l'Amérique du Sud, où des stations automatiques pourraient être installées à l'avenir par les équipes ORSTOM en place.

- Volume d'information.

Les balises Météosat permettent par contre de transmettre de plus gros volumes d'informations que les balises Argos. En ce sens c'est véritablement un moyen de transmettre toutes les données en continu et en temps quasi réel. Les balises Argos ne permettent que l'émission d'un message court, à intervalles réguliers et réglables, qui ne peuvent prétendre se substituer aux mémoires statiques qui doivent obligatoirement

pouvoir enregistrer toutes les données. Par contre les messages reçus peuvent indiquer l'état de fonctionnement de la station, des divers capteurs et de l'alimentation. Mais dans le cas où le nombre de messages journaliers et leurs contenus sont restreints, on peut envisager d'utiliser la transmission Argos comme moyen de transmission de données. En effet chaque endroit du monde entier est couvert plusieurs fois par jour par une possibilité de transmission Argos, la fenêtre de transmission durant entre 10 et 15 minutes il est possible d'envoyer au satellite plusieurs messages à la suite par la technique dite de l'entrelaçage. Il est ainsi possible de transmettre une plus grande quantité d'informations.

Le système d'émission Argos est donc moins coûteux, plus facilement installé, ne nécessite aucun personnel de maintenance, couvre le monde entier, est très fiable et peut même s'interroger depuis le Minitel. Ce sont les raisons qui nous ont fait préférer Argos à Météosat. De surcroît, le prix de l'abonnement peut être réduit par l'emploi d'un minuteur qui limite le nombre des émissions.

5. CONCEPTION ET REALISATION DE LA STATION AUTOMATIQUE.

Une recherche auprès des constructeurs des différents appareils existants sur le marché dans le domaine du contrôle de la qualité des eaux a montré qu'aucune station commercialisée ne répondait pleinement aux critères retenus pour une exploitation automatique en milieu intertropical. La plupart de ces appareils sont destinés à des utilisateurs dont les objectifs sont orientés sur le contrôle et la surveillance des eaux dans une optique "pollutions" ; l'autonomie des stations in situ, immergeables ou non ne dépasse pas 25 jours ; la sensibilité des capteurs salinité et turbidité n'est pas compatible avec les faibles concentrations des fleuves étudiés ; les conditions d'utilisation des appareils ne conviennent généralement pas : la température peut dépasser 50°C dans une armoire métallique exposée au soleil, l'humidité relative dépasse fréquemment 80%.

Par contre la station automatique peut très bien prendre en compte les centrales électroniques d'acquisition de données, les adaptations prévues pour la télétransmission, différents types de capteurs et les problèmes d'autonomie énergétiques par panneaux solaires. De plus, de nombreux logiciels de traitement des données stockées sont adaptables aux problèmes posés par la station.

Il est donc apparu nécessaire de concevoir un prototype sur la base des matériels existants auxquels des modifications techniques ont été apportées pour être en adéquation avec les contraintes climatologiques et météorologiques du milieu intertropical.

Parmi les constructeurs contactés, on peut citer les Sociétés ELSYDE et AUTEG. La première a mis au point avec l'ORSTOM des centrales d'acquisition de données en pluviographie (système OEDIPE) et en limnigraphie (système CHLOE et dérivés) ; son expérience est cependant limitée pour ce qui concerne les questions de qualité des eaux. La Société AUTEG, dont le siège social est situé près de Grenoble, est spécialisée dans les systèmes de mesures en climatologie, en hydrométrie et en qualité des eaux. C'est à cette dernière qu'a été confiée la réalisation de la Station Automatique de Qualité des Eaux.

5.1. Description de la station AUTEG/ORSTOM.

La station est basée sur le système EMAC 90, mis au point par la Société AUTEG ; ensemble électronique modulaire autonome de télémesures, d'enregistrement et de télésurveillance des hauteurs d'eau dans les rivières, de la qualité des eaux et de données météorologiques ; le système a d'abord été voué à la limnigraphie en l'adaptant par codeur opto-électronique aux limnigraphes à flotteurs équipant les réseaux d'EDF et des agences de bassins. La figure 16 montre le type d'installation réalisée en France. Dans le cadre du projet, la Société AUTEG a procédé à l'adaptation de son système aux capteurs retenus pour notre étude.

La station complète comprend (fig.17) :

- une armoire électronique (centrale d'acquisition) contenue dans un coffre métallique, devant être placée dans un abris hors d'eau au bord du cours d'eau ;
- l'ensemble des capteurs reliés à la centrale par des câbles de liaison indépendants pour chaque capteur de 15 mètres de longueur environ ;
- un ensemble d'alimentation électrique par panneau photo-voltaïque de la batterie contenue dans l'armoire électronique ;
- une balise Argos indépendante reliée à la centrale ;
- des micro-ordinateurs portables type PC pour transferts de données, dialogues avec la centrale, etc...

On trouvera dans l'annexe 1 des informations techniques concernant la station automatique, complémentaires à celles de ce compte-rendu.

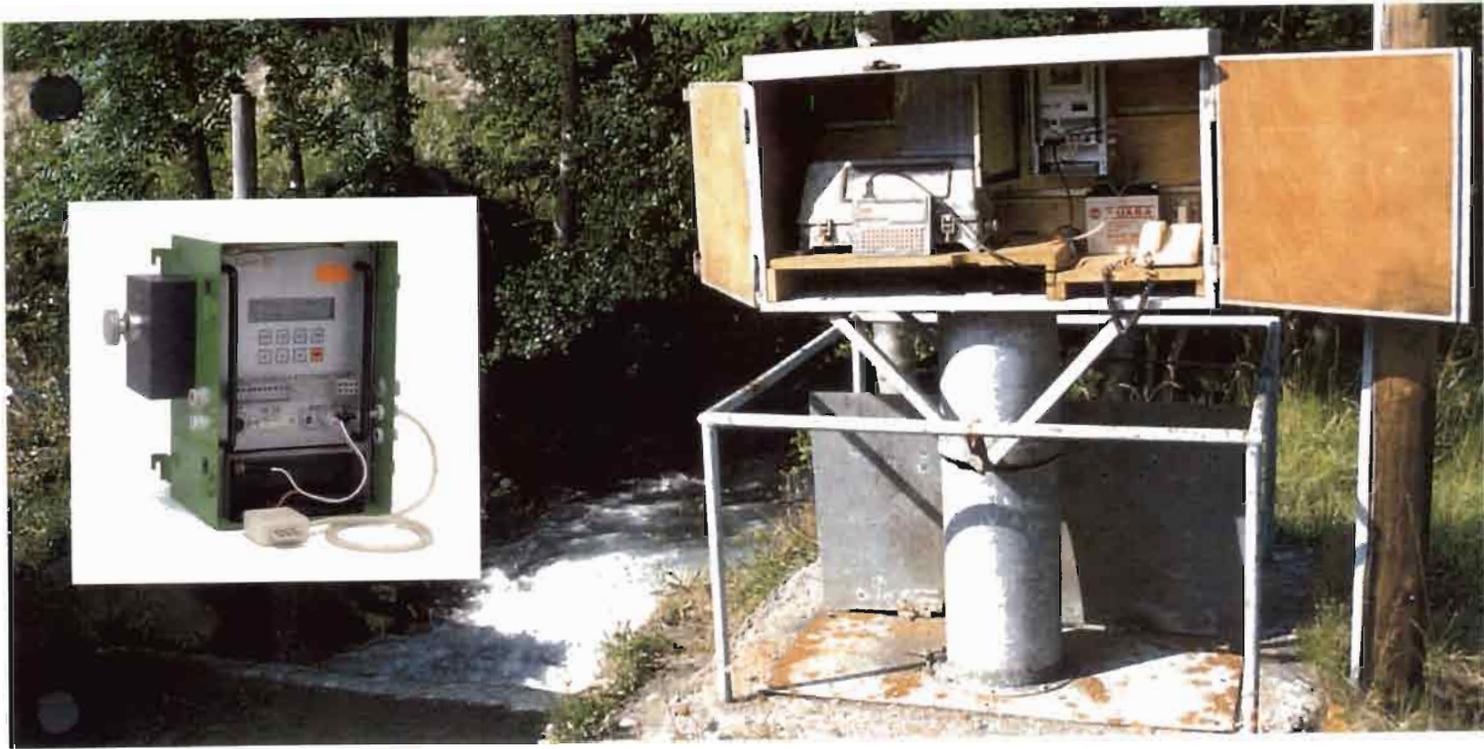


Figure 16 :
Type d'installation sur site en France de la centrale d'acquisition EMAC 90 et des périphériques.



Figure 17 :
Les différents éléments composant la station autonome de mesures de paramètres de la qualité des eaux AUTEG/ORSTOM, avant leur montage.

5.2. Centrale d'acquisition, mémorisation et dialogue.

On trouvera en annexe les caractéristiques générales de la station et de son fonctionnement spécialement étudiés pour une utilisation en environnement climatique sévère, avec par exemple un domaine thermique d'utilisation allant jusqu'à +60°C, des cartes pouvant fonctionner dans une atmosphère très humide (0 à 98% d'humidité relative), des entrées et sorties protégées contre les surtensions et les inversions de polarité.

Sur le plan de la mémorisation, les données sont stockées dans une mémoire RAM interne d'une capacité de 64 Ko, avec la possibilité d'adapter le matériel pour pouvoir conserver les données en mémoire au moins 5 ans. Programmation et récupération des données s'effectuent sur place par liaison RS232 à partir de n'importe quel micro-ordinateur compatible PC. Si le nombre de mesures sur site est suffisamment réduit (par exemple une mesure par jour), on pourrait penser à utiliser la télétransmission Argos, à capacité de mémoire téléportée faible en regard de celle de Météosat, comme transmetteur de données.

Un dialogue local est possible, la Société AUTEK ayant développé un logiciel spécialement conçu pour la programmation, la gestion et la récupération des mesures effectuées par la station, et qui permet également la gestion de l'interface télétransmission (voir paragraphe 5.4.). Ce logiciel permet entre autre la visualisation des données stockées, leur mise en forme pour leur transfert, la programmation du fonctionnement de la station, des tests de fonctionnement de chaque capteur, etc. Il permet également la gestion d'une interrogation cyclique automatique des fichiers de données.

Pour l'alimentation du système, le principe retenu pour un fonctionnement en continu sans surveillance est constitué d'un panneau solaire PHOTOWATT (voir page hors texte) qui alimente une batterie de 12 Vcc et 5,7 Ah, spécialement conçue pour de nombreux cycles de charge/décharge.

5.3. Les capteurs.

La documentation technique concernant les capteurs est réunie en annexe 2.

DES MODULES PHOTOVOLTAIQUES

MONTAGE FIXATION

Orienter le module avec la boîte de connexion en position haute afin d'éviter l'accumulation de l'humidité autour de cette boîte.

Laisser un espace de 20 cm au moins sous le module pour permettre la libre circulation de l'air et assurer une bonne ventilation.

Orienter le module face à l'équateur. Incliner le module d'un angle égal à la latitude du site d'utilisation plus 15° pour favoriser les mois d'hiver peu ensoleillés et assurer l'autonettoyage du module sous la pluie.

Veiller à ce qu'aucune ombre d'obstacles proches (bâtiment, cheminée, arbre, ...) n'atteigne le module durant les heures d'ensoleillement.

Utiliser une visserie en matière inoxydable. Ne pas clouer, percer ou souder le cadre du module.

PROTECTION

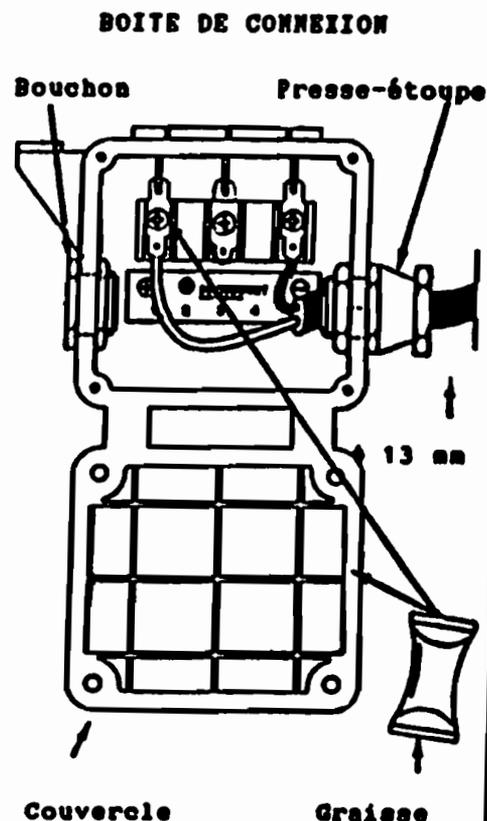
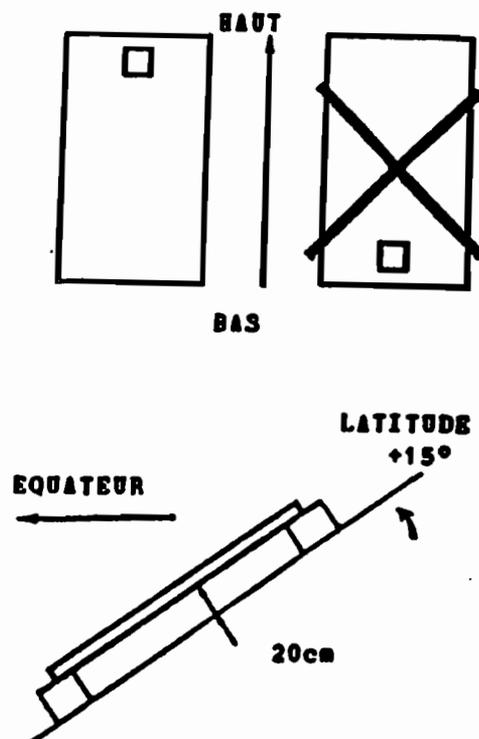
Utiliser des câbles prévus pour une utilisation en extérieur, de diamètre externe de 13 mm afin de garantir l'étanchéité des presse-étoupe (un seul câble par presse-étoupe).

Après câblage, enduire toutes les parties métalliques de la boîte avec la graisse silicone fournie en berlingot avec chaque module afin de les protéger contre la corrosion. Enduire de graisse les joints du couvercle de la boîte et refermer celui-ci à l'aide des 4 vis.

En milieu fortement corrosif (bords de mer, humidité + chaleur élevées) réaliser l'étanchéité totale de la boîte de connexion en la remplissant d'élastomère silicone monocomposant (disponible dans le commerce) afin d'éviter tout risque de corrosion.

ENTRETIEN

Nettoyer régulièrement la surface du module avec un chiffon doux et humide. Ne pas utiliser de corps gras et d'outils métalliques pouvant rayer le verre.



5.3.1. Niveau d'eau.

Il est mesuré à l'aide d'un capteur de pression classique développé par la Société AUTEG. Le matériel d'origine est réalisé par Druck, type PDCR 950 immergeable ; le certificat de calibration se trouve également en annexe.

5.3.2. Mesure du pH.

La mesure du pH est effectuée par une sonde HEITO de type CRV1 AK adaptée par la Société AUTEG en canne plongeante. Les mesures sont réalisées en continu sur une gamme de 0 à 14 unités pH, la sensibilité est de 0,58 mV par unité pH. L'électrolyse est réalisée à partir d'une solution de KCl.

5.3.3. Conductivité et température de l'eau.

On a retenu une sonde de conductivité dite toroïdale spécialement mise au point par la Société AUTEG, adaptée pour des mesures en continu. Dans son principe, une bobine toroïdale alimentée par une tension sinusoïdale induit dans le milieu où elle est immergée, que l'on pourrait assimiler à un anneau d'eau, une tension qui provoque le passage d'un courant dont l'amplitude dépend de la résistance de l'anneau, donc de la conductivité du milieu. Ce courant induit à son tour dans une seconde bobine toroïdale une tension qui est amplifiée, mise à l'échelle et convertie en grandeur numérique.

La sonde possède de l'électronique intégrée, ce qui permet l'utilisation de grandes longueurs de câble. Elle intègre une sonde de température, (sonde platine 100 Ohms à 0°C), d'où une compensation automatique de la valeur de conductivité à partir d'une table de coefficients correcteurs. L'intérêt de cette sonde est de pallier aux risques d'usure et d'encrassement des électrodes de conductivité classiques.

5.3.4. Turbidité de l'eau.

On a retenu une sonde opto-électronique qui, comme la sonde de conductivité-température, a été spécialement développée par la Société AUTEG et adaptée pour des mesures en continu.

La turbidité d'une eau est due à la présence de matières en suspension, finement divisées : argile, limon, grains de silice, matières organiques... L'appréciation de l'abondance de ces matières mesure son degré de turbidité. Celui-ci sera d'autant plus faible que l'eau sera

translucide. Les mesures de turbidité ont donc un grand intérêt dans le contrôle de l'épuration des eaux brutes. La turbidité peut être évaluée par un certain nombre de méthodes, dont nous avons retenu pour le cas présent la méthode d'opacimétrie.

Le principe de la mesure par opacimétrie est le suivant : les éléments en suspension dans un liquide absorbent certaines radiations. Cette absorption dépend du nombre de particules en suspension, de leur constitution, de l'épaisseur de liquide traversé et de la longueur d'onde de la radiation incidente. Dans certaines conditions, le rapport entre l'intensité incidente et l'intensité transmise est défini par la loi de **Beer-Lambert** :

$$E = \log IO/I = a.c.e$$

où :

IO est l'intensité du faisceau incident,

I l'intensité transmise,

e l'épaisseur traversée en cm,

c la concentration en mole.litre⁻¹,

a le coefficient d'extinction molaire et décimal, qui exprime par réciprocity la valeur en cm de l'épaisseur de la couche que doit avoir une solution molaire pour que la lumière perde en la traversant le dixième de son intensité primitive. On utilise pour les calculs pratiques les logarithmes décimaux.

Le descriptif technique de la sonde opto-électronique AUTEQ, réf. : STOE 200, montre deux parties distinctes, l'émetteur et le récepteur, séparées d'une certaine distance, 20 mm, éventuellement modulable en fonction des plages de mesures. La sonde étant immergée, l'intervalle compris entre l'émetteur et le récepteur est occupé par l'eau dont on veut mesurer la turbidité. L'émetteur à diode électroluminescente génère un faisceau de lumière modulée qui traverse le liquide à étudier. En face, le récepteur à photo-transistor mesure l'intensité transmise. De plus un système à photo-transistor contrôle automatiquement le vieillissement de la source lumineuse en fonction du temps et les dérives en fonction de la température ambiante. L'interprétation des mesures est faite par logiciel à l'aide d'une table de coefficients intégrée mise au point à partir de la méthode d'étalonnage dite à la "Formazine", décrite en annexe, et d'une loi linéaire de mise à l'échelle "ax + b", dont on peut adapter par programmation les coefficients a et b. Cette sonde présente tout de même des risques d'encrassement à long terme.

5.3.5. Radioactivité naturelle globale.

La mesure de la radioactivité naturelle globale dans le cours d'eau pour apprécier la quantité de matières en suspensions transportées est un des développements les plus originaux de cette station, c'est pourquoi la description du matériel et des principes de fonctionnement des divers éléments est présentée de façon exhaustive dans les pages suivantes.

La sonde d'origine est fabriquée par la Société XERAM, rebaptisée TRANSCAL depuis le 1^{er} juillet 1992 ; elle est représentée sur la figure 18 au centre (taille moyenne). Ses caractéristiques techniques sont détaillées en annexe. Il s'agit d'une sonde de type 3B17C à fonctionnement de type compteur Geiger-Müller permissive aux rayonnements beta et gamma. Cette sonde a été étalonnée par la Société XERAM à partir d'une source de ^{60}C et ^{90}Sr (descendant ^{90}Y), dont les caractéristiques nucléaires sont fournies en annexe. La Société AUTEГ a procédé à un étalonnage de contrôle de la sonde à partir d'une source de ^{137}Cs (voir annexe). Il faut signaler ici que EDF utilise sur le terrain ce matériel développé par la Société AUTEГ pour apprécier l'épaisseur de neige.

Il faut insister sur le fait que la mesure de la radioactivité naturelle ne comporte aucun danger de pollution radioactive car la sonde ne contient aucun radio nucléide, il ne s'agit que d'un détecteur passif de rayonnement.

5.4. Télétransmission Argos.

Le choix de la télétransmission Argos a été explicité plus haut. Les détails techniques de l'interface entre l'émetteur et le message provenant de la station AUTEГ sont décrits ci-après, en particulier le format du message Argos. L'interrogation est effectuée par l'intermédiaire d'une carte RS232.

5.4.1. Présentation.

La station ORSTOM est une station EMAC90 adaptée pour pouvoir être interrogée par un émetteur ARGOS par l'intermédiaire d'une carte RS232. Le paramétrage de la station est réalisé de la même façon que pour une station EMAC90 classique.



BETA-GAMMA GEIGER MULLER DETECTORS

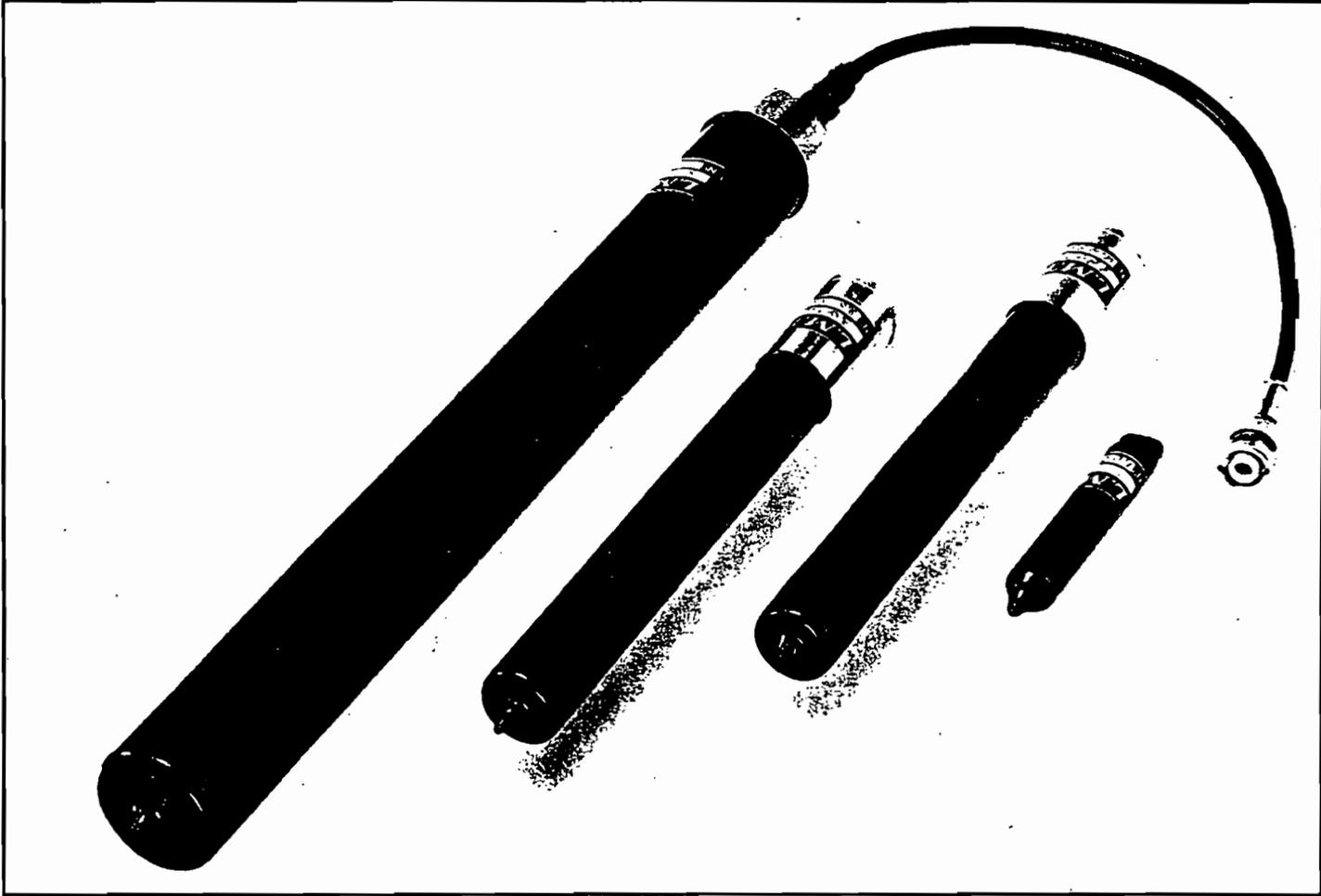


Figure 18 :
Sonde de radioactivité XERAM type 3B17C (au centre).

5.4.2. Principe.

A chaque pas de temps d'acquisition T , une zone mémoire est remise à jour suivant le format décrit (format ARGOS) :

FFFE2F - N - HHHHH - données utilisateur

- N est le nombre de groupe de 32 bits émis dans la zone du domaine des données utilisateur ($N = 8$).
- **HHHHH** sont les 5 caractères hexadécimaux de l'identificateur fourni par le bureau utilisateur de CLS ARGOS.
- **données utilisateur** : organisées par l'utilisateur en respectant la modularité de 32 bits (voir schéma) :

numéro de station (8 bits) = 2 derniers numéros de la station.

numéro de message (8 bits) = valeur hexadécimale (00 à FF). Numéro incrémenté à chaque remise à jour.

Date de la dernière remise à jour	= Minutes (8 bits)
	Heure (8 bits)
	Jour (8 bits)
	Mois (8 bits)

Mesure capteur (16 bits) = mesure capteur sur 16 bits (12 bits utiles) en valeur brute, il est nécessaire d'appliquer les coefficients du libellé de la voie correspondante pour obtenir la valeur réelle.

Il y a 6 mesures réalisées. Si le capteur est HS ou si il n'y a pas de carte, la mesure sera FFFF.

Alarme batterie basse (1 bits) = bit à 1 si l'alarme est présente.

Alarme absence secteur (1 bit) = bit à 1 si l'alarme est présente.

Le reste du message ARGOS est complété par FFFF.

Avant chaque émission (environ toutes les 3 mn), l'émetteur ARGOS envoie un niveau bas sur la sortie **DTR**, puis envoie un code d'interrogation qui autorise l'envoi et le renouvellement des données du message ARGOS. Sans réponse l'émetteur attendra 2 secondes avant de réémettre les dernières données reçues.

5.4.3. Protocole.

Avant chaque émission l'émetteur interroge la station par l'envoi d'un **XON (11 H)** et attend 2 secondes l'ensemble des données à transmettre. Le nombre de données transmises doit :

- être inférieur ou égal à celui paramétré lors de la configuration (usine ou kit de programmation) en cas de dépassement, il y aura troncature.
- constituer un multiple entier de bloc de 32 bits (1 à 8). Si cette condition n'est pas remplie, l'émetteur renouvellera son cycle d'interrogation 3 fois avant de transmettre les dernières données valides.

En cas de non réponse, il envoie un **XOFF (13 H)** et transmet les dernières données valides.

La station doit être active pour que le message soit mis à jour dans la station. Si la station est inactive le message ARGOS est rempli de FFFF.

5.4.4. Liaison RS232.

L'interface série est du type RS232 avec des niveaux 0 et 10 V.

vitesse de transmission : **1200 bauds**

format des données : 1 bit start (à "0")
 8 bits de données
 1 bit stop (à "1")
 pas de parité

5.4.5. Raccordements. (voir annexe 2)

Il est nécessaire de relier les signaux **RST** et **CTS** de la carte **RS232** (bornier 7 et 8) pour que le dialogue soit possible.

Le signal **RX** de l'émetteur ARGOS est connecté sur le signal **TX** de la carte RS232.

Le signal **TX** de l'émetteur ARGOS est connecté sur le signal **RX** de la carte RS232.

Le signal **DTR** de l'émetteur ARGOS est connecté sur le signal **MST** de la carte RS232. Le passage de ce signal à un niveau bas permet à la station de détecter l'interrogation prochaine de l'émetteur et donc d'être prête à recevoir le **XON** qui définit le début de transmission du message vers l'émetteur ARGOS.

5.4.6. Correction à apporter à la conductivité mesurée en fonction de la température.

soient

C la conductivité mesurée,

C' la conductivité corrigée,

a(t) le coefficient de correction, **t** température en degrés Celsius

$$C' = a(t) \cdot C$$

avec

$$a(t) = 1 / (0,022 \cdot t + 0,560)$$

t en dg celsius

5.4.7. Correction à apporter au PH mesuré en fonction de la température.

soient

PH le PH mesuré,

PH' le Ph corrigé,

b(t) le coefficient de correction, **t** température en degrés Celsius

$$PH' = b(t) \cdot PH$$

avec

$$b(t) = (3,413 \cdot (t + 273) / 1000)$$

t en dg celsius

5.4.8. Conversion de la mesure de turbidité.

La mesure brute fournie par le capteur de turbidité (0 à 2047) ne donne pas directement la valeur de la mesure, il faut appliquer une loi exponentielle pour lire la turbidité en NTU :

soit **I** la valeur fournie par la carte

soit **IO** la valeur fournie par la carte pour une turbidité à 0 NTU

soit **N** la valeur de la turbidité en NTU

$$N = 1/0,007 \cdot \ln (IO / I) \text{ avec } IO = 1900$$

5.4.9. Mesure de la Radioactivité.

La mesure d'activité radioactive (quantité donnée de nucléides radioactifs à un instant donné, quotient dN par dt, où dN est le nombre de transitions spontanées pendant le temps dt) est exprimée en nombre de coups.

Pour pouvoir gérer le nombre de coups sur des valeurs comprises entre 0 et 2047, un facteur de division est configurable de 1 à 4095 à l'aide de switches (sur la carte 1985110, suivi = 2^i , i de 0 à 11). Par défaut le facteur de division est fixé à 60 ($sw2 + sw3 + sw4 + sw5 = 4 + 8 + 16 + 32$)

Pour une mesure effectuée toutes les heures (T = 60 mn), la lecture de la mesure de radioactivité est exprimée en cps/mn (facteur de division = 60).

Important : Il est impératif de ne pas placer la sonde de Radioactivité près de la sonde de Conductivité car la mesure de conductivité serait perturbée.

5.4.10. Mesure de PH.

La mesure de PH est une différence de potentiel :

0mV à PH 7 et 58mV par unité de PH

58mV à PH 6 et -58 mV à PH 8

5.4.11. Paramétrage des voies de mesure de la station.

VOIE 1 CONDUCTIVITE

Libellé : Conduc
Unité : mS
Coeff a : 0.01
Coeff b : -1,32

CONDUCTIVITE CORRIGEE

No table : 6
Voie corr : 2
Affichage : 0
Coeff a : 0,0001
Coeff b : 0,1
+ Sat : 100
- Sat : 0

VOIE 2 TEMPERATURE

Libellé : Temperat
Unité : Dg
Coeff a : 0.1
Coeff b : -110

VOIE 3 RADIOACTIVITE

Libellé : Radioact
Unité : Cps
Coeff a : 1
Coeff b : -100

VOIE 4 NIVEAU

Libellé : Niveau
Unité : cm
Coeff a : 0.5
Coeff b : -52,5

VOIE 5 PH

Libellé : PH
Unité : Unit
Coeff a : -0,01
Coeff b : 8,01

PH CORRIGE

No table : 5
Voie corr : 2
Affichage : 0
Coeff a : 0,0001
Coeff b : 0,1
+ Sat : 100
-Sat : 0

VOIE 6 TURBIDITE

Libellé : Turbid
Unité : Unit
Coeff a : 1
Coeff b : -100

TURBIDITE en NTU

No table : 4
Voie corr : 0
Affichage : 0
Libellé : Turbidit
Unité : NTU
Coeff a : 0,1
Coeff b : 1
+ Sat : 1900
-Sat : 0

6. PREMIERES EXPERIMENTATIONS.

La station a été montée et testée en laboratoire dans les locaux de la Société AUTEG avant d'être envoyée et montée à Bamako pour une deuxième série de tests en conditions quasi-réelles de fonctionnement, en prélude à son installation définitive sur rivière. La télétransmission des données Argos a fait l'objet d'un premier contrôle à Montpellier, où on a utilisé les compétences en télétransmission du Laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM pour vérifier la qualité du message emis par la station en cours de test chez AUTEG en

France. Comme l'ensemble des fonctions de la station, la télétransmission Argos a fait l'objet d'une seconde série de tests sur le site de Bamako.

Des complications douanières (problèmes d'exonération, services des douanes en profonde restructuration après la résolution de mars 91, pendant la période de transition) ont immobilisé le matériel en provenance d'AUTEG pendant plus de 6 mois jusqu'en juillet 92. L'expérimentation de Bamako n'a donc pu démarrer que très tardivement.

6.1. Essais de télétransmission.

Ceux-ci ont d'abord été effectués en station sur Grenoble, la station de réception étant située à Montpellier. Comme en témoignent les extraits donnés dans le tableau 2, le fonctionnement de la balise Argos a donné toute satisfaction.

En place sur le site de Bamako, la télétransmission, effective dans un premier temps, a présenté ensuite des anomalies au niveau de la lecture des données transmises. Il s'est avéré que les messages d'erreurs transmis sont imputables à une baisse du niveau d'alimentation ; on a pu par ailleurs confirmer le bon fonctionnement de la balise Argos et de la carte de télétransmission.

6.2. Mesures physicochimiques.

Les capteurs ont été testés et ont subi un étalonnage dans les laboratoires de la Société AUTEG. A Bamako, ils ont été mis en place sur un bassin de 50 m³ dans lequel on a prévu de faire varier les différents paramètres, opération préliminaire à l'installation en vraie grandeur dans le fleuve. On donne ci-après quelques extraits des résultats obtenus.

On relèvera d'abord un suivi de la station sur quelques jours durant le mois d'août 92. Le pas de temps d'observation est de cinq minutes ; on présente 5 jours d'observations.

La courbe des températures de l'eau (fig.19), correspond bien aux valeurs mesurées in situ et à une amplitude journalière correspondant à l'ensoleillement du plan d'eau. La courbe des hauteurs d'eau (fig.20) montre des plateaux diurnes légèrement inclinés traduisant une évaporation significative du plan d'eau : on a perdu environ 3 cm en 4 jours ; une phase de remplissage complémentaire du bassin est bien observée en fin d'enregistrement. Mais à partir du 2^{ème} jour la chute de niveau observée en fin de nuit correspond d'évidence à une chute de l'alimentation ; la batterie n'est plus assez chargée et le système fonctionne de

MESSAGES RESULTATS POUR LE CODE : 10059 64
depuis le : 14/10/91

DATATION : 14/10/91 9:37:34									
NOM	UNITE	VALEUR	NOM	UNITE	VALEUR	NOM	UNITE	VALEUR	IQR
NUM	STAT	9.00	NUM	MESS	31.00	DATE	MINUT	30.00	BON
	HEURE	10.00		JOUR	14.00		MOIS	10.00	
CAPT	N°1	173.00	CAPT	N°2	1277.00	CAPT	N°3	120.00	
CAPT	N°4	250.00	CAPT	N°5	117.00	CAPT	N°6	1907.00	
BAT	TEST	0.00							

DATATION : 14/10/91 14:11:46									
NOM	UNITE	VALEUR	NOM	UNITE	VALEUR	NOM	UNITE	VALEUR	IQR
NUM	STAT	9.00	NUM	MESS	49.00	DATE	MINUT	0.00	BON
	HEURE	15.00		JOUR	14.00		MOIS	10.00	
CAPT	N°1	172.00	CAPT	N°2	1282.00	CAPT	N°3	16583.00	
CAPT	N°4	37583.00	CAPT	N°5	18711.00	CAPT	N°6	1165.00	
BAT	TEST	0.00							
NUM	STAT	9.00	NUM	MESS	50.00	DATE	MINUT	15.00	BON
	HEURE	15.00		JOUR	14.00		MOIS	10.00	
CAPT	N°1	172.00	CAPT	N°2	1282.00	CAPT	N°3	187.00	
CAPT	N°4	250.00	CAPT	N°5	117.00	CAPT	N°6	1900.00	
BAT	TEST	0.00							
NUM	STAT	9.00	NUM	MESS	50.00	DATE	MINUT	15.00	BON
	HEURE	15.00		JOUR	14.00		MOIS	10.00	
CAPT	N°1	32.00	CAPT	N°2	2992.00	CAPT	N°3	4000.00	
CAPT	N°4	1872.00	CAPT	N°5	30407.00	CAPT	N°6	65535.00	
BAT	TEST	1.00							

DATATION : 14/10/91 19:18:43									
NOM	UNITE	VALEUR	NOM	UNITE	VALEUR	NOM	UNITE	VALEUR	IQR
NUM	STAT	9.00	NUM	MESS	70.00	DATE	MINUT	15.00	BON
	HEURE	20.00		JOUR	14.00		MOIS	10.00	
CAPT	N°1	172.00	CAPT	N°2	1291.00	CAPT	N°3	123.00	
CAPT	N°4	250.00	CAPT	N°5	117.00	CAPT	N°6	1835.00	
BAT	TEST	0.00							
NUM	STAT	9.00	NUM	MESS	70.00	DATE	MINUT	15.00	BON
	HEURE	20.00		JOUR	14.00		MOIS	10.00	
CAPT	N°1	172.00	CAPT	N°2	1291.00	CAPT	N°3	123.00	
CAPT	N°4	250.00	CAPT	N°5	117.00	CAPT	N°6	1835.00	
BAT	TEST	0.00							

DATATION : 15/10/91 2:38: 2									
NOM	UNITE	VALEUR	NOM	UNITE	VALEUR	NOM	UNITE	VALEUR	IQR
NUM	STAT	0.00	NUM	MESS	0.00	DATE	MINUT	0.00	BON
	HEURE	0.00		JOUR	0.00		MOIS	0.00	
CAPT	N°1	0.00	CAPT	N°2	0.00	CAPT	N°3	0.00	
CAPT	N°4	0.00	CAPT	N°5	0.00	CAPT	N°6	0.00	
BAT	TEST	0.00							

DATATION : 15/10/91 6:42:24									
NOM	UNITE	VALEUR	NOM	UNITE	VALEUR	NOM	UNITE	VALEUR	IQR
NUM	STAT	9.00	NUM	MESS	116.00	DATE	MINUT	45.00	BON
	HEURE	7.00		JOUR	15.00		MOIS	10.00	
CAPT	N°1	172.00	CAPT	N°2	1275.00	CAPT	N°3	120.00	
CAPT	N°4	250.00	CAPT	N°5	117.00	CAPT	N°6	1835.00	
BAT	TEST	0.00							

DATATION : 15/10/91 7:32:52									
NOM	UNITE	VALEUR	NOM	UNITE	VALEUR	NOM	UNITE	VALEUR	IQR
NUM	STAT	9.00	NUM	MESS	119.00	DATE	MINUT	30.00	BON
	HEURE	8.00		JOUR	17.00		MOIS	10.00	
CAPT	N°1	172.00	CAPT	N°2	1275.00	CAPT	N°3	121.00	
CAPT	N°4	250.00	CAPT	N°5	117.00	CAPT	N°6	1835.00	
BAT	TEST	0.00							
NUM	STAT	9.00	NUM	MESS	119.00	DATE	MINUT	30.00	BON
	HEURE	8.00		JOUR	15.00		MOIS	10.00	
CAPT	N°1	172.00	CAPT	N°2	1275.00	CAPT	N°3	121.00	
CAPT	N°4	250.00	CAPT	N°5	117.00	CAPT	N°6	1835.00	
BAT	TEST	0.00							

Tableau 2 :

Tableau indiquant les messages Argos reçus par la station de réception du Laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM Montpellier ; l'émission a lieu depuis la station automatique testée à Grenoble.

TEMPERATURE

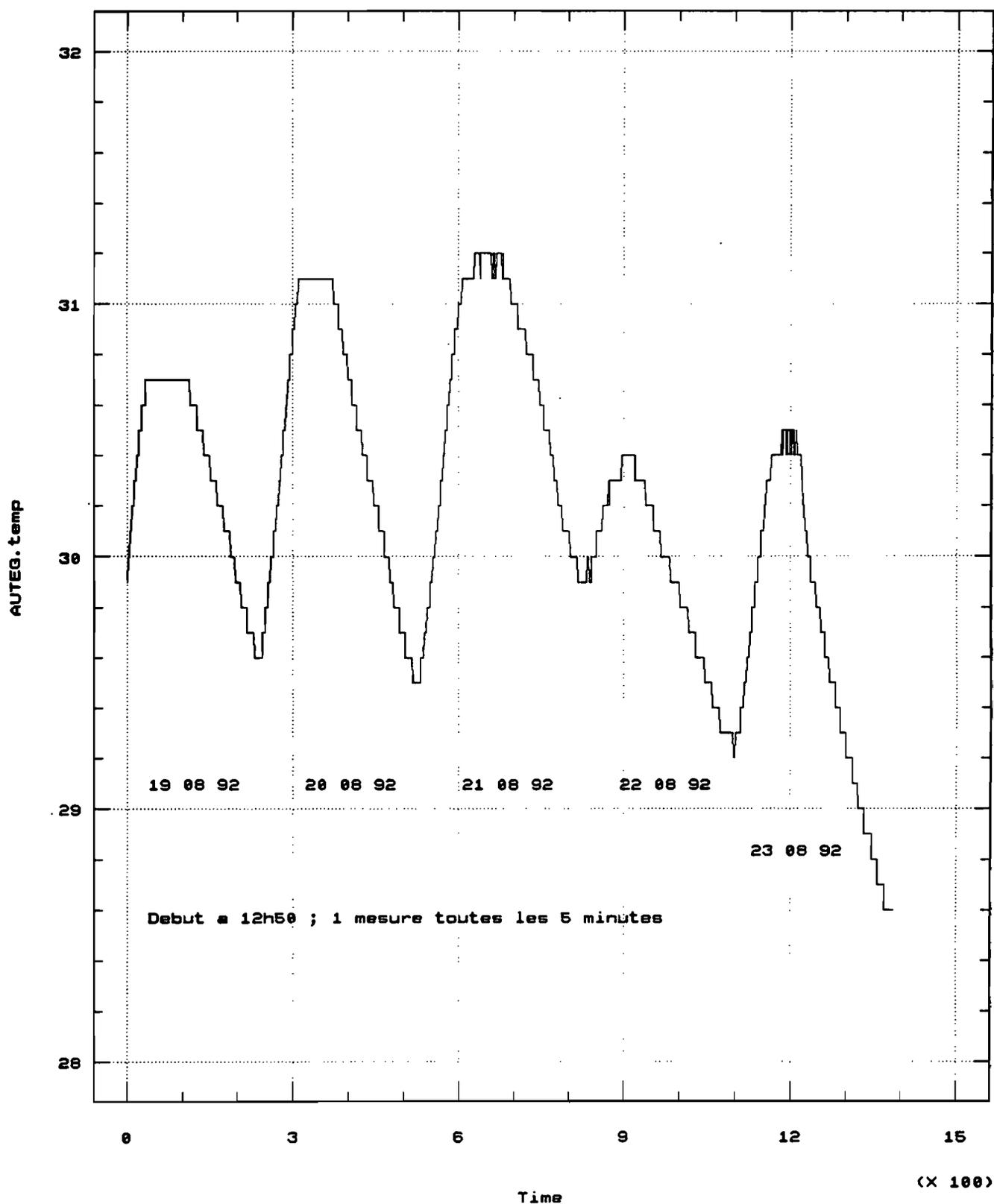


Figure 19 :
 Températures en degrés C relevées lors du premier test de la station sur le site de Bamako du 19 au 23 août 1992. Le début a lieu a 12h50, puis il y a une mesure toutes les 5 minutes.

HAUTEUR DU PLAN D'EAU

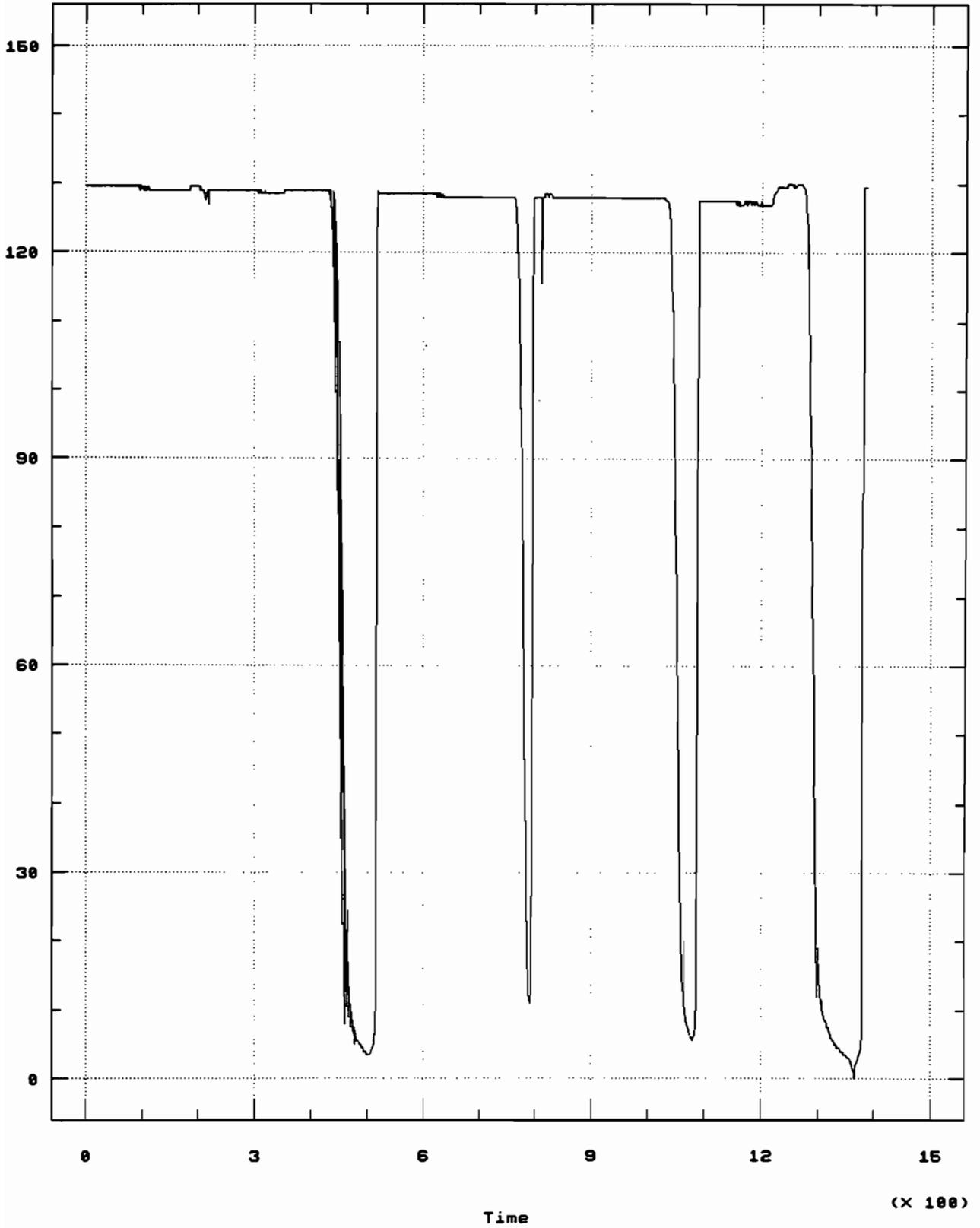


Figure 20 :
Même légende que la figure 19, hauteurs d'eau en cm.

manière aberrante ; dès la reprise de l'ensoleillement sur le panneau solaire, les mesures retrouvent immédiatement des valeurs correctes.

La courbe du pH (fig.21) donne dans un premier temps des fluctuations qui n'ont pu être interprétées et qui correspondent probablement à une mauvaise implantation de la canne sonde ; après rectification, on note en effet un plateau de valeurs de pH 6,9 qui correspond effectivement au pH des eaux mesurées.

La conductivité donnée dans le graphique 22 correspond à des valeurs brutes du système avant correction par la température et traduction en microSiemens par cm. Il semble cependant qu'il y ait une dérive en cours de journée et que l'on retrouve les chutes de tension de l'alimentation de la station. La turbidité, très faible dans les eaux mesurées, semble suivre le même effet de dérive et de chute de tension. Au niveau de la sonde de radioactivité la fréquence de scrutation, ici de 5 minutes, est beaucoup trop courte, surtout pour des eaux peu chargées, pour donner des résultats.

Les tableaux 3 et 4 illustrent le type de traitement que l'on peut obtenir à partir des sorties du logiciel AUTEG : série des observations pour un temps choisi et analyse statistique correspondante.

L'ensemble des observations enregistrées est du même type ; le problème d'alimentation n'a pu être réglé au niveau de batteries complémentaires. Les difficultés de liaison avec le constructeur n'ont pas facilité la mise en oeuvre de solutions de remplacement. Il semble que la sonde de radioactivité soit responsable d'un excès de consommation électrique et que l'ensemble du système soit perturbé. Après renvoi de la sonde de radioactivité (et de la carte de traitement du signal) chez AUTEG pour vérification, nous avons procédé à une nouvelle série de mesures. Au niveau du fonctionnement plusieurs défaillances ont été constatées :

- la communication par RS 232 est très difficile à obtenir ; ceci semble provenir du câble de liaison ou de l'interface d'entrée du système ;

- le problème d'alimentation est toujours crucial, le matin la batterie a une tension très basse (environ 3 volts) et les informations correspondantes sont systématiquement perdues. Des mesures de consommation ont été faites. La station au repos, avec toutes les cartes branchées, consomme 66,6 mA, sans la sonde de conductivité : 63,3 mA, sans la sonde de température : 62,7 mA, sans la sonde de niveau : 63,7 mA, sans la sonde de pH : 63,1 mA, sans la sonde de turbidité : 62,7 mA, sans la sonde de radioactivité la consommation est de 46,8 mA. C'est donc cette dernière qui est la grande consommatrice d'énergie au niveau des capteurs. Mais des problèmes de connexion au niveau du

pH

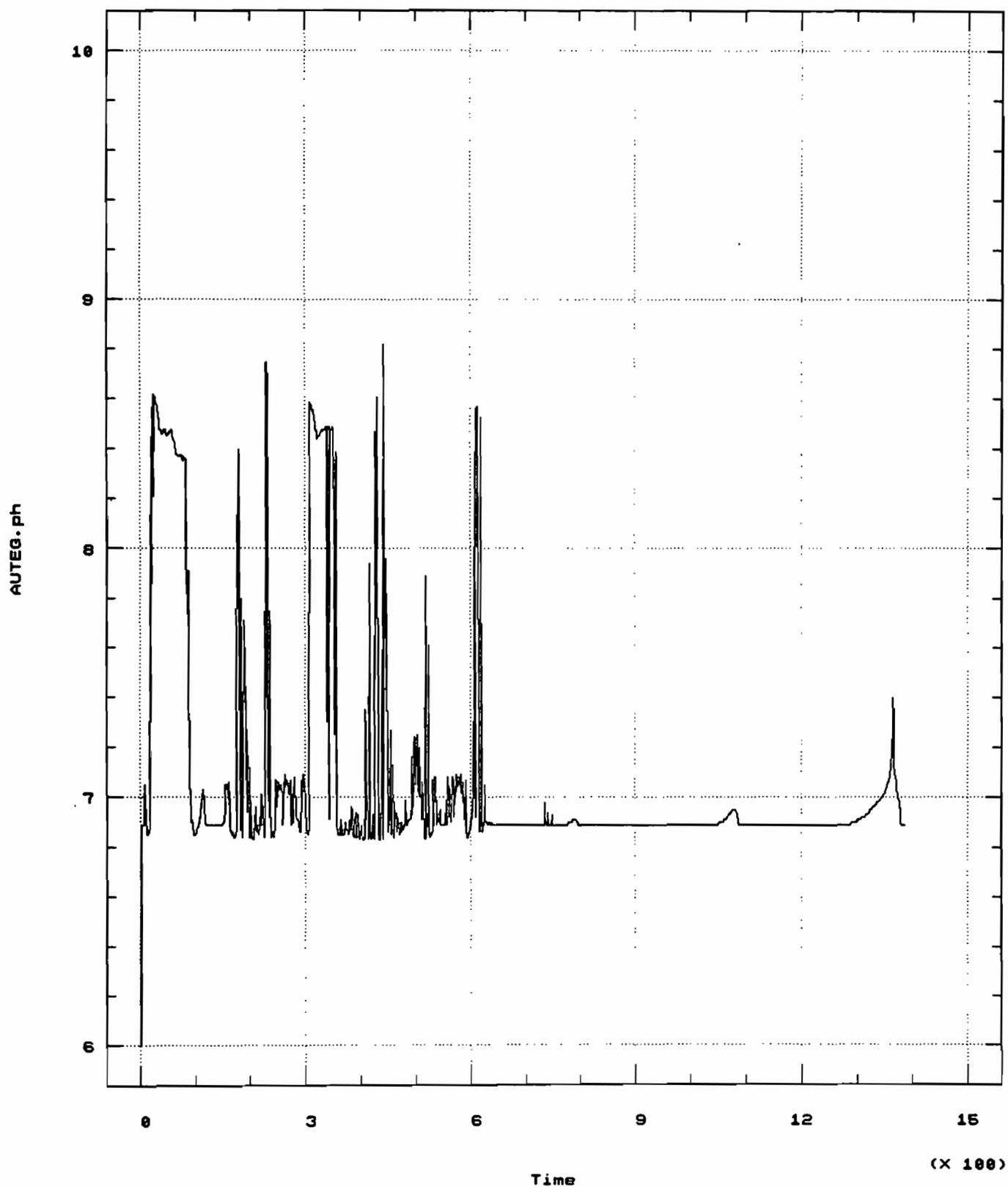


Figure 21 :
Même légende que la figure 19, pH.

CONDUCTIVITE

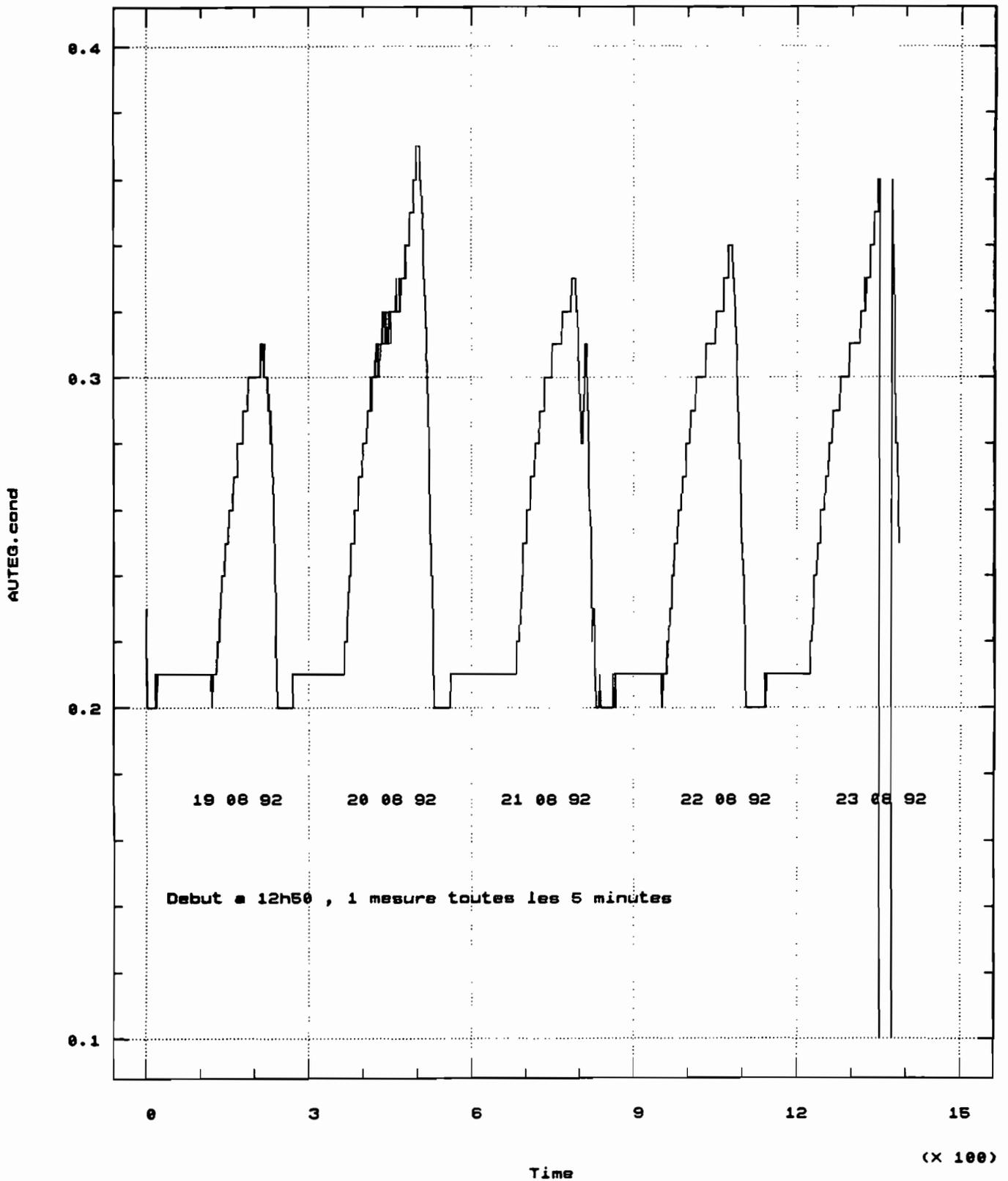


Figure 22 :
Même légende que la figure 19, conductivités.

Cursor at Row: 560
Column: 1

Data Editor
File: AUTEg

Maximum Rows: 1000
Number of Cols: 7

Row	date	heure	cond	temp	ph	hauteur	turb
560	21/08/92	11h25	0.20	30.1	6.92	128.5	
561	21/08/92	11h30	0.20	30.1	7.04	128.5	
562	21/08/92	11h35	0.21	30.1	7.02	128.5	5
563	21/08/92	11h40	0.21	30.1	7.03	128.5	5
564	21/08/92	11h45	0.21	30.2	6.90	128.5	
565	21/08/92	11h50	0.21	30.2	6.93	128.5	5
566	21/08/92	11h55	0.21	30.2	6.95	128.5	5
567	21/08/92	12h00	0.21	30.2	7.08	128.5	
568	21/08/92	12h05	0.21	30.3	7.04	128.5	
569	21/08/92	12h10	0.21	30.3	7.07	128.5	5
570	21/08/92	12h15	0.21	30.3	6.92	128.5	
571	21/08/92	12h20	0.21	30.3	7.02	128.5	
572	21/08/92	12h25	0.21	30.4	7.04	128.5	5
573	21/08/92	12h30	0.21	30.4	7.00	128.5	5
Length	1387	1387	1387	1387	1387	1387	13
Typ/Wth	C/ 8	C/ 6	N/ 8	N/ 8	N/ 8	N/10	I/

Tableau 3 :
Données en sortie du logiciel d'acquisition AUTEg : date, heure, valeur de chaque paramètre.

Variable:	cond	temp	hauteur	ph	turb
Sample size	1387	1387	1387	1387	1387
Average	0.240598	30.1838	110.398	7.07126	6.55876
Median	0.22	30.2	128	6.89	6
Mode	0.21	30.7	128	6.89	6
Geometric mean		30.1775		7.04223	
Variance	0.0102424	0.376093	1721.76	0.249789	2.08367
Standard deviation	0.101205	0.613264	41.4941	0.499789	1.44349
Standard error	2.71746E-3	0.0164668	1.11416	0.0134199	0.0387593
Minimum	-0.8	28.6	0	0.13	0
Maximum	0.37	31.2	130	8.82	12
Range	1.17	2.6	130	8.69	12
Lower quartile	0.21	29.8	127.5	6.89	5
Upper quartile	0.3	30.7	129	6.96	8
Interquartile range	0.09	0.9	1.5	0.07	3
Skewness	-6.35037	-0.333286	-1.98809	0.108777	0.272418
Standardized skewness	-96.5521	-5.06734	-30.2273	1.65386	4.14189
Kurtosis	56.6458	-0.348756	2.10047	29.7994	0.911897
Standardized kurtosis	430.626	-2.65127	15.9679	226.538	6.93231

Tableau 4 :
Exemple de traitement statistique des données de chaque capteur.

système d'alimentation et de la carte correspondante doivent subsister, puisque les tests en laboratoire chez AUTEГ indiquaient un fonctionnement nominal de la station.

Une séquence expérimentale de mesures a été effectuée le 4 novembre 1992, soit après 4 mois d'installation de la station en conditions climatiques réelles, avec modification progressive du milieu mesurée par addition de sel et de matière argileuse dans des proportions connues par rapport au volume d'eau. Le tableau 5 ci-après résume l'information recueillie toutes les minutes. Pour cette fréquence d'observation, il va de soi que la sonde de radioactivité n'est pas opérationnelle d'où les valeurs 0 indiquées dans la colonne correspondante.

La variation de température est tout à fait cohérente et correspond aux températures observées manuellement. Le pH suit également des variations tout à fait normales. En 2 h 30 d'expérimentation la variation de pH est inférieure à 1/10 d'unité. La figure 23 pourrait laisser penser à une dérive si l'échelle des ordonnées n'était si dilatée ; en outre, il est naturel que le milieu évolue en cours de journée. Les mesures de turbidité sont tout à fait en phase avec les additions de matières en suspension qui sont immédiatement répercutées et homogénéisées après brassage du milieu. A noter cependant que l'expérience n'a pu être poursuivie de manière satisfaisante pour des fortes concentrations par suite du mauvais fonctionnement de la RS 232. La sonde de hauteur d'eau a fonctionné de manière satisfaisante ; son déplacement en cours de mesure de la cote 32 à la cote 28 est parfaitement enregistré. La sonde de conductivité montre, au-delà des valeurs indiquées et sur lesquelles nous reviendrons, des variations tout à fait cohérentes : grand palier initial et trois marches d'escalier successives de même hauteur correspondant à l'addition d'une même quantité de NaCl dans les trois cas (fig.23). Les valeurs restituées méritent par contre quelques explications. Il est bien sûr complètement aberrant d'avoir des valeurs négatives. Des variations observées, il semble qu'il ne s'agisse que d'une constante de correction à ajouter. Quoi qu'il en soit l'étalonnage de la sonde demande à être repris ; on peut d'ailleurs s'interroger sur l'incidence qu'aurait pu avoir la proximité de la sonde de radioactivité sur le dérèglement de l'étalonnage de la sonde de conductivité au cours de la première expérimentation (à ce moment, les recommandations du constructeur données au chapitre 5 n'étaient pas encore connues des opérateurs).

MESURES EFFECTUEES LE 4 NOVEMBRE 1992

Opération	heure	minu	cond	cond cor	Temp	radio	Hautau	pH	pH	pHcorr	turb.	turb.
				uS/cm	C	cps	cm	mV				NTU
MES = 0 mg/l	*	11	-0.11	-102.98	23.1	0	32	6.39	6.89	6.88	60	493.61
	10	12	-0.11	-102.77	23.2	0	32	5.78	6.90	6.88	60	493.61
	10	13	-0.11	-102.77	23.2	0	32	5.7	6.90	6.88	60	493.61
	10	14	-0.11	-102.77	23.2	0	32	5.72	6.90	6.88	60	493.61
	10	15	-0.11	-102.77	23.2	0	32	5.73	6.90	6.88	60	493.61
	10	16	-0.11	-102.77	23.2	0	32	5.77	6.90	6.88	60	493.61
	10	17	-0.11	-102.77	23.2	0	32	5.89	6.90	6.87	60	493.61
	10	18	-0.12	-111.88	23.3	0	32	6.19	6.89	6.87	60	493.61
	10	19	-0.12	-111.88	23.3	0	32	6.47	6.89	6.87	60	493.61
	10	20	-0.12	-111.88	23.3	0	32	6.3	6.89	6.87	60	493.61
brassage et prélèvement	10	21	-0.12	-111.88	23.3	0	32	5.9	6.90	6.88	60	493.61
	10	22	-0.12	-111.88	23.3	0	32	5.6	6.90	6.88	59	496.01
	10	23	-0.12	-111.88	23.3	0	32	5.88	6.90	6.88	60	493.61
MES = 1 mg/l	10	24	-0.12	-111.88	23.3	0	32	6.28	6.89	6.87	58	498.45
	10	25	-0.12	-111.88	23.3	0	32	6.43	6.89	6.87	58	498.45
	10	26	-0.12	-111.85	23.4	0	32	6.47	6.89	6.87	59	496.01
	10	27	-0.12	-111.85	23.4	0	32	6.53	6.89	6.87	59	496.01
	10	28	-0.12	-111.85	23.4	0	32	6.64	6.89	6.87	59	496.01
	10	29	-0.12	-111.85	23.4	0	32	6.75	6.88	6.88	59	496.01
	10	30	-0.12	-111.85	23.4	0	32	6.84	6.88	6.88	59	496.01
	10	31	-0.12	-111.85	23.4	0	32	6.88	6.88	6.88	60	493.61
	10	32	-0.12	-111.85	23.4	0	32	6.88	6.88	6.88	60	493.61
	10	33	-0.13	-120.71	23.5	0	32	6.89	6.88	6.88	60	493.61
	10	34	-0.12	-111.42	23.5	0	32	6.87	6.88	6.88	60	493.61
	10	35	-0.12	-111.42	23.5	0	32	6.88	6.88	6.88	60	493.61
	10	36	-0.13	-120.71	23.5	0	32	6.87	6.88	6.88	60	493.61
	10	37	-0.13	-120.71	23.5	0	32	6.86	6.88	6.88	61	491.25
	10	38	-0.12	-111.42	23.5	0	32	6.89	6.88	6.88	61	491.25
	10	39	-0.12	-111.19	23.6	0	32	6.88	6.88	6.87	61	491.25
	10	40	-0.12	-111.19	23.6	0	32	6.88	6.88	6.87	61	491.25
	10	41	-0.12	-111.19	23.6	0	32	6.87	6.88	6.87	61	491.25
brassage	10	42	-0.12	-111.19	23.6	0	32	6.88	6.88	6.87	61	491.25
	10	43	-0.12	-111.19	23.6	0	32	6.88	6.88	6.87	62	488.92
	10	44	-0.12	-111.19	23.6	0	32	6.88	6.88	6.87	68	475.73
	10	45	-0.12	-111.19	23.6	0	32	6.89	6.88	6.87	68	475.73
	10	46	-0.13	-120.21	23.7	0	32	6.89	6.88	6.87	68	475.73
brassage et prélèvement	10	47	-0.12	-110.97	23.7	0	32	6.89	6.88	6.87	67	477.85
	10	48	-0.13	-120.21	23.7	0	32	5.9	6.90	6.89	67	477.85
	10	49	-0.12	-110.97	23.7	0	32	5.72	6.90	6.89	67	477.85
MES = 2 mg/l	10	50	-0.12	-110.97	23.7	0	32	5.67	6.90	6.89	65	482.17
	10	51	-0.13	-120.21	23.7	0	32	5.62	6.90	6.89	67	477.85
	10	52	-0.12	-110.74	23.8	0	32	5.89	6.90	6.89	67	477.85
	10	53	-0.12	-110.74	23.8	0	32	5.8	6.90	6.89	67	477.85
	10	54	-0.12	-110.74	23.8	0	32	5.63	6.90	6.89	68	479.99
	10	55	-0.12	-110.74	23.8	0	32	5.78	6.90	6.89	68	479.99
	10	56	-0.13	-119.97	23.8	0	32	5.72	6.90	6.89	68	479.99
	10	57	-0.12	-110.74	23.8	0	32	5.69	6.90	6.89	66	479.99
	10	58	-0.13	-119.73	23.9	0	32	5.58	6.90	7.00	68	479.99
	10	59	-0.13	-119.73	23.9	0	32	5.55	6.90	7.00	68	479.99

Tableau 5 :

Tableau des mesures effectuées minutes par minutes lors du test de la station sur le site de Bamako le 4 novembre 1992. En colonne de gauche figurent les remarques concernant chaque opération effectuée.

Opération	heure	min	cond	cond cor	Temp	radl	Haute	pH	pH	pHcorr	turb.	turb.
				uS/cm	C	cpe	cm	mV				NTU
	11	1	-0.12	-110.52	23.9	0	32	5.61	6.90	7.00	65	482.17
	11	2	-0.12	-110.52	23.9	0	32	5.63	6.90	6.99	65	482.17
	11	3	-0.12	-110.29	24	0	32	5.63	6.90	7.00	65	482.17
	11	4	-0.12	-110.29	24	0	32	5.6	6.90	7.00	65	482.17
	11	5	-0.12	-110.29	24	0	32	5.65	6.90	7.00	65	482.17
	11	6	-0.12	-110.29	24	0	32	5.59	6.90	7.00	65	482.17
	11	7	-0.13	-118.48	24	0	32	5.53	6.90	7.00	65	482.17
	11	8	-0.12	-110.29	24	0	32	5.62	6.90	7.00	65	482.17
	11	9	-0.12	-110.07	24.1	0	32	5.53	6.90	7.00	65	482.17
	11	10	-0.13	-118.24	24.1	0	32	5.64	6.90	7.00	65	482.17
	11	11	-0.12	-110.07	24.1	0	32	5.53	6.90	7.00	65	482.17
	11	12	-0.13	-118.24	24.1	0	32	5.56	6.90	7.00	65	482.17
MES = 3 mg/l	11	13	-0.13	-118.24	24.1	0	32	5.5	6.91	7.00	67	477.85
	11	14	-0.13	-118.24	24.1	0	32	5.59	6.90	7.00	67	477.85
	11	15	-0.13	-118.00	24.2	0	32	5.57	6.90	7.00	68	479.99
	11	16	-0.13	-118.00	24.2	0	32	5.51	6.91	7.00	68	479.99
	11	17	-0.13	-118.00	24.2	0	32	5.62	6.90	7.00	65	482.17
	11	18	-0.13	-118.00	24.2	0	32	5.62	6.90	7.00	68	479.99
	11	19	-0.13	-118.76	24.3	0	32	5.61	6.90	7.00	65	482.17
	11	20	-0.13	-118.76	24.3	0	32	5.56	6.90	7.01	65	482.17
	11	21	-0.12	-108.63	24.3	0	32	5.53	6.90	7.01	65	482.17
	11	22	-0.12	-108.63	24.3	0	32	5.63	6.90	7.00	65	482.17
	11	23	-0.13	-118.76	24.3	0	32	5.57	6.90	7.01	64	484.39
	11	24	-0.13	-118.53	24.4	0	32	5.49	6.91	7.01	62	488.82
brassage	11	25	-0.13	-118.53	24.4	0	32	5.56	6.90	7.01	67	477.85
	11	26	-0.13	-118.53	24.4	0	32	5.49	6.91	7.01	67	477.85
	11	27	-0.13	-118.53	24.4	0	32	5.55	6.90	7.01	67	477.85
	11	28	-0.13	-118.53	24.4	0	32	5.59	6.90	7.01	68	479.99
	11	29	-0.13	-118.53	24.4	0	32	5.52	6.90	7.01	68	479.99
	11	30	-0.13	-118.29	24.5	0	32	5.51	6.91	7.01	66	479.99
brassage	11	31	-0.13	-118.29	24.5	0	32	5.55	6.90	7.01	68	479.99
	11	32	-0.13	-118.29	24.5	0	32	5.51	6.91	7.01	68	475.73
	11	33	-0.13	-118.29	24.5	0	32	5.56	6.90	7.01	67	477.85
	11	34	-0.13	-118.05	24.6	0	32	5.5	6.91	7.01	67	477.85
	11	35	-0.13	-118.05	24.6	0	32	5.53	6.90	7.01	68	479.99
	11	36	-0.13	-118.05	24.6	0	32	5.53	6.90	7.01	68	479.99
	11	37	-0.13	-118.05	24.6	0	32	5.51	6.91	7.01	68	479.99
	11	38	-0.13	-118.05	24.6	0	32	5.55	6.90	7.01	68	479.99
	11	39	-0.13	-117.62	24.7	0	32	5.56	6.90	7.01	68	479.99
	11	40	-0.13	-117.62	24.7	0	32	5.47	6.91	7.02	68	479.99
	11	41	-0.13	-117.62	24.7	0	32	5.53	6.90	7.02	68	479.99
	11	42	-0.12	-108.75	24.7	0	32	5.54	6.90	7.02	68	479.99
brassage et prélèvement	11	43	-0.13	-117.62	24.7	0	32	5.56	6.90	7.01	65	482.17
	11	44	-0.12	-108.54	24.6	0	32	5.51	6.91	7.02	65	482.17
MES = 4 mg/l	11	45	-0.13	-117.56	24.6	0	32	5.59	6.90	7.02	67	477.85
NaCl = 50 mg/l	11	46	-0.05	-45.22	24.6	0	17	5.59	6.90	7.02	67	477.85
	11	47	-0.05	-45.13	24.9	0	28	5.63	6.90	7.02	68	479.99
brassage et prélèvement ME	11	48	-0.05	-45.13	24.9	0	28	5.65	6.90	7.02	68	479.99

	11	49	-0.06	-54.16	24.9	0	28	5.56	6.90	7.02	67	477.85
	11	50	-0.05	-45.05	25	0	28	5.6	6.90	7.02	71	469.56
	11	51	-0.05	-45.05	25	0	28	5.62	6.90	7.02	70	471.59
	11	52	-0.05	-45.05	25	0	28	5.69	6.90	7.02	73	465.59
	11	53	-0.05	-45.05	25	0	28	5.6	6.90	7.02	71	469.56
	11	54	-0.05	-45.05	25	0	28	5.7	6.90	7.02	69	473.64
	11	55	-0.05	-44.96	25.1	0	28	5.59	6.90	7.02	69	473.64
	11	56	-0.05	-44.96	25.1	0	28	5.7	6.90	7.02	68	475.73
MES = 5 mg/l	11	57	-0.05	-44.96	25.1	0	28	5.67	6.90	7.02	79	454.31
	11	58	-0.05	-44.96	25.1	0	28	5.62	6.90	7.02	70	471.59
	11	59	-0.05	-44.96	25.1	0	28	5.63	6.90	7.02	69	473.64

Opération	heure	min	cond	cond cor	Temp	radl	Haute	pH	pH	pHcorr	turb.	turb.
				uS/cm	C	cps	cm	mV				NTU
	12	1	-0.05	-44.96	25.1	0	28	5.66	6.90	7.02	68	475.73
	12	2	-0.05	-44.67	25.2	0	28	5.72	6.90	7.02	68	475.73
	12	3	-0.05	-44.67	25.2	0	28	5.62	6.90	7.03	67	477.85
	12	4	-0.05	-44.67	25.2	0	28	5.67	6.90	7.02	67	477.85
	12	5	-0.05	-44.67	25.2	0	28	5.67	6.90	7.02	67	477.85
NaCl = 100 mg/l - Chlore =	12	6	0.06	44.67	25.2	0	28	5.49	6.91	7.03	67	477.85
	12	7	0.04	35.62	25.3	0	28	5.43	6.91	7.03	71	469.56
brassage et prélèvement ME	12	8	0.04	35.62	25.3	0	28	5.35	6.91	7.03	70	471.59
	12	9	0.04	35.62	25.3	0	28	5.26	6.91	7.03	69	473.64
	12	10	0.04	35.62	25.3	0	28	5.24	6.91	7.03	68	475.73
	12	11	0.04	35.75	25.4	0	28	5.27	6.91	7.04	65	482.17
MES = 7 mg/l	12	12	0.04	35.75	25.4	0	28	5.25	6.91	7.04	66	475.73
	12	13	0.04	35.75	25.4	0	28	5.26	6.91	7.04	71	469.56
	12	14	0.04	35.75	25.4	0	28	5.27	6.91	7.04	70	471.59
	12	15	0.04	35.75	25.4	0	28	5.32	6.91	7.04	69	473.64
	12	16	0.04	35.75	25.4	0	28	5.33	6.91	7.04	69	473.64
	12	17	0.04	35.68	25.5	0	28	5.3	6.91	7.04	66	475.73
	12	18	0.04	35.68	25.5	0	28	5.3	6.91	7.04	68	475.73
	12	19	0.04	35.68	25.5	0	28	5.33	6.91	7.04	68	475.73
	12	20	0.04	35.68	25.5	0	28	5.42	6.91	7.04	68	475.73
	12	21	0.05	44.60	25.5	0	28	5.51	6.91	7.03	67	477.85
	12	22	0.04	35.61	25.6	0	28	5.33	6.91	7.04	72	467.56
	12	23	0.04	35.61	25.6	0	28	5.45	6.91	7.04	71	469.56
NaCl = 150 mg/l - Chlore =	12	24	0.14	124.64	25.6	0	27	5.26	6.91	7.04	70	471.59
	12	25	0.14	124.64	25.6	0	28	5.16	6.91	7.04	72	467.56
brassage et prélèvement ME	12	26	0.14	124.40	25.7	0	28	5.22	6.91	7.04	70	471.59
	12	27	0.14	124.40	25.7	0	28	5.11	6.91	7.05	70	471.59
MES = 100 mg/l	12	28	0.14	124.40	25.7	0	28	5.21	6.91	7.04	70	471.59
	12	29	0.14	124.40	25.7	0	28	5.1	6.91	7.05	72	467.56
	12	30	0.14	124.40	25.7	0	28	5.13	6.91	7.05	71	469.56

STATION AUTEG-BAMAKO
mesures du 4//11/1992

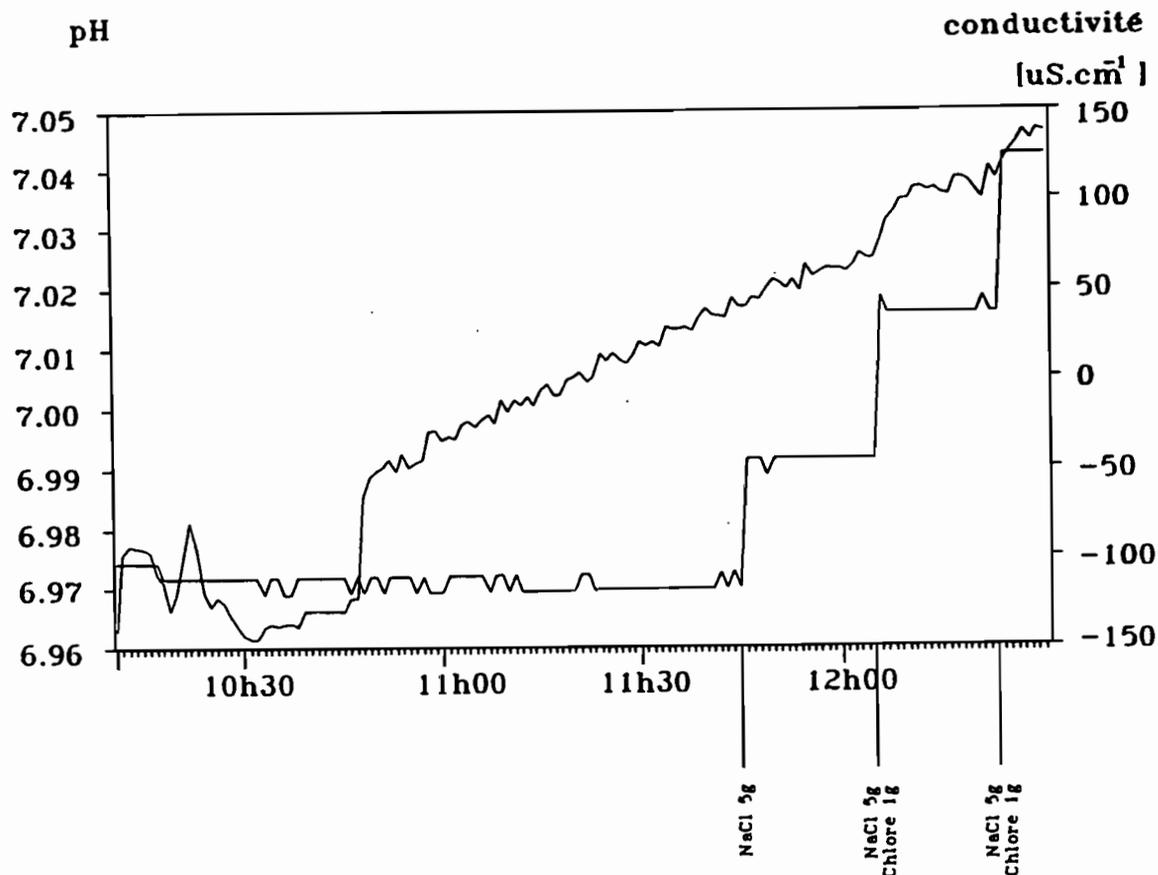


Figure 23 :

Variations de pH et de conductivité au cours du test du 4 novembre 1992 à Bamako. Les valeurs absolues de conductivité ne sont pas vraisemblables du fait d'un défaut d'étalonnage du capteur, mais les variations sont cohérentes avec les opérations effectuées.

6.3. Bilan des premières expérimentations.

En conclusion à l'issue des mesures récentes on peut considérer que les capteurs donnent aujourd'hui satisfaction (au problème près de l'étalonnage de la sonde de conductivité). Il reste cependant à tester en vraie grandeur la sonde de radioactivité sur des pas de temps tout à fait différents. Côté système et alimentation, une mise au point définitive s'impose. C'est dans ce but que nous avons renvoyé au constructeur AUTEG l'ensemble de la station, sous le bénéfice de la garantie prévue avec lui (station expédiée fin décembre 1992, reçue par AUTEG fin février 1993).

7. CONCLUSIONS.

Au terme de ce compte-rendu de recherche, il faut admettre que les objectifs affichés dans le projet n'ont été que partiellement atteints.

Cela est dû pour une part aux difficultés rencontrées sur le terrain (crises politiques en Afrique Centrale) mais aussi aux retards apportés dans la mise au point des balises Météosat auxquelles nous avons dû finalement renoncer, aux délais de livraison outre-mer des équipements, au changement d'implantation du site d'expérimentation et finalement aux problèmes rencontrés dans la phase de test de la station prototype. Malheureusement chacun de ces handicaps conjoncturels, plus ou moins prévisibles, s'est trouvé exceptionnellement développé pendant les diverses phases de réalisation du projet, en rendant la finalisation complète impossible dans les délais, et ce malgré la prolongation d'un an du contrat. On citera par exemple les 8 mois de retard douaniers, la crise politique majeure au Zaïre, qui se poursuit encore actuellement, et les 6 mois de retard du projet Météosat.

Au vu de tous ces éléments, force est de constater que les délais de réalisation du système "station automatique de qualité des eaux" ont été sous-estimés ; l'adéquation des expériences des équipes ORSTOM en matière de technologies nouvelles ou du constructeur en matière de contraintes du milieu intertropical (climatiques mais aussi structurelles) n'a pu être finalisée qu'en cours d'étude. Ainsi le bilan contractuel prévu par la notification de la décision d'aide du Ministère de la Recherche et de l'Espace, et qui fait l'objet de la présente note, constitue d'abord un rapport d'étape. Nous en soulignons ici les points forts.

1 - L'expérimentation conduite sur différentes stations hydrologiques du Congo-Zaïre puis du Niger a permis de préciser nos connaissances sur les régimes des transports de matières dissoutes et particulaires sur les grands fleuves intertropicaux, et de dégager les critères de représentativité des stations fixes automatiques. Elle a également permis de sélectionner des paramètres simples et propres à caractériser le fonctionnement et l'évolution des grands hydrosystèmes de ces régions, à travers l'implantation d'observatoires permanents de l'environnement.

Les travaux réalisés par les différentes équipes dont la composition a été rappelée en avant-propos, ont fait l'objet de différentes publications dont l'intérêt technique et scientifique est évident (voir bibliographie).

2- Le projet a permis la conception et la réalisation d'une station multicapteurs automatique. Les tests initiaux ont montré la validité du système ; les étalonnages et les mises au point ultérieurs ont abouti à l'heure actuelle à un système adapté aux conditions du terrain.

3- La télétransmission Argos est opérationnelle sur la station et le système Argos permettra d'intervenir sur notre programme Amazonie, ce qui n'aurait pas été possible par Météosat. En outre les stations de réception locales existent pour le bassin du fleuve Niger ce qui facilitera à moindre coût le suivi.

Le présent compte-rendu constitue le document contractuel prévu au terme de la décision d'aide. Mais notre action continue, la suite du projet étant financée sur budget propre de l'ORSTOM, et un rapport complémentaire de suivi est prévu. Dans l'immédiat, le constructeur se doit de résoudre les problèmes d'alimentation du système et de régler les quelques problèmes subsistant dans l'étalonnage de la sonde de conductivité.

Nous avons aussi souhaité que la fréquence de mesures de ces stations puisse être fixée dans la gamme de 2 à 24 mesures par jour, ceci afin de permettre de retenir un temps de comptage significatif pour la sonde de radioactivité, de ménager l'espace mémoire de la station pour une plus large autonomie dans le temps de stations isolées, d'économiser aussi la consommation d'énergie.

Au-delà de ces actions immédiates, nous avons défini les perspectives d'intervention des prochains mois :

- réglages de la station et nouveaux tests à réaliser par le constructeur AUTEG à Grenoble ;
- mise en place de la station par les équipes ORSTOM de Montpellier sur le bassin-versant expérimental de la Jasse (Laboratoire naturel du Pic Saint Loup) et contrôle en vraie grandeur pendant un mois ;
- renvoi de la station automatique au Mali et mise en service par le constructeur et les équipes ORSTOM de Bamako ;
- fonctionnement opérationnel de la station sur site réel pendant la crue de 1993 du fleuve Niger ;

- compte-rendu des résultats obtenus en fin de cycle hydrologique.

En terminant sur ces perspectives nous voulons insister sur l'investissement important des équipes qui ont pris part au programme et remercier celles-ci ainsi que les partenaires congolais et maliens, que nous avons associés au projet. Ceux-ci, au-delà de la formation complémentaire qu'ils ont acquise, ont pu mesurer les grandes difficultés, souvent triviales, que l'on rencontre dans la mise en oeuvre de technologies nouvelles. Cependant, ce type d'expérience constitue une contribution essentielle et une voie incontournable au développement d'observatoires permanents de l'environnement sur les grands hydrosystèmes continentaux.

BIBLIOGRAPHIE

ANONYME - 1978 - La sécurité dans l'emploi des radionucléïdes en sources non scellées. Institut National de Recherche et de Sécurité. Paris - 383 p.

BRICQUET, J.P. - 1987 - Mesure des matières en suspension : le Congo à Brazzaville, ORSTOM Brazzaville.

BRUNET-MORET Y., CHAPERON P., LAMAGAT J.P. et MOLINIER M. - 1986 - Monographie hydrologique du fleuve Niger. Tome 1. Niger supérieur, 396 p. Tome 2. Cuvette Lacustre et Niger moyen, 506 p. ORSTOM Paris - République Française - Ministère des Relations Extérieures. Secrétariat d'Etat à la Coopération.

CARRE P.- 1972 - Quelques aspects du régime des apports fluviaux de matériaux solides en suspension vers le Tchad. Cah. ORSTOM Sér. Hydrol. IX (1) 19 - 45.

CORBEL J. - 1964 - L'érosion terrestre. Etude quantitative. Ann. Géogr. 73 (398) 385 - 412.

DERONDE L. et SYMOENS J.J. 1980 - L'exportation des éléments dominants du bassin du fleuve Zaïre : Une révélation. Annls Limnol. 16 (2) : 183 - 188.

DEVROEY E.J. - 1941 - Le bassin hydrographique congolais. Inst. Roy. Belge. Sel. Sci. Techn. Mém. Coll 8°, III (3) 3 - 160.

DUGAS F. et THIEBAUX J.P. - 1989 - Reflexions sur la mesure de la charge solide en suspension dans l'Oubangui à BANGUI. In : Opération grands bassins fluviaux (Olivry, 1989) 16 p.

EISMA D., KALF J. et VAN DER GAAST S.J. - 1978 - Suspended matter in the Zaïre outflow in the Atlantic Ocean. Neth. J. of Sea. Res. 12 (3/4) : 382 - 406

EISMA D. et VAN BENNEKOM A.J. - 1978 - The Zaïre river and estuary and the Zaïre outflow in the Atlantic Ocean. Neth J. of Sea, 12 (3/4) : 255 - 272.

GAC J.Y. - 1970 - Les transports solides de l'Ouham à Batangafo (RCA) (en coll. avec J. CALLEDE et Y. ROUQUEROL). Rapport ORSTOM, Centre de BANGUI (RCA) 18 p.

GAC J.Y. et PINTA M. - 1973 - Bilan de l'érosion et de l'altération en climat tropical humide. Cah. O.R.S.T.O.M. , Sér. Géol. vol 5, n°1, p.83 - 96

GAC J.Y. - 1980 - Geochemistry of tropical landscapes on granitic rock : the Lake Chad Basin. In : Proc. III Symposium on water rock interaction (Edmonton, Canada, juillet 1980) tome 1, 8 -10.

GIBBS R. - 1967 - The geochemistry of the Amazon river system. Part 1 : The factors that control the salinity and the concentration of suspended solids. Geol. Soc. of Amer. Bull, 78, pp 1203 - 1232.

GIBBS R. - 1972 - Water chemistry of the Amazon river. *Geoch. Cosmoch. Acta*, 36 pp, 1061 - 1066.

GUYOT J.L. - 1987 - Résultats d'une campagne d'échantillonnage en basses-eaux en Amazonie Bolivienne (1986). PHICAB ORSTOM SENAMHI La PAZ.

HOLEMAN, J.N. - 1968 - The sediment yield of major rivers of the world. *Wat. Resour. Res.* 4 (4) 737 - 747.

JACCON G. et GAUTIER M. - 1991 - Réalisation d'un système de télétransmission de données hydrologiques par le satellite METEOSAT. Compte rendu de fin d'étude d'une recherche financée par le Ministère de la Recherche et de la Technologie. Décision d'Aide n° 88 LO 967. Laboratoire d'Hydrologie ORSTOM Montpellier 141 p.

KANE A. - 1985 - Le bassin du Sénégal à l'embouchure. Flux continentaux dissous et particulaires. Invasion marine dans la vallée du fleuve. Thèse Doc. 3ème cycle, Univ. Nancy II, 205 p.

KINGA MOUZE0 - 1982 - Transport particulaire actuel du fleuve Congo et de quelques affluents. Thèse Universitaire, Univ. de Perpignan, 251 p.

KINGA MOUZE0 - 1986 - Transport particulaire actuel du fleuve Congo et de quelques affluents . Thèse Universitaire, Univ. de Perpignan.

LARAQUE A., et BRICQUET J.P. - 1992 - Bilan de 5 années de mesures des MES en continu sur le Congo à Brazzaville - ORSTOM Brazzaville.

LEEDEN F.Van Der - 1975 - Water Resources of the World. Selected Statistics, 1 - 568. Water information Center , New York.

MAHE G. - 1992 - Les écoulements fluviaux sur la façade atlantique de l'Afrique. Etude des éléments du bilan hydrique et variabilité interannuelle, analyse de situations hydroclimatiques moyennes et extrêmes. Thèse, Université Paris Sud Orsay /ORSTOM, 385 p + 151 p annexes.

MARTIN J.M. et MEYBECK M. - 1978 - The content of major elements in the dissolved and particulate load of rivers. Biogeochemistry of estuarine sediments. Proc. of UNESCO/SCOR Workshop, Melreux 29 nov. 3 déc.1976, UNESCO PRESS.

MARTIN J.M. , THOMAS A.J. et VAN GRIEKEN R. - 1978 - Trace element composition of Zaïre suspended sediments. *Neth. J. of Sea Res.*12 (3/4) : 414 - 420.

MARTIN J.M. et MEYBECK M. - 1979 - Elemental mass-balance of material carried by major world rivers. *Marine Chemistry*, 7 (1979) : 173 - 206.

MARTINS O. - 1982 - Geochemistry of the Niger river. In : transport of carbon and minerals in major world rivers. Part. 1 (ed. E.T. DEGENS). Mitt. Geol. Paläont Inst. Univ. Hamburg, SCOPE:UNEP, Sonderb 52 , 397 - 418.

MATHIEU Ph. et MONNET Cl. - 1970 - Apports chimiques par les eaux de pluie en savane et sous forêt en climat intertropical (Côte d'Ivoire). 2 vol. ORSTOM ADIOPODOUME. Laboratoire de sédimentologie.

MEADE R.H., NORDIN C.F., COSTA ROGROGUES F.M., DO VALE C.M. et EDMOND J.M. - 1979 b - Transporte de sedimentos no rio Amazonas. Acta Amazonica, 9 (3) : 543 - 547.

MEYBECK M. - 1976 - Total dissolved transport by major world rivers. Hydrol. Bull. Sci, 21 (2) : 265 - 284.

MEYBECK M. - 1977 - Dissolved and suspended matter carried by rivers : composition, time and space variations and world balance. H.L. GOLTERMAN. Interactions between sediments and fresh waters, Junk and Pudoc, Amsterdam 25 - 32.

MEYBECK M. - 1984 - Les fleuves et le cycle géochimique des éléments. Thèse doc. d'Etat n° 84 - 85. Univ. Pierre et Marie Curie, Paris 6.

MOLINIER M. - 1979 - Note sur les débits et la qualité des eaux du Congo à Brazzaville. Cah. ORSTOM sér. Hydrol. vol XVI n° 1, p 55 - 66.

MOLINIER M. et MBEMBA E. - 1979 - The Congo Zaïre river basin. Water Quality Bulletin. The great rivers of the world. Part 2, vol.4, n° 4, p 83 - 85 and p 97.

MOLINIER M., THEBE B., THIEBAUX J.P. - 1981 - Données hydrologiques en République Populaire du Congo - ORSTOM Brazzaville.

MONNET Cl. - 1970 - Transport solide en suspension par un fleuve de Côte d'Ivoire : le Bandama . ORSTOM ADIOPODOUME. Laboratoire de sédimentologie.

NEDECO - 1959 - River Studies, Niger and Benue, 1 - 1000. North Holland, Amsterdam.

NOUVELOT J.F. - 1972 - Le régime des transports solides dans divers cours d'eau du Cameroun de 1969 à 1971, Cah. ORSTOM, Sér. Hydrol. IX, 1, p 47 - 74.

OLIVRY J.C. - 1966 - Dossier des stations limnimétriques de la République du Congo, 70 p, 100 figures, 290 tableaux, ORSTOM, Brazzaville.

OLIVRY J.C. - 1967 - Régimes hydrologiques des rivières Batéké (Lefini, Alima, Nkeni) ORSTOM Brazzaville.

OLIVRY J.C. - 1977 - Transports solides au Cameroun in : Erosion and solid matter transport in inland waters. Symp. de PARIS, juillet 1977, I.A.H.S. publ.n°122, p 134 - 141.

OLIVRY J.C., NAAH E. - Qualité des eaux de quelques rivières du Cameroun Méridional, 39 p. + 14 figures, ONAREST, Yaoundé.

OLIVRY J.C. - 1984 - Régimes hydrologiques des fleuves et rivières du Cameroun. Thèse de doctorat d'Etat USTL Montpellier 1400 p. + H.T.

OLIVRY J.C. - 1986 - Opération transports de matières sur le bassin du fleuve Congo - ORSTOM Brazzaville.

OLIVRY J.C. - 1987 - Les conséquences durables de la sécheresse actuelle sur l'écoulement du fleuve Sénégal et l'hypersalinisation de la basse Casamance. Proc. Vancouver Symp. août 1987, publication n° 168, 501 - 512.

OLIVRY J.C., BRICQUET J.P., THIEBAUX J.P. - 1988 - Transport de matières sur les grands fleuves des régions intertropicales : les premiers résultats des mesures de flux particulières sur le bassin du fleuve Congo in Sediment Budgets (Proceedings of the Porto Alegre Symposium IAHS n° 174).

OLIVRY J.C. - 1989 - Opération Grands bassins Fluviaux. Premiers résultats (années 1987 à 1989). Note d'information n°3 septembre 1989. PIRAT INSU/ORSTOM.

OLIVRY J.C. - 1992 - EQUANIS. Environnement et qualité des apports du Niger au Sahel. CNRST ORSTOM. BAMAKO.

OLIVRY J.C., BRICQUET J.P., et MAHE G. - 1993 - Vers un appauvrissement durable des ressources en eau de l'Afrique Humide ? Congrès AISH, YOKOHAMA.

ORANGE D. et CENSIER C. - 1992 - Note sur les MES de l'Oubangui à BANGUI - ORSTOM BANGUI.W

POUYAUD B., LE BARBE L. - 1987 - Onchocercose, Hydrologie et Télétransmission. Water for the future : Hydrology in Projective. Proceeding of Rome Symposium. IAHS publ. n° 164 p 239 - 244.

POUYAUD B.- 1987 - Réhabilitation des réseaux hydropluviométriques et Technologies nouvelles dans les pays en voie de développement. Workshop n° 7. Hydrological Sciences in the developping countries. IAHS- Vancouver Symposium.

PROBST J.L., NKOUNKOU R.R., KREMPP G., BRICQUET J.P., THIEBAUX J.P. et OLIVRY J.C. - 1992 - Dissolved major elements exported by the Congo and the Ubangui rivers during the period 1987 - 1989. Journal of Hydrology , 135 - 237 - 257.

ROCHE M.A., JAUREGUI F.C. - 1987 - Ressources hydriques, salinités et exportations salines des fleuves de l'Amazonie Bolivienne ; PHICAB ORSTOM - SENAMHI IHH - LHM 49 p.

SCHOLKOLOVITZ E.R., VAN GRIEKEN R. et EISMA D. - 1978 - The major element composition of the suspended matter in the Zaire river and estuary, Neth. J. of Sea Res. 12 (3/4) : 407 - 413.

SIGHA H., BRICQUET J.P. - 1987 - Un exemple méthodologique de la mesure des flux particuliers et dissous des fleuves d'Afrique Centrale : transports de matière sur le Congo à Brazzaville. Premiers résultats 1986 - 1987. ORSTOM Montpellier.

STALLARD R.F. - 1980 - Major element geochemistry of the Amazon river system. Ph. D. Thesis WH01 80 - 29, Mass. Int. of Tech and Woods Hole oceanogr. Inst. Joint Program in oceanography.

STRAKHOV N.M.N. - 1967 - Principles of lithogenesis, vol. 1. Consultants Bureau, New-York.

**LISTE DES FIGURES
ET TABLEAUX**

- 14 **Figure 1 :**
Stations principales des observatoires permanents de l'environnement en Afrique.
- 15 **Figure 2 :**
Bassin-versant du fleuve Congo-Zaire (3 750 000 km²). 1 et 2 : stations principales de PIRAT.
- 17 **Figure 3 :**
Bassin-versant du Niger à Banankoro (Brunet-Moret et al., 1986).
- 18 **Figure 4 :**
Stations principales des observatoires permanents de l'environnement en Amérique du Sud.
- 25 **Figure 5 :**
Evolution des modules du Congo à Brazzaville (3 500 000 km²) de 1902 à 1991 (année civile), et de la moyenne mobile sur 5 valeurs (les trois premières et dernières valeurs sont ôtées du graphique).
- 27 **Figure 6 :**
Variation des débits liquides et solides (matières en suspension et matières dissoutes) du Congo à Brazzaville en 1987, d'après Olivry et al., 1988.
- 27 **Figure 7 :**
Hydrogramme 1987/1988 de l'Oubangui à Bangui et variation des débits solides des suspensions et de la matière dissoute, d'après Olivry et al., 1988.
- 29 **Figure 8 :**
Concentration des matières en suspension en fonction des débits sur le Congo et l'Oubangui (année 1987-1988), d'après Olivry et al., 1988.
- 29 **Tableau 1 :**
Composition chimique moyenne des eaux du Congo et de l'Oubangui.
- 33 **Figure 9 :**
Variations des débits solides, dissous et liquides du Congo à Brazzaville de 1987 à 1991, d'après Laraque et Bricquet, 1992.
- 34 **Figure 10 :**
Variations des transports particuliers et dissous du Congo à Brazzaville de 1987 à 1991, d'après Laraque et Bricquet, 1992.
- 36 **Figure 11 :**
Comparaison des valeurs de concentrations en suspensions tirées des mesures mensuelles et hebdomadaires pour 1991, d'après Laraque et Bricquet, 1992.
- 37 **Figure 12 :**
Hydrogrammes et variations des concentrations en MES pour deux stations du Haut-Niger : le Niger à Banankoro et le Bani à Douana, de juillet 1990 à mars 1991, d'après Olivry, 1992.

- 39 Figure 13 :**
Résultats de la campagne de jaugeages 1991 des débits solides sur le Haut-Niger : Niger à Banankoro, Niger à Koulikoro et Bani à Douna, d'après Olivry, 1992.
- 41 Figure 14 :**
Comparaison des concentrations en MES sur l'Oubangui à Bangui déterminées à partir de 3 modes de prélèvements différents : Préleveur Automatique (PA), Prélèvement Manuel en surface (PM) et à 2 mètres de profondeur à la station de Bangui Saint Paul (BGP).
A : comparaison PA-PM ; B : comparaison BGP-PM ; C : comparaison BGP-PA.
- 42 Figure 15 :**
Comparaison des concentrations en MES du Niger à Banakoro et du Niger à Koulikoro suivant les différents types de prélèvements (jaugages complets par l'équipe ORSTOM et prélèvements manuels à 60 cm de profondeur par un observateur) (période juillet 1990-juin 1991).
- 50 Figure 16 :**
Type d'installation sur site en France de la centrale d'acquisition EMAC 90 et des périphériques.
- 50 Figure 17 :**
Les différents éléments composant la station autonome de mesures de paramètres de la qualité des eaux AUTEG/ORSTOM, avant leur montage.
- 52 Hors Texte :**
Description et installation du panneau solaire PHOTOWATT.
- 56 Figure 18 :**
Sonde de radioactivité XERAM type 3B17C (au centre).
- 64 Tableau 2 :**
Tableau indiquant les messages Argos reçus par la station de réception du Laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM Montpellier ; l'émission a lieu depuis la station automatique testée à Grenoble.
- 65 Figure 19 :**
Températures en degrés C relevées lors du premier test de la station sur le site de Bamako du 19 au 23 août 1992. Le début a lieu à 12h50, puis il y a une mesure toutes les 5 minutes.
- 66 Figure 20 :**
Même légende que la figure 19, hauteurs d'eau en cm.
- 68 Figure 21 :**
Même légende que la figure 19, pH.
- 69 Figure 22 :**
Même légende que la figure 19, conductivités.

- 70 Tableau 3 :**
Données en sortie du logiciel d'acquisition AUTEG : date, heure, valeur de chaque paramètre.
- 70 Tableau 4 :**
Exemple de traitement statistique des données de chaque capteur.
- 72 Tableau 5 :**
Tableau des mesures effectuées minutes par minutes lors du test de la station sur le site de Bamako le 4 novembre 1992. En colonne de gauche figurent les remarques concernant chaque opération effectuée.
- 75 Figure 23 :**
Variations de pH et de conductivité au cours du test du 4 novembre 1992 à Bamako. Les valeurs absolues de conductivité ne sont pas vraisemblables du fait d'un défaut d'étalonnage du capteur, mais les variations sont cohérentes avec les opérations effectuées.

A N N E X E 1

Documentation Générale Complémentaire

sur la

Station automatique

AUTEG / ORSTOM



Système *Emac 90*

Mesure/Télémessure/Télesurveillance/Télégestion électroniques en environnement difficile, directement sur le terrain.

Hydrologie, Hydraulique, Qualité des Eaux, Météorologie.

Spécial Qualité des Eaux *Niveau, Conductivité, Oxygène dissous, Ph,* *Température*

Généralités

1°) Définitions:

Ensembles électroniques modulaires autonomes, pour fonctionner en environnement climatique sévère, directement sur le terrain, capables d'effectuer:

- *la mise en œuvre directe de capteurs de qualité des Eaux ,*
- *des mesures et des enregistrements de Niveau , Conductivité, Oxygène dissous, Ph et Température d'Eau de rivières, barrages, nappes phréatiques...*
- *des mesures et des surveillances suivant des valeurs de seuils programmables par l'utilisateur sur le site et à distance par ligne PTT,*
- *d'émettre des ordres de commandes suivant la programmation de l'utilisateur,*
- *d'émettre des alarmes téléphoniques suivant la programmation de l'utilisateur,*
- *d'effectuer en parallèle d'autres types de mesures, Météorologie...*

2°) Présentation:

Le matériel est présenté suivant deux coffrets tôle étanche en fonction de la capacité totale de l'ensemble électronique:

2.1- Version "petit modèle", dimensions hors tout: 300 X 220 X 180.

Peut recevoir deux à trois cartes de conditionnement de capteur,

nombre total de voies analogiques.....4
nombre total de voies numériques.....12

2.1- Version "grand modèle", dimensions hors tout: 300 X 350 X 220.

Comprend un bac à cartes pouvant recevoir jusqu'à 8 cartes de conditionnement de capteurs.

nombre total de voies analogiques.....32
nombre total de voies numériques.....96

2.3- Caractéristiques communes:

- *Coffret étanche à fixer sous abri, peinture poudre époxy très résistante à la corrosion, qui confère au système une grande robustesse mécanique et un excellent blindage électrique.*
- *Fixation par quatre pattes, trous ajourés de 6 mm,*
- *Fermeture par grenouilles,*
- *Raccordement sur borniers à visser,*

3°) Extensions:

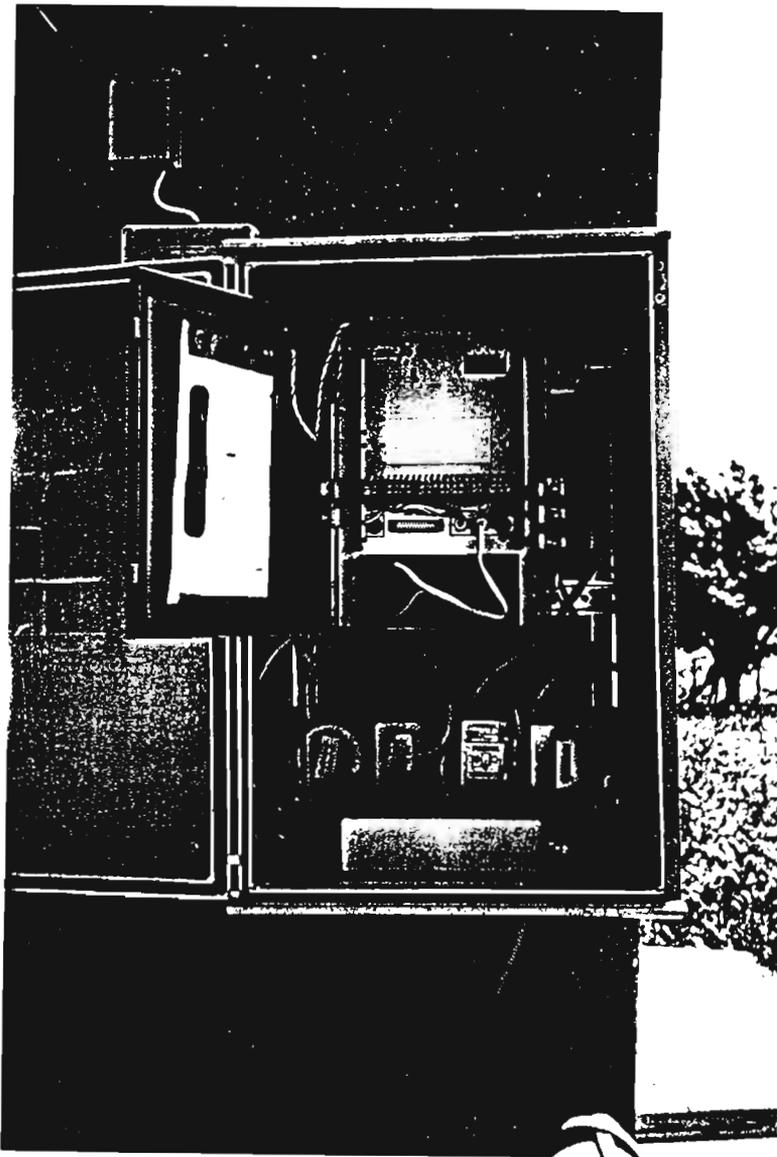
Suivant la version, il est possible d'accroître ultérieurement la capacité de sa station. On peut différencier les extensions suivant leur fonction:

3.1- Extension fonctionnelle:

Elle consiste à augmenter la puissance de l'unité centrale de calculs et de traitements, ce sont les cartes dites "Cartes d'extension Micro", dont on trouvera l'énumération ci après.

3.2- Extension mesures:

Elle consiste à augmenter le nombre d'entrées et de sorties analogiques, numériques ou tout ou rien (TOR). Ceux sont les cartes dites "Cartes de conditionnement de capteur", dont on trouvera l'énumération ci après.



Exemple d'application

SRAE PACA, Télémessures Niveau, Conductivité et Température d'un forage de la ville de Hyères sur la nappe du Gapeau. On remarquera l'alimentation secteur et les boîtiers de protection ligne PTT et secteur 220 Veff.

Caractéristiques de l'ensemble électronique.

1°) Principes et Caractéristiques généraux du matériel:

Ces matériels sont réalisés à partir d'un module de base, "Unité Centrale" à microprocesseur CMOS, associé à des "Cartes d'Extension Micro" de fonctions périphériques et à des "Cartes de conditionnement de capteurs".

1.1- Carte unité centrale, réf:198500:

Ensemble à microprocesseur CMOS, NSC 800 dont on peut résumer les caractéristiques suivantes:

- 64 Ko de mémoire RAM réservés au stockage des données, (éventuellement remplaçable par de la RAM sauvegardée avec pile lithium, dite MémoRAM),
- 8 Ko de mémoire RAM réservés au microprocesseur pour les calculs,
- 8 Ko de mémoire non volatile reprogrammable EEPROM réservés au stockage des paramètres de fonctionnement et de calculs,
- 32 Ko de mémoire non volatile reprogrammable EEPROM réservés au stockage des tables de conversion ou de correction,
- 64 Ko de mémoire non volatile EPROM réservés au programme,
- 1 port RS232 réservé au dialogue local, sortie sur connecteur normalisé DB25 S accessible sur la face avant,
- 1 port parallèle de 24 entrées/sorties réservé à la gestion des cartes de conditionnement de capteurs, disponible sur connecteur normalisé DIN 41612,
- 1 port parallèle de différents signaux du microprocesseur réservé à la gestion de cartes fonctionnelles d'extension, (Modem, plastron...), disponible sur connecteur normalisé DIN 41612,
- 6 entrées particulières de commandes, dont trois avec réveil de l'unité centrale,
- 4 sorties statiques 12 Vcc type collecteur ouvert avec diodes de protection réservées à des commandes locales,
- 1 circuit horodateur avec registre d'interruptions complexe, base de temps à quartz 32768 Hz de très grande qualité et stabilité,
- 2 alimentations réglées 5 Vcc réservées l'une à l'horodateur, l'autre pilotée par logiciel, au microprocesseur et circuits associés,
- 1 circuit de contrôle de la tension batterie, avec seuil d'alarme et messagerie associée,
- 1 circuit de contrôle de l'alimentation auxiliaire éventuelle avec seuil et messagerie d'alarme associée,
- 1 Plastron de visualisation et de commandes comprenant, un afficheur à cristaux liquides de 2 lignes de 16 caractères alphanumériques et un clavier de 8 touches.

Consommation:

- en veille.....0.2 mA,
- en fonctionnement.....30 mA,

1.2- Cartes d'Extension Micro:

Leur but est d'étendre la complexité de l'unité centrale. On dispose:

- Interface de puissance bus micro, réf: 198501,
- Modem à réponse automatique, réf: 198502,
- Un port entrée/sortie, liaison série asynchrone RS232, réf: 198506,
- Modem à appel et réponse automatiques, réf: 198509,
- Extension mémoire universelle, RAM, EPROM, EEPROM, réf: 1985140,
- Plastron avec afficheur à cristaux liquides et clavier tactil, réf: 1985995,

2°) Principes et caractéristiques généraux des mesures:

2.1- Caractéristiques des mesures:

D'une façon générale les mesures sont définies sur 11 ou 12 bits, soit une capacité de 2047 ou 4095.

Les conversions analogiques /digitales sont effectuées par des convertisseurs type double rampe définis pour les températures de service de définition du matériel.

2.1.1- Adaptation des capteurs:

La mise en oeuvre des différents capteurs s'effectue par des cartes électroniques dites "Cartes de Conditionnement de Capteur". Elles renferment tous les circuits nécessaires, et l'utilisateur n'a rien à prévoir à l'extérieur de la station.

- *alimentation du capteur pilotée par logiciel, option convertisseur continu/continu,*
- *amplificateur de mise à l'échelle,*
- *circuits de protection vis à vis des perturbations extérieures.*

2.1.2- Adaptation des différentes mesures:

Le logiciel des stations devient de plus en plus puissant et il est capable d'effectuer sur le site ou par téléphone Minitel ou PC les traitements des informations nécessaires à la restitution des mesures en vraies grandeurs physiques suivant le choix des unités.

2.2- Cartes de conditionnement de capteur:

2.2.1- Carte une voie, une entrée/sortie analogique:

- *Une voie Niveau entrée 4/20 mA, (option convertisseur 24 Vcc), réf: 198520,*
- *Une voie entrée 4/20 mA ou 0/20 mA, réf: 198520,*
- *Une voie Niveau entrée 0/100 mV, réf: 198521,*
- *Une voie entrée 0/100 mV, réf: 198521,*
- *Une voie Pression atmosphérique, réf: 198521,*
- *Une voie Ph, réf: 198522,*
- *Une voie Oxygène Dissous, réf: 198523,*
- *Une voie Comptage pluie, réf: 198530,*
- *Une voie Comptage débit, réf: 198531,*
- *Une voie Niveau codeur opto et accessoires, réf: 198540,*
- *Une voie sortie 4/20 mA sur convertisseur à isolement galvanique, réf: 198550,*
- *Une voie Sonde Platine, réf: 198580,*
- *Une voie Conductivité, réf: 1985996,*
- *Une voie Rayonnement solaire moyen, réf: 198590,*
- *Une voie Radioactivité, réf: 1985994,*
- *Une voie Durée insolation, réf: 1985100,*
- *Une voie Vitesse moyenne vent, réf: 1985110,*
- *Une voie Direction vent 36 positions, réf: 1985120,*
- *Une voie Humidité relative, réf: 198520.*

2.2.2- Carte une voie, 12 entrées/sorties Tout ou Rien:

- *Une voie 12 Entrées TOR sur photo-coupleurs, réf: 198560,*
- *Une voie 12 Sorties relais bistables, réf: 198570,*
- *Une voie 12 Sorties statiques collecteurs ouverts, réf: 1985170,*

2.2.3- Carte une voie, quatre entrées/sorties:

- *Une voie 4 entrées tension, 0/20 mV, 0/200 mV, 0/2,000 V, réf: 1985130,*
- *Une voie 4 entrées Sonde Platine, PT 100, réf: 1985131,*
- *Une voie 4 entrées 4/20 mA ou 0/20 mA, réf: 1985132,*
- *Une voie 4 sorties analogiques 4/20 mA, réf: 198551,*
- *Une voie 4 sorties analogiques 0/4,096 Vcc, réf: 198552*
- *Une voie 4 entrées comptage universel, réf: 1985160,*

3°) Conditions de fonctionnement:**3.1- Conditions climatiques de fonctionnement:**

- Température ambiante.....- 20 °C à + 60 °C,
- Humidité relative.....0 à 98 %,

Toutes les cartes électroniques sont en verre époxy avec vernis épargne et dépose manuelle d'un vernis poluréthane d'enrobage en fin de fabrication. Pratiquement tropicalisé.

3.2- Agressivité de l'environnement:

Toutes les entrées, les sorties sont protégées contre les inversions de polarité et les surtensions.

3.3- Contrôle de fabrication:

Outre les contrôles classiques de fonctionnement et de conformité, tous les matériels Auteg sont déverminés à l'enceinte climatique à - 20 °C et à + 60 °C d'une durée de 100 heures.

Certains matériels pour l'EDF par exemple sont testés suivant des cycles de plusieurs jours alternant des températures de - 40 °C et + 60 °C.

4°) Principes et Caractéristiques généraux du logiciel:**4.1- Mesures et Enregistrements de grandeurs naturelles:****4.1.1- Principe des relevés de mesures:**

Les relevés de mesures s'effectuent à intervalles de temps réguliers, dit "Pas de temps" ("T", 01 à 60 mn, sous multiples de l'heure), à partir d'une date dite "Date de départ" ("G") jusqu'à une date dite "Date d'arrêt" ("Z") facultative et suivant un nombre de mesures (1 à 32), défini à partir du "Nombre de cartes, X" (1 à 8) et du "Nombre d'entrées validées" ("XI" ou "XV") par cartes multi-entrées.

Les données mesurées dans les mêmes conditions sont réunies par blocs d'une journée calendaire, dont la Date/Heures/Minutes est contenue dans un en-tête. Les valeurs de mesures sont rangées en mémoire affectées d'un numéro d'ordre incrémenté à chaque pas de temps de 00 à 15. Le contrôle de la redondance permet d'avoir une image du bon fonctionnement dans le temps.

Exemple: Station une voie, représentation de l'occupation mémoire,

```
0452/01 2345/00 3456/15 4065/14 1234/13 3421/12 0876/11 0234/10 0243/09 0345/08
1234/07 4095/06 0654/05 1985/04 2047/03 2345/02 0657/01 4087/00
0000/00 0000/00 0000/00 0000/00 0000/00 0000/00 0001/00 0005/00 0001/00 0001/00
0002/00 0010/00 0025/00 0089/00 0001/00 0000/00
```

4.1.2- Principe du bloc de mesures:**4.1.2.1-Définitions:****a) Affectation de symboles:**

```
0452/01 2345/00 3456/15 4065/14 1234/13 3421/12 0876/11 0234/10 0243/09 0345/08
  1      2      3      4      5      6      7      8      9      10
1234/07 4095/06 0654/05 1985/04 2047/03 2345/02 0657/01 4087/00
 11     12     13     14     15     16     17     18
0000/00 0000/00 0000/00 0000/00 0000/00 0000/00 0001/00 0005/00 0001/00 0001/00
 19     20     21     22     23     24     25     26     27     28
0002/00 0010/00 0025/00 0089/00 0001/00 0000/00
 29     30     31     32     33     34
```

b) Enumération des symboles de l'en-tête de bloc (34/33/32/.../21/20/19):

- Identification de la station:

34,33,32: Numéro de la station, 6 chiffres décimaux, Ex: 000189,

- Horodateur de la station, Date/Heures/Minutes de début du bloc:

30,31, Heure et minutes d'ouverture du bloc, 00h00 à 23h59, Ex: 10h25,

29, Jour de la semaine, 01 à 07, Ex: (02) Mardi,

28, Jour du mois, 01 à 31, Ex: 01,

27, Mois de l'année, 01 à 12, Ex: (01), Janvier,

- Paramètres de l'enregistrement:

26, Nombre de voies enregistrées, 01 à 32, Ex: (01), Une voie,

25, Pas de temps des relevés en minutes, 01 à 60, Ex: 01 mn,

24, Toujours nul,

- Date/Heures/Minutes de mise en place d'une éventuelle cassette:

22,23, Heure et minutes d'ouverture du bloc,

21, Jour de la semaine, 01 à 07,

20, Jour du mois, 01 à 31,

19, Mois de l'année, 01 à 12,

c) Enumération des symboles de la partie enregistrements du bloc (18/17/.../2/1):

- Début des valeurs mémorisées,

18, Valeur brute de la voie 01 à la Date/Heures/Minutes contenue dans l'entête du bloc,

Ex: 4087 le 01 Janvier à 10h25,

17, Valeur brute de la voie 01 à la Date/Heures/Minutes contenue dans l'entête du bloc plus un pas de temps dont la valeur est elle même contenue dans l'entête du bloc,

Ex: 4087 le 01 Janvier à 10h26,

1....16, et ainsi de suite jusqu'à la fin de la journée, ou au changement de paramètres de fonctionnement.

d) Cas de plusieurs voies, 01 à 32:

Il y a autant de valeurs affectées du même numéro d'ordre, (00 à 15), qu'il y a de voies validées dans la station. Il suffit de savoir que les valeurs sont rangées par ordre croissant, (1 à 32) de la droite vers la gauche.

4.1.2.2- Principe du compactage des données:

Afin de limiter le volume des fichiers de données, le système effectue deux compactages, un dit "Automatique", l'autre "Optionnel":

a) Compactage automatique:

Toutes les données redondantes, égales sont regroupées et totalisées. Le système ne retient que le nombre et la valeur des mesures successives égales.

Par exemple, si au cours d'une journée le niveau d'une rivière ne varie pas, l'acquisition de données de la dite journée suivant un pas de temps "T" de 6 mn se résumera:

< 240 >0254/00

0000/00 0000/00 0000/00 000/00 0000/00 0000/00 0001/00 0005/00 0001/00 0001/00
0002/00 0000/00 0000/00 0089/00 0001/00 0000/00

b) Compactage optionnel:

Il est défini par l'utilisateur pour chaque voie à partir d'un coefficient dit "Coefficient de compactage" qui détermine au calculateur l'écart de variation maximum en dessous duquel il doit considérer les valeurs mesurées égales.

Par exemple, prenons le cas d'une mesure de niveau de nappe phréatique, d'un rabattement de 7,14 m et de résolution 1 cm. Déterminons un coefficient de compactage de 2 cm et notons que la première mesure relevée par la station lors de l'installation au pas de temps "T₀" est de 2,54 m. La station effectue les relevés de mesures suivant le pas de temps constant défini par l'utilisateur de 1 à 60 mn, elle retiendra la nouvelle valeur du niveau que lorsque le calculateur aura constaté que la valeur absolue de l'écart de la valeur mesurée au pas de temps "T_n" par rapport à la valeur de mesure au pas de temps "T₀" est égale ou supérieure à la valeur dite "Coefficient de Compactage" soit dans le cas de l'exemple 2 cm.

Le contenu mémoire au pas de temps "T_n" sera le suivant:

```
< n-1 >0254/00
0000/00 0000/00 0000/00 000/00 0000/00 0000/00 0001/00 0005/00 0001/00 0001/00
0002/00 0010/00 0025/00 0089/00 0001/00 0000/00
```

Le compteur de pas de temps est remis à zéro, et la mesure relevée au pas de temps "T_n" sert de nouvelle base de calcul.

Au pas de temps "T(n+p)", le contenu mémoire sera le suivant:

```
< n+p-1 >0256/00 < n-1 >0254/00
0000/00 0000/00 0000/00 0000/00 0000/00 0000/00 0001/00 0005/00 0001/00 0001/00
0002/00 0010/00 0025/00 0089/00 0001/00 0000/00
```

La mémorisation des données comprend deux valeurs, le nombre de pas de temps (0 à 1440) pendant lequel les valeurs sont considérées comme stables au "Coefficient de Compactage" respectif près, suivi des valeurs de chaque voie validée, (1 à 32).

Par exemple; prenons une station de 4 voies, relevées suivant un pas de temps d'une minute dont les valeurs respectives n'ont pas variées au cours de la journée d'une valeur égale ou supérieure au coefficient de compactage respectif à chaque voie, la mémorisation se résumera à :

```
<001440>0256/00 1257/00 1267/00 1100/00
0000/00 0000/00 0000/00 0000/00 0000/00 0000/00 0001/00 0005/00 0001/00 0001/00
0002/00 0010/00 0025/00 0089/00 0001/00 0000/00
```

L'intérêt d'un tel système permet de faire des acquisitions de phénomènes rapides sans encombrer la mémoire de valeurs redondantes ou de variations peu significatives. De ce fait les temps de transfert et de calcul s'en trouvent d'autant diminués.

4.1.2.3- Traitement des données:**4.1.2.3.1- Traitement des données pour l'enregistrement:**

Les données sont stockées en brut, suivant le code binaire afin d'occuper le moins possible de place mémoire. Ainsi une valeur de mesure tient sur deux octets:

- 12 bits, réservés à la valeur de mesure,
- 4 bits, réservés au numéro d'ordre affecté à chaque pas de relevé.

Tous les calculs de mise à l'échelle, de correction, de conversion sont effectués au fur et à mesure, et peuvent être faits, et refaits au gré de l'utilisateur en modifiant si nécessaire les coefficients de calcul.

4.1.2.3.2- Traitement des données pour l'exploitation des mesures:

Pour la visualisation des données sur le site, liaison RS232 ou Plastron à affichage à cristaux liquides, ou à distance par Minitel, et l'exploitation des mesures en surveillance ou en télésurveillance, le système effectue des calculs d'adaptation des grandeurs électriques restituées par les capteurs et de mise à l'échelle. Les valeurs de mesures ainsi traitées peuvent être:

a) Converties,

- conversion Hauteurs/Débits pour les rivières, canaux et déversoirs,
- conversion Hauteurs/Volumes, pour les réservoirs, les barrages,

b) Corrigées en fonction éventuellement d'une autre entrée de mesure,

- correction en fonction de la température de la Conductivité d'Eau, de la Concentration en Oxygène dissous, Ph,
- correction de défaut de linéarité pour la turbidité de l'Eau,

c) Comparées à des valeurs de seuils programmées par l'utilisateur, et effectuer des actions particulières définies par la programmation

- commandes de sorties, au choix, "O" ouverture, "F" fermeture,
- appels téléphoniques, (N) non valide, (A) valide type astreinte, (d'autres types à l'étude, type par exemple: (M) message sur imprimante ou Minitel au "fil de l'Eau", (E) Eurosignal...)

4.1.2.3.3- Exploitation des grandeurs électriques restituées par les capteurs:

a) Définition:

Chaque capteur restitue l'information sous la forme d'une tension, d'un courant ou d'impulsions à fréquence variable dont les variations sont proportionnelles au phénomène physique mesuré. En fait ce qui intéresse les utilisateurs ce sont les grandeurs physiques et ils doivent définir pour chaque voie un ensemble de paramètres regroupés sous l'appellation "Libellé de voie" qui permettront au microprocesseur d'effectuer les calculs de transformation et de mise à l'échelle.

b) Programmation:

L'utilisateur définit en fonction des caractéristiques du capteur:

- le nom de la mesure, (Niveau, Température, Ph, Conductivité...),
- les unités de la mesure, (m, cm, Dg, mS, %...),
- les coefficients "a" et "b" de la loi linéaire " $ax+b$ " reliant la grandeur électrique restituée et la grandeur physique mesurée par le capteur.

Rappelons que tous les paramètres de programmation sont contenus dans une mémoire non volatile reprogrammable EEPROM.

4.1.2.3.4- Conversion:

a) Définition:

6 tables de correspondance points par points peuvent être chargées, sélectionnées et affectées indifféremment à chaque entrée au gré de l'utilisateur par programmation. Ces tables sont introduites individuellement par la liaison locale RS232, et contenues dans une mémoire non volatile reprogrammable EEPROM, donc facilement modifiables. Un "Téléchargement" par ligne PTT est à l'étude.

Exemples:

- Transposition Hauteurs/Débits, pour les rivières, les canaux...
- Transposition Hauteurs/Volumes, pour les barrages, les réservoirs...

b) Caractéristiques:

- Protocole de transfert: Intel, (très utilisé dans ce genre d'application), contrôle du bon fonctionnement du transfert par "Checksum" et message d'information à l'utilisateur.
- Capacité de la mémoire **EEPROM**, non volatile et reprogrammable.....32 Ko,
- Nombre de tables.....6,
- Capacité de chaque table..... 2047 points positifs et 512 points négatifs,

c) Programmation:

L'utilisateur définit suivant ses besoins:

- le numéro de la table affectée à l'entrée, "1 à 6",
- l'affichage (O) ou non affichage (N) de la mesure initiale non corrigée,
- le nom de la mesure, (débit, volume, température, Ph...),
- l'unité de la mesure, (m, l/s, %, mg/l...),
- le coefficient de mise à l'échelle de la table, "+/- ab,cd",
- le coefficient de mise à l'échelle de la mesure correspondante, "+/- ab,cd",
- la valeur max positive de validation de la table, "+/- abc,d", les valeurs suivantes sans signification seront remplacées par des "**",
- la valeur max négative de validation de la table, "+/- a,bcd", les valeurs suivantes sans signification seront remplacées par des "**",

Rappelons que tous les paramètres de programmation sont contenus dans une mémoire non volatile reprogrammable **EEPROM**.

4.1.2.3.5- Correction automatique:**a) Définition:**

Des mesures, telles la Conductivité de l'Eau et la Concentration en Oxygène dissous dans l'Eau, nécessitent la connaissance de deux paramètres dont l'un est tributaire de l'autre. Dans les cas donnés en exemple, les mesures doivent être corrigées en fonction de la température de l'Eau.

Certaines des 6 tables précédemment décrites peuvent dans ce cas contenir les coefficients de calculs de la correction correspondant à chaque valeur de l'entrée de correction, (exemple température). Auquel cas l'accès à la table est conditionné à une autre entrée (exemple la température de l'Eau) de mesure dont l'opérateur doit préciser le numéro, "1 à 32".

Exemples:

- Conductivité dont la valeur est corrigée en fonction de la Température de l'Eau, est ramenée à 20 °C ou 25 °C, (table 6),
- Concentration en Oxygène dissous, dont la valeur de saturation dépend de la température de l'Eau, (table 5).

b) Caractéristiques:

- Protocole de transfert: Intel, (très utilisé dans ce genre d'application), contrôle du bon fonctionnement du transfert par calcul d'un "Checksum" et message de validité ou non validité à l'utilisateur.
- Capacité de la mémoire **EEPROM**.....32 Ko,
- Nombre de tables.....6,

- Capacité de chaque table.....2047 points positifs et 512 points négatifs,

c) Programmation:

L'utilisateur définit suivant ses besoins:

- le numéro de la table affectée à l'entrée, "1 à 6",
- l'affichage (O) ou non affichage (N) de la mesure initiale non corrigée,
- le nom de la mesure, (débit, volume, température, Ph...),
- l'unité de la mesure, (m, l/s, %, mg/l...),
- le coefficient de mise à l'échelle de la table, "+/- ab,cd",
- le coefficient de mise à l'échelle de la mesure correspondante, "+/- ab,cd",
- la valeur max positive de validation de la table, "+/- abc,d", les valeurs suivantes sans signification seront remplacées par des "**",
- la valeur max négative de validation de la table, "+/- a,bcd", les valeurs suivantes sans signification seront remplacées par des "**",

Rappelons que tous les paramètres de programmation sont contenus dans une mémoire non volatile reprogrammable EEPROM.

4.1.2.3.6- Opérations séquentielles:

Disposant ainsi de valeurs de mesures en vraies grandeurs, l'utilisateur peut définir au système des opérations simples, qui se résument pour l'instant:

- Comparaisons à des valeurs de seuils programmées,
- Commandes conditionnelles de sorties locales,
- Appel automatique conditionnel par téléphone,

D'autres opérations séquentielles sont à l'étude telles par exemple:

- opérations logiques, Et, Ou...
- commandes conditionnelles de sorties Tout Ou Rien, Numériques ou Analogiques,
- commandes proportionnelles de sorties TOR, Numériques ou Analogiques,

5°) Principe de la surveillance:

5.1- Définition:

Parallèlement à l'acquisition des données la station se réveille à intervalles de temps réguliers "t" dit "Pas de temps de rafraîchissement", ("t" sous multiple de "T").

A chaque réveil les valeurs de mesures des voies activées sont comparées à quatre valeurs de seuils respectivement programmées par l'utilisateur.

Si une ou plusieurs comparaisons sont actives, il y a émission d'une alarme se traduisant au gré de l'utilisateur par l'ouverture ou la fermeture d'un contact de relais et l'émission d'un message sur la liaison RS232 locale et téléphonique.

5.2- Programmation:

La programmation permet pour chacune des 1 à 8 cartes de conditionnement de capteurs les choix suivants:

5.2.1- Cas des entrées indépendantes "TOR", (Tout ou Rien):

Pour chaque entrée TOR l'utilisateur dispose de quatre seuils dont il peut définir par programmation:

- (O) validité ou (N) non validité individuelle de chaque niveau , 1 à 4,
- le niveau actif, Ouverture (O) ou Fermeture (F),

- le message d'alarme à transmettre, sur la liaison RS 232, la visualisation locale et optionnellement le téléphone, 25 caractères alphanumériques,
- le numéro de la sortie locale à activer, au choix, Ouverture (O) ou Fermeture (F),
- (A) validité ou (N) non validité de la transmission d'alarmes par ligne PTT.

5.2.2- Cas des entrées Analogiques ou Numériques:

Pour chaque entrée analogique ou numérique l'utilisateur dispose de quatre seuils dont il peut définir par programmation:

- (O) validité ou (N) non validité individuelle de chaque niveau, 1 à 4,
- la valeur respective de chaque seuil, +/- abc,d,
- le niveau actif, (H) haut (franchissement par valeurs croissantes) ou (B) bas (franchissement par valeurs décroissantes) de chaque seuil,
- le message d'alarme à transmettre, sur la liaison RS 232, la visualisation locale et optionnellement le téléphone, 25 caractères alphanumériques,
- le numéro de la sortie locale à activer, au choix, Ouverture (O) ou Fermeture (F),
- (A) validité ou (N) non validité de la transmission d'alarmes par ligne PTT.

Remarque: nous proposons de répartir les seuils de la façon suivante:

- deux seuils de validité de mesures, une valeur min et une valeur max, entre lesquelles nous supposons la valeur de mesure valide,
- deux seuils d'alarme effective.

5.2.3- Rappel relatif à la complexité de la station:

Le logiciel de chaque station peut gérer 1 à 8 cartes de conditionnement de capteur se répartissant comme suit:

- Cartes entrées "TOR", 12 entrées indépendantes sur photocoupleurs,
- Cartes entrées numériques, 12 bits sur photocoupleurs,
- Cartes une entrée analogique, conversion 12 bits et 1 bit de signe,
- Cartes quatre entrées analogiques, conversion 12 bits et 1 bit de signe,

- Cartes sorties "TOR", 12 sorties sur contacts relais bistables,
- Cartes sorties "TOR" statiques, 12 sorties sur transistors type collecteur ouvert,
- Cartes sortie analogique 4/20 mA,
- Cartes quatre sorties analogiques, 0/4,095 Vcc,

5.3- Appel automatique:

Il peut être déclenché de deux façons,

- la première au gré de l'utilisateur, ce... sont les "alarmes programmées",
- la seconde, automatique est commandée par des défauts internes jugés suffisamment importants, ce sont les "alarmes intrinsèques".

5.3.1- Alarmes programmées:

Chaque seuil défini précédemment peut déclencher une alarme téléphonique, suivant la programmation de l'utilisateur.

5.3.2- Alarmes intrinsèques:

Les défauts suivants déclenchent automatiquement une alarme téléphonique:

- Batterie basse, seuil de déclenchement réglé à mi-capacité,
- Absence secteur, (pour les versions avec alimentation secteur),

5.3.3- Principe de l'alarme téléphonique:

Chaque séquence d'alarme comprend les étapes suivantes:

- Appel du premier numéro de téléphone "Y1", réalisation automatique de la séquence d'appel,

5.3.3.1- La connexion est établie:

Il y a alors émission de la page de garde avec identification de la station appelante et demande du mot de passe. A ce stade deux séquences possibles:

- a) *le mot de passe est reconnu, il y a émission pas à pas des messages d'alarmes que l'utilisateur doit acquitter "K(CR)" (K comme OK), et on est en dialogue classique avec la station pour la programmation, la consultation et la récupération des données à distance.*
- b) *le mot de passe n'est pas reconnu, l'utilisateur dispose de "5" tentatives, après quoi la station appelante raccroche et renouvelle son appel dans un délai de quelques minutes. Si le mot de passe n'est pas reconnu après les "5" nouvelles tentatives, on considère que l'appel est erroné et le numéro de téléphone correspondant est effacé de la mémoire. Si le mot de passe est reconnu on considère que c'est un incident, et on revient au cas "a".*
- c) *Temps de réponse trop long, l'utilisateur dispose de "30 s" après la fin de la page de garde pour émettre le mot de passe. Passé ce délai, la station raccroche, et on se retrouve dans le cas "b".*

5.3.3.2- Pas de réponse:

Il y a renouvellement de l'appel "5" fois. Si le silence persiste on passe au numéro de téléphone suivant "Y2" et ainsi de suite "Y3" et "Y4" s'il y a lieu.

Si aucune réponse, le système se rendort et renouvellera automatiquement les séquences d'appel suivant un intervalle de "1 heure".

5.3.4- Remarque:

Le cas d'une séquence d'alarmes mal acquittée pour différentes raisons, (coupure intempestive de la liaison, silence trop long..) est traité comme l'absence de réponse.

5.4- Emission d'alarmes sur la liaison RS232 locale:

5.4.1- Alarmes intrinsèques:

Lorsque la station est "réveillée" par la RS232 (basculement de l'interrupteur du connecteur du "Vumac 5", ou la touche "Index" du plastron), elle envoie à l'opérateur les éventuels messages de défauts internes (Batterie basse, Absence secteur) mémorisés.

Après chaque envoi de message d'alarme, l'opérateur doit acquitter en tapant "K(CR)" sur le Vumac 5, le Minitel ou le PC. La touche "F4" dans le cas du plastron de visualisation.

5.4.2- Alarmes programmées:

Cette opération terminée, la station émet l'un après l'autre les messages d'alarmes définis respectivement à chaque seuil activé lors de la dernière série de mesures effectuées.

Après chaque envoi de message d'alarme, l'opérateur doit acquitter en tapant "K(CR)" sur le Vumac 5, le Minitel ou le PC. La touche "F4" dans le cas du plastron de visualisation.

5.4.3- Emission d'alarmes sur la visualisation locale:

Chaque message d'alarme programmé par l'utilisateur apparaît sur l'afficheur à cristaux liquides de la station. L'opérateur doit acquitter chaque défaut par la touche "F4" du plastron.

5.4.4- Etapes suivantes:

Le dialogue local ou à distance avec la station pour la programmation, la récupération des données ou le contrôle de bon fonctionnement n'est possible qu'après la séquence d'acquiescement des alarmes terminées.

6°) Principe du stockage des données:

Le système Emac 90 propose trois solutions compatibles:

- *stockage interne sur RAM ou Mémoram,*
- *stockage sur cassette statique ou magnétique (réservée à la maintenance) interchangeable,*
- *stockage interne RAM ou Mémoram et Transmission par ligne PTT.*

6.1- Stockage interne sur RAM ou Mémoram, "Saisie sur site":

Les données sont mémorisées dans une mémoire RAM interne d'une capacité de 64 Ko. Eventuellement remplaçable par une ou deux mémoires RAM avec pile Lithium intégrée dites Mémoram, d'une capacité de 32 Ko, dont la durée de rétention des données est garantie au moins 5 ans.

Caractéristiques essentielles du stockage sur RAM ou Mémoram:

- le principe de la mémorisation dans la RAM ou Mémoram est du type "tournant". Autrement dit en cas de dépassement de capacité, ce sont les données les plus anciennes qui sont perdues.

De ce fait il est difficile de donner à l'utilisateur la capacité mémoire encore disponible. Par contre le système restitue sur demande la Date/Heure/Minutes du dernier jour de mesures en mémoire, juste avant son effacement.

- La récupération des données n'affecte en rien l'état de la mémoire. Ce qui permet plusieurs récupérations par des interrogations locales RS232 diverses.

6.1.1- Sur le site:

6.1.1.1- *La programmation de la station et la récupération des données s'effectuent par la liaison RS232, par tout système informatique.*

6.1.1.2- *La visualisation des données, les stations peuvent être équipées d'un plastron comportant un afficheur à cristaux liquides de 2 lignes de 16 caractères alphanumériques et d'un clavier de commandes de huit touches tactiles. Cet ensemble est réservé à la consultation. Ainsi, aucune fausse manipulation n'est permise aux utilisateurs non initiés.*

Sur cette visualisation locale sont affichés:

- les messages d'alarmes que l'utilisateur doit acquiescer par la touche "F4",

- suivant un menu sélectionnable par les touches,

(V), valeur instantanées rafraichies toutes les 20 s. L'affichage est du type "rouleau" par appui successif. Dans le cas des tables de conversion, la valeur transposée est affichée suivant la programmation de l'utilisateur. Affichage Hauteurs/Débits et Hauteurs/Volumes par exemple.

(E), étiquette station. L'afficheur présente, le nombre de voies validées, les pas de temps "T" et "t".

(H), horodateur. L'afficheur présente la Date/Heures/Minutes de l'horloge locale et le nom de la station "WO".

(F1), disponible pour extension, réservée à des fonctions particulières,

(F2), disponible pour extension, réservée à des fonctions particulières,

(F3), disponible pour extension, réservée à des fonctions particulières,

(F4), acquiescement défauts et alarmes.

6.1.1.3- Caractéristiques de la liaison RS232:

- Code.....normalisé "ASCII",
- Nombre de bits du caractère.....7,
- Nombre de bits de stop.....1,
- Parité.....paire,
- Vitesse de transmission,(réglable 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600).....2400 b/s,

6.1.1.4- Nous proposons:

- des logiciels pour micro-ordinateurs EPSON HX20 et HUNTER, (réservés à la maintenance),
- le logiciel "Auteg" adapté à un ordinateur portable autonome, compatible "PC".

6.1.2- Au domicile:

Les données sont transférées dans l'ordinateur de traitement par la liaison RS232.

Nous proposons un logiciel "Auteg" pour ordinateur compatible "PC".

6.2- Stockage sur cassette interchangeable:

Les données sont mémorisées dans un support de mémoire interchangeable, nous proposons deux types de cassettes:

- magnétiques, (réservées à la maintenance) capacité.....64 Ko,
- statiques EEPROM, capacité.....16 Ko à 128 Ko.

Caractéristiques essentielles du stockage sur cassette:

- Contrôle de la teneur en mesures de la cassette, avec message "Cassette pleine", auquel cas le système suspend l'écriture dans la cassette pour ne mémoriser les données que dans la RAM de l'unité centrale d'une capacité tampon de3500 mesures.

Lors de la mise en place d'une nouvelle cassette le système assure la continuité et transfère les données mémorisées en RAM tampon.

- Le principe de la mémorisation dans la RAM de l'unité centrale est du type "tournant". Autrement dit en cas de dépassement de capacité ce sont les données les plus anciennes qui sont perdues.

6.2.1- Sur le site:

6.2.1.2- La programmation de la station et la récupération éventuelle des 3500 dernières mesures en RAM s'effectuent par la liaison RS232.

6.2.1.2- Caractéristiques de la liaison RS232:

- Code.....normalisé "ASCII",
- Nombre de bits du caractère.....7,
- Nombre de bits de stop.....1,
- Parité.....paire,
- Vitesse de transmission,(réglable 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600).....2400 b/s,

6.2.1.3- Nous proposons:

- des logiciels pour micro-ordinateurs EPSON HX20 et HUNTER, (réservés à la maintenance),
- le logiciel "Auteg" adapté à un ordinateur portable autonome, compatible "PC".
- un boîtier test "Vumac 5" si on ne veut pas récupérer les données,
- un Minitel éventuellement autonome, si on ne veut pas récupérer les données.

Lors du passage pour l'entretien des stations, les cassettes sont récupérées, remplacées et ramenées au bureau pour l'exploitation.

6.2.2- Au domicile:

Les cassettes sont dépouillées par l'intermédiaire d'un lecteur connecté à votre ordinateur suivant la liaison RS232:

- *Lecmac 1 pour les cassettes magnétiques, (réservé à la maintenance),*
- *Lecmac 5 pour les cassettes statiques.*

Nous proposons notre logiciel "Auteg" pour ordinateur compatible PC.

Caractéristiques de la liaison RS232:

- *Code.....normalisé "ASCII",*
- *Nombre de bits du caractère.....7,*
- *Nombre de bits de stop.....1,*
- *Parité.....paire,*
- *Vitesse de transmission,(réglable 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600).....9600 b/s,*

6.3- Stockage RAM ou Mémoram et transmission par ligne PTT:

Les données sont mémorisées dans une mémoire RAM interne d'une capacité de 64 Ko. Eventuellement remplaçable par une ou deux mémoires RAM avec pile Lithium intégrée dites MémoRAM, d'une capacité de 32 Ko, dont la durée de rétention des données est garantie au moins 5 ans.

Caractéristiques essentielles du stockage sur RAM ou Mémoram:

- le principe de la mémorisation dans la RAM ou Mémoram est du type "tournant". Autrement dit en cas de dépassement de capacité, ce sont les données les plus anciennes qui sont perdues.

De ce fait il est difficile de donner à l'utilisateur la capacité mémoire encore disponible. Par contre le système restitue sur demande la Date/Heure/Minutes du dernier jour de mesures en mémoire, juste avant son effacement.

- La récupération des données n'affecte en rien l'état de la mémoire. Ce qui permet plusieurs récupérations par des interrogations locales RS232 ou PTT diverses.

6.3.1- Caractéristiques de la transmission ligne PTT:

6.3.1.1- Le Protocole:

Nous insistons sur la qualité du protocole mis en oeuvre dans ce matériel qui confère aux transmissions le maximum de fiabilité.

La transmission des informations par ligne PTT de ce matériel, est basée sur le principe dit "Emulation Minitel", assortie de "la Procédure de Correction d'Erreurs", dite "PCE", suivant le cahier des charges de l'administration des Télécom.

En deux mots les informations sont transmises par paquets de 17 caractères ASCII, répartis comme suit:

- *15 caractères de données de mesures ou de commandes,*
- *1 caractère de "Checksum", représentant le reste de la division du polynôme formé des 15 valeurs de données ou de commandes, par un polynôme d'ordre "7".*
- *1 caractère de fin de paquet toujours nul.*

Cette procédure comprend un protocole d'échanges de commandes telles:

- redemandes d'émission à partir de tel ou tel paquet, (16 paquets en réserve), dans le cas d'erreurs de transmission,
- relances en cas de suspension de la liaison,
- raccrochage en cas de liaison trop mauvaise, trop de redemandes d'émission, (5), silence trop long, (20 à 30 s).

6.3.1.2- Type de transmission:

Conforme à la norme V23 du CCITT, à modulation et démodulation de fréquences.

- Code.....normalisé "ASCII",
- Nombre de bits du caractère.....7,
- Nombre de bits de stop.....1,
- Parité.....paire,
- Vitesse de transmission.....1200 b/s,
- Voie de retour.....75 b/s,
- Mode.....Full Duplex,

6.3.1.3- Caractéristiques particulières des modems:

Spécialement conçus pour ce genre d'application, dont nous retiendrons le soin tout particulier apporté à la partie ligne PTT pour garantir un fonctionnement fiable et un maximum de résistance vis à vis des perturbations atmosphériques:

- transformateur ligne, spécial, type deux primaires, écran clinquant d'isolement primaire/secondaire,
tension de claquage..... 3600 Veff,
- relais ligne de haute immunité, tension d'isolement contacts/bobine,
tension de claquage..... 3600 Veff,
- protection contre les surtensions intégrées,
- livré avec un boîtier d'antiparasitage extérieur avec mise à la terre recommandée,
Terre.....10 à 15 Ohms maximum.

Deux types de modem:

- 198502; Modem uniquement à réponse automatique, qui ne permet qu'une consultation à distance de la station pour la programmation, la récupération des données et le contrôle de bon fonctionnement.

L'intérêt réside dans la facilité de mise en oeuvre et le faible coût.

- 198509; Modem à appel et réponse automatiques, qui permet comme le premier la consultation à distance de la station pour la programmation, la récupération des données et la surveillance du bon fonctionnement, mais également l'appel suivant les alarmes intrinsèques et programmées.

6.3.2- Principe du "stockage RAM et transmission par ligne PTT":

6.3.2.1- Sur le site:

6.3.2.1.1- Programmation de la station et Récupération des données par la liaison RS232 par tout système informatique.

6.3.2.1.2- Visualisation des données, les stations peuvent être équipées d'un plastron comportant un afficheur à cristaux liquides de 2 lignes de 16 caractères alphanumériques et d'un clavier de commandes de 8 touches tactiles. Cet ensemble est uniquement réservé à la consultation, la programmation étant effectuée par la liaison RS232 et le téléphone. Ainsi, aucune fausse manipulation n'est permise par des utilisateurs non initiés.

Sur cette visualisation locale sont affichés:

- les messages d'alarmes que l'utilisateur doit acquitter par la touche "F4",
- suivant un menu sélectionnable par les touches,
- (V), valeurs instantanées rafraichies toutes les 20 s. L'affichage est du type "rouleau" par appui successif. Dans le cas des tables de conversion, la valeur transposée est affichée suivant la programmation de l'utilisateur. Affichage Hauteurs/Débits et Hauteurs/Volumes par exemple.
- (E), étiquette station. L'afficheur présente, le nombres de voies validées, les pas de temps "T" et "t".
- (H), horodateur. L'afficheur présente la Date/Heures/Minutes de l'horloge locale et le nom de la station "WO".
- (F1), disponible pour extension, réservée à des fonctions particulières,
- (F2), disponible pour extension, réservée à des fonctions particulières,
- (F3), disponible pour extension, réservée à des fonctions particulières,
- (F4), acquittement défauts et alarmes.

6.3.2.1.3- Nous proposons:

- des logiciels pour micro-ordinateurs EPSON HX20 et HUNTER, (réservé à la maintenance),
- le logiciel "Auteg" adapté à un ordinateur portable autonome, compatible "PC".
- un boîtier test "Vumac 5" si on ne veut pas récupérer les données,
- un Minitel, éventuellement autonome, si on ne veut pas récupérer les données.

6.3.2.1.4- Caractéristiques de la liaison RS232:

- Code.....normalisé "ASCII",
- Nombre de bits du caractère.....7,
- Nombre de bits de stop.....1,
- Parité.....paire,
- Vitesse de transmission,(réglable 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600).....2400 b/s,

6.3.2.2- Au domicile:

Deux codes d'accès programmables individuellement l'un dit "Informatique" code d'identification "W1", l'autre dit "Grand public" code d'identification "W2".

- Code d'accès Informatique "W1", permet l'accès à la partie puissante de la station, programmation, récupération des données. Ce code d'accès ne doit pas être connu des personnes non initiées.
- Code d'accès Grand public "W2", permet uniquement une consultation à distance des données présentées sous forme de tableaux ou de courbes au choix de l'utilisateur. Aucun risque de perturber le fonctionnement de la station, et ce code d'accès peut être distribué à toute personne.

6.3.2.2.1- Ordinateur de bureau, Code d'accès Informatique "W1":

Programmation de la station, récupération des données par ligne PTT et dépouillement par votre ordinateur équipé d'une carte KORTX 1200 et du logiciel "Auteg".

Le logiciel "Auteg" laisse la possibilité de traiter des données provenant des micro-ordinateurs EPSON HX20 et/ou HUNTER, ou des lecteurs de cassettes Lecmac 1 ou Lecmac 5.

6.3.2.2.2- Minitel:

a) Code d'accès Informatique "W1", programmation et surveillance rapide de vos stations, ne pas confier à des personnes non initiées.

b) Code d'accès Grand public "W2", aucun risque de perturber le fonctionnement de la station, les manipulations autorisées n'ont qu'un but consultatif. L'utilisateur peut consulter les données suivant un menu de choix:

-Tableaux des données sur les sept derniers jours, avec possibilités de faire défiler les valeurs dans chaque journée par pages de 12 lignes ou jour par jour sur les sept derniers jours d'enregistrements.

- Coubes voie par voie par avances successives jour par jour.

- Courbes voie par voie sur les sept derniers jours d'enregistrements.

Reamarque: du fait de la complexité des affichages et du protocole fiabilisé de la transmission par téléphone, il faut utiliser un Minitel moderne programmable en "PCE" et en mode vidéo texte de 80 caractères par ligne.

7°) Exemples de page Minitel:

7.1- Page de garde:

Page de présentation personnalisée, mise au point pour chaque client.

Exemple de la page de garde du "S.R.A.E PACA".

S.R.A.E.

PROUENCE-ALPES-COTE D'AZUR

5 Bd de la République
13617 AIX-EN-PROUENCE CEDEX

Tel : 42.27.27.69
Fax : 42.27.38.89

 Systeme EMAC

56 rue du Progres
38170 SEYSSINET-PARISSET
Tel : 76.27.56.33

MOT DE PASSE ? : ■ |

7.2- Page menu de sélection:

Page de présentation des choix possibles. L'utilisateur peut sélectionner les tableaux chronologiques des valeurs ou le tracé de courbes.

AUTEG Station Emac : CRYPTÉ

Tableau de donnees			0		
Trace de courbes			Jour	Hebdo	
No Voie	Libelle	Unite	Choix		
1	Temp1	Dg	1	A	
21	Temp2	Dg	2	B	
22	Temp3	Dg	3	C	
23	Temp4	Dg	4	D	
24	Temp5	Dg	5	E	
32	Niveau	Cm	6	F	
33	Humid1	%	7	G	
34	Humid2	%	8	H	

Votre choix :

7.3- Page de présentation des tableaux de valeurs:

AUTEG Station Emac : CRYPTÉ

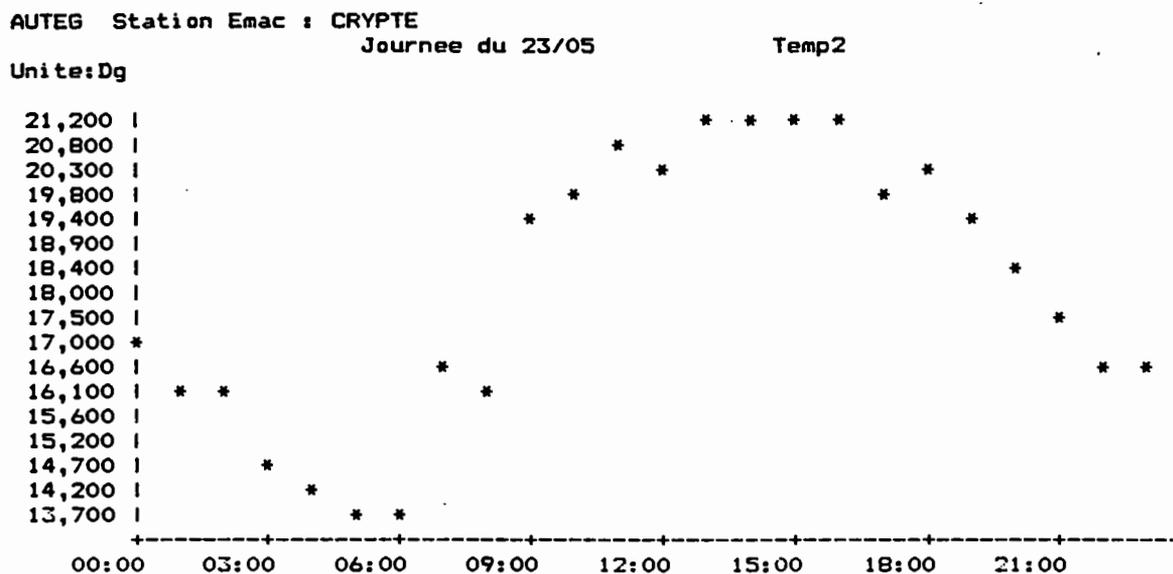
JOURNEE DU 24/05

HEURE	Temp1 (Dg)	Temp2 (Dg)	Temp3 (Dg)	Temp4 (Dg)	Temp5 (Dg)	Niveau (Cm)	Humid1 (%)	Humid2 (%)
10:00	15,800	23,500	17,100	16,800	17,000	313,35	89,80	83,90
09:00	15,700	20,900	17,100	16,800	17,000	312,74	90,00	83,30
08:00	15,800	18,800	17,000	16,800	17,100	312,74	90,20	82,90
07:00	15,800	17,700	16,900	16,800	17,200	312,12	90,10	82,10
06:00	15,800	13,600	16,900	16,800	17,300	312,12	89,90	82,10
05:00	15,800	13,100	17,100	16,800	17,400	312,12	89,80	82,10
04:00	15,900	13,700	17,100	16,800	17,400	312,74	89,80	82,60
03:00	15,900	14,000	17,200	16,800	17,500	312,74	89,60	82,50
02:00	15,900	14,100	17,300	16,800	17,500	312,12	89,50	82,90
01:00	15,900	14,800	17,300	16,800	17,600	311,51	89,60	83,40
00:00	15,900	15,500	17,500	16,900	17,700	310,90	89,50	83,30

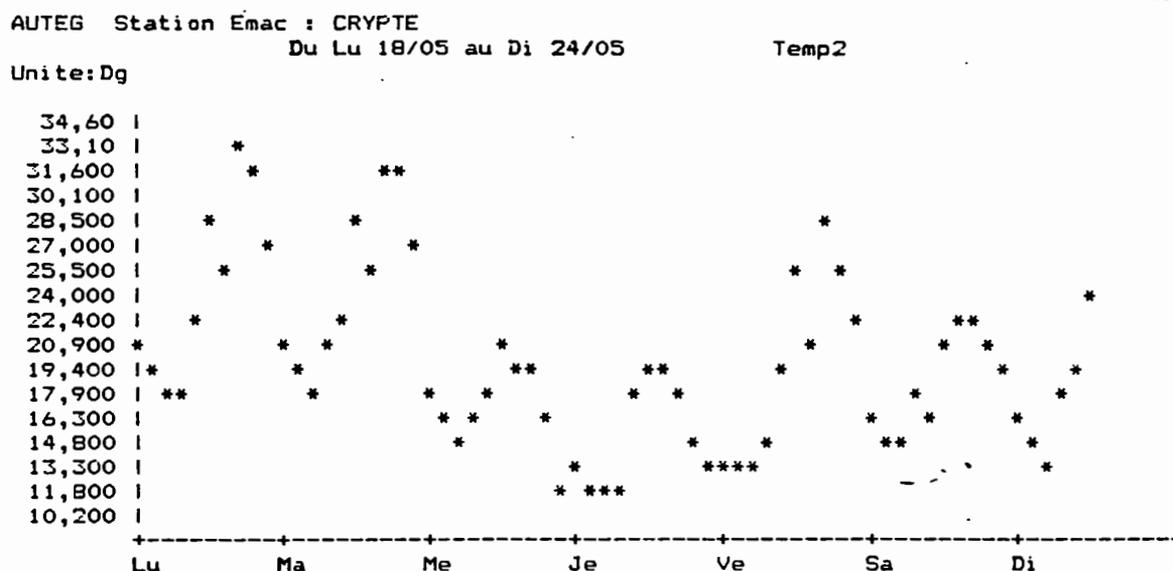
Mesures precedentes : SUITE , Bloc precedent : Bas , Menu : SOMMAIRE
 Mesures suivantes : RETOUR , Bloc suivant : Haut , Logo : CX_FIN

7.4- Page de présentation de tracé de courbes:

7.4.1- Courbes par jours



7.4.2- Courbes par semaines:



8°) Alimentation:

L'alimentation de la station est assurée par une batterie A200 au plomb, étanche, spécialement réservée aux applications demandant un faible courant et de nombreux cycles de charges et de décharges.

8.1- Caractéristiques essentielles:

8.1.1- Batterie:

- Tension.....12 Vcc,
- Capacité.....6 Ah,
- Température de service.....- 30°C à + 60°C,
- Durée de vie.....4 à 5 ans.

Lors des passages pour l'entretien, la batterie est remplacée, rechargée au domicile, et recyclée à son tour.

Le raccordement de la batterie est assuré par un connecteur rapide à verrouillage. Deux embases sur la station permettent de relayer les batteries sans coupure de l'alimentation.

8.1.2- Contrôle de l'alimentation batterie:

Un circuit à seuil contrôle la tension batterie et émet un message d'alarme "Batterie basse - 56" lorsque la batterie atteint la mi-capacité. Ce message est suivi de l'autonomie en jour disponible.

Exemple: "Batterie basse - 56",

La batterie est à mi-capacité, et il reste 56 jours d'autonomie.

8.2- Les alimentations auxiliaires

8.2.1- Alimentation secteur avec chargeur de batterie:

Les stations peuvent recevoir une alimentation secteur 220 Veff avec chargeur régulé en tension, susceptible de maintenir la batterie en permanence chargée. Ce chargeur est tout particulièrement adapté à cette application.

Caractéristiques essentielles:

- Deux transformateurs dont un d'isolement, avec écrans à raccorder à la terre,
- Filtre d'antiparasitage,
- Protection contre les surtensions,
- Fusible de protection,
- Système de régulation de charge adapté,
- Test de présence secteur,
- Température de service.....- 20°C à + 60°C.

Cette alimentation secteur est livrée avec un boîtier extérieur de protection contre les surtensions.

8.2.2- Alimentation par panneau solaire:

On peut également adapter une alimentation par panneau solaire avec limiteur de tension batterie.

Caractéristiques essentielles:

- Panneau solaire puissance5 W,
dimensions.....270 X 250,
mécanisme de fixation avec inclinaison variable.
- Limiteur de tension batterie.....13,8 Vcc,
protection contre les inversions de polarité, diodes et fusible,
protection contre les surtensions, Gemov.



Exemple d'application:

S.R.A.E PACA: Station de Télémessures Autonome et Plastron de visualisation, Niveau, Conductivité et Température d'un captage de la ville de Cogolin.

Caractéristiques des Capteurs.

1°) Niveau d'Eau:

Nous proposons l'utilisation de deux types de capteurs, différenciés en fonction des applications et de l'environnement.

Ce sont des capteurs de très grande qualité, basés sur le principe d'une cellule de pression de haute performance, compensée en température, qui inclue un élément de mesure en silicium mono-cristallin dans un corps en titane.

1.1- Type PTX160 ou PTX 630, (PTX530);

Capteurs transducteurs de pression différentielle dont l'information est délivrée sous la forme d'un courant variant de 4 à 20 mA.

Réservés aux applications de grandes amplitudes de mesures, de grandes longueurs de câble (300 à 400 m) et en milieu parasité.

Ce principe permet de relayer le câble du capteur par un câble blindé classique, meilleur marché, dans le cas de grandes longueurs. Le relais s'effectue hors eau dans une boîte plastique étanche équipée d'une prise de pression atmosphérique.

C'est un capteur onéreux, car il possède une électronique intégrée, miniaturisée et de très grande stabilité.

Pour certaines applications ne nécessitant pas une très grande précision, nous proposons la série PTX530, qui regroupe des capteurs de très grande qualité, mais un peu moins performants et par conséquent meilleur marché.

1.2- Type PDGR830 ou PDGR 950;

Capteurs sans électronique incorporée dont l'information est délivrée sous la forme d'une tension continue, dite bas niveau.

Réservés aux applications d'amplitudes de mesures moyennes, de longueurs de câble faibles (10 à 20 m) et en environnement peu parasité.

1.3- Remarque:

Se reporter au dossier "Niveau par Capteur de pression différentielle immergé".

2°) Conductivité/Température de l'Eau:

On utilise une Sonde de mesure de Conductivité dite Toroïdale, spécialement mise au point par notre Société adaptée pour des mesures en continu.

2.1- Principe de la Sonde:

Un bobine toroïdale alimentée par une tension sinusoïdale induit dans le milieu où elle est immergée, que l'on pourrait assimiler à un anneau d'eau, une tension qui provoque le passage d'un courant dont l'amplitude dépend de la résistance de l'anneau, donc de la conductivité du milieu. Ce courant induit à son tour dans une seconde bobine toroïdale une tension qui est amplifiée, mise à l'échelle et convertie en grandeur numérique.

La sonde possède de l'électronique intégrée, ce qui permet l'utilisation de grandes longueurs de câble.

Compensation automatique de la valeur de conductivité en fonction de la température par logiciel, à partir d'une sonde Platine 100 Ohms à 0°C intégrée et d'une table de coefficients correcteurs.

2.1.1- Avantages:

Le principe de cette sonde met en application les propriétés magnétiques liées à la conductivité du milieu dans lequel elle est immergée.

L'intérêt réside dans le fait qu'il n'y a aucune électrode en contact avec le milieu;

- pas d'usure d'électrode,
- pas de dépôt quelconque dû à des effets secondaires d'électrolyse,
- pas d'entretien régulier,
- pas de risque d'encrassement susceptible de fausser la mesure,
- pas de risque de détérioration par la foudre.

2.1.2- Inconvénients:

- un peu moins sensible que les sondes classiques à électrodes, mais largement suffisante pour les applications envisagées, si l'on s'en réfère au graphique ci-joint.
- diamètre 50 mm un peu trop important, imposé par les bobinages du commerce.

2.2- Caractéristiques techniques:

2.2.1- Mécaniques:

Matière: PVC Gris, type écoulement, électronique surmoulée dans résine silicone.

2.2.2- Electriques

Alimentation, pilotée par logiciel12 Vcc,

Consommation100 mA,

Protection contre les surtensions parasites et les inversions de polarité.

Compenser automatiquement du vieillissement et des dérives en température. 2.2.3-

2.2.3- Mesure de la conductivité:

gamme.....0 à 20,00 mS/cm,

résolution.....0,01 mS/cm,

2.2.4- Mesure de la température:

Sonde Platine 100 Ohms à 0°C, 1/3 Din, intégrée, montage type quatre fils, pas d'influence de la longueur des câbles.

gamme standard.....- 20 °C à + 50 °C,

résolution.....0,1 °C.

2.3- Etalonnage de la Sonde SCKL20:

Bien que le matériel soit livré étalonné, l'utilisateur peut contrôler l'étalonnage de la sonde dans le cas de discordance avec un "Conductimètre" de référence.

2.3.1- Etat de départ de l'étalonnage, "Libellé de voies":

Deux voies de mesures:

- la Conductivité de l'Eau, exprimée en centièmes de "mS/cm",
- la Température de l'Eau, exprimée en dixièmes de "°C"

Les libellés de chaque voie doivent être programmés de la façon suivante;

2.3.1.1- Conductivité, valeur de départ avant étalonnage:

- "l"Conduc
- "u".....mS
- "a".....0,01
- "b"....0

2.3.1.2- Température Eau:

- "l"Temp.Eau
- "u".....dg
- "a".....0,1
- "b".....- 110

2.3.1.3- Table de correction:

- N° table:.....Y (numéro de la table, 1 à 6),
- Voie cor:.....X (correspond au numéro de la voie température associée),
- Affichage:..N
- "l"..... Conduc
- "u".....mS
- "a".....0,001
- "b".....0,1
- "+Sat".....+ 60 dg (valeur max de validité de la table, au dessus "*****"),
- "-Sat".....- 11,5 dg (valeur min de validité de la table, au dessous "*****").

2.3.2- Etalonnage de la Conductivité:**2.3.2.1- Etalonnage du zéro de Conductivité:**

Dans l'air, la sonde doit donner une conductivité nulle. En fait il n'en est rien, il y a toujours une valeur résiduelle que l'on peut mesurer, notée "X0".

2.3.2.2- Etalonnage dans des solutions étalons:

On peut préparer une solution de concentration déterminée, (voir tableau ci-près), par exemple: 0,1 N, soit 7,456 g/l, dont on peut mesurer la conductivité à partir d'un "Conductimètre", notée "C1". La sonde donne une valeur notée "X1".

2.3.3- Calcul des nouveaux coefficients "a'" et "b'":**2.3.3.1- Calcul du coefficient de mise à l'échelle, "a'":**

$$a' = C1 / (X1 - X0)$$

Valeurs de mesures en centièmes de mS/cm. Pour la commodité de mesures, on exprimera la mesure en mS/cm, donc il faut un coefficient diviseur de 100. On reportera dans le libellé une valeur "a", tout en conservant "b = 0", telle que :

$$a = a' \cdot 0,01$$

2.3.3.2- Calcul du coefficient de correction de faux zéro, "b'":

Le coefficient "a" programmé dans le libellé, on renouvelle la mesure dans l'air ambiant après avoir bien nettoyé et séché la sonde. Soit "X'0" la nouvelle valeur résiduelle.

On reportera dans le libellé la valeur inverse, soit "- X'0".

2.3.4- Nouveaux Libellés:**2.3.4.1- Conductivité:**

- "l"Conduc
- "u"mS/cm
- "a"....."a' . 0,01"
- "b"....."- X'0"

2.3.4.2- Température Eau:

Il reste inchangé.

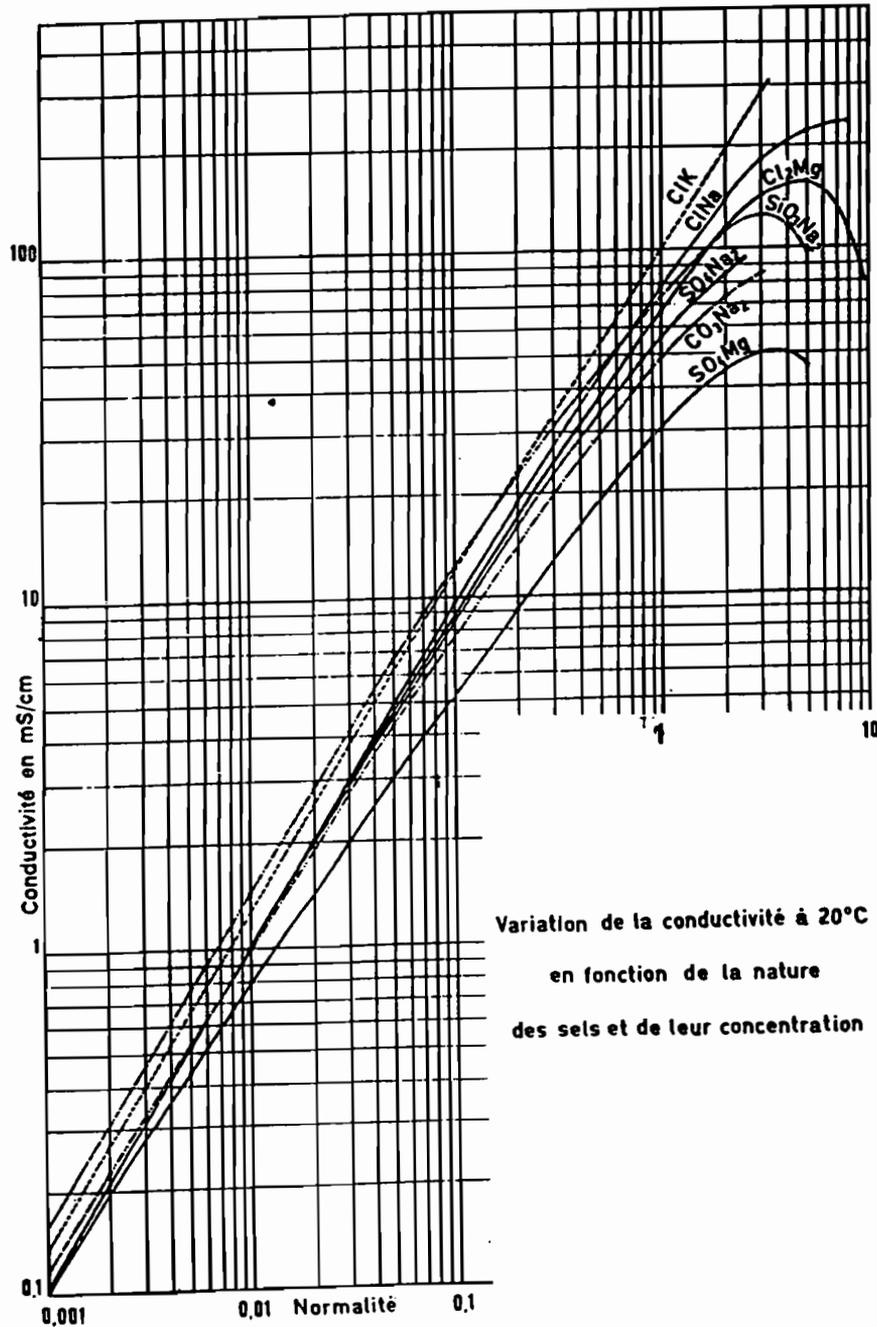
2.3.4.3- Table de correction:

Il reste inchangé.

2.4- Tableau de la Conductivité à 20 °C des solutions étalons de KCl:

<i>Normalité</i>	<i>Concentration g/l</i>	<i>Conductivité mS/cm</i>
1,000 N	74,56	112,359
0,500 N (N/2)	37,28	
0,400 N (N/2,5)	29,824	41,660
0,2000 N (N/5)	14,912	22,070
0,1500 N (N/6,6)	11,297	16,390
0,1000 N (N/10)	7,456	11,680
0,6670 N (N/15)	4,971	7,8
0,0500 N (N/20)	3,728	5,988
0,0400 N (N/25)	2,982	4,807
0,0330 N (N/30)	2,485	4,032
0,2500 N (N/40)	1,864	3,048
0,0200 N (N/50)	1,491	2,510
0,1510 N (N/66)	1,130	1,851
0,0100 N (N/100)	0,7456	1,277
0,0080 N (N/125)	0,956	1,000
0,0070 N (N/150)	0,497	0,8438
0,0050 N (N/200)	0,373	0,6535
0,0040 N (N/250)	0,298	0,5128
0,0030 N (N/300)	0,2485	0,4301
0,0025 N (N/400)	0,1864	0,3252
0,0020 N (N/500)	0,149	0,2645
0,0015 N (N/666)	0,112	0,196
0,0010 N (N/1000)	0,07456	0,137

2.5- Courbes de Conductivité en fonction de différents constituants:



4°) Ph de l'Eau:

Le Ph permet d'apprécier l'acidité ou la basicité, (alcalinité) d'une solution aqueuse. Cette grandeur est liée à l'activité, (concentration) en ions H^+ par la relation $Ph = - \log (H^+)$.

Le Ph d'une solution sera donc d'autant plus faible que son acidité sera grande, et d'autant plus fort que sa basicité, (alcalinité) sera plus grande.

- valeur intermédiaire Ph 7, correspond à l'Eau pure, ou à une solution saline neutre.

- valeurs extrêmes Ph 0 pour une solution très acide et Ph 14 pour une solution très basique.

4.1- Principe de la sonde:

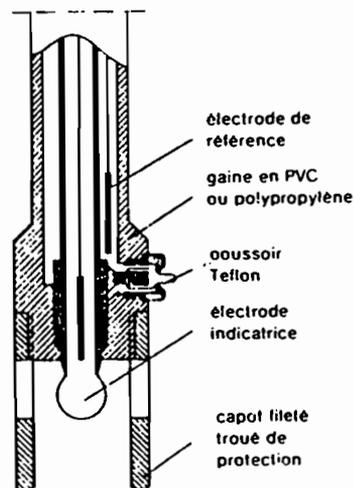
On utilise une sonde à électrode de verre qui permet des mesures très précises. La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (calomel-KCl saturé) plongeant dans une même solution est une fonction linéaire du Ph de cette solution. Ce sont les lois de Nernst, le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H^+ par la relation:

$$E = E_0 + 2,3 RT/nF \log ah$$

où:

- E , potentiel mesuré,
- E_0 , constante dépendant du choix de l'électrode de référence et des solutions internes,
- R , constante des gaz ($J/^\circ C$),
- T , Température absolue ($^\circ C$),
- n , charge de l'ion,
- F , constante de Faraday (96 500 C),
- ah , activité de l'ion dans l'échantillon (H^+).

Les électrodes combinées industrielles sont conçues pour les mesures de Ph (et de potentiel Redox) sur le terrain. L'électrode de référence est constituée par un tube rigide indéformable en PVC, prolongé par un capot fileté à ouverture de même matière. Elle protège l'électrode indicatrice des chocs. Le pont d'écoulement débouchable manuellement permet une parfaite jonction de potentiel quel que soit le milieu réactionnel, (boue, poussière, suspensions...). Le pont d'écoulement est amovible et interchangeable. Une simple pression du doigt sur un poussoir accentue l'écoulement de l'électrolyte de référence qui chasse les impuretés et les produits de colmatage.



4.2- Présentation:

4.2.1- Canne Ph:

Conçues pour des mesures en continu dans les cuves, barrages, rivières, elles se présentent sous la forme d'un fourreau en PVC protégeant l'électrode combinée, équipée d'un surpresseur de KCl se terminant par un vase transparent de réserve de KCl. Voir schéma ci joint.

4.2.2- Chambre de mesure Ph à circulation:

Dans le cas de mesures dans des canalisations à faible pression, par exemple, prise de pression dans les barrages, ces mêmes électrodes peuvent être livrées sous la forme d'une chambre de mesures qui s'insère dans la conduite, diamètre...25 mm.

4.3- Caractéristiques techniques:**4.3.1- Mécaniques:**

Matière PVC, Température de service.....0 °C à + 60 °C,
Longueur de la canne.....1 m,
Diamètre de la canne.....40 mm,
Câble blindé, longueur.....15 m,

4.3.2- Electriques:

Tension de sortie Ph 6.....+ 58 mV,
Tension de sortie Ph 7.....0 mV,
Tension de sortie Ph 8.....- 58 mV,
Pente.....58 mV par unité Ph,

4.3.3- Chimique:

Electrolyte.....Solution Normale de KCL, 74,56 g/l,

4.3.4- Mesures de Ph:

gamme.....0 à 14 UPh,
résolution.....0,1 UPh,

Correction automatique en fonction de la température:

La mesure relevée doit être corrigée en fonction de la température de l'Eau par la relation suivante:

$$Ph = [3,413 (t + 273)] Ph'$$

où:

- Ph', valeur mesurée,
- t, température de l'Eau.

4.3.6- Etalonnage de la sonde Ph:

Bien que l'ensemble soit livré avec les caractéristiques de chaque sonde, on devra au cours du temps reconstrôler la sonde Ph, à partir de solutions étalons du commerce. L'adaptation se fait à partir de la loi linéaire "ax + b" affectée.

4.3.6.1- Libellé Ph:

- "l"Ph
- "u".....UPh
- "a"- 0,01
- "b"-15

4.3.6.2- Libellé Température Eau:

- "l"Temp.Eau
- "u"dg
- "a"0,1
- "b"- 110

4.3.6.3- Libellé Table de correction:

- N° table:.....Y (correspond au numéro de la table de correction, 1 à 6)
- Voie cor:....X (correspond au numéro de la voie température associée),
- Affichage:..N
- "l"..... Ph
- "u".....UPh
- "a".....0,0001
- "b".....0,1
- "+Sat".....100 dg (valeur max de validité de la table, au dessus "*****"),
- "-Sat".....- 0 dg (valeur min de validité de la table, au dessous "*****").

5°) Température de l'Eau.

Il est important de connaître la température de l'Eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle:

- dans la solubilité des sels et surtout des gaz,
- dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique,
- dans la détermination du Ph.

5.1- Principe de la sonde:

Comme pour toutes les mesures de température auxquelles il a été fait allusion dans les paragraphes précédents, la sonde de mesures de température de l'Eau est réalisée à partir d'une résistance de Platine dont la valeur caractéristique est de 100 Ohms à zéro degré. Ce composant est défini suivant les normes NF.C42330 et DIN43.760.

La résistance est sellée dans un tube inox ou laiton étanche à l'immersion et équipée d'un câble blindé quatre conducteurs.

5.2- Caractéristiques techniques:**5.2.1- Mécanique:**

Diamètre.....14 mm,

Longueur.....140 mm,

Oeillet pour fixation d'un lest ou d'un corps mort.

5.2.2- Electriques:

Résistance Platine.....100 Ohms à 0 °C,

Tolérance.....+/- 0,01 Ohm,

Câble spécial immersion, longueur.....15 m,

Montage type quatre fils, donc mesures peu influencées par les longueurs du câble qui peuvent atteindre 200/300 m et plus.

5.2.3- Mesures de la température de l'Eau:

gamme standard.....- 20 °C à + 60 °C,

résolution.....0,1 °C,

Il n'est pas envisagée dans cette application une correction de linéarité de la variation de la résistance en fonction de la température, ce qui conduit à une erreur globale de 0,3 °C entre - 20 °C et + 60 °C. Elle peut être proposée en option, nous consulter.

5.2.4- Etalonnage:

Compte tenu de la précision du composant et de sa nature, aucun étalonnage n'est préconisé.

Libellé Température Eau:

- "l"Temp.Eau
- "u".....dg
- "a".....0,1
- "b".....- 110



Exemple:

*Institut Régional de Recherches en Aquaculture: Station de Télémessures
Météorologique et Qualité des Eaux. Rayonnement solaire. Vitesse et Direction du
Vent, 6 voies d'Oxygène dissous et Température d'Eau de bassin de pisciculture.
Surveillance de la teneur en Oxygène et commandes automatiques d'aérateurs.*

Caractéristiques de l'ensemble de mesures.

1°) Les mesures de Niveau:

D'une façon générale, on adapte la pression nominale du capteur en fonction de la plage de mesures à effectuer.

1.1- Capteurs sans électronique intégrée, série PDCR950:

- Pression nominale 70 mB, sortie: 0/17 mV,
gamme de niveau (Résolution 1 ou 0,5 ou 0,25 cm).....0/76,5 cm,
- Pression nominale 175 mB, sortie: 0/25 mV,
gamme de niveau (Résolution 1 ou 0,5 cm).....0/178,5 cm,
- Pression nominale 350 mB, sortie: 0/50 mV,
gamme de niveau (Résolution 1 ou 0,5 cm).....0/357 cm,
- Pression nominale 700 mB, sortie: 0/100 mV,
gamme de niveau (Résolution 1 ou 0,5 cm).....0/714 cm,
- Pression nominale 1 B, sortie: 0/100 mV,
gamme de niveau (Résolution 1 ou 0,5 cm).....0/1020 cm,
- Pression nominale 1,5 B, sortie: 0/100 mV,
gamme de niveau (Résolution 1 cm).....0/1530 cm,

1.2- Capteurs avec électronique intégrée, sortie 4/20 mA, PTX 160D ou PTX 630D:

- Pression nominale 70 mB, sortie: 4/20 mA, Alim 12 Vcc,
gamme de niveau (Résolution 1 ou 0,5 ou 0,25 cm).....0/76,5 cm,
- Pression nominale 175 mB, sortie: 4/20 mA, Alim 12 Vcc,
gamme de niveau (Résolution 1 ou 0,5 cm ou 0,25.....0/178,5 cm,
- Pression nominale 350 mB, sortie: 4/20 mA, Alim 12 Vcc,
gamme de niveau (Résolution 1 ou 0,5 cm).....0/357 cm,
- Pression nominale 700 mB, sortie: 4/20 mA, Alim 12 Vcc,
gamme de niveau (Résolution 1 ou 0,5 cm).....0/714 cm,
- Pression nominale 1 B, sortie: 4/20 mA, Alim Convertisseur 24 Vcc,
gamme de niveau (Résolution 1 ou 0,5 cm).....0/1020 cm,
- Pression nominale 1,5 B, sortie: 4/20 mA, Alim Convertisseur 24 Vcc,
gamme de niveau (Résolution 1 cm).....0/1530 cm,
- Pression nominale 2 B, sortie: 4/20 mA, Alim Convertisseur 24 Vcc,
gamme de niveau (Résolution 1 cm).....0/2040 cm,
- Pression nominale 2 B, sortie: 4/20 mA, Alim Convertisseur 24 Vcc,
gamme de niveau (Résolution 1 cm).....0/4080 cm,

1.3- Remarques:

- Pour toutes autres gammes, nous consulter, possibilités jusqu'à 100 m et plus.
- La série PTX160 est réservée aux applications nécessitant un capteur de faible diamètre, (17,5 mm). Cas de forage de petites dimensions.

1.4- Capteurs PTX530D:

Cette série de capteurs concerne des capteurs également de grande qualité, mais de performances moindres, donc d'un prix de revient inférieur. Toutefois les performances peuvent largement suffire dans certaines applications ne nécessitant pas une très grande précision de mesures. Cas par exemple des nappes phréatiques.

1.5- Tableau comparatif des capteurs de pression différentielle immergés PTX530 et PTX 630.

Série	PTX 530	PTX 630
Dérive en température..... - 10 °C à + 50 °C	1 %	0,5 %
Valeur typique.....	0,7 %	0,3 %
Dérive en température..... - 20 °C à + 80 °C	2 %	1 %
Valeur typique.....	1,5 %	0,7 %
Erreur cumulée, (linéarité, hystérésis et répétabilité).....	0,3 %	0,15 %
Valeur typique.....	0,2 %	0,08 %
Stabilité à long terme.....	non connue	0,1 %
Valeur typique.....	non connue	0,05 %

Toutes ces caractéristiques sont extraites des fiches techniques ci jointes.

2°) Les mesures de Conductivité/Température:

2.1- Conductivité:

gamme.....0 à 20,00 mS/cm,
résolution.....0,01 mS/cm,

2.2- Température:

gamme.....- 20 °C à + 50 °C,
résolution.....0,1 °C,

3°) Les mesures Oxygène dissous/Température:

L'agitateur est mis sous tension pendant 60 s avant le déclenchement de la mesure.

3.1- Oxygène:

gamme.....0 à 100,0 %,
résolution0,1 %,

3.2- Température:

gamme.....- 20 °C à + 50 °C,
résolution.....0,1 °C,

Non
Retenu

4°) Les mesures de Ph:

gamme.....0 à 14 UPh,
résolution0,1 U Ph,

5°) Les mesures de Température:

gamme.....- 20 °C à + 50 °C,
résolution.....0,1 °C,

6) Les autonomies:

6.1- Définitions:

- version stockage interne **Mémoram 64 Ko et Modem PTT:**

- pas de temps des relevés.....60 mn,

- nombre de voies de mesures.....5,

Niveau,

Conductivité/Température,

Oxygène dissous/Température,

Ph,

- téléphone.....10 mn par jours,

6.2- Alimentation:

Batterie A200 au plomb étanche spécialement réservée aux applications demandant un faible courant, et de nombreux cycles de charges et décharges.

Tension12 Vcc,

Capacité5,7 Ah,

Température de service 30 °C à + 60 °C.

6.3- Caractéristiques:

Autonomie batterie à mi-capacité.....1 mois.

Autonomie Mémoire 64 Ko.....240 jours.

A N N E X E 2

Documentation Technique Complémentaire

Sur la

Station Automatique

AUTEG / ORSTOM

- Sonde de pH d'origine type HEITO CRV1 AK.
- Schéma technique de l'Electrode CRV pour mesures de pH adaptée par AUTEG.
- Schéma de l'enveloppe de la sonde de pH.
- Certificat de calibration du capteur de pression type Druck PDCR 950.
- Plan de la sonde de conductivité toroïdale SCKCL 20 développée par AUTEG.
- Compléments de caractéristiques techniques de la sonde de turbidité spécialement conçue par AUTEG, dont préparation des solutions étalon.
- Corps de la sonde de radioactivité.
- Caractéristiques techniques générales de la sonde de radioactivité type XERAM 3B17C.
- Feuille particulière de spécifications du compteur Geiger-Müller type 3B17C.
- Résumé de l'étalonnage de la sonde de radioactivité effectué par AUTEG à partir d'une source de ^{137}Cs .
- Caractéristiques nucléaires du ^{90}Sr , de l' ^{90}Y , du ^{60}Co et du ^{137}Cs .
- Plan de raccordement de la station ORSTOM avec l'émetteur Argos.
- Format du message Argos.
- Raccordement sonde pH - émetteur Argos.
- Raccordement capteur température - émetteur Argos.
- Raccordement sonde conductivité - émetteur Argos.
- Raccordement sonde turbidité - émetteur Argos.
- Raccordement sonde radioactivité - émetteur Argos.
- Raccordement capteur niveau pression - émetteur Argos.

ÉLECTRODES COMBINÉES INDUSTRIELLES

Les électrodes COMBINÉES INDUSTRIELLES sont conçues pour les mesures de pH et de potentiel rédox sur le terrain et en fabrication.

L'électrode de référence est constituée par un tube rigide indéformable en PVC (0-60°C), en polypropylène (0-100°C) ou en téflon et prolongée par un capot fileté à ouverture de même matière. Elle protège l'électrode indicatrice (verre ou métal) des chocs.

Le pont d'écoulement débouchable manuellement (cf principe ci-dessous) permet une parfaite jonction de potentiel quel que soit le milieu réactionnel (boue, pâte, poussière, suspensions...).

Ces électrodes donnent des mesures FIDÈLES et INSTANTANÉES même dans des conditions d'utilisation délicates et ceci pendant plusieurs années.

Equipées de 1,50 m de câble avec prise moulée.

pH

TYPE	CRV 1 B	CRV 1 A	CRV 2 B	CRV 2 A
GAMME	0 - 12	0 - 14	0 - 12	0 - 14
	- Corps et protection en PVC*			
	- En fabrication, sur le terrain...			

TYPE
GAMME

* ou polypropylène

pH

T°C

TYPE	CRVSTHP	ARVSTHP
GAMME	0 - 12	0 - 12
	- Sonde de température Pt 100 incorporée	- Sonde de température Pt 100 incorporée
	- Corps en Polypropylène	- Corps en Polypropylène
	- Rechange : CRVST 1 HKP	- Rechange : CRVST 1 HKP

TYPE
GAMME

MONTAGES DIVERS

pH

CANNES PLONGEANTES

Conçues pour les mesures industrielles en continu du pH et du potentiel rédox dans les cuves, bassins, réacteurs ..., elles sont réalisées en PVC (0-60° C) polypropylène (0-100° C) ou INOX selon la nature du milieu réactionnel.

Elles sont constituées d'une électrode combinée industrielle interchangeable avec suppression de KCl, montée par presse-étoupe dans un fourreau de longueur variable (0,50 à 2 m.) équipé à la partie supérieure d'un vase transparent de réserve de KCl.

Equipées de 3m. de câble coaxial avec prise moulée.

TYPE
GAMME

TYPE	ARV 1 B	ARV 1 A	TRV 2 HK	TRV 2 AK
GAMME	0 - 12	0 - 14	0 - 12	0 - 14
	- Canne plongante en PVC**	- Canne plongante en PVC**	- Chambre de mesure à circulation en PVC	- Chambre de mesure à circulation en PVC
	- Rechanges types CRV 1 HK (0-12)	- Rechanges types CRV 1 AK (0-14)	- Rechanges types DRV 2 HK (0-12)	- Rechanges types DRV 2 AK (0-14)

* ou polypropylène
** ou polypropylène ou inox

REDOX

TYPE	CR Pt 1	AR Pt 1
MÉTAL	Platine	Platine
	- Corps et protection en PVC*	- Corps et protection en PVC*
	- Rechange type CR Pt 1 K	- Rechange type AR Pt 1 K

autres métaux sur demande

CHAMBRES DE MESURE A CIRCULATION

Elles sont destinées aux mesures de pH et du potentiel rédox dans des canalisations à faible pression et sont constituées d'une électrode combinée avec suppression de KCl montée par presse-étoupe dans une chambre en PVC (0-60° C). Raccordement sur conduite Ø 25 mm.

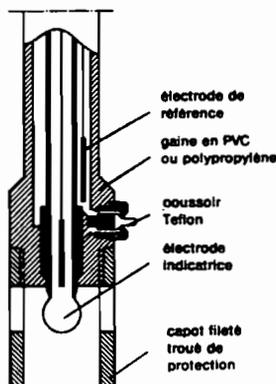
Equipées de 1,50 m de câble coaxial avec prise moulée.

ELECTRODES AUTONETTOYANTES

Elles sont spécialement adaptées aux mesures du pH et du potentiel rédox dans des produits colmatants (pâtes à papier, liquides particulièrement chargés).

Elles sont constituées d'une électrode combinée interchangeable en PVC avec pont d'écoulement débouchable manuellement (cf principe ci-dessous) et d'un moteur asynchrone 24 volts - 40 trs/mn. assurant un nettoyage continu de l'électrode indicatrice par l'intermédiaire d'un balai ou d'une membrane solidaire de l'arbre d'entraînement en acier inox.

Autres systèmes de nettoyage automatique sur demande.



PRINCIPE

Le pont d'écoulement est amovible et interchangeable. Une simple pression du doigt sur un poussoir téflon accentue l'écoulement de l'électrolyte de référence qui chasse les impuretés et produits colmatants (boue, poussières, pâtes, précipités.).

HEITO

5 rue Gramme - 75015 PARIS - Tél. (1) 48 28 47 02

Télex : 264 918 TRACE 572

Télécopie : (1) 48 28 34 69

CELLULES ET SONDES

CELLULES DE CONDUCTIVITÉ

Les cellules de conductivité sont conçues pour des mesures en continu avec ou sans sonde de température incorporée.

Elles existent en différents matériaux en fonction de la température d'utilisation et du milieu.

Montées sur canne plongeante (0,5 à 3 m) ou sur canalisation, elles peuvent s'adapter à toutes les installations déjà existantes.

TYPE CCP 4	TYPE CCPST4	TYPE YCP4
COEFFICIENT 1	COEFFICIENT 1	COEFFICIENT 1
- Corps et protection PVC* - 1,50 m de câble - Raccordement : 2 cosses	- Sonde de Température Pt.100 incorporée - Corps et protection PVC* - 1,50 m de câble	- A monter sur canalisation, presse-étoupe fourni - 3 m de câble - Raccordement : 2 cosses

TYPE ACP 4	TYPE ACPST 4
COEFFICIENT 1	COEFFICIENT 1
- Canne plongeante PVC* - Rechange : CCP 4 - 3 m de câble - Raccordement : 2 cosses	- Sonde de température Pt 100 incorporée - Canne plongeante PVC* - Rechange : CCPST 4 - 3 m de câble

* ou Polypropylène

SONDES DE TEMPÉRATURE

Utilisées seules pour les mesures de température ou avec des électrodes ou des cellules de conductivité pour la mesure et la correction automatique de température, les sondes de température sont protégées par une gaine en polypropylène leur permettant d'être utilisées jusqu'à des températures de 100°C ; elles sont protégées par un capot les mettant à l'abri de tout risque de casse. L'élément sensible est toujours une résistance de platine 100 ohms à 0°C conforme à la norme DIN 43760. Ceci permet l'interchangeabilité de toutes les sondes

TYPE CT 1 P	TYPE CT 6	TYPE AT 1 P	TYPE YT 2
GAMME -50 à +100°C	GAMME -50 à +100°C	GAMME -50 à +100°C	GAMME -50 à +80°C
- Corps et protection en polypropylène - 1,50 m de câble	- Double ou triple Pt 100 - Corps en polypropylène - 3 m de câble	- Canne plongeante en polypropylène - Rechange CT1 P - 3 m de câble	- A monter sur canalisation - Corps en PVC - 1,50 m de câble

SONDE DE CHLORE

Cette sonde est destinée aux mesures de chlore dans les canalisations, elle est constituée d'une anode de cuivre et d'une cathode de platine et possède un système d'autonettoyage par billes.

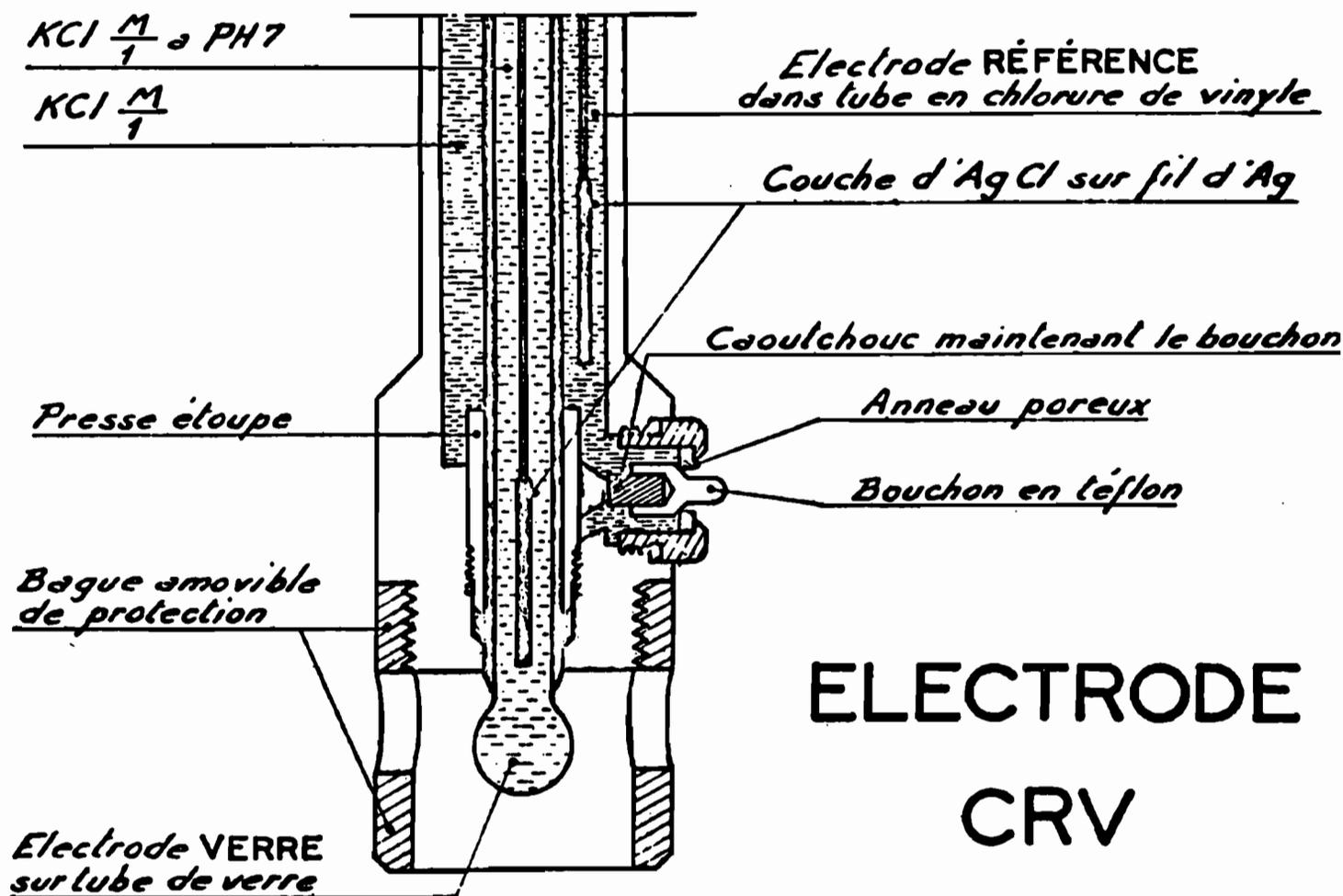
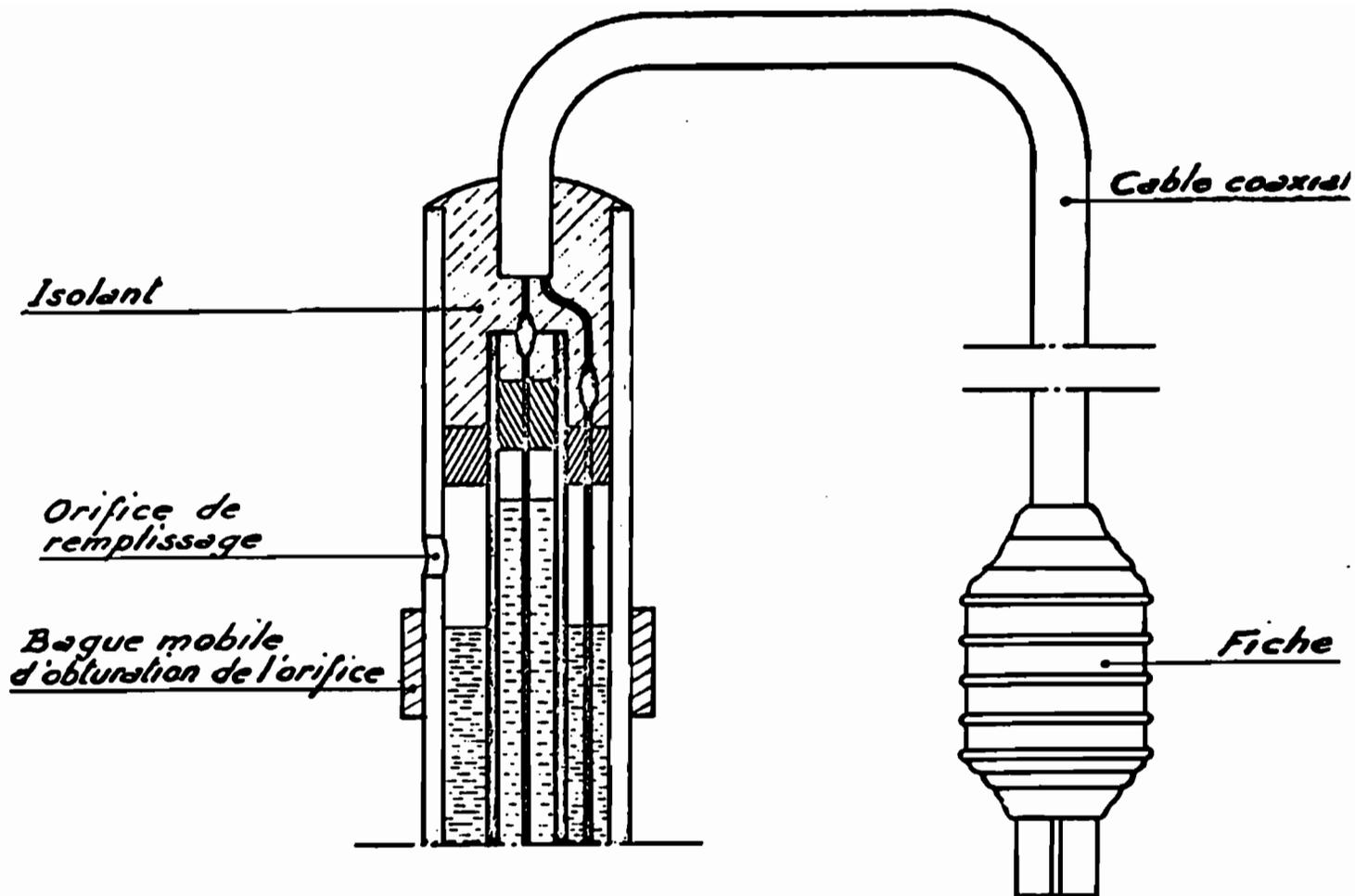
TYPE YCL
GAMME 0 - 20 mg/l
- Chambre de mesure à circulation en PVC transparent. - Autonettoyante - 3 m de câble

SONDES D'OXYGÈNE

De conception robuste, en PVC, les sondes à oxygène sont basées sur le principe de la sonde de Clark et utilisables sur la gamme de température 0° à 50°C. La membrane perméable à l'oxygène est montée sur une rondelle. L'ensemble, maintenu par l'embout de protection amovible, peut se changer très facilement.

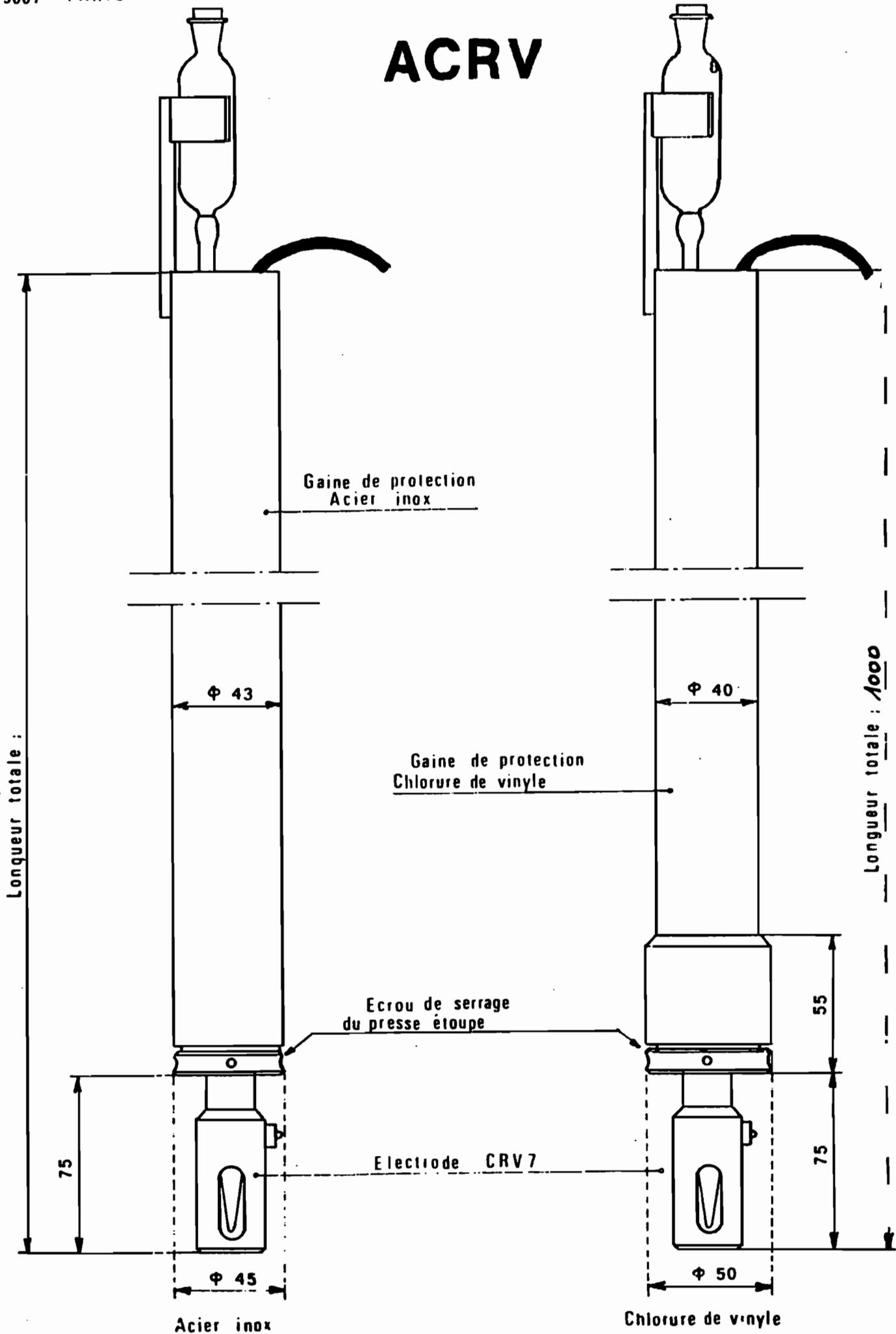
Une sonde de température incorporée Pt 100 permet la correction automatique et, éventuellement, la mesure de température. Une membrane souple équilibre la pression en cas d'immersion en profondeur.

TYPE COT 3	TYPE WOT 3
GAMME 0 - 20 mg/l	GAMME 0 - 20 mg/l
- Membrane interchangeable - Sonde Pt 100 incorporée	- Système mécanique autonettoyant - Moteur 24 V alternatif - Rechange : type COT 3



HEITO
13 RUE AUGEREAU
75007 PARIS

ELECTRODE ACRV



CERTIFICAT DE CALIBRATION



Date de calibration: 26.10.90 N° Cde: H04206

Référence Produit: PDCR 950

Numéro de série: 379135

Etendue de mesure: 350 mbar g

Alimentation: 10V dc

Sensibilité: 50.12mV

Non-linéarité & Hysteresis: $\pm 0.1\%$ BSL

Température d'utilisation:

Gamme compensée en température: -2 to +30°C

Erreur globale de température: $\pm 0.5\%$

Dérive thermique de zéro:

Dérive thermique de gain:

Raccordement électrique:

Alimentation positive: ROUGE

Alimentation négative: BLEU

Sortie positive: JAUNE

Sortie négative: VERT

Blindage: ORANGE : R.CAL
NOIR/SCREEN : TO BODY

Notes:

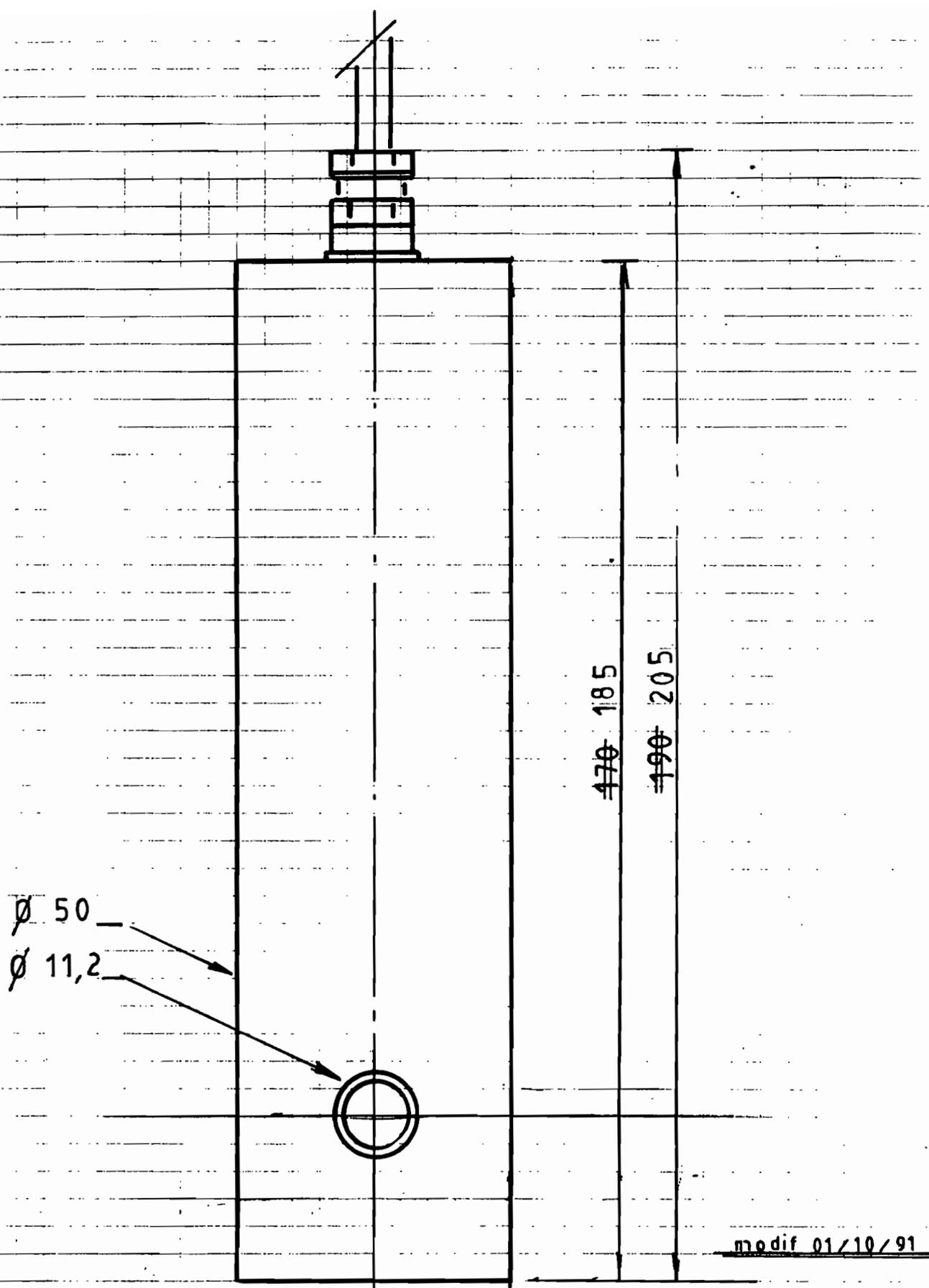
delrin cone

15 mtrs cable

Paramètres



45 Avenue Marceau
F.92400 Courbevoie
Téléphone (1) 334 24.75
Telex 620210 F



auteg s.a.r.l. Acquisition de Mesures Automatismes Electronique Ingenierie 56, rue du Progres 38170 SEYSSINET-PARISSET Tel: 76.27.66.00	PLAN SONDE CONDUCTIVITÉ TOROÏDALE - SCKCL 20		
	1985 996	6/6	01/12/89
ECH 1/1	MAT: PVC GRIS		

Caractéristiques techniques:

Mécaniques:

Matière: PVC gris, type écoulement, étanchéité assurée par surmoulage de l'électronique dans une résine silicone.

Electriques:

- Alimentation, pilotée par logiciel.....12 Vcc,
- Consommation.....100 mA,
- Source lumineuse à diode électroluminescente, longueur d'onde.....900 nm,
- Lumière modulée, fréquence.....1000 Hz,
- Récepteur à photo-transistor au silicium,
- Compensation automatique du vieillissement de la source lumineuse et des dérives en température par régulation interne, assurée par un deuxième photo-transistor.

Mesure de la Turbidité:

gamme.....0 à 200,0 NTU,
résolution.....0,1 NTU,

Option mesure de la Température de l'Eau:

Une Sonde Platine 100 Ohms à 0 °C, est intégrée. Elle peut être utilisée pour la mesure de la température de l'Eau, sous réserve d'équiper la station d'une entrée température.

gamme standard.....- 20 °C à + 60 °C,
résolution.....0,1 °C,

Etalonnage de la Sonde STOE 200:

Bien que le matériel soit livré étalonné, l'utilisateur peut contrôler l'étalonnage du capteur à partir de la méthode de la "Formazine", décrite ci-après.

Préparation des solutions étalon:

Solution mère:

Préparer:

- "5 ml" de solution à 1 % de sulfate d'Hydrazine dans l'Eau bidistillée,
- "5 ml" de solution à 10 % d'Hexaméthylène tétramine dans l'Eau bidistillée,

Mélanger, compléter à 100 ml, laisser reposer pendant 24 h à 25 °C. Ne se conserve pas plus d'un mois.

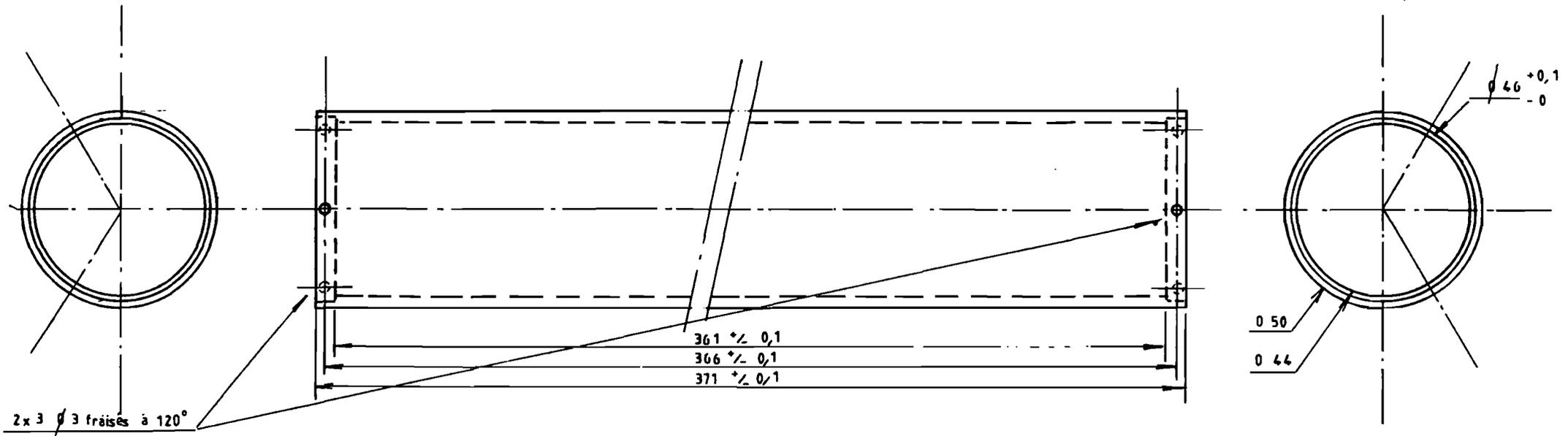
Solution fille, dite étalon 40 NTU:

Prendre "10 ml" de la solution mère précédente, compléter par "100 ml" d'Eau bidistillée. Cette solution correspond à 40 unités de Formazine, et doit être refaite toutes les semaines.

Solutions étalon:

On prépare 4 solutions de la manière suivante:

Numéro solutions	1,	2,	3,	4,
Solution fille	0,00	10,00	20,00	30,00
Eau bidistillée	30,00	20,00	10,00	0,00
Unités NTU	0,00	10,00	26,6	40,00



TUBE PVC ECOULEMENT 50 x 44

		<u>SONDE RADIO-ACTIVITÉ</u>	
		CORPS	
		1985 994/11	2/ 1 / 07 / 90
ECH	TOL 1/10	MAT PVC GRIS	

Beta-Gamma Geiger Muller Detectors

DIMENSIONS AND OPERATING CHARACTERISTICS

Main Types		3B17C	3B17CM	3G5S	3G12C	4G14C
Type of radiation		beta-gamma	beta-gamma	gamma	gamma	gamma
Dose rate range	mR.h ⁻¹ mGy.h ⁻¹	10 ⁻² to 10 ³ 10 ⁻⁴ to 10	10 ⁻² to 10 ³ 10 ⁻⁴ to 10	4.10 ⁻² ·10 ⁵ 3.10 ⁻⁴ ·10 ³	10 ⁻² to 10 ³ 10 ⁻⁴ to 10	4.10 ⁻³ to 4.10 ² 3.10 ⁵ to 3
Overall length	mm	186	186	82	186	325
Overall diameter	mm	23	23	13	23	34.5
Electrical output		NOVAL 9 pins (or leads)	NOVAL 9 pins (or leads)	Leads	NOVAL 9 pins (or leads)	Coaxial cable
Active length	mm	100	100	45	100	230
Active diameter	mm	18	18	7.5	16	26.4
Wall area density	mg.cm ⁻²	56 ± 14	28 ± 4	250	400	600
Weight	gram ounce	42 1.5	40 1.4	10 0.35	54 1.9	160 5.6
Gamma sensitivity for ⁶⁰ Co						
cpm per mR/h		6 000	6 000	840	4 200	15 000
c.s. ⁻¹ per R.h ⁻¹		100 000	100 000	14 000	70 000	250 000
c.s. ⁻¹ per mGy.h ⁻¹		12 000	12 000	1 600	8 000	30 000
Starting voltage	min. V max. V	360 420	360 420	370 450	360 420	480 550
Plateau start	max. V	460	460	500	460	600
Plateau end	min. V	600	600	600	600	800
Plateau slope	max. % per 100 V	7	7	10	7	7
Mean operating voltage	V	500	500	550	500	650
Dead time (4.7 MΩ)	μs	130	140	70	130	150
Maximum shielded background	c.min ⁻¹	50	50	15	50	200
Ratings:						
maximum high voltage	V	550	550	550	550	650
minimum load resistor	M Ω	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
maximum load capacitance	pF	10	10	10	10	10
Minimum count life	counts	10 ¹⁰	10 ¹⁰	10 ¹⁰	10 ¹⁰	10 ¹⁰

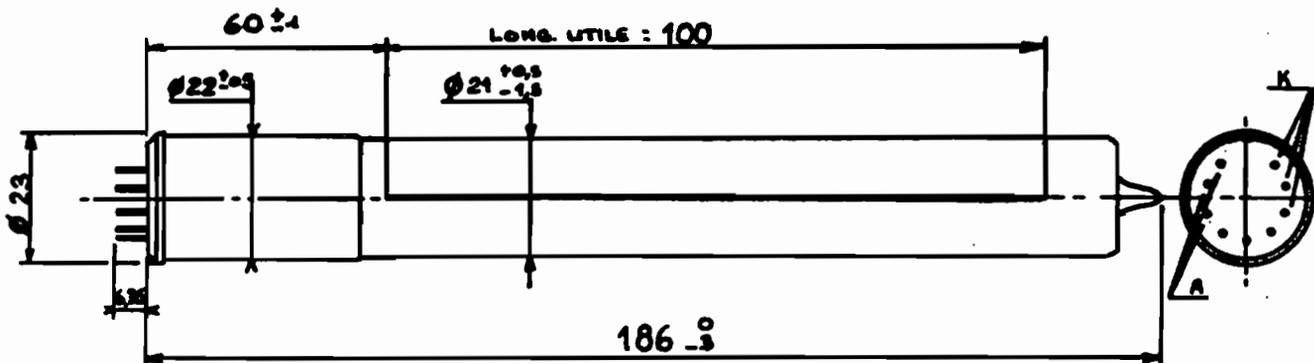
FEUILLE PARTICULIERE DE SPECIFICATIONS

Tube Compteur type Geiger Muller : 3 @ 17C

Sources : Sr 90
Co 60

Schéma de montage, réf. : B

I. - PLAN D'EXCERPT.



CONDITIONS LIMITEES D'UTILISATION

Haute tension maximale	590	Volt
Résistance de charge minimale	2,2	MΩ
Capacité maximale aux bornes de la résistance de charge	10	pF

CARACTERISTIQUES GARANTIES, avec schéma de montage B

- I. - **ISOLEMENT** Anode - Cathode à 100 V $> IC^{10} \Omega$
- X 2. - **TENSION DE SEUIL.**
 - mini : 360 Volt
 - maxi : 420 Volt
- X 3. - **PLATEAU.**
 - Tension de début de plateau V_I maxi : 460 Volt
 - Tension de fin de plateau V_2 mini : 600 Volt
 - Pente maximale entre 460 et 600 V 7 %/100 Volts
- 4. - **SENSIBILITE.** Source Co 60 (I)
 - mini : 100.000 c.s⁻¹ par Rh⁻¹
 - maxi :
- X 5. - **MOUVEMENT PROPRE.**
 - Tension I/2 ($V_I + V_2$) 530 Volt
 - Comptage maximal 50 c.mn⁻¹
- 6. - **TEMPS MORT TYPIQUE.** à I/2 ($V_I + V_2$) 130 μs
- 7. - **INFLUENCABILITE MICROPHONIQUE.**
- 8. - **ESSAIS SPECIAUX.** Sensibilité à Sr 90

Nota (I) Valeur extrême.
X Essai à effectuer en recette sur les pièces prélevées.

Communication, utilisation, adaptation et reproduction interdites sans autorisation écrite. L.M.T. 343 091 92 - BOULOGNE-BILLANCOURT Le National Microphonique

Établi par	26.7.72-9.3.73	a:	b:	PAGE 1/1	LCC 343 091
Évalué par					
Véhiculé par	FLY				
Approuvé par					

SONDE RADIOACTIVITE GLOBALE

n° : 90 10 01

Site : BAMAKO (MALI)

1° - Source Cs 137 10 mCie positionnée à 2 mètres

Comptage coups : 2000 cps/mn

2° - Source Cs 137 10 mCie positionnée à 3,40 mètres

Equivalent de dose : 0,5 m rem

Comptage Coups : 550 cps/mn

3° - Source Cs 137 10 mCie positionnée à 3,40 mètres

a) 1. plaque de plomb de 4 mm entre la source et la sonde.

Equivalent de dose : 0,3 m Rem

Comptage coups : 430 cps/mn

b) 2 plaques de plomb de 4 mm entre la source et la sonde.

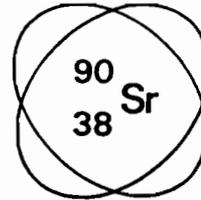
Comptage coups : 340 cps/mn

c) 3 plaques de plomb de 4 mm entre la source et la sonde.

Comptage coups : 300 cps/mn

En résumé :

Ces mesures permettent d'apprécier la réaction de la sonde au voisinage d'une source radioactive de Cs 137 d'activité 10 mCie.



1. CARACTÉRISTIQUES NUCLÉAIRES

1.1. Période radioactive :
27,7 ans.

1.2. Principales émissions : types, énergie en keV (intensité absolue en %) :
 β^- 546 (100).

2. DONNÉES POUR L'ÉVALUATION DU RISQUE

2.1. Irradiation externe.

Une source ponctuelle non protégée de 1 mCi donne en millirems par heure :

	à 10 cm	à 1 m
en β^-	3 600	< 1

2.2. Contamination.

2.2.1. Absorption maximale admissible trimestrielle :

- inhalation 0,725 μ Ci ;
- ingestion 0,825 μ Ci.

2.2.2. Limite dérivée de contamination de surfaces :

- vêtements de travail : $10^{-3} \mu$ Ci/cm² ;
- surfaces de travail, sols, matériel : $1,2 \cdot 10^{-3} \mu$ Ci/cm².

3. MISE EN ŒUVRE DE LA PROTECTION

3.1. Écran de protection.

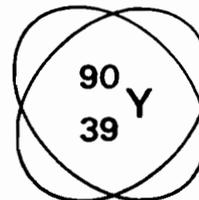
Pour arrêter totalement les β de 546 keV, il faut 0,8 mm de verre ou 1,5 mm de plexiglas.

3.2. Déchets.

Évacuation contrôlée.

3.3. Autres données.

Radiotoxicité élevée, groupe II A.
Descendant ⁹⁰Y, période radioactive : 64 heures.



1. CARACTÉRISTIQUES NUCLÉAIRES

1.1. Période radioactive :
64 heures.

1.2. Principales émissions : types, énergie en keV (intensité absolue en %) :
 β^- 2 268 (100).

2. DONNÉES POUR L'ÉVALUATION DU RISQUE

2.1. Irradiation externe.

Une source ponctuelle non protégée de 1 mCi donne en millirems par heure :

	à 10 cm	à 100 cm
en β^-	3 100	20

2.2. Contamination.

2.2.1. Absorption maximale admissible trimestrielle :

- inhalation 65 μ Ci ;
- ingestion 41,25 μ Ci.

2.2.2. Limite dérivée de contamination de surfaces :

- vêtements de travail : $10^{-3} \mu$ Ci/cm² ;
- surfaces de travail, sols et matériel : $9 \cdot 10^{-3} \mu$ Ci/cm².

3. MISE EN ŒUVRE DE LA PROTECTION

3.1. Écran de protection.

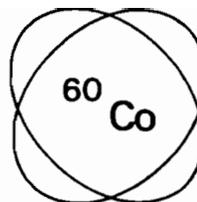
Pour arrêter totalement les β de 2 268 keV, il faut 6 mm de verre ou 9 mm de plexiglas.

3.2. Déchets.

Évacuation contrôlée.

3.3. Autres données.

Radiotoxicité modérée, groupe II B.



1. CARACTÉRISTIQUES NUCLÉAIRES

- 1.1. Période radioactive :
5,3 ans.
- 1.2. Principales émissions : types, énergie en keV (intensité absolue en %) :
- β^- 318 (100),
 γ 1173 (100) - 1333 (100).

2. DONNÉES POUR L'ÉVALUATION DU RISQUE

2.1. Irradiation externe.

Une source ponctuelle non protégée de 1 mCi donne en millirems par heure :

	à 10 cm	à 100 cm
en β^-	3 000	0
en γ	126	1,26

2.2. Contamination.

2.2.1. Absorption maximale admissible trimestrielle :

- inhalation 5,5 μ Ci;
- ingestion 70 μ Ci.

2.2.2. Limite dérivée de contamination de surfaces :

- vêtements de travail : $10^{-3} \mu$ Ci/cm²;
- surfaces de travail, sols, et matériel : $9 \cdot 10^{-3} \mu$ Ci/cm².

3. MISE EN ŒUVRE DE LA PROTECTION

3.1. Écran de protection.

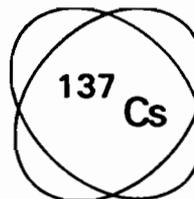
Pour arrêter totalement les β^- de 318 keV, il faut 0,4 mm de verre ou 0,7 mm de plexiglas. Pour atténuer d'un facteur 10, les photons du cobalt 60, il faut 3,8 cm de plomb.

3.2. Déchets.

Évacuation contrôlée.

3.3. Autres données.

Radiotoxicité élevée, groupe II A.



1. CARACTÉRISTIQUES NUCLÉAIRES

- 1.1. Période radioactive :
30 ans.
- 1.2. Principales émissions : types, énergie en keV (intensité absolue en %) :
- e⁻ 625 (7,8) - 656 (1,4),
 β^- 514 (94) - 1 176 (6),
X 33 (6,9),
 γ 662 (85).

2. DONNÉES POUR L'ÉVALUATION DU RISQUE

2.1. Irradiation externe.

Une source ponctuelle non protégée de 1 mCi donne en millirems par heure :

	à 10 cm	à 100 cm
en β^-	3 600	10
en X, γ	45	0,45

2.2. Contamination.

2.2.1. Absorption maximale admissible trimestrielle :

- inhalation 9 μ Ci;
- ingestion 41,25 μ Ci.

2.2.2. Limite dérivée de contamination de surfaces :

- vêtements de travail : $10^{-3} \mu$ Ci/cm²;
- surfaces de travail, sols et matériel : $1,5 \cdot 10^{-3} \mu$ Ci/cm².

3. MISE EN ŒUVRE DE LA PROTECTION

3.1. Écran de protection.

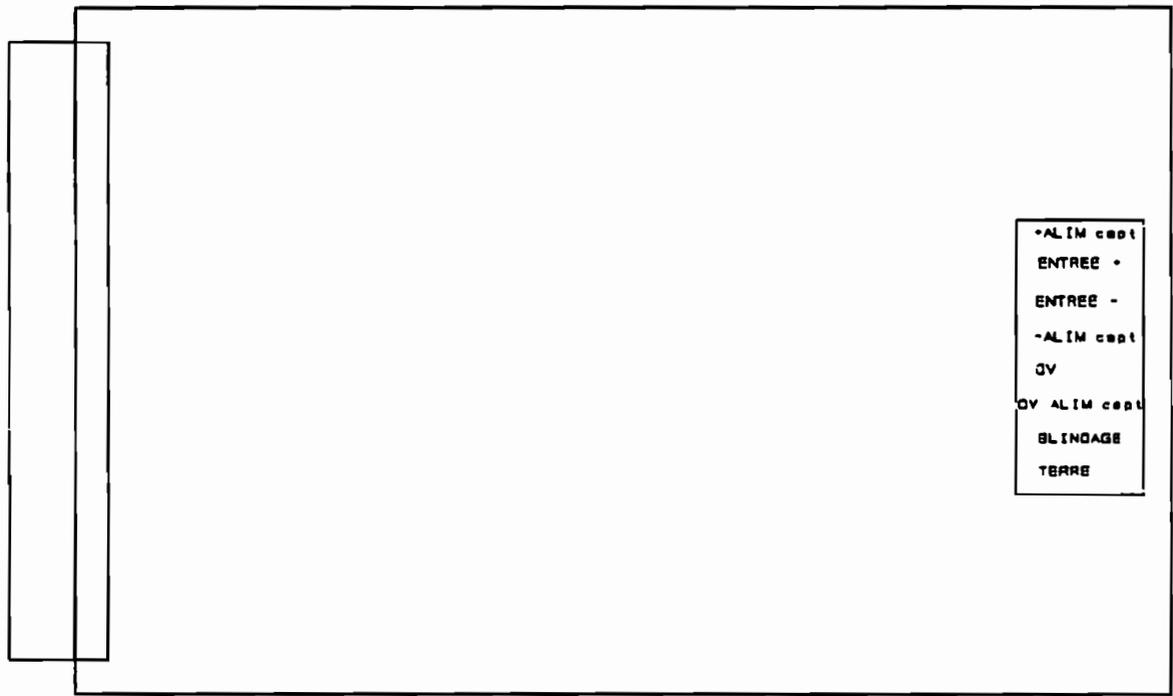
Pour arrêter totalement les β^- de 1 176 keV, il faut 2,3 mm de verre ou 4 mm de plexiglas. Pour atténuer les photons γ de 662 keV d'un facteur 10, il faut 20 mm de plomb.

3.2. Déchets.

Évacuation contrôlée.

3.3. Autres données.

Radiotoxicité élevée, groupe II A.



+ALIM cent
 ENTREE +
 ENTREE -
 -ALIM cent
 0V
 0V ALIM cent
 BLINDAGE
 TERRE

1 ○
 2 ○
 3 ○
 4 ○
 5 ○
 6 ○
 7 ○
 8 ○

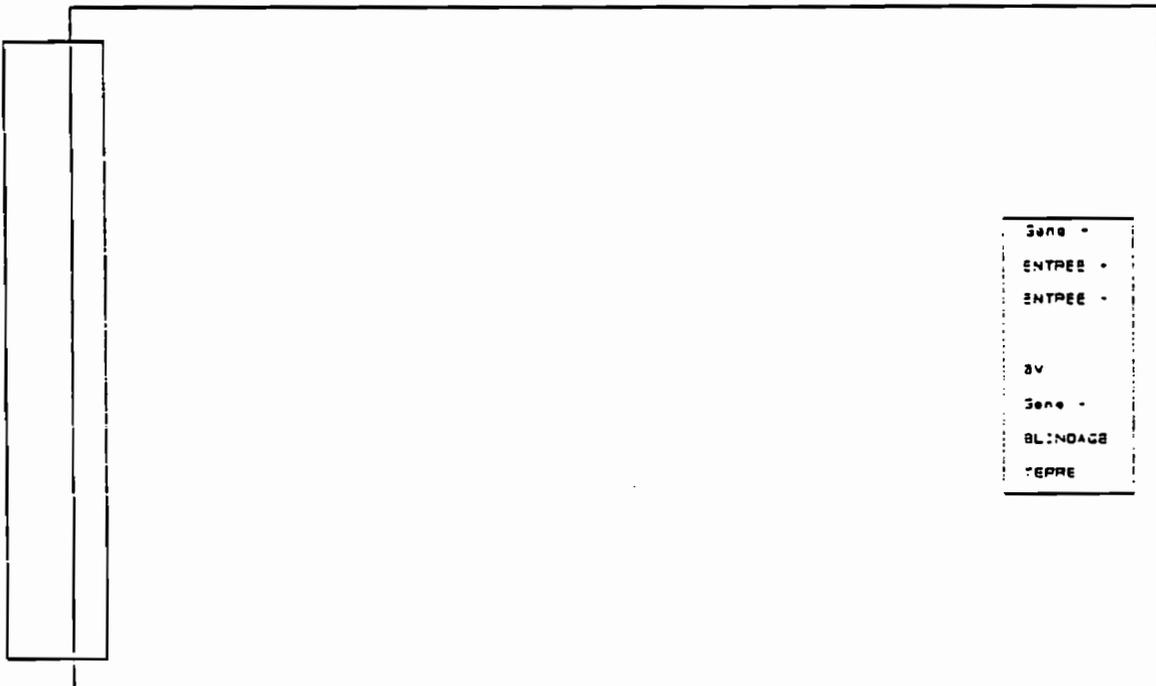
FIL 2 (COAXIAL)
 FIL 3 (BLINDAGE)
 FIL 5 (REFERENCE)
 TERRE

A U T E G s.a.r.l.
 Acquisition Mesures
 Automatismes
 Ingenierie
 58, RUE DU PROGRES
 38170 SEYSSINET-PARISSET
 Tel : 78.27.88.33

Raccordement sonde PH HEITO

198521 B

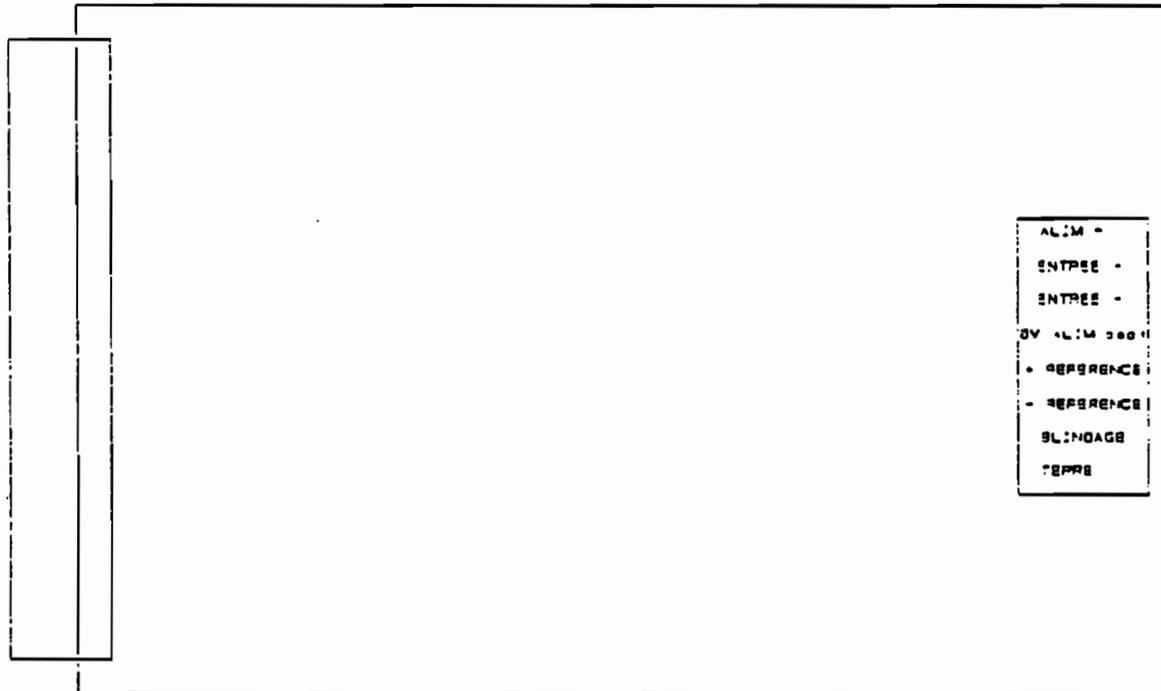
01/09/91



Série -
 ENTREE -
 ENTREE -
 2V
 Série -
 BLINDAGE
 TERRE

1	○	FIL 3
2	○	FIL 13
3	○	FIL 11
4	○	
5	○	FIL 12
7	○	
8	○	TERRE

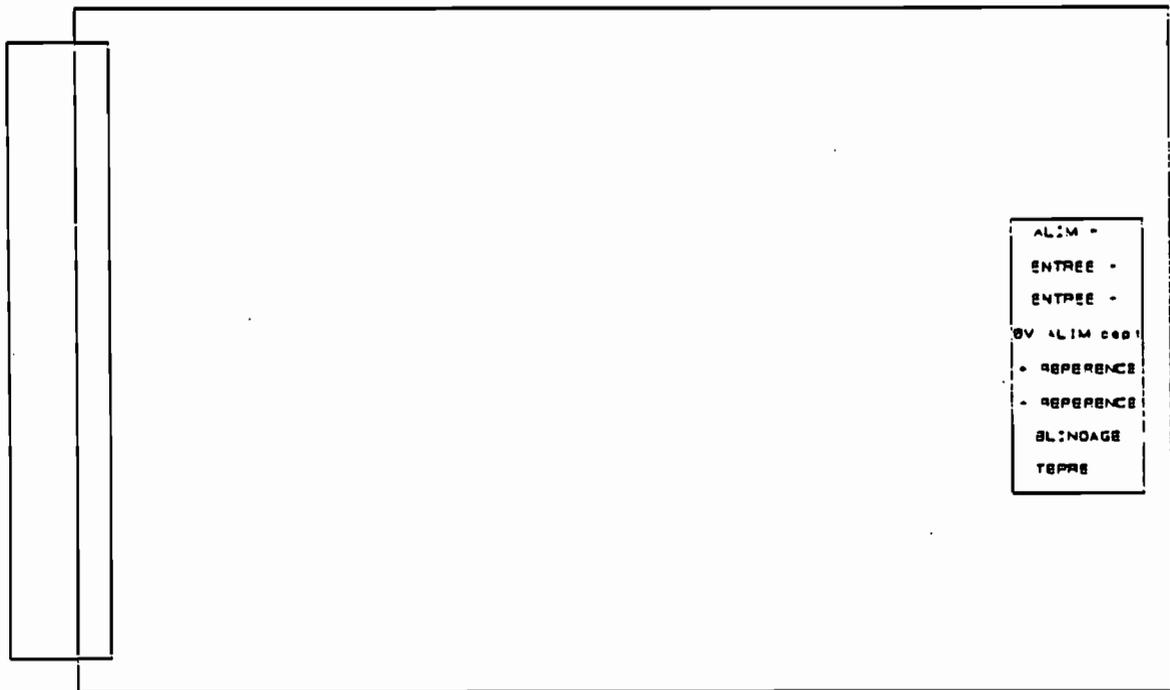
AUTEG s.a.r.l. Acquisition Mesures Automatismes Ingenierie 58. RUE DU PROGRES 38170 SEYSSINET-PARISSET Tel : 78.27.56.33	Raccordement Capteur temperature 1985996	
	1985908	01/09/91



ALIM +
 ENTREE -
 ENTREE -
 5V ALIM 500mA
 + REFERENCE
 - REFERENCE
 BLINDAGE
 TERRE

1	○	Fil 1-2
2	○	Fil 3
3	○	Fil 3
4	○	Fil 3-4
5	○	Fil 7
6	○	Fil 8
7	○	BLINDAGE
8	○	TERRE

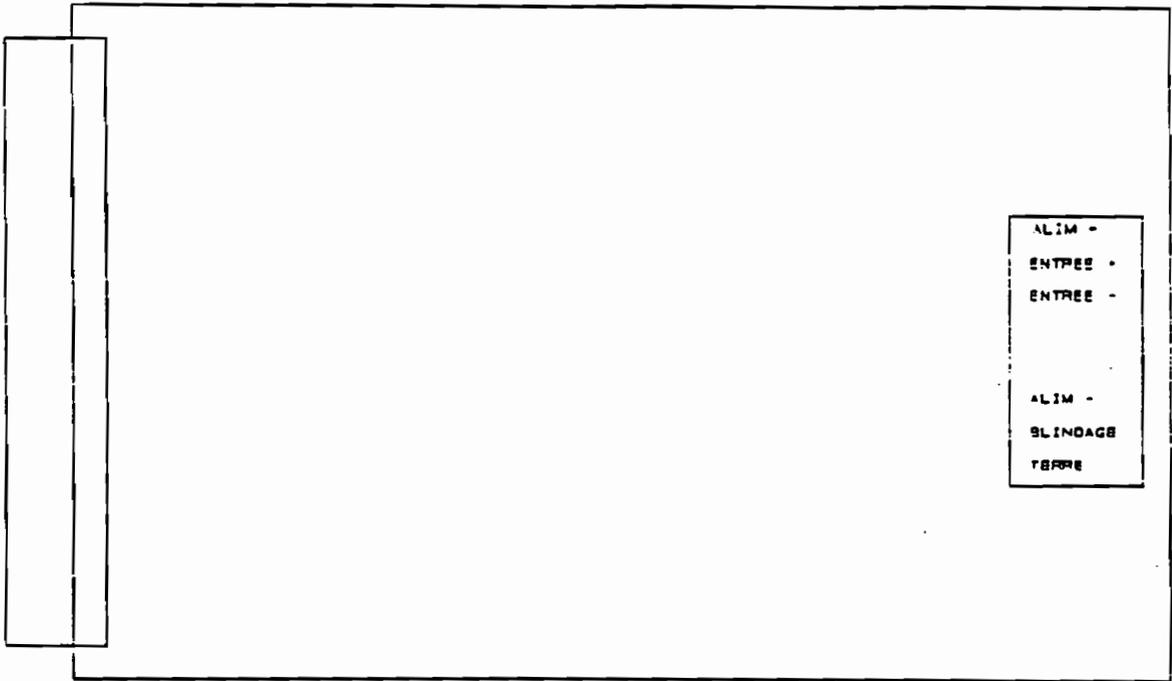
A U T E G s.a.r.l. Acquisition Mesures Automatismes Ingenieria 98, RUE DU PROGRES 93170 SEYSSINET-PARISSET Tel : 78.27.38.33	Raccordement Sonde conductivite 1985996	
	1985996/004	01/09/91



ALIM -
 ENTREE -
 ENTREE -
 BV ALIM cap
 + REPERENCE
 - REPERENCE
 BLINDAGE
 TERRE

1	○	Fil 1-2
2	○	Fil 3
3	○	Fil 3
4	○	Fil 3-4
5	○	Fil 7
6	○	Fil 3
7	○	BLINDAGE
8	○	TERRE

A U T E G s.a.r.l. Acquisition Mesures Automatismes Ingenierie 50, RUE DU PROGRES 38170 SEYSSINET-PARISSET Tel : 78.27.98.33	Raccordement Sonde turbidite 1985993	
	1985996/004	01/09/91



ALIM -
 ENTREE -
 ENTREE -
 ALIM -
 BLINDAGE
 TERRE

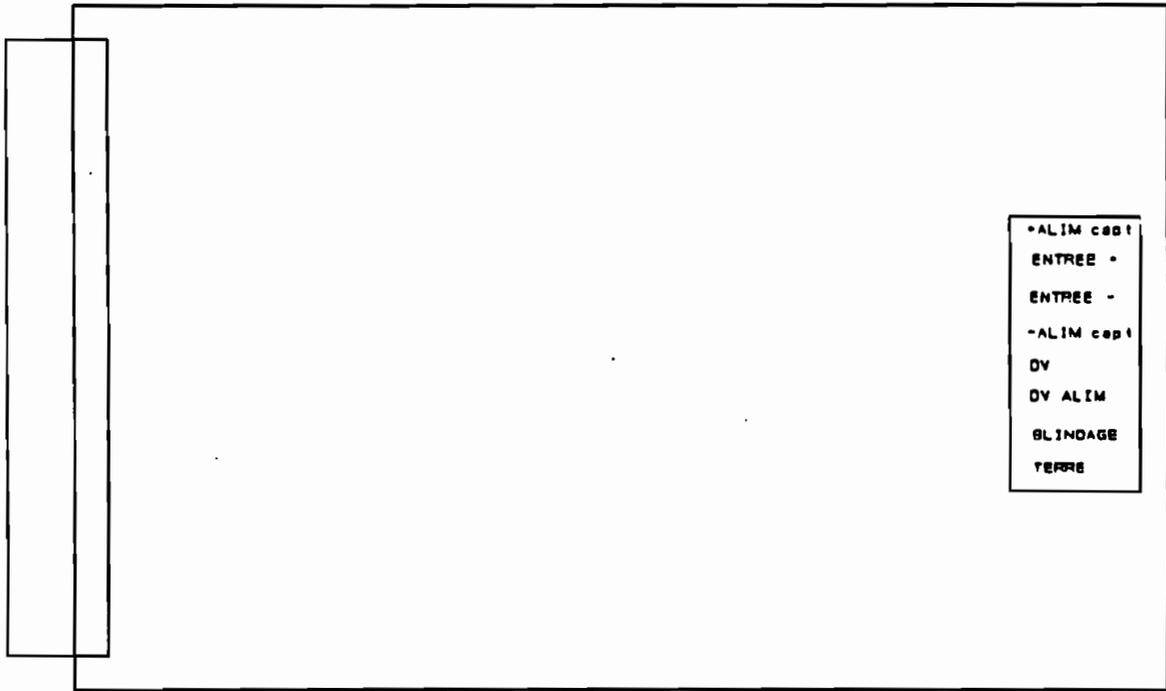
1	○	ROUGE
2	○	JAUNE
3	○	BLEU
4	○	
5	○	
6	○	BLANC
7	○	BLINDAGE
8	○	TERRE

AUTEG s.a.r.l.
 Acquisition Mesures
 Automatismes
 Ingenierie
 58, RUE DU PROGRES
 38170 SEYSSINET-PARISSET
 Tel : 78.27.98.33

Raccordement
 Sonde radioactivite 1985394

1985110A

01/09/91



*ALIM capt
 ENTREE +
 ENTREE -
 -ALIM capt
 DV
 DV ALIM
 BLINDAGE
 TERRE

1	○	ROUGE
2	○	JAUNE
3	○	BLEU
4	○	BLANC
5	○	
6	○	
7	○	BLINDAGE
8	○	TERRE

A U T E G s.a.r.l.
 Acquisition Mesures
 Automatismes
 Ingenierie
 58. RUE DU PROGRES
 38170 SEYSSINET-PARISSET
 Tel . 78.27.50.33

Raccordement Capteur
 Niveau Pression
 Druck POCR tension

198521 B

01/09/91