

Yahel Amar.

**CE VOLUME EST COMPLETE PAR UN AUTRE VOLUME COMPRENANT :**

- LA BIBLIOGRAPHIE**
- LES ANNEXES**

**MISE A JOUR DU PROGRAMME DE MISE EN PLACE**  
**DU LOGICIEL D'AIDE A LA CONDUITE (L.A.C.)**

|                                                                                                                                      | Pages |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>1 - <u>INTRODUCTION</u></b>                                                                                                       | 1     |
| 1.1. <u>Présentation de l'Etude</u>                                                                                                  | 1     |
| 1.2. <u>Principales conclusions</u>                                                                                                  | 2     |
| <b>2 - <u>RAPPEL DU PROGRAMME DE DEVELOPPEMENT DU LOGICIEL D'AIDE A LA CONDUITE (AVRIL 1983)</u></b>                                 | 5     |
| <b>3 - <u>ADAPTATIONS DU LOGICIEL D'AIDE A LA CONDUITE A</u></b>                                                                     | 13    |
| 3.1. <u>un rythme de développement des autres parties de la gestion automatisée</u>                                                  | 13    |
| 3.2. <u>un approfondissement des connaissances sur le réseau et sur la protection du milieu naturel</u>                              | 21    |
| 3.3. <u>l'occurrence d'évènements intempestifs (concept de pilotage)</u>                                                             | 33    |
| 3.4. <u>l'étude ergonomique du poste de pilotage</u>                                                                                 | 49    |
| <b>4 - <u>CONCLUSION : PRESENTATION GRAPHIQUE DU PROGRAMME DE DEVELOPPEMENT DU LOGICIEL D'AIDE A LA CONDUITE (NOVEMBRE 1985)</u></b> | 71    |
| 4.1. <u>Description graphique des fonctions de LAC 1 (et LAC 2 avec le STIM seul)</u>                                                | 72    |
| 4.2. <u>Description graphiques des fonctions propres à LAC 3 (suivis courant et spécial)</u>                                         | 83    |
| 4.3. <u>Etapas de développement du LAC</u>                                                                                           | 89    |

---==00&00==---

# I N T R O D U C T I O N

---==00&00==---

## 1 - INTRODUCTION

### 1.1. Présentation de l'étude

Cette étude a été financée par le département de Seine St-Denis avec l'aide du programme de recherches 1984 du Plan Urbain. (Contrat n° 84.F.0503 - notification du 27 Septembre 1984).

Elle est la compilation des modifications du logiciel d'aide à la conduite réalisé pour la gestion en temps réel du réseau d'assainissement du département de Seine-Saint-Denis, par rapport au programme prévu en Avril 1983.

Elle fournit les principales raisons qui ont conduit depuis cette date à la construction du logiciel d'aide à la conduite de première phase, tel qu'il est aujourd'hui réalisé, et au programme de développement des nouvelles phases, telles qu'elles seront implantées dans le futur.

Elle donne enfin de manière synthétique le programme de développement du logiciel d'aide à la conduite, tel que prévu et réalisé en Novembre 1985. Celui-ci fournit l'ossature sur laquelle viennent se greffer :

- les études de modèle hydraulique réalisées par SOGREAH et la Direction Départementale de l'Equipement de Seine-Saint-Denis,
- les études de modèle hydrologique réalisées par SOGREAH et PROLOG Ingénierie, avec l'aide des mesures accumulées par la DDE de Seine-Saint-Denis,
- les recherches de modèle d'optimisation réalisées au CERGRENE,
- les recherches de mesure et prévision de pluie réalisée au CERGRENE avec l'aide du LCPC et de l'EERM (Etablissement d'étude et de recherche de la Météorologie Nationale),
- les développements informatiques spécifiques réalisées par STERIA (connection avec un processeur vectoriel, réalisation de l'interface de visualisation et de dialogue), PSY (liaison avec le frontal d'acquisition des mesures appelé système de conduite immédiate).

## 1.2. Principales conclusions

Les conclusions de cette étude sont des recommandations dont nombre d'entre-elles ont été adoptées par le service départemental d'assainissement.

Elles concernent :

- 1 - la structure du logiciel d'aide à la conduite
- 2 - l'introduction de nouvelles fonctions : transmission de nouvelles informations au pilote (commandes en clair, visualisation d'alarmes) et saisie d'informations nouvelles (des ordres logiques et pas seulement des télé réglages)
- 3 - la mise en place (plus tôt que prévu en avril 1983) de transmission automatique des mesures au système d'aide à la conduite, et d'une simulation hydrologique
- 4 - le maintien de modules de propagation hydraulique comme simulation-test dans les versions ultérieures du LAC
- 5 - l'introduction d'éléments nouveaux dans la propagation hydraulique (Bassin des Brouillards, pannes d'équipement) et dans les objectifs du modèle d'optimisation (lutte anti-pollution, sécurité des équipements de contrôle)
- 6 - le recours à des éléments complémentaires au logiciel d'aide à la conduite : un coprocesseur vectoriel et un simulateur de pilotage.

Le tableau suivant regroupe les modifications ci-dessus et les causes principales de ces modifications.

## Principales modifications

## Causes

## Voir Chapitre

- |                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 1 - L'INTERACTIVITE du logiciel d'aide à la conduite (structure nouvelle remplaçant un ordre linéaire immuable de réalisations des opérations de saisie, calcul et visualisation). | - (1) Apparition de postes graphiques à bas prix et hautes performances.<br>- (2) Réduction du temps de réflexion du pilote par mise à disposition très rapide des informations indispensables à la prise de décision. | 3.1.1.<br>3.4.1.2.                                                             |
| 2 - Des fonctions non prévues :<br><br>COMMANDES EN CLAIR<br>VISUALISATION D'ALARMES SUR SYNOPTIQUE<br>SAISIE D'ORDRES LOGIQUES                                                    | - idem à (2)<br>- idem à (2)<br>- Mise en évidence d'ordres autres que les stratégies des téléréglages.                                                                                                                | 3.4.1.2. et 3.4.4.<br>3.3.1.2.<br>3.2.2. et 3.2.4.<br>3.1.1.                   |
| 3 - Des mises en place anticipées<br>. TRANSMISSION AUTOMATIQUE DES MESURES au Système d'Aide à la Conduite<br><br>. SIMULATION HYDROLOGIQUE                                       | - idem à (2)<br><br>- (3) Accessibilité rapide de la connaissance de la réponse hydrologique                                                                                                                           | 3.4.4 et 3.3.1.2.<br><br>3.2.2. et 3.2.4.                                      |
| 4 - Le concept de <u>simulation-test</u> entraînant le maintien dans les versions 2.3. et au delà du LAC du module de PROPAGATION HYDRAULIQUE à côté du module d'optimisation.     | - (4) Incertitude liée au modèle d'optimisation<br>- (5) Nécessite de simuler les conséquences de pannes d'équipement.                                                                                                 | 3.1.2. et 3.1.4.<br>3.3.1.2. et 3.3.3.                                         |
| 5 - Dans les programmes de calcul :<br><br>- <u>propagation hydraulique</u><br><br>- <u>optimisation</u>                                                                           | - (6) introduction du bassin de Blanc-Mesnil dans LAC 1.<br>- idem à (5)<br>- (7) introduction de nouveaux objectifs : lutte anti pollution et sécurité<br>- (8) introduction de nouvelles contraintes hydrauliques    | 3.1.1. et 3.1.4.<br>3.3.1.2. et 3.3.3.<br>3.2.3. et 3.2.4.<br>3.2.3. et 3.2.4. |
| 6 - Le recours à des éléments complémentaires au logiciel d'aide à la conduite :<br>- <u>le processeur vectoriel</u><br><br>- <u>le simulateur de pilotage</u>                     | - (5) et (4) décharge de la simulation-test par le processeur vectoriel du processeur SPS9.<br>- (5) entraînement des pilotes                                                                                          | 3.3.1.2. et 3.3.3.<br>3.3.2. et 3.3.3.                                         |

---==oo&oo=---

RAPPEL DU PROGRAMME DE DEVELOPPEMENT

DU LOGICIEL D'AIDE A LA CONDUITE

(AVRIL 1983)

---==oo&oo=---

## 2 - RAPPEL DU PROGRAMME DE DEVELOPPEMENT DU LOGICIEL D'AIDE A LA CONDUITE (AVRIL 1983)

Les couches principales du logiciel d'aide à la conduite (LAC) ont été définies dès 1981 par le service départemental d'assainissement de Seine-Saint-Denis (réf. 1).

- ① - prévision de pluie
- ② - simulation des écoulements (ré-élaboré)
- ③ - optimisation ou recherche de stratégie

La proposition de programme de mise en place du LAC (CERGRENE Avril 1983) (réf. 2) a montré :

- . l'originalité de ces couches (aucune autre gestion automatisée dans le monde ne les a intégrées) et la grande importance des travaux associés à leur élaboration,
- . la possibilité d'étaler dans le temps leur développement et de créer d'abord des logiciels simplifiés permettant d'atteindre des objectifs locaux :
  - + la prévision de la pluie peut n'avoir aucune influence sur le choix des premières décisions d'une stratégie si les temps de réponse des bassins versants sont très longs et elle peut ne porter que sur quelques éléments caractéristiques (heure de début de pluie, durée, lame d'eau moyenne).
  - + la simulation des écoulements peut passer par des modèles linéaires simples de relations pluie-débit et par des modèles simples de propagation (translation simple, ...) si l'influence aval est faible.
  - + la recherche de stratégies ne devient complexe que s'il y a plusieurs points de consigne ou plusieurs objectifs.

La couche "simulation des écoulements" était toutefois disponible immédiatement, à l'inverse des autres couches. Elle pouvait être intégrée rapidement dans un logiciel de première étape.

Ce n'est qu'en deuxième étape que pouvait être introduite la couche optimisation, à condition toutefois de limiter le nombre de points de contrôle en attendant d'accroître les performances de la méthode d'optimisation.

La proposition de développement (réf. 2) envisageait une troisième étape destinée à affiner les entrées du modèle de simulation grâce à une cartographie radar de la pluie, mais elle repoussait l'automatisation de la prévision de pluie à un stade ultérieur compte-tenu des difficultés de maîtrise concomitante du radar météorologique, des outils de prévision par analyse de l'image radar, et de l'évolution thermodynamique locale (tous outils indispensables à cause de l'imprécision des outils existants fondés sur des modèles statistiques de prévision à partir des seules mesures pluviométriques).

La proposition de développement (réf. 2) suggérait ensuite pour chacune des trois étapes :

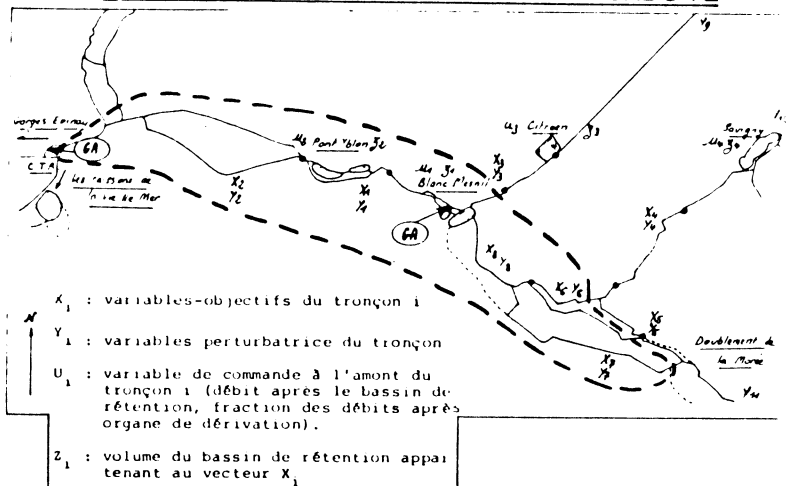
- un ou des lieux d'implantation
- un objectif
- les études et équipements indispensables à cette implantation
- un organigramme spécifiant les modules à réaliser.

Ces divers éléments ont été représentés dans les figures 1, 2 et 3. On constate à la lecture de ces trois figures que :

- (1) + la connaissance du fonctionnement hydraulique sur les lieux d'implantation envisagés n'était pas définitivement acquise : expertises et études fines restaient à réaliser pour assurer le gain réel de la gestion avec le LAC considéré.
- (2) + les objectifs explicités donnés à chaque étape n'étaient liés qu'à des objectifs de lutte contre les inondations ; en outre, ils n'étaient pas hiérarchisés.
- (3) + le fonctionnement opérationnel des équipements et d'organisations (astreinte pilotage) était supposé acquis.
- (4) + un certain nombre de recherches devaient aboutir avant d'autoriser le développement de l'algorithme correspondant dans le LAC.

Fig.1 Le 1<sup>er</sup> LAC (environnement et constitution définis en Avril 1983)

LIEU D'IMPLANTATION DE LA GESTION AUTOMATISÉE UTILISANT LE 1<sup>er</sup> LOGICIEL D'AIDE A LA CONDUITE



OBJECTIF DE LA GESTION UTILISANT CE PREMIER LAC

Minimum Z1 (ou Z1 est le volume du bassin Blanc Mesnil)  
 (on se dirige vers le fait que le bassin de Bl  
 contient moins de volume son volume n'augme  
 aucun sur les débits de crues amont  
 ne s'arrête pas est inutile)  
 objectif anti-inondation.

ETUDES ET ELEMENTS DE LA GESTION AUTOMATISEE INDISPENSABLES POUR LA MISE EN PLACE DU 1<sup>er</sup> LOGICIEL

Connaissance du fonctionnement des ouvrages

- (0) Levés de sections et d'ouvrages et courbes de remous en l'amont de Blanc-Mesnil et 1
- (1) C.T.R.
- (2) Essais des organes de régulation de Blanc-Mesnil et du C
- (3) Essais de vidange des bassins de Blanc-Mesnil (pertes de charge - jaugeages, calages)
- (4) Test de simulation des régulations
- (5) Vérification des tests sur les crues réelles.

Ouvrages terminés (Gestion locale seule)

Pont Yblon

Stations locales opérationnelles (Microprocesseur et télétransmission au Central actifs):

Blanc-Mesnil  
Garges-Epinay

Développement d'appareillages terminés

- . pluvio avec archivage sur micro processeur
- . image radar météo de Dammarville utilisable pour l'astreinte.

Mesures au sol opérationnelles (mesures locales et télétransmission au Central actives)

- . pluvio situé à Blanc-Mesnil
- . pluvio situé au Garges-Epinay
- . Mesures de débit de la Vieille Mer (Blanc-Mesnil - CTR)
- . Mesure de débit du Croult
- . Estimations des débits Citroën, Savigny, doublément Morée

Système de surveillance opérationnel (y compris visualisation non codée des informations transmises et formation du personnel d'astreinte).

Support de prévision météorologique opérationnel et astreintes opérationnelles

Terminal à Mini-Ordinateur - à forte disponibilité et par temps de pluie entièrement dévolu à cette application - installé

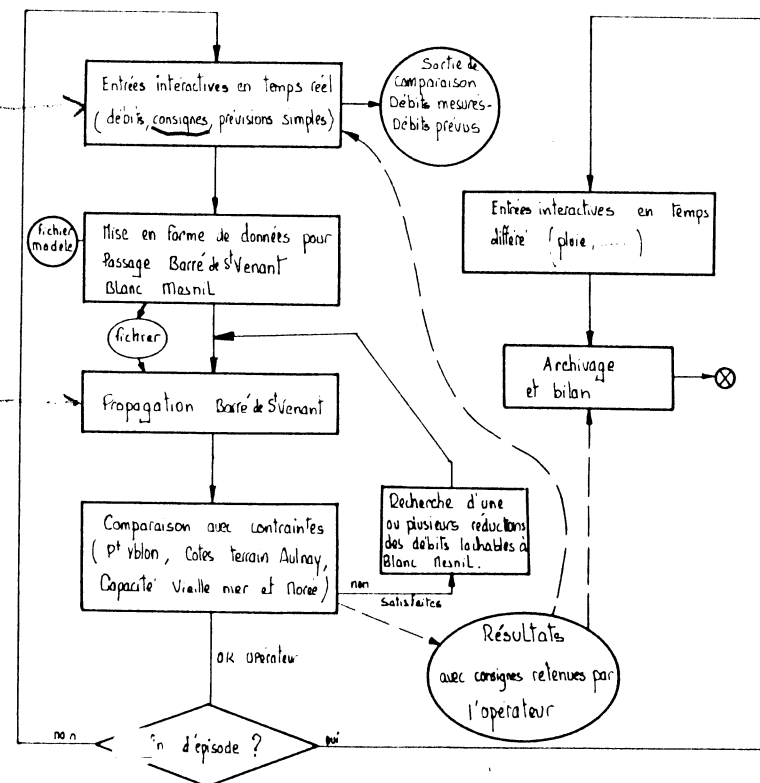
prévi  
+  
SCI  
+  
valid

c'est le pilote qui stimule le SAC en données

équivalent à simulation test à l'échelle réelle

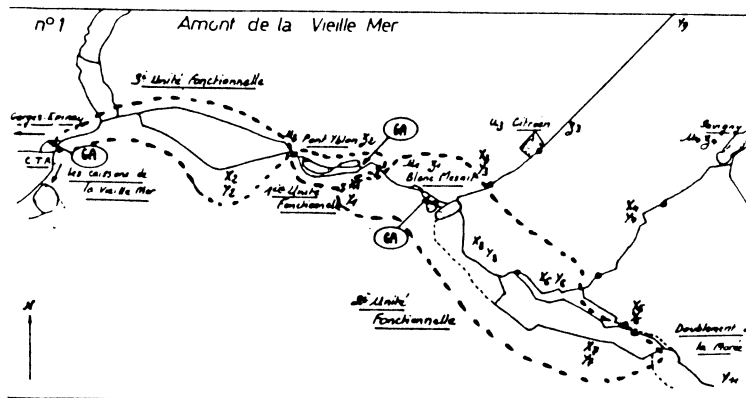
liaison avec le radar de Dammarville

ORGANIGRAMME DU PREMIER LOGICIEL D'AIDE A LA CONDUITE



**Fig. 2 LE 2<sup>ème</sup> LAC (environnement et constitution definis en Avril 1983)**

**LIEUX D'IMPLANTATION DE LA GESTION AUTOMATISÉE UTILISANT  
LE 2<sup>ème</sup> LOGICIEL D'AIDE A LA CONDUITE**



$X_i$  : variables-objectifs du tronçon i  
 $Y_i$  : variables perturbatrice du tronçon  
 $U_i$  : variable de commande à l'amont du tronçon i (débit après le bassin de rétention, fraction des débits après organe de dérivation).  
 $Z_i$  : volume du bassin de rétention

**n°2 Bondy. Blanc. Mesnil**

- 1) siphon Max Dormoy
- 2) barrage rue Henri Barbusse

**n°3 Aval de la Vieille Mer**

- 1) Vidange du bassin de la molette
- 2) Répartition des eaux entre la Vieille Mer et sa dérivation

**ETUDES ET ELEMENTS DE LA GESTION AUTOMATISÉE INDISPENSABLES  
POUR LA MISE EN PLACE DU 2<sup>ème</sup> LOGICIEL**

**Connaissance du fonctionnement**

- (0) Essai des organes de régulation de Pont-Yblon
- (1) Levé éventuel et courbes de remous sur le Bondy Blanc-Mesnil et les apports principaux (La Molette, le déversoir rue Henri Barbusse)
- (2) Essais des organes de régulation, Léon Jouhaud, Max Dormoy et rue Henri Barbusse
- (3) Estimation des apports locaux à l'aval du futur bassin de la Molette (St-Denis,...)
- (4) Levé éventuel et courbes de remous sur la Vieille Mer à l'aval de Dugny.

**Stations locales opérationnelles**

Pont-Yblon (siphons + vanne)  
 Léon Jouhaud (siphon + vanne)  
 Max Dormoy (siphon + vanne)  
 rue Henri Barbusse (Barrage gonflable)

**Mesures au sol opérationnelles**

- mesure de débit dans les saisons de la Vieille Mer
- mesure de débit sur la Molette
- mesures de débit dans le Bondy Blanc-Mesnil
- mesure de hauteur à Livry-Gargan - Pavillons-sous-Bois
- mesures pluviométriques Livry-Gargan - Clichy-sous-Bois

**Accroissement de taille du mini-ordinateur (processeurs vectoriels)**

**OBJECTIF DE LA GESTION SUR LE LIEU D'IMPLANTATION  
N°1 AVEC L'AIDE DU 2<sup>ème</sup> LAC:**

mini Ø

$$\Phi = \begin{cases} 10 & (X_6 - C_6)^2 + (X_7 - C_7)^2 \\ & + (X_2 - C_2)^2 + (X_1 - C_1)^2 \end{cases}$$

$X_1, X_2, X_6, X_7$ , représentent les débits des tronçons 1, 2, 6, et 7.

$C_1, C_2, C_6, C_7$ , représentent les capacités sur ces mesures tronçons.

(Fig. mini 21 abandonnée mais d'autres remarques...)

**ORGANIGRAMME DU DEUXIEME LOGICIEL D'AIDE A LA CONDUITE**

(2<sup>ème</sup> étape Vieille Mer et Bondy Blanc-Mesnil - Vieille Mer) fonctionnant en multitâches (1 tâche par groupe fonctionnel indépendant)

"prévi pluie"

"visu entrée"

"hydro"

"simul"

et/ou

"optim"

"visu résultat"

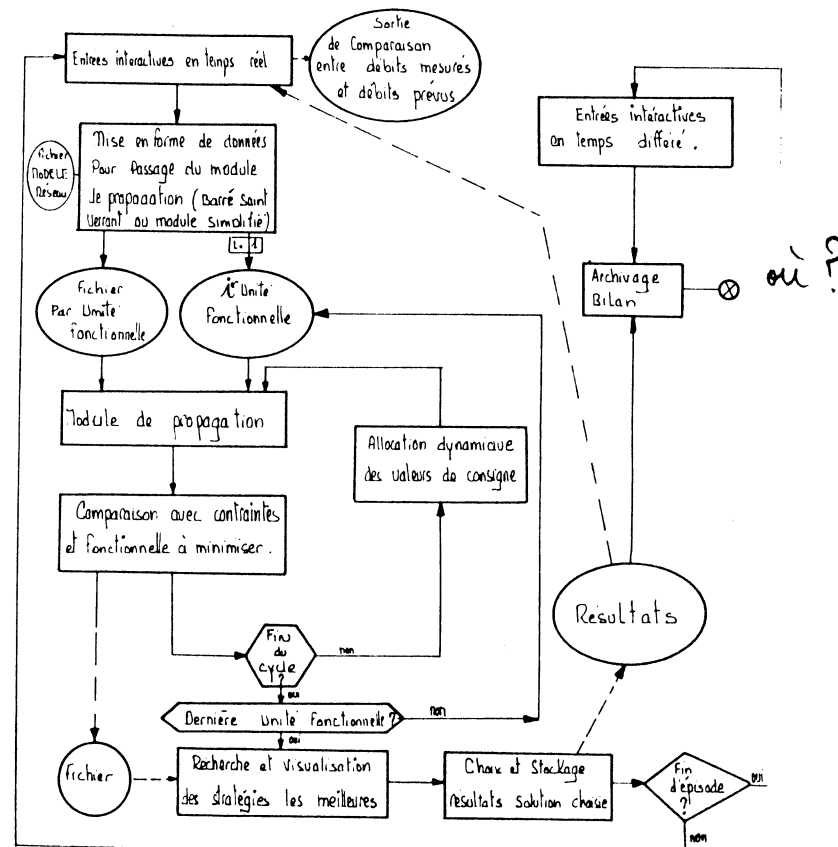
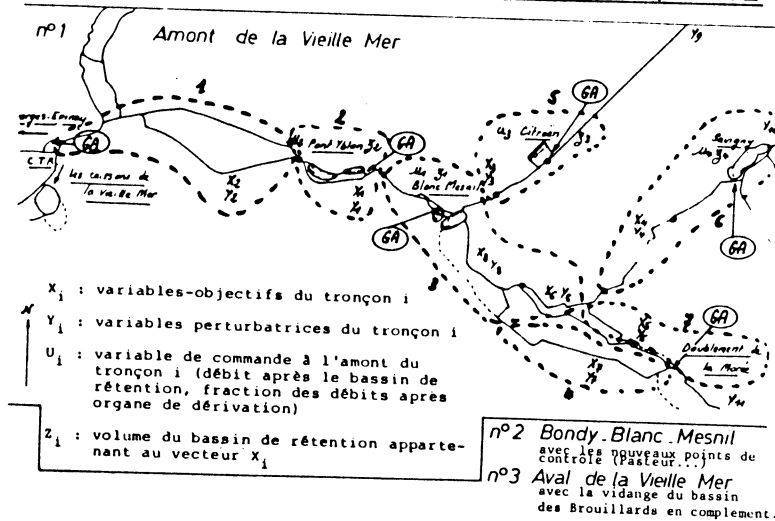


Fig. 3 : LE 3<sup>ème</sup> LAC (environnement et constitution définis en Avril 1983

LIEUX D'IMPLANTATION DE LA GESTION AUTOMATISÉE UTILISANT LE 3<sup>ème</sup> LOGICIEL D'AIDE A LA CONDUITE



OBJECTIFS DE LA GESTION SUR LE LIEU D'IMPLANTATION N°1 AVEC L'AIDE DU 3<sup>ème</sup> LAC (hors risques d'inondation)

$$\max (Z_1 + Z_2 + Z_3)$$

$Z_1, Z_2, Z_3$  étant les volumes des bassins sec de Blanc-Mesnil Pont-Yblon et Citroën.

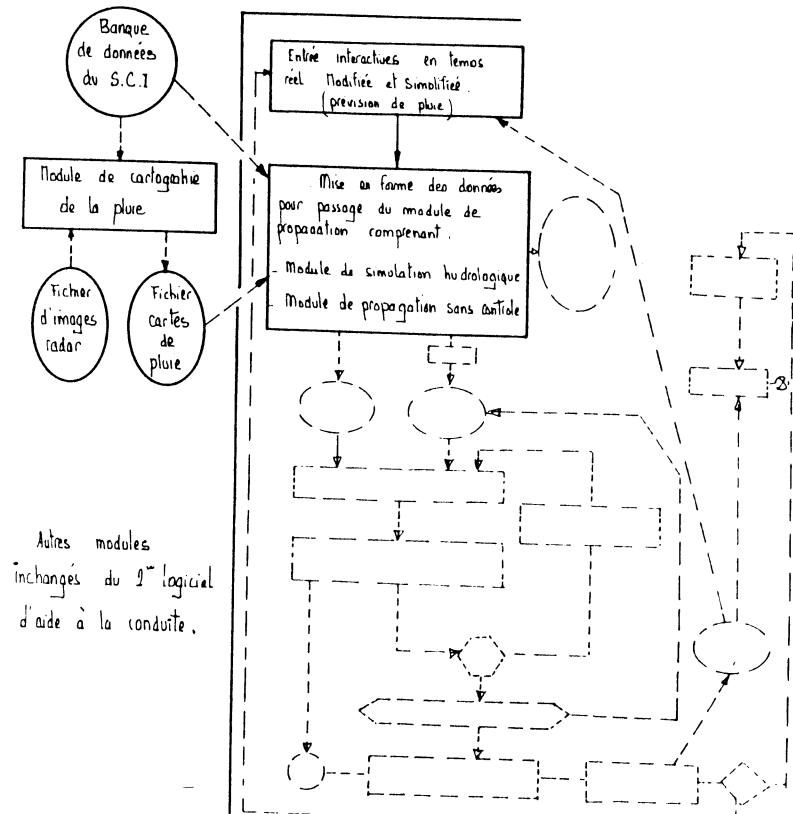
$$\min Z_4$$

$Z_4$  étant le volume stocké dans le bassin en eau Savigny. (objectif antipollution) Savigny : bassin eau

ORGANIGRAMME DU TROISIEME LOGICIEL D'AIDE A LA CONDUITE

(3<sup>ème</sup> étape Vieille Mer et Bondy Blanc-Mesnil avec Bassin de la Molette).

Nombre de tâches = Nombre de groupes fonctionnels + 1



ETUDES ET ELEMENTS DE LA GESTION AUTOMATISÉE INDISPENSABLES POUR LA MISE EN PLACE DU 3<sup>ème</sup> LOGICIEL

Connaissance du fonctionnement des ouvrages

- (1) Essais des organes de régulation des nouvelles stations prises en compte par l'Aide à la Conduite
- (2) Levé éventuel et courbes de remous des principaux collecteurs amont et aval des nouvelles stations.

Ouvrages terminés pouvant être pris en compte par le nouveau logiciel

- Bassin des Brouillards
- Bassin de la Molette

Stations locales opérationnelles pouvant être prises en compte par le nouveau logiciel

- Savigny, Petit Marais, Citroën
- Doublement de la Morée
- siphons à l'amont du Bondy Blanc-Mesnil
- ...

Mesures au sol opérationnelles

- Mesures pluviométriques (tous postes installés)
- Radar hydrologique

Accroissement de taille du mini-ordinateur d'aide à la conduite

Mise en place d'un ensemble informatique (le système complet de conduite immédiate (S.C.I.) : mini-ordinateur ou batteries de micro-ordinateur) puissant pour créer une banque de données accessibles au système d'aide à la conduite.

Développement des mesures RADAR avec rapatriement des images au poste Central

Enfin, la proposition de développement (réf. 2) a posé le problème des contraintes temporelles d'intervention de manière moins sommaire que le classique "le temps de calcul doit être inférieur au temps de réponse du process réel".

Le problème a été posé, en effet, dans une perspective d'évolution des performances de prévision :

- + En l'absence d'automatisme, et dans le contexte de pilotage avec aide à la conduite, le temps de prise en compte d'un événement (début de pluie, fin de pluie,...) par le pilote ne peut être inférieur à 15 minutes pour des raisons de bon sens liées aux possibilités intellectuelles du pilote.
- + Dans les 2 premières étapes, la détection de début de pluie et la prévision d'absence de pluie (on ne détecte pas une fin de pluie) sur chaque bassin versant affluent sont accessibles grâce à une utilisation combinée simple d'une image radar et de pluviomètres : il est possible de tenir compte en temps réel des apports affluents, car il suffit d'utiliser les décalages d'apports (dûs soit à l'absence de pluie, soit aux temps de réponse), en supposant qu'ils atteignent le maximum pendant une durée correspondant à la durée de pluie.
- + Dans une troisième étape, où la mesure de pluie et la prévision d'absence de pluie sont accessibles : il est possible de tenir compte de manière plus précise des apports locaux.
- + Dans les étapes ultérieures, où la prévision de pluie peut être automatisée : il est possible d'obtenir une stratégie avant le début du process et les contraintes de temps n'existent donc plus. (

Pour autoriser cette approche, en Avril 1983, il restait à :

- (5) - préciser les réponses hydrologiques des bassins versants affluents *(détermination des modèles de ruissellement mis en œuvre)*
- (6) - effectuer une étude ergonomique du poste de pilotage pour préciser les temps de prise en compte d'un événement par le pilote et donc le cycle de rafraîchissement des consignes.

En Avril 1983, cet événement n'était lié qu'à la pluie en négligeant les événements sur le réseau conduisant à un fonctionnement dégradé (hypothèse sur laquelle la présente mise à jour est revenue). *(prise en compte des signalisations par scintillation de la liste hiérarchisée en simulation fine "PUMA-OUT")*.

Depuis Avril 1983, ces compléments d'étude (5) et (6), et ceux qui ont été cités plus haut (concernant le fonctionnement hydraulique(1), la prise en compte d'objectifs anti-pollution (2), les résultats de certaines recherches (4),...), ont été réalisés et ils ont conduit à des adaptations du LAC et de sa mise en place. Pour simplifier l'exposé, ces adaptations ont été regroupées en quatre chapitres.

Références des études complémentaires dans le texte  
de la p. 4 à la p. 10

Titre des chapitres

|             |                                                                                                         |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (3),(4)     | adaptations au rythme de développement<br>vrai des autres parties de la gestion automatisée             |
| (1),(2),(5) | adaptation à l'approfondissement des connaissances sur le réseau et sur la protection du milieu naturel |
| (6)         | adaptations à l'occurrence d'évènements<br>intempestifs : le concept de pilotage                        |
| (6)         | adaptations à l'étude ergonomique du poste de pilotage.                                                 |

---=oo&oo=---

ADAPTATIONS DU LOGICIEL D'AIDE A LA CONDUITE

---=oo&oo=---

### 3 - ADAPTATIONS DU LOGICIEL D'AIDE A LA CONDUITE

#### 3.1. Adaptation du logiciel d'aide à la conduite au rythme de développement des autres parties de la gestion automatisée

Dans la proposition de développement du LAC (réf. 2), le rythme de développement du LAC avait été couplé au rythme de développement des autres parties de la gestion automatisée, à savoir :

prévus dans  
réf (1) avec

|                     |                                                                    |       |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------|-------|
| <u>les outils :</u> | - Radar météorologique de Trappes                                  | LAC 3 |
| ( Choix             | - Information et assistance météorologique                         | LAC 1 |
| ( Installation      | - Calculateur d'acquisition et de télétransmission sur pluviomètre | LAC 1 |
| ( Essai             | - Siphon déprimé                                                   | LAC 1 |
| ( le Mise au point  | - Matériel micro-informatique                                      | LAC 1 |
|                     | - Capteur de mesure de hauteur                                     | LAC 1 |
|                     | - Capteur de mesure de vitesse                                     | LAC 1 |
|                     | - Matériel de télétransmission                                     | LAC 1 |
|                     | - Système de transmission et d'interprétation des messages         | LAC 1 |
|                     | - Système de conduite immédiate                                    | LAC 3 |
|                     | - Météotel avec radar météorologique de Dammartin                  | LAC 1 |
| <u>les ouvrages</u> | - Bassins de Pont Yblon                                            | LAC 1 |
| ( Construction      | - Bassin des Brouillards à DUGNY                                   | LAC 3 |
| ( Mise en service   | - Bassin de la Molette                                             | LAC 3 |
|                     | - Exutoires du bassin de Blanc-Mesnil                              | LAC 1 |
|                     | - Entrées du bassin de Savigny                                     | LAC 3 |
|                     | - Station de pompage de Balagny                                    | LAC 1 |
|                     | - Chambre Avenue Lénine                                            | LAC 2 |
|                     | - Bassins amont de Blanc-Mesnil                                    | LAC 3 |
|                     | (Les Sablons, Aulnay,...)                                          |       |

| <u>les équipements</u>  | - <u>CTR</u> - Bassin des Brouillards | <u>LAC 3</u> |
|-------------------------|---------------------------------------|--------------|
| (Capteurs               | - Bassin de Blanc-Mesnil              | LAC 1        |
| (Action-                | - Mesures du Croult                   | LAC 1        |
| (neur                   | - Bassins de Savigny                  | LAC1 et LAC3 |
| (Installation (Calcula- | - Bassins de Pont Yblon               | LAC1 et LAC2 |
| (                       | (teur                                 | LAC1 et LAC3 |
| (                       | (télétrans-                           | LAC 3        |
| (                       | (mission                              | LAC1 et LAC3 |
| (                       | - Station de pompage de               | LAC1 et LAC3 |
| (le Mise en service     | Balagny                               |              |
| (et formation des uti-  | - Mesures rue Jules Ferry             | LAC 1        |
| (lisateurs              | Pt bas du doublement                  |              |
|                         | - Mesures à Aulnay-Ateliers           | LAC 1        |
|                         | (Pt bas de la Morée)                  |              |
|                         | - Mesures rue Maillochon              | LAC 1        |
|                         | (rupture de pente sur le              |              |
|                         | Sausset)                              |              |
|                         | - Station Léon Jouhaud                | LAC2 et LAC3 |
|                         | - Station Marx Dormoy                 | LAC2 et LAC3 |
|                         | - Station La Molette                  | LAC 3        |
|                         | - Caissons de la Vieille Mer          | LAC 2        |
|                         | - Chambre Avenue Lénine               | LAC 2        |
|                         | - Barrage gonflable Henri             | LAC2 et LAC3 |
|                         | Barbusse                              |              |
|                         | - Points bas de Livry-Gargan,         | LAC2 et LAC3 |
|                         | Bondy et Pavillon-sous-Bois           |              |
|                         | - Station Pasteur                     | LAC 3        |
|                         | - Pluviomètre du Bourget              | LAC 1        |
|                         | - Pluviomètre d'Ecouen VII            | LAC 1        |
|                         | - Pluviomètre de Louvres VIII         | LAC 1        |
|                         | - Pluviomètre du Petit Marais         | LAC 3        |
|                         | (ou de Savigny)                       |              |
|                         | - Pluviomètre de Villepinte V         | LAC 3        |
|                         | - Pluviomètre de Livry-Gargan II      | LAC 2        |
|                         | - Pluviomètre de Drancy               | LAC 2        |
|                         | - Pluviomètre d'Aulnay - Mairie       | LAC 3        |
|                         | - Pluviomètre de Montfermeil XIII     | LAC 3        |
|                         | - Pluviomètre de Pantin               | LAC 3        |
|                         | - Pluviomètre de Rosny I              | LAC 3        |
|                         | - Pluviomètre de Noisy-le-Grand       | LAC 3        |
|                         | - Pluviomètre de Ville Evrard         | LAC 3        |
|                         | - Pluviomètre de Bagnolet             | LAC 3        |
| <u>l'organisation</u>   | - Responsable de la sécurité          | LAC 1        |
| <u>du service</u>       | - Equipes des ouvrages spéciaux       | LAC 1        |
|                         | - Equipes de mise au point            | LAC 1        |
|                         | - Astreintes de maintenance           | LAC 1        |
|                         | électromécanique                      |              |
|                         | - Astreintes de maintenance           | LAC 1        |
|                         | informatique station locale           | LAC 1        |
|                         | central STIM -                        | LAC 1        |
|                         | SCI - SAC                             | LAC 1        |
|                         | - Equipes de pilotes                  | LAC 1        |

Mais le rythme de développement du LAC était lié non seulement à celui de tout le projet de gestion automatisée, mais aussi au développement des matériels, logiciels de base, et algorithmes formant la couche profonde du LAC. (Nous allons voir notamment que l'apparition de certains matériels a fortement modifié la structure prévisible du LAC en 1983).

prévus dans  
réf (2) pour

les matériels

- mini-ordinateur scientifique LAC 1
- accroissement de puissance LAC 2
- matériel de visualisation et de dialogue (consoles graphiques, tablettes et souris) LAC 1
- liaisons avec les autres systèmes (SCI, radar) LAC 3

les logiciels de base

- systèmes d'exploitation LAC 1
- logiciel graphique LAC 1
- logiciel de communication LAC 3

les algorithmes

- algorithme de propagation hydraulique LAC 1
- algorithme de simulation hydrologique LAC1 et LAC3
- algorithme de recherche de stratégie LAC1 et LAC2 et au delà de LAC3
- algorithme de calibrage des images-radar LAC 3
- algorithme de prévision automatique au delà de LAC3

### 3.1.1. Point pour LAC 1 (opérationnel Avril 1986)

L'état de développement des parties, autres que le LAC et ses sous-couches matériel et logiciel, est compatible avec son implantation pour l'aval du bassin de Blanc-Mesnil fin 1985 : la programmation en vue de LAC 1 de ces autres parties dans la proposition de développement (réf. 2) a donc permis de hiérarchiser leur développement de manière à disposer des équipements, ouvrages, outils et équipes, opérationnels indispensables.

Il y a naturellement quelques exceptions qui ont nécessité des adaptations du LAC prévu dans la proposition de développement (réf. 2) :

1) il reste à finaliser le mode de pilotage choisi, car les tests de pilotage exécutés ont montré que :

- des pilotes intervenant trop irrégulièrement n'avaient pas une connaissance suffisante du réseau et des interventions sur le réseau,
- il était à craindre que ces pilotes trop irréguliers n'aient pas la formation nécessaire à la prévision météorologique et à l'utilisation des systèmes informatiques (conduite immédiate et aide à la conduite).

Pour tenir compte de ces résultats de tests, des compléments sont donc nécessaires aux dispositions prévues pour le LAC et pour l'organisation interne. Ils sont décrits au chapitre 3.3, mais ils n'affectent pas la structure et l'évolution du LAC 1.

2) Les bassins des Brouillards ont été construits plus rapidement que ne le prévoyait la proposition de développement (réf. 2) et il conviendra d'étudier les performances de décantation sous faibles débits traversiers de ces bassins dès la 1ère étape de pilotage. Il est donc utile de prévoir les conditions hydrauliques de fonctionnement de la décantation, c'est-à-dire de simuler le fonctionnement hydraulique des bassins.

Le LAC 1 doit alors inclure dans le modèle de propagation les bassins des Brouillards et leurs organes de régulation. En outre, la décision de décanter ou non dans les bassins, introduit dans le LAC une commande logique dont la forme est très différente de celle des stratégies (consignes de type analogique et durées) qui étaient les seules décisions du pilote, qu'il était prévu de communiquer au LAC. Toutefois, ces modifications du LAC 1 apparaissent mineures.

Comme nous le verrons au chapitre suivant paragraphe 3.2, d'autres exceptions, dues à des installations non totalement opérationnelles n'ont pas d'influence sur le développement du LAC : il s'agit du non raccordement de pluviomètres que le CTR et Blanc-Mesnil, des mesures de vitesse au CTR et au Croult, des mesures de hauteur aux points bas d'Aulnay (rue Jules Ferry, Atelier, rue Maillochon).

En conséquence, les adaptations du LAC dues à un développement imprévu des parties externes au système d'aide à la conduite n'ont que peu d'influence sur le LAC 1.

Le rythme de développement du LAC 1 a toutefois été fortement perturbé en première étape à cause de la couche profonde du système d'aide à la conduite qui a subi une série d'évènements informatiques :

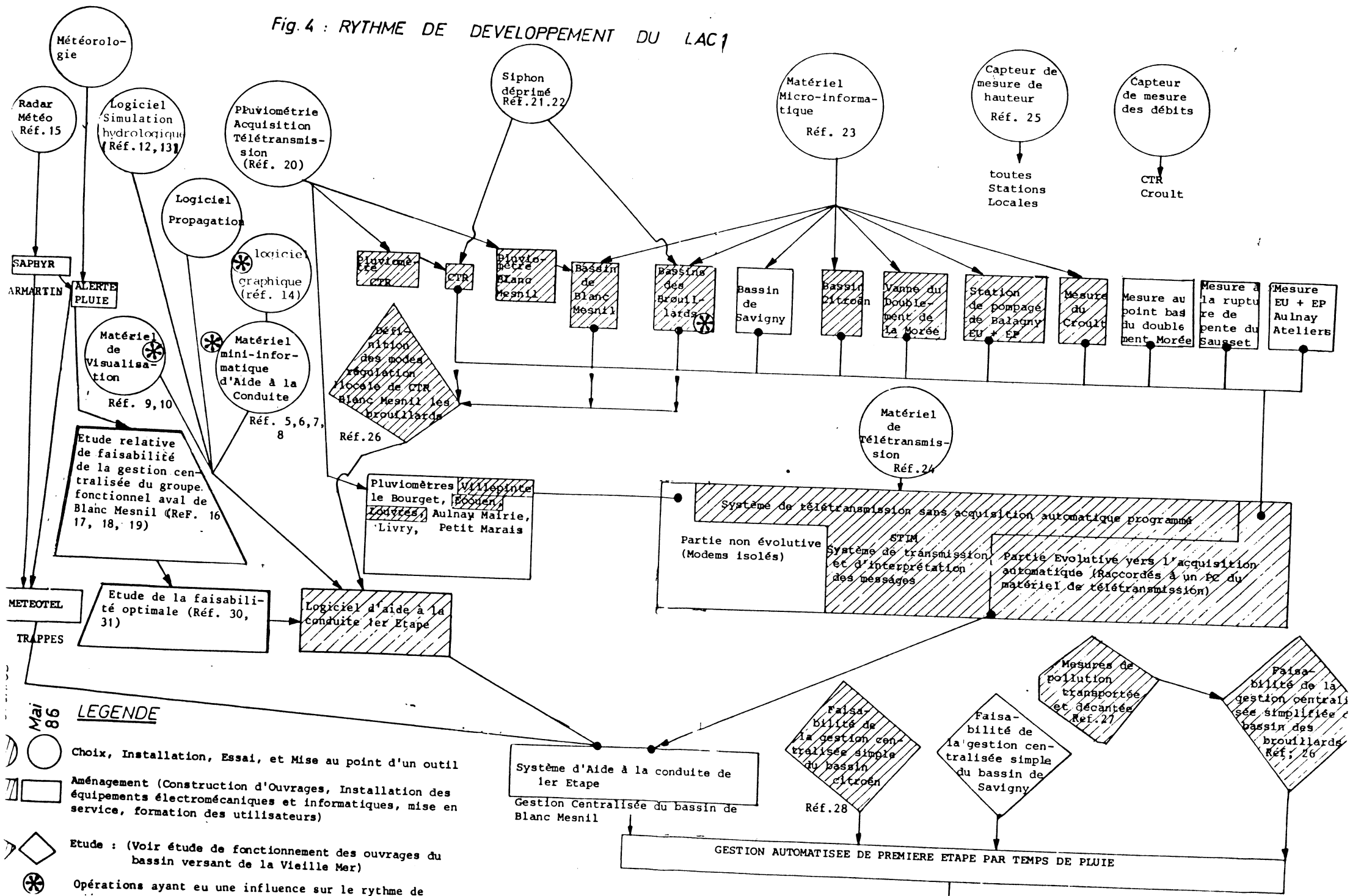
- . l'absence de possibilité d'accroissement de puissance sur un mini 6/92 seul mini-ordinateur scientifique "français" existant en avril 1983,
- . l'apparition sur le marché de postes graphiques à très bas prix permettant d'espérer une efficacité considérable dans les échanges entre les pilotes et le SAC,
- . l'introduction de logiciels graphiques de base sous la norme GKS permettant de rendre le logiciel indépendant du matériel choisi ou des changements de matériel.

Si l'absence de possibilité d'accroissement de puissance sur mini 6/92 et l'introduction de logiciels graphiques de base à la norme GKS n'ont conduit qu'à des retards de réalisation ; l'apparition sur le marché de postes graphiques interactifs à très bas prix a permis d'envisager sous un autre angle les échanges entre le pilote et le système ; comme ces échanges constituent le fondement même de l'aide à la conduite, la conséquence en a été l'accroissement de l'importance du logiciel consacré à cette interface. Cette adaptation très importante a conduit à abandonner le schéma linéaire adopté pour le LAC en Avril 1983 et à adopter un schéma interactif de saisie des données, de lancement des algorithmes, de visualisation des mesures, alarmes et résultats, d'archivage des informations. La description de ce schéma interactif figure au chapitre 4.

La figure 4 permet de représenter en résumé l'ensemble des interactions d'études, d'aménagements et de mises au point d'outil ayant été nécessaires pour la gestion automatisée de première étape. Elle permet de constater que pour LAC 1 :

- le lieu d'implantation n'a pas changé,

Fig. 4 : RYTHME DE DEVELOPPEMENT DU LAC1



- seuls, l'aménagement plus rapide du bassin des Brouillards et les progrès informatiques ont varié parmi les études et équipements indispensables,
- seuls, cet aménagement et ces progrès ont modifié la structure du LAC 1 et son rythme de développement.

### 3.1.2. Point pour LAC 2

Dans la proposition de développement réf (2), le LAC 2 différerait essentiellement du LAC 1 par :

- le remplacement du modèle de propagation hydraulique par un modèle d'optimisation incluant des modèles simplifiés de propagation hydraulique,
- deux nouveaux lieux d'implantation (Vieille Mer aval et Bondy Blanc-Mesnil),
- l'accroissement de puissance du mini-ordinateur sélectionné pour LAC 1.

Les autres parties de la gestion automatisée (mise au point d'outils, aménagements comme le bassin de Pont Yblon ou la mise en service et l'équipement en télétransmission des stations locales - Max Dormoy, Henri Barbusse, Léon Jouhaud -) ne paraissent pas entraîner à ce jour de profondes modifications du schéma prévu dans la proposition de développement (réf. 2), compte-tenu de celles déjà acquises dans le LAC 1 : il faut toutefois citer le maintien de l'utilisation d'un module de simulation-test des stratégies présélectionnées par le module d'optimisation.

En effet, les algorithmes d'optimisation testés incluent des modèles de propagation très simplifiés (translation simple par exemple) et leur résultat risque d'être insuffisamment précis et de nécessiter une validation par le module de propagation de Barré de St Venant (Réf. 30.31).

Dans le chapitre suivant paragraphe 3.2., nous verrons un exemple de résultat insuffisamment précis.

### 3.1.3. Point pour LAC 3

La mise au point d'outils en cours (radar de Trappes (réf. 33), calibrage radar (réf. 32), système de conduite immédiate (réf. 34)) et l'avance prise sur certains aménagements (bassins des Brouillards et de la Molette) ne modifient ni la structure prévue du LAC 3, (~~hors mis~~ les modifications incluses dans LAC 1) ni son rythme de développement. En outre, ces facteurs ne paraissent pas introduire de modifications sur les études et équipements indispensables à sa mise en oeuvre ou sur les lieux d'implantation.

### 3.1.4. Conclusions

Les facteurs attachés au développement des autres parties de la gestion automatisée ont eu une influence importante sur la structure du LAC lui-même :

- + autorisant une structure interactive et non plus linéaire (justifiée au chapitre 3.4. et décrite dans la partie 4)
- + soulevant la question du maintien du module de propagation hydraulique dans les LAC 2 et 3.

En outre, il est devenu utile de simuler le fonctionnement hydraulique des bassins des Brouillards avec le module de propagation hydraulique

En revanche, l'évolution prévue du système (les 3 étapes rythmées par la croissance progressive du LAC permettant un accroissement progressif des bassins versants gérés en temps réel) est inchangée.

Comme nous allons le voir au paragraphe suivant, celle-ci devrait le rester en dépit de l'amélioration des connaissances sur le réseau et de la prise en compte des objectifs de protection du milieu naturel. Ceux-ci influenceront plutôt sur les algorithmes du LAC, que sur l'évolution prévue.

### 3.2. Adaptation du logiciel d'aide à la conduite à un approfondissement des connaissances sur le réseau et sur la protection du milieu naturel

#### 3.2.1. - Cadre géographique de cet approfondissement des connaissances

En Avril 1983, des études complémentaires paraissaient indispensables pour améliorer la connaissance du fonctionnement hydraulique du réseau sur les lieux présumés d'implantation d'une gestion centralisée en temps réel : ces lieux étaient rassemblés en quatre bassins versants dont les gestions en temps réel paraissaient réalisables indépendamment les unes des autres, à condition toutefois d'effectuer les choix de gestion dans un ordre hiérarchique donné (voir figure 5) :

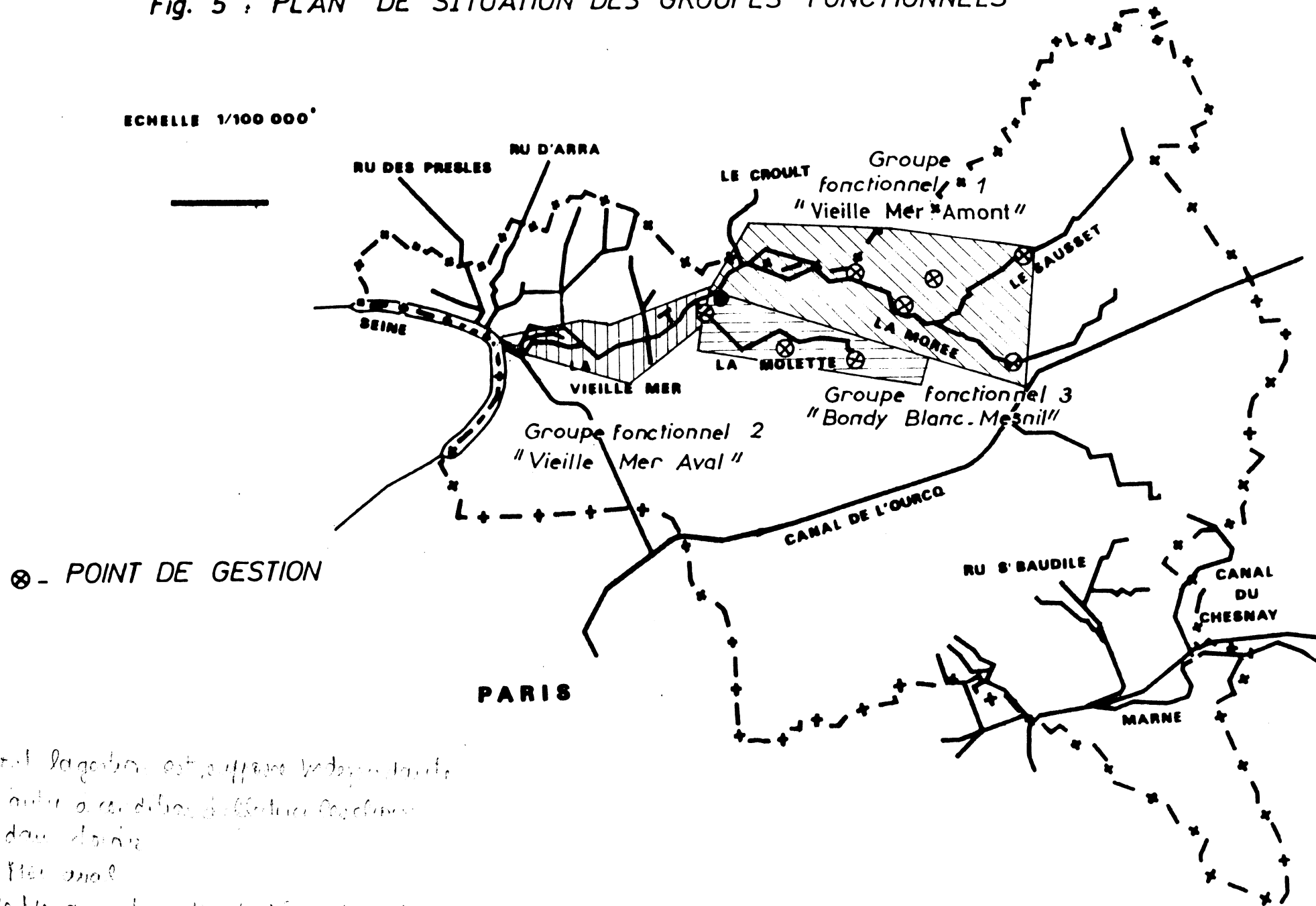
|            |                      |                                                                   |
|------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------|
| priorité 1 | : Vieille Mer aval   | (aval des bassins des Brouillards et de la Molette)               |
| priorité 2 | : Vieille Mer amont  | (Garges Epinay et amont du bassin des Brouillards - Croult exclu) |
| priorité 2 | : Bondy Blanc-Mesnil | (amont du bassin de la Molette)                                   |
| priorité 3 | : Croult             | (dans le Val d'Oise)                                              |

La frontière entre Vieille Mer aval et amont a été définie depuis Avril 1983 grâce à l'étude hydraulique (réf. 3) confirmée par les observations de terrain, qui montrait que la modification de consignes à l'exutoire du bassin des Brouillards n'avait aucun effet sur les inondations possibles dans la Vieille Mer amont.

En revanche, un trop fort débit de sortie du bassin des Brouillards risque de provoquer des inondations au droit des Caissons dans la Vieille Mer aval.

Fig. 5 : PLAN DE SITUATION DES GROUPES FONCTIONNELS

ECHELLE 1/100 000'



⊗ - POINT DE GESTION

groupes sont la gestion est, suppose l'adoption d'une des l'autre a condition d'effectuer l'opération de gestion dans l'ordre

① Vieille Mer aval

② Vieille Mer amont - Bondy Blanc-Mesnil

③ Amont

La consigne sur ce débit doit donc être fixée dans la gestion de la Vieille Mer aval et appliquée ensuite sans possibilité de modification comme contrainte dans la gestion de la Vieille Mer amont. L'ordre de recherche de gestion optimale est donc : Vieille Mer aval d'abord, Vieille Mer amont ensuite. Le Croult est défini pour l'instant en priorité 3, mais il n'existe actuellement pas de possibilité de gestions en temps réel et l'ordre de priorité ne sera définitivement connu que lorsque les aménagements prévus de retenue seront réalisés. Enfin Vieille Mer Amont et Bondy Blanc-Mesnil sont indépendants.

Ces quatre bassins versants sont appelés des groupes fonctionnels, en fonction de la terminologie utilisée dans la proposition de développement réf. (2), rappelée et justifiée en annexe 2.

La définition des plages de gestion possibles nécessite une connaissance approfondie des contraintes hydrauliques et hydrologiques et des objectifs accessibles sur chaque groupe fonctionnel.

Celle-ci n'a été acquise que sur la partie aval du groupe fonctionnel 1, "Vieille Mer amont". Elle est en cours d'acquisition sur sa partie amont, sur le groupe fonctionnel 2 "Vieille Mer Aval" et sur le groupe fonctionnel 3 "Le Bondy Blanc-Mesnil". (cf. fig 6 et 7).

Dans ces conditions, les adaptations du LAC ont été essentiellement motivées par des contraintes relatives à ce groupe fonctionnel. Toutefois la généralisation de ces adaptations étudiée en annexe 2 rend modifiables ces limites de groupes et c'est la raison pour laquelle nous utiliserons par la suite les concepts définis dans l'annexe 2.

### **3.2.2. Adaptation du LAC 1 pour le groupe fonctionnel Vieille Mer Amont (Fig 8)**

La fonction de coût à minimiser dans le document (réf. 2) d'Avril 1983 avait une double nature :

- réduction des inondations (ou plus exactement de leur impact) par rapport à des débits supposés de débordement.

Fig. 6 : SYNOPTIQUE DES ETUDES EN COURS OU REALISEES  
POUR ATTEINDRE LES OBJECTIFS DU LAC 1

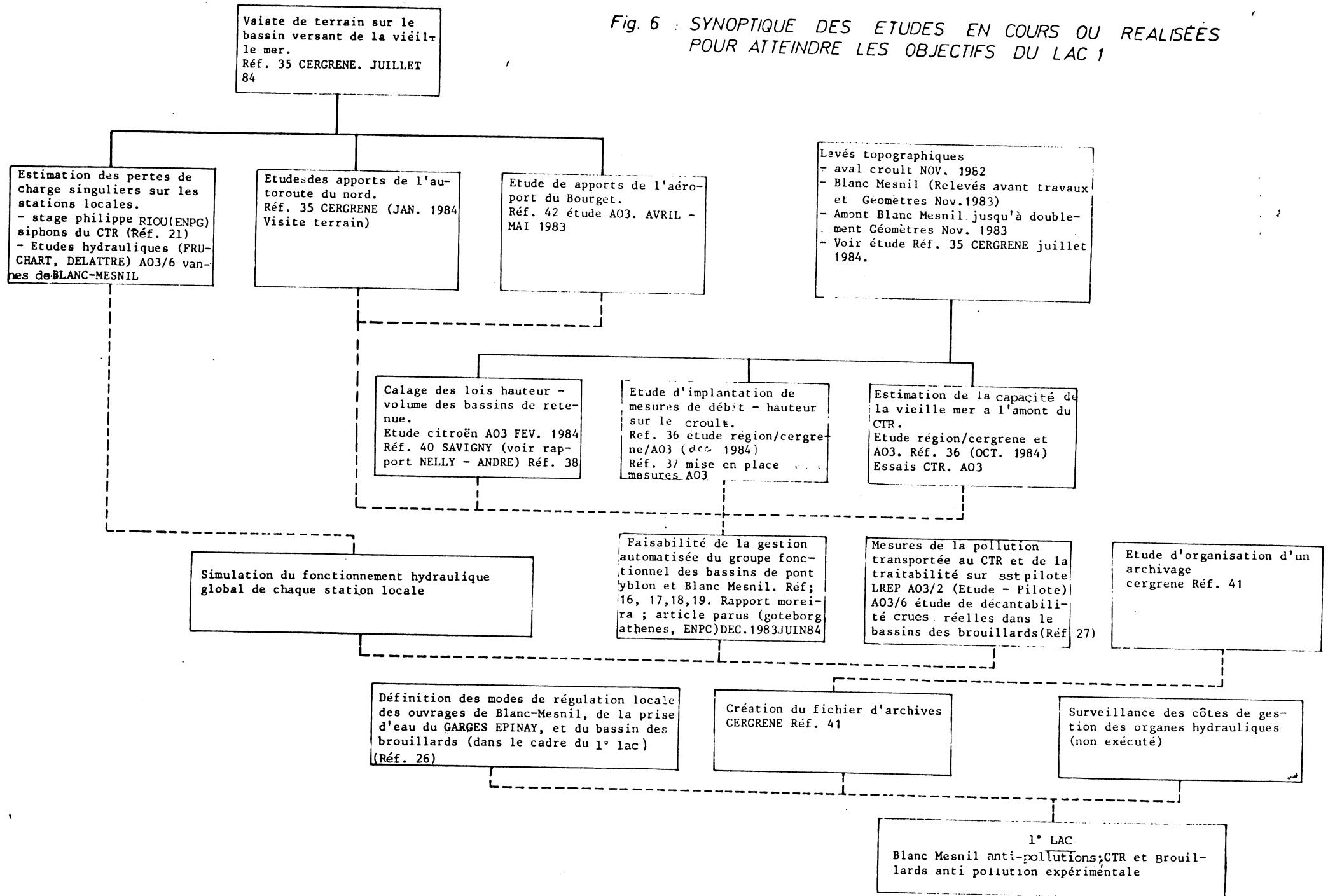


Fig. 7 : SYNOPTIQUE DU DEVELOPPEMENT DES ETUDES AU RYTHME DES ETAPES DU LOGICIEL  
D'AIDE A LA CONDUITE

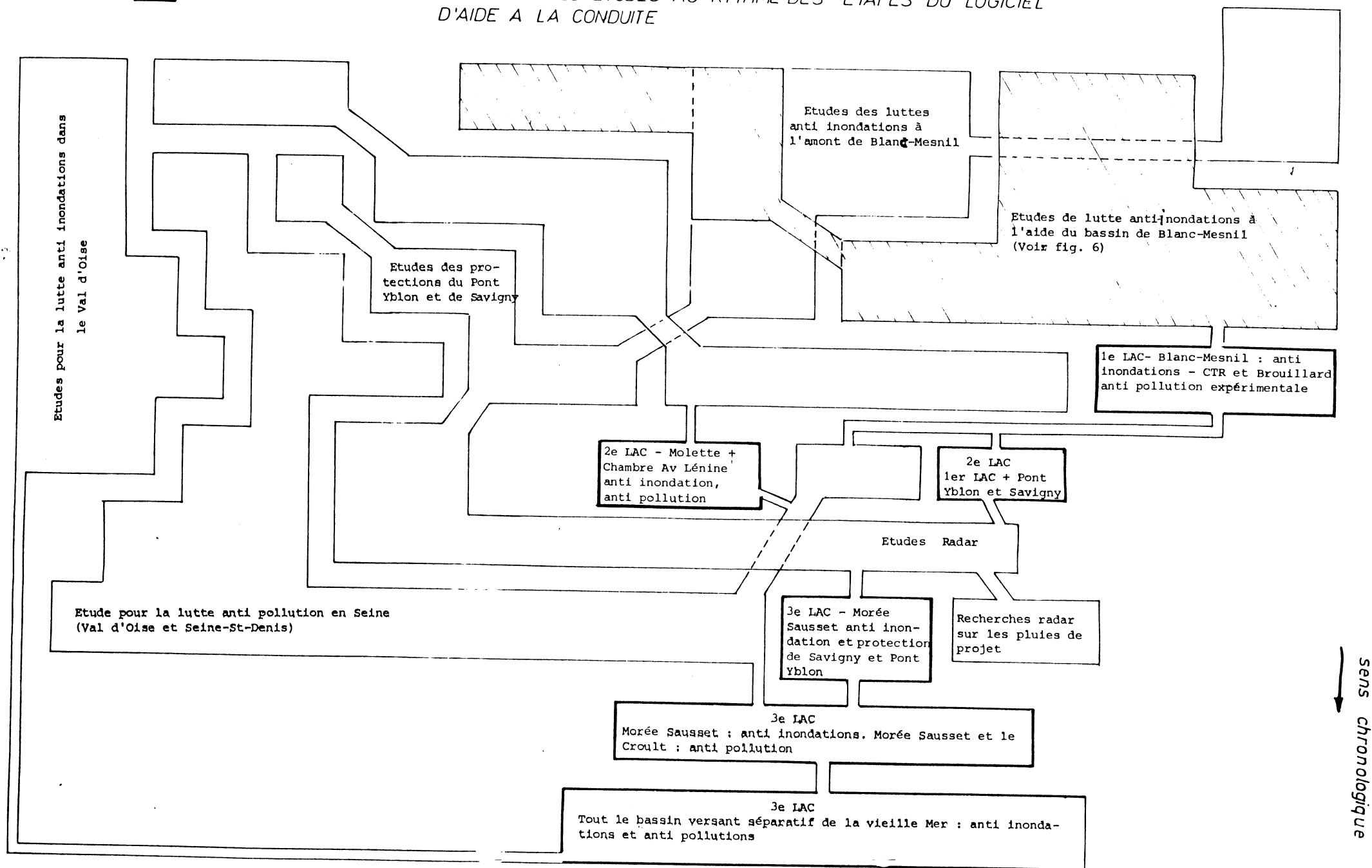
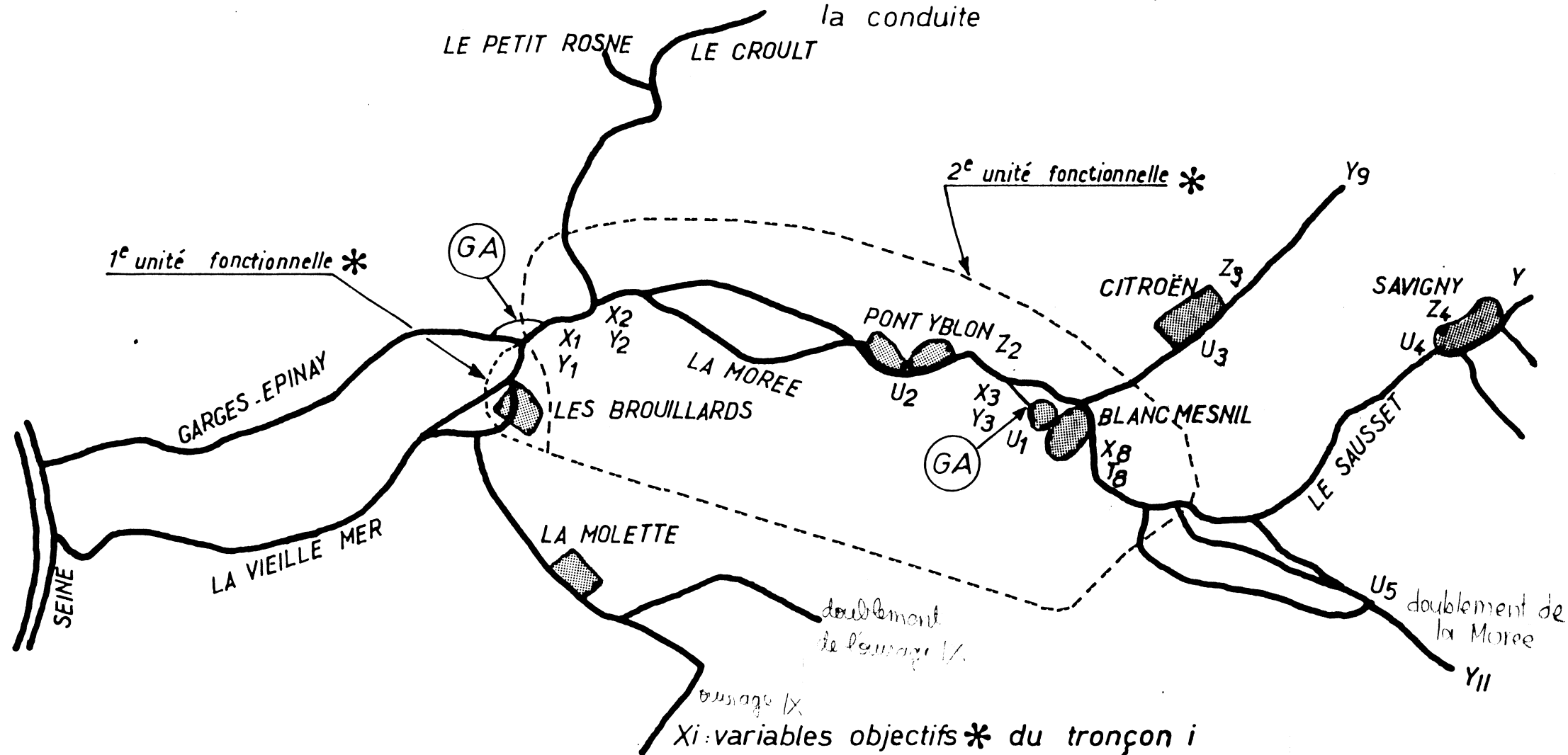


Fig. 8 : 1<sup>e</sup> Etape de la gestion automatisée (application du LAC 1 au groupe fonctionnel \*  
Vieille Mer amont) BLANC MESNIL seule station locale télépilotée avec aide à la conduite



$X_i$ : variables objectifs \* du tronçon  $i$

$Y_i$ : variables perturbatrices \*

$U_i$ : variables de commande \* à l'amont du tronçon  $i$

$Z_i$ : volume du bassin de rétention appartenant au vecteur  $X_i$

\* Termes définis en annexe 2

- minimisation du stockage dans le bassin de Blanc-Mesnil de manière à palier les déficiences possibles de prévision à ce stade si l'objectif inondations était susceptibles d'être atteint.

Elle ne comprenait aucun terme de nature à protéger le milieu naturel.

Or, les connaissances acquises depuis ont montré que :

- il n'y avait aucune influence du bassin de Blanc-Mesnil sur les inondations amont tant que le volume stocké n'excédait pas 60000 m<sup>3</sup> (voir annexe 3) : minimiser z1 - le volume du bassin pouvait n'avoir aucune utilité.
- le débit de débordement dans la zone d'inondation près de la confluence avec le Croult dépendait du niveau piézométrique dans la chambre de collecte du CTR : la minimisation des carrés des différences entre débit à l'amont de la zone d'inondation et capacité théorique de tronçon ne tenait pas compte de ce phénomène.
- le fonctionnement intempestif du siphon de sécurité de Pont Yblon (suite à une défaillance de l'aspirateur alimentant le bassin en eau de Pont Yblon par exemple) pouvait provoquer une aggravation des inondations à la confluence avec le Croult : on ne pouvait donc utiliser une consigne locale de débit à Pont Yblon beaucoup plus basse que celle de Blanc-Mesnil, et donc le bassin de Pont Yblon ne pouvait servir pour tamponner l'effet d'une variation de débit à Blanc-Mesnil.

Le premier objectif retenu dans LAC 1 est donc celui-ci :

- 1) réduction du volume des inondations à la confluence du Croult estimé à partir d'une simulation avec les consignes locales de Blanc-Mesnil et Pont Yblon.
- 2) mais réduction limitée à un volume maximum de 60 000 m<sup>3</sup> dans le bassin de Blanc-Mesnil.

En l'absence d'inondations prévues par la simulation, on propose d'introduire un second objectif lié à la protection du bassin en eau de Pont Yblon. En effet, on a pu montrer grâce aux études réalisées jusqu'à présent (cf. réf 3) que réduire la fréquence des déversements dans les bassins en eau était plus bénéfique que de réduire les charges de pollution déversées au cours d'un orage important.

Il est donc intéressant lorsque le bassin en eau risque d'être utilisé de manière intempestive (c'est-à-dire sans risques d'inondation) de rechercher :

- 1) une réduction du volume déversé dans le bassin en eau estimé à partir d'une simulation avec les consignes locales de Blanc-Mesnil et Pont Yblon,
- 2) mais une réduction limitée à un volume maximum de 60 000 m<sup>3</sup> dans le bassin de Blanc-Mesnil.

Enfin, il est utile d'introduire la possibilité pour le pilote de prendre deux décisions logiques afin de protéger le milieu naturel :

- la première est l'utilisation ou non du bassin de Pont Yblon, qui est une décision plus efficace que la réduction de consignes de débit à Blanc-Mesnil, à condition toutefois que les apports à l'aval (Croult et Aéroport du Bourget) soient négligeables et donc que le fonctionnement du siphon de sécurité du bassin de Pont Yblon n'entraîne pas d'inondations à l'aval,
- la seconde est l'utilisation du bassin des Brouillards avec un contrôle sur cette utilisation permettant de connaître les variations d'efficacité de la décantation en fonction du débit traversier (première étape indispensable avant l'utilisation des bassins amont pour retenir une charge de pollution décantable dans le bassin des Brouillards).

Ces décisions seront introduites comme des paramètres fixes de la simulation. *(commandes logiques peu susceptibles d'être modifiées au cours du pilotage)*

Outre les connaissances hydrauliques et celles liées à la protection du milieu naturel, de nouvelles informations ont été acquises en hydrologie sur ce réseau ; elles proviennent :

- des études de calage de modèles hydrologiques adaptés à la gestion en temps réel (réf 12 - 13),
- de l'étude de calage du modèle de propagation (réf 29),

- des mesures réalisées sur le Croult depuis 1983,
- de l'étude théorique des apports de l'aéroport du Bourget (réf. 42).

Ces études ont montré qu'une connaissance de la réponse hydrologique des bassins versants était accessible sans grands développements. L'étape de simple détection du début de pluie sans modèle de simulation hydrologique n'apparaissait donc pas très utile et il a été décidé d'inclure ce modèle dans le LAC 1.

### **3.2.3. Adaptation du LAC 2 au groupe fonctionnel Vieille Mer Amont (fig. 9)**

En sus des adaptations du LAC 1, celles du LAC 2 consécutives à l'amélioration des connaissances sur le groupe fonctionnel Vieille Mer Amont concernent (réf 30) :

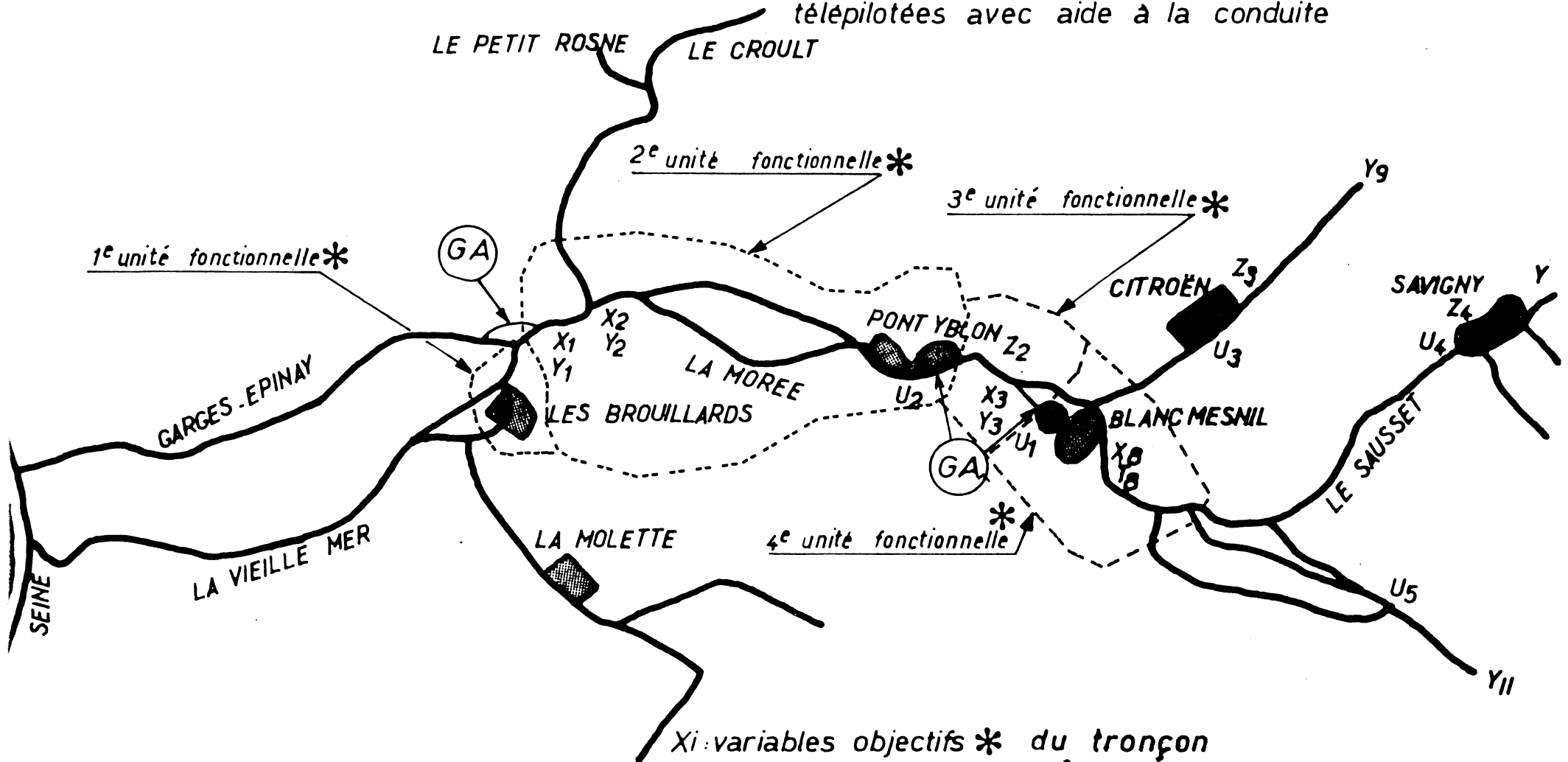
- le choix de la fonction du coût à minimiser,
- les contraintes dans lesquelles sont enfermées les variables-objectifs et les variables de commande,
- l'algorithme de résolution.

Ces adaptations sont dues aux mêmes causes que celles du LAC 1.

La fonction du coût comprend :

- un terme quadratique sur l'excédent de débit dans les zones d'inondation (confluent du Croult, zone industrielle à l'aval de Blanc-Mesnil) dont la validité douteuse sera compensée comme prévu au paragraphe 3.1 par une simulation test,
- un terme quadratique de poids plus faible sur le volume rejeté dans le bassin en eau de Pont Yblon,

Fig. 9 : 2<sup>e</sup> Etape de la gestion automatisée (application du LAC2 au groupe fonctionnel \*  
Vieille Mer amont) stations locales PONT YBLON ET BLANC MESNIL  
télépilotées avec aide à la conduite



$X_i$ : variables objectifs \* du tronçon

$Y_i$ : variables perturbatrices \*

$U_i$ : variables de commande \* à l'amont du tronçon  $i$

$Z_i$ : volume du bassin de rétention appartenant au vecteur  $X_i$

\* Termes définis en annexe 2

- ?
- un terme linéaire de proximité des consignes proposés aux consignes locales (terme dont l'intérêt est lié aux risques de défaut de transmission entre le central et la station locale).

Les contraintes associées concernent :

- le volume maximum dans le bassin de Blanc-Mesnil (fonction du débit d'apport) (cf. annexe 3),
- le volume maximum dans le bassin sec de Pont Yblon (fonction du débit d'apport),
- les plages des consignes de débit : consigne minimum de débit et débit maximum capable à la sortie d'un ouvrage de régulation (fonction de la hauteur dans les bassins),
- la non prise en compte des vidanges lentes des bassins des Brouillards et de Pont Yblon. (d'intérêt ?)

L'algorithme de résolution se fondera (réf 30) :

- soit sur une décomposition en deux groupes fonctionnels coordonnés représentée par une modification de l'organigramme (cf. annexe 2),
- soit sur une méthode de pénalisation des contraintes.  
(transformer les contraintes en objectif)

### 3.2.4. Conclusions

Bien que l'approfondissement des connaissances n'ait porté que sur la Vieille Mer Amont, on constate que les modules de recherche de stratégie des LAC 1 et LAC 2 vont être sensiblement modifiés avec :

- l'introduction de contraintes hydrauliques,
- la prise en compte des objectifs de lutte contre la pollution,

- la prise en compte des risques liés au malfonctionnement de certains ouvrages (aspirateur du siphon de Pont Yblon) ou des télétransmissions.

En outre, on a montré l'intérêt des 2 modules supplémentaires dans les LAC 1 et 2 :

- le module de saisie des ordres logiques donnés par le pilote (utilisation des bassins),
- le module de simulation hydrologique prévu dans le LAC 3.

### 3.3. Adaptations à l'occurrence d'évènements intempestifs : le concept de pilotage

Les adaptations décrites aux paragraphes 3.1 et 3.2 portaient, soit sur la modification interne de certains modules du LAC, soit sur l'introduction de modules supplémentaires. Une seule concernait les relations avec le pilote : elle indiquait que des moyens informatiques étaient accessibles pour favoriser l'interface avec le pilote.

Les adaptations qui restent à décrire dans les deux chapitres suivants vont principalement concerner les interactions du système d'aide à la conduite avec les autres systèmes de la gestion automatisée et notamment l'interface avec le pilote :

- dans ce chapitre (3.3.), cette interface sera abordée sous un angle très général de prise en compte des évènements intempestifs.
- dans le chapitre suivant, on étudiera plutôt les contraintes de temps qui pèsent sur chaque fonction du système de gestion automatisée et on mettra particulièrement en valeur celles affectant cette interface.

La lecture préalable de l'annexe 1 est indispensable au lecteur non familier avec l'architecture de la gestion automatisée.

Les évènements intempestifs sont nombreux dans un réseau d'assainissement, et la majorité d'entre-eux paraît échapper à une connaissance directe :

ce ne sont pas quelques points, appelés stations locales, qui permettront de contrôler les processus d'écoulement, de transport de polluants et de débordements éventuels.

Contrairement à un processus industriel, où la majorité des paramètres influents sont maîtrisés, les processus d'écoulement dans le réseau présente :

- des entrées aléatoires et transitoires (les pluies)

- des discontinuités de transformation : bouchage d'un orifice, coupure d'énergie sur une vanne, encrassement d'une grille,... ; elles sont aussi aléatoires et elles ne sont pas détectables directement car le réseau de mesures deviendrait gigantesque.

Il s'en suit des conditions d'insécurité considérables pour le contrôle du processus :

- le modèle du réseau peut être localement très différent de la réalité,
- les points d'observation peuvent être très éloignés des points de perturbation (sur les entrées, ou, sur les paramètres de transformation).

Pour réduire cette insécurité, il est indispensable de ne pas rendre automatique les stratégies de gestion proposées par le LAC, mais d'utiliser la capacité de raisonnement analogique d'un pilote.

Encore faut-il fournir au pilote les éléments d'information indispensables et l'entraînement à l'exercice de ce raisonnement ; il faut donc :

pour l'information :

- + organiser l'information destinée au pilote pour que toute intervention sur le réseau ou toute observation lui soit communiquée.
- + placer des points d'observation non aux points potentiels de perturbation (ils sont trop nombreux), mais aux points, en nombre généralement beaucoup plus faible, où les conséquences se manifestent : points de débordement ou points de rejet.

pour l'entraînement

- + soumettre le pilote à un grand nombre de conditions différentes de perturbations (pluie, réseau, équipement, télétransmission).

### 3.3.1. La transmission des informations au pilote

#### 3.3.1.1. Les informations transmises avant le suivi exceptionnel (\*)

Elle se retrouvent au central :

- 1) dans un fichier non informatisé tenant à jour les interventions sur le réseau,
- 2) dans une base de données des informations disponible aux stations locales mise à jour automatiquement sur le SCI (\*),
- 3) dans un modèle hydraulique du réseau nécessaire pour la simulation de propagation hydraulique, dont la mise à jour était prévue par un module serveur lié au fichier du réseau dans le document (réf 2) d'Avril 1983.

Dans ce document, il était admis qu'une seule modification pourrait être réalisée par le pilote pour être transmise simultanément à deux fichiers :

- le premier représentant le "réseau (géométrie, paramètres des ouvrages de contrôle,...),
- le second représentant un réseau synthétique (le modèle du module de propagation).

Or, la complexité d'un fichier "réseau" ne correspond pas au caractère synthétique des bases de données les plus courantes : celles-ci sont, en effet, organisées en objets (ou variables) auxquels sont reliés des attributs ; ainsi un point d'un collecteur pourrait être représenté par plusieurs objets indépendants et non un objet unique ; citons parmi eux : la représentation (point ou ensemble de points) sur un graphique synoptique avec des attributs de couleur, position sur le graphique,... et la caractérisation de l'organe (barrage à poutrelles) figurant en ce point avec des attributs (nom, hauteur, hauteur maxi, ...).

(\*) Voir définition annexe 1.

Il serait possible de créer ce fichier réseau et de lui affecter des correspondances dans la base de données courante ou dans le modèle hydraulique du réseau. Mais cela nécessiterait un module extrêmement complexe de conversion. Si ce module peut être créé dans le futur, il est préférable de ménager les forces du service et de les orienter vers les seuls objectifs de la gestion hydraulique : connaissance et contrôle des écoulements, et non position géographique des collecteurs ou état de leur conservation.

Pour ces objectifs, il suffit de disposer :

- + d'une représentation schématique à jour des ouvrages de transport, stockage et contrôle du réseau afin d'en permettre la visualisation,
- + et d'équivalents hydrauliques à jour de ces ouvrages (tronçons de définition, paramètres des points spéciaux,...) afin d'en permettre la prise en compte à la fois dans le calcul de propagation hydraulique et dans le calcul d'optimisation.

En outre, il faut remarquer que tout pilote ne saurait connaître l'ensemble des possibilités de mise à jour, à cause de l'importance des connaissances informatiques et hydrauliques que cela nécessiterait. Il faut donc qu'il puisse se faire aider pour les mises à jour non automatiques ou non prévues au paramétrage du système, soit par un spécialiste de la base de données du SCI, soit par un ingénieur hydraulicien spécialiste de la modélisation hydraulique du groupe fonctionnel.

Les informations à retransmettre sur la base de données du SCI (contenant la représentation schématique des ouvrages) et sur les fichiers - données du programme d'optimisation et modèle du module de propagation du LAC (équivalent hydraulique du réseau) - sont fournis de deux manières :

- + soit par les télétransmissions des stations locales au SCI,
- + soit par des réunions quotidiennes permettant de suivre l'état des travaux, la mise en place d'organes de protection (barrages à poutrelles, mise hors tension de vannes,...), les compte-rendus de visites (affaissement des collecteurs, ensablement,...).

Dans les informations transmises au pilote au cours de cette réunion quotidienne, il y en aura qui seront prévues au départ\* (rehaussement de barrages à poutrelles par exemple,...) et d'autres qui ne le seront pas.

\* Nota Bene : Le départ correspond au paramétrage du système, moment où il est décidé de l'existence de l'objet à visualiser (et de celle de ces attributs) dans la base de données du SCI et de l'existence du point (spécial ou nommé) avec ses paramètres sur le modèle hydraulique du réseau.

En revanche, toutes les télétransmissions aux stations locales devront être paramétrées ainsi que leurs équivalents hydrauliques dans le LAC, mais, parmi elles, certaines seront transmises régulièrement au cours d'un suivi exceptionnel et d'autres non. Ce paragraphe ne traitera que des dernières alors que le suivant s'attachera aux premières.

On voit donc que la mise à jour du modèle hydraulique du LAC ne sera pas un seul module comme prévu en Avril 1983, mais comprendra plusieurs procédures suivant l'origine des informations transmises et leur présence dans le paramétrage du système :

Procédure 1) : les informations provenant de la réunion quotidienne et non paramétrées seront transmises à la fois au spécialiste du paramétrage de la base de données du SCI pour modification éventuelle des vues présentant l'objet et création d'un nouvel objet, et à l'hydraulicien qui modifiera soit le fichier modèle du module de propagation, soit le sous-programme SIMULA\* du module de propagation, soit certaines données du module d'optimisation.

Procédure 2) : les informations provenant de la réunion quotidienne et paramétrées seront modifiées directement par le pilote sur la base de données du SCI et leurs équivalents hydrauliques connus le seront aussi, dans les deux premières étapes, directement par le pilote, puis dans la troisième étape par un module automatique de mise à jour au moment du début du suivi spécial.

Procédure 3) : les informations télétransmises par les stations locales seront automatiquement modifiées sur la base de données du SCI et leurs équivalents hydrauliques seront traités de la même manière que dans la procédure 2).

Ces procédures sont représentées sur le schéma 10.

Le module "1" du LAC, tel qu'il était prévu dans la proposition de développement (réf 2) a donc totalement disparu au cours des deux premières étapes du LAC et il sera nettement moins ambitieux dans la 3ème étape.

### 3.3.1.2. Les informations transmises pendant le suivi exceptionnel

Le pilote doit disposer d'une information synthétique (dont l'ergonomie doit être très étudiée comme nous le verrons au chapitre suivant) afin qu'il puisse en un temps minimum :

- s'assurer d'une bonne adéquation entre les valeurs simulées et réelles des variables objectifs,
- rechercher les causes principales de ces différences : pannes d'équipement ou erreurs de prévision ou perturbations de l'écoulement réel,
- pré-valider les informations (pluie, débit, signalisations,... transmises et calculées automatiquement) qui deviendront des données des modèles de propagation hydraulique et d'optimisation,
- saisir les stratégies et les commandes (ou ordres) logiques,
- lancer les simulations et optimisations,

\* Ce sous-programme permet de représenter le logiciel des stations locales et de modifier les consignes des régleurs.

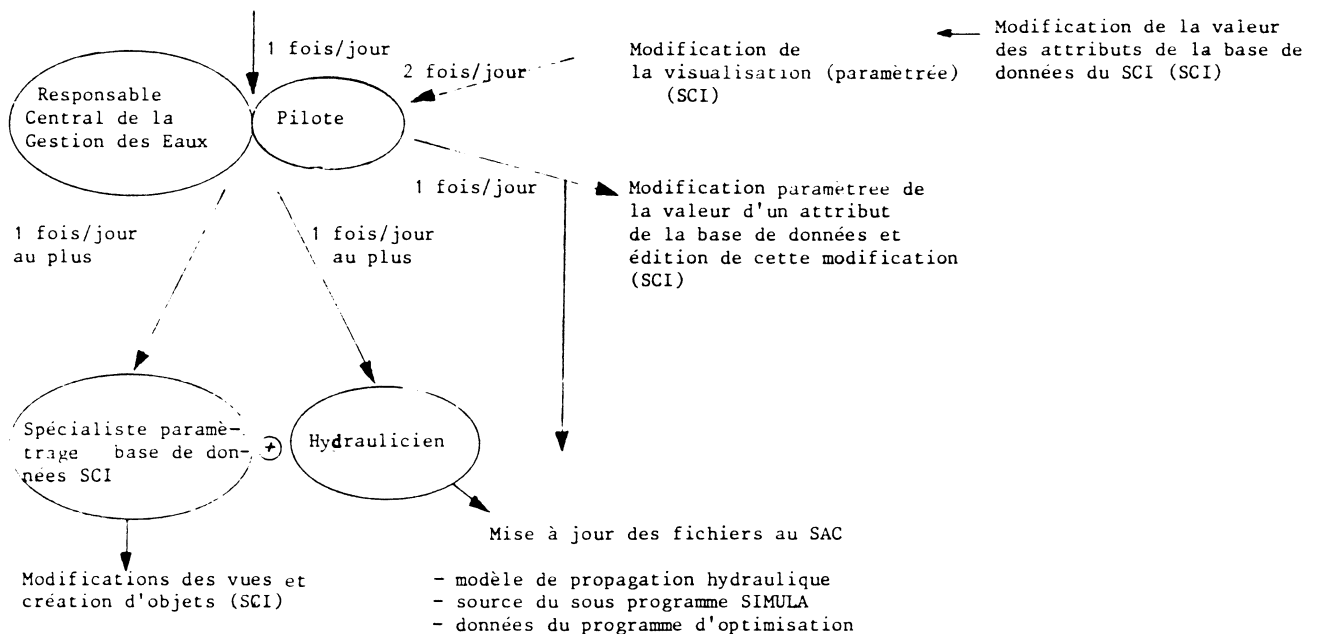
Fig. 10 : Procédures de mise à jour des informations au central  
de la gestion automatisée

### 1<sup>e</sup> et 2<sup>e</sup> Etape

Réunion quotidienne A03

- Etat des Travaux sur le réseau
- Mise en place de barrages à poutrelle
- ...

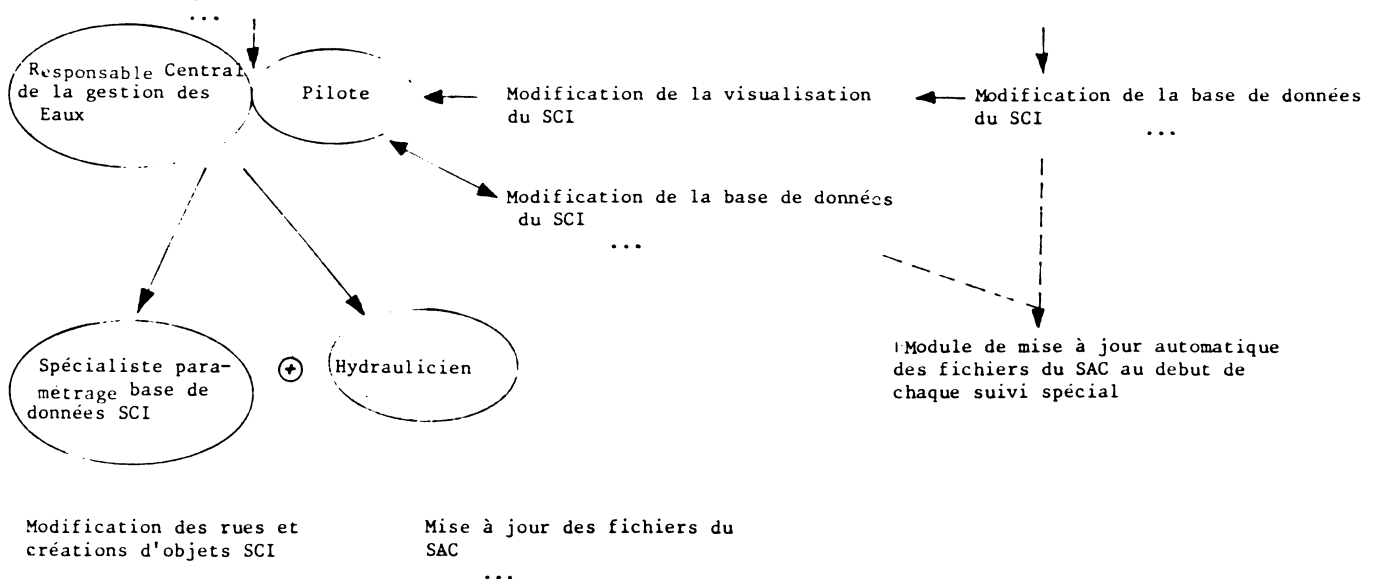
Informations télétransmises  
des stations locales



### 3<sup>e</sup> Etape

Réunion quotidienne A03

Informations télétransmises des stations locales



- visualiser leurs résultats (les comparer entre-eux et aux nouvelles mesures acquises),
- valider les informations utilisées en données en même temps que sélectionner une stratégie et des ordres logiques.

Il faut signaler que la proposition de développement (réf 2) avait sous-estimé l'importance des informations provenant directement des stations locales :

- en première et deuxième étape, toutes ces informations étaient saisies par le pilote,
- en troisième étape, si les mesures étaient bien transmises automatiquement entre le SCI et le SAC, aucune signalisation n'était envoyée car le fonctionnement dégradé des stations locales ne devait pas être simulé.

Le concept de simulation-test destiné à vérifier les résultats du modèle d'optimisation a cependant conduit à la prise en compte des signalisations de pannes d'équipement. On voit d'ailleurs qu'il introduit la prévision d'un fonctionnement hydraulique par la persistance du dernier état de fonctionnement connu des organes de régulation et de télétransmission.

Ce type de prévision est très discutable et seule l'expérience du fonctionnement du LAC permettra d'en montrer la validité.

La transmission directe des informations entre STIM et SAC dans les deux premières étapes permettra néanmoins :

- de réduire les durées de saisie des données par le pilote,
- de visualiser les pannes d'équipement sur le synoptique du système d'aide à la conduite,
- de vérifier par la simulation-test avec le module de propagation les conséquences de pannes d'équipement et de faire intervenir d'urgence et en toute connaissance de cause les équipes de maintenance.

Le LAC se trouvera enrichi dès la première étape :

- . d'un module de création d'une base de données des informations transmises et calculées automatiquement,
- . d'un module de visualisation sur synoptique des alarmes provenant des signalisations,
- . et d'un sous-programme SIMULA plus complet traitant non seulement les consignes des stations locales pour les transformer en consignes de régleurs, mais traitant aussi les signalisations pour introduire les modifications de consignes auxquelles elles conduisent.

### 3.3.2. L'entraînement des pilotes

La rapidité indispensable au traitement de l'information par les pilotes (rapidité qui sera étudiée avec un diagramme des temps au chapitre suivant) nécessite une bonne accoutumance aux règles du raisonnement analogique qui permettra ce traitement rapide d'information.

Or les événements à contrôler sont rares, et, afin de ne pas rendre impossible la charge d'astreinte correspondante, les pilotes devront être en nombre suffisant, ce qui rendra encore plus rare leur possibilité d'entraînement.

Il n'est pas acceptable d'attendre qu'un pilote ait observé plusieurs phénomènes en temps réel avant de pouvoir intervenir, et il est donc indispensable d'assurer à chaque pilote un entraînement artificiel grâce à un simulateur de pilotage.

Les objectifs d'un simulateur de pilotage (cf. réf 4) peuvent être assez différents ; du plus simple au plus complexe, on trouve :

- 1/ - entraîner les pilotes aux procédures de fonctionnement du système centralisé de gestion automatisée : il suffit pour cela de disposer de quelques situations de pluie assez typées pré-enregistrées (informations météorologiques radar, pluviométriques) et d'un modèle de simulation du réseau, capable d'alimenter la base

de données de mesure installée sur le système de conduite immédiate. En outre, un module serveur devra reproduire les conditions réelles d'utilisation en libérant en temps voulu les informations pré-enregistrées et les résultats du modèle de simulation.

- 2/ - accroître les performances des équipages (pilotes et hommes de l'outil) dans des situations critiques. Celles-ci peuvent survenir soit à cause de conditions météorologiques exceptionnelles, soit à cause de défaillances inattendues de l'outil (le modèle du réseau étant alors différent de la réalité : barrages à poutrelle fermés, défaillance d'un organe de contrôle, éboulement de conduite, ruissellement exceptionnel).

Fondées sur des observations réelles, ces situations devront toutefois être générées artificiellement et contrôlées par un meneur de jeu (ou instructeur) qui aura la possibilité de :

- + rendre différents les modèles de réseau du simulateur et de la gestion automatisée avec ou sans génération d'alarmes,
- + brouiller les informations reçues par l'équipage (images radar incomplètes, pannes de pluviomètres, défaut de transmission de mesures ou de consignes).

- 3/ - tester les configurations du matériel (projets d'ouvrages hydrauliques, organes de contrôle, ergonomie, poste central, facilité de transmission, procédures de sécurité des stations locales,...).

Cet objectif correspond à la construction d'un véritable simulateur d'étude, dont les études en cours d'analyse du fonctionnement du réseau donnent une idée rudimentaire.

Si l'on accepte un développement progressif de ce simulateur, du plus simple au plus complexe, l'architecture informatique du système central sera modifiée comme suit :

Pour la mise en place d'un simulateur d'entraînement aux procédures

SAC : adjonction d'un module de propagation hydraulique indépendant de celui du suivi exceptionnel et travaillant à partir d'un fichier de données pré-enregistrées propre,

et d'un module serveur capable de mettre à la disposition du pilote, à la fois les informations préenregistrées et celles générées par le module de propagation hydraulique, dans des conditions identiques à la réalité (c'est-à-dire au moment où ces informations seraient générées par la situation réelle).

Il conviendra vraisemblablement d'augmenter la mémoire centrale de l'ordinateur ou d'utiliser le processeur vectoriel FPS, en s'efforçant de ne pas modifier les performances du LAC de manière à ne pas introduire de différence de temps entre suivi exceptionnel et simulateur.

Mais il existe une autre possibilité : ce serait d'utiliser un autre ordinateur indépendant du SAC (appelé par exemple le SIMU) dont les performances en vitesse de calcul pourraient être assez réduites, car il suffirait de réaliser la propagation hydraulique un peu plus vite que dans la réalité.

Le SIMU devrait être relié au S.C.I. afin de lui transmettre les informations qu'il reçoit ordinairement des stations locales et de recevoir les ordres logiques ou les consignes que le SCI transmet aux stations locales.

SCI : introduction dans la liaison avec le SAC de messages propres au simulateur ou création d'une liaison indépendante avec le SIMU.

METEOTEL : création d'une liaison avec le SAC (ou éventuellement avec le SIMU) permettant l'affichage d'images radar préenregistrées sur le SAC dans une situation donnée.

### Pour la mise en place d'un simulateur de pilotage complet

SAC : adjonction d'un module de bruitage des données modifiant les informations préenregistrées (mesures, signalisations ou images radar) et celles générées par le module de propagation hydraulique du simulateur.

Ce module permettra de créer des parasites sur la mesure et la transmission de données (pannes de pluviographes, fausses alarmes,...) des variations sur les paramètres de la propagation hydraulique (fichier modèle de simulateur, différent du fichier modèle du LAC), des pannes artificielles (vannes bloquées,...).

Dans un premier temps, il s'agira simplement de modifications déterministes introduites par l'instructeur sur les fichiers de données (modèle du réseau, base de données des mesures et signalisations, images radar), ou dans le sous-programme SIMULA de la propagation hydraulique. Ces modifications pourront être introduites avant la séance d'instruction au simulateur ou pendant la séance grâce à un dialogue indépendant de l'instructeur avec le SAC (ou avec le SIMU) lui donnant accès aux divers fichiers.

Dans un deuxième temps, il pourra être introduit des données aléatoires fondées sur l'analyse des fréquences de pannes, de parasitages,... L'instructeur n'en aura plus le contrôle, mais il sera informé sur un poste indépendant du poste de pilotage.

Il ne sera pas nécessaire d'introduire d'autres modifications à l'architecture informatique pour ce simulateur de pilotage qui correspond donc essentiellement à la création d'une tâche de supervision et à l'approfondissement de la tâche "générateur de données" figurant dans le schéma 12.

### **3.3.3. Conclusions**

La prise en compte des événements intempestifs conduit à compléter la transmission des informations au pilote (transmission automatique, visualisation des alarmes), à créer une simulation-test et à proposer la création d'un simulateur de pilotage, en deux étapes principales "entraînement aux procédures" et "amélioration des performances" ; ainsi vont se préciser (schémas 11 et 12) :

- les modules du LAC liés à la transmission d'informations et du simulateur de pilotage,
- les liaisons STIM-SAC, SCI-SAC et METEOTEL-SAC.

L'introduction d'un simulateur de pilotage doit intervenir à la fin de la deuxième étape du LAC de manière à accélérer la prise en main du 2° LAC pour les pilotes, après la mise en place du SCI et, du METEOTEL (cf. fig 13) et l'adjonction d'un coprocesseur au processeur normal du SAC.

Enfin, les contraintes de temps, au cours d'un pilotage ont aussi conduit à proposer une étude particulière de l'ergonomie du poste de pilotage, qui influencera considérablement non seulement les modules de visualisation, mais aussi la totalité de l'interface avec le pilote (saisie des données) et toute la structure du LAC.

*STIM : Système de Traduction et d'Interprétation de Messages,  
réalisé par les services de la DGE*

Schéma 11 : S.C.I. et S.A.C. (suivis courant - spécial - exceptionnel)

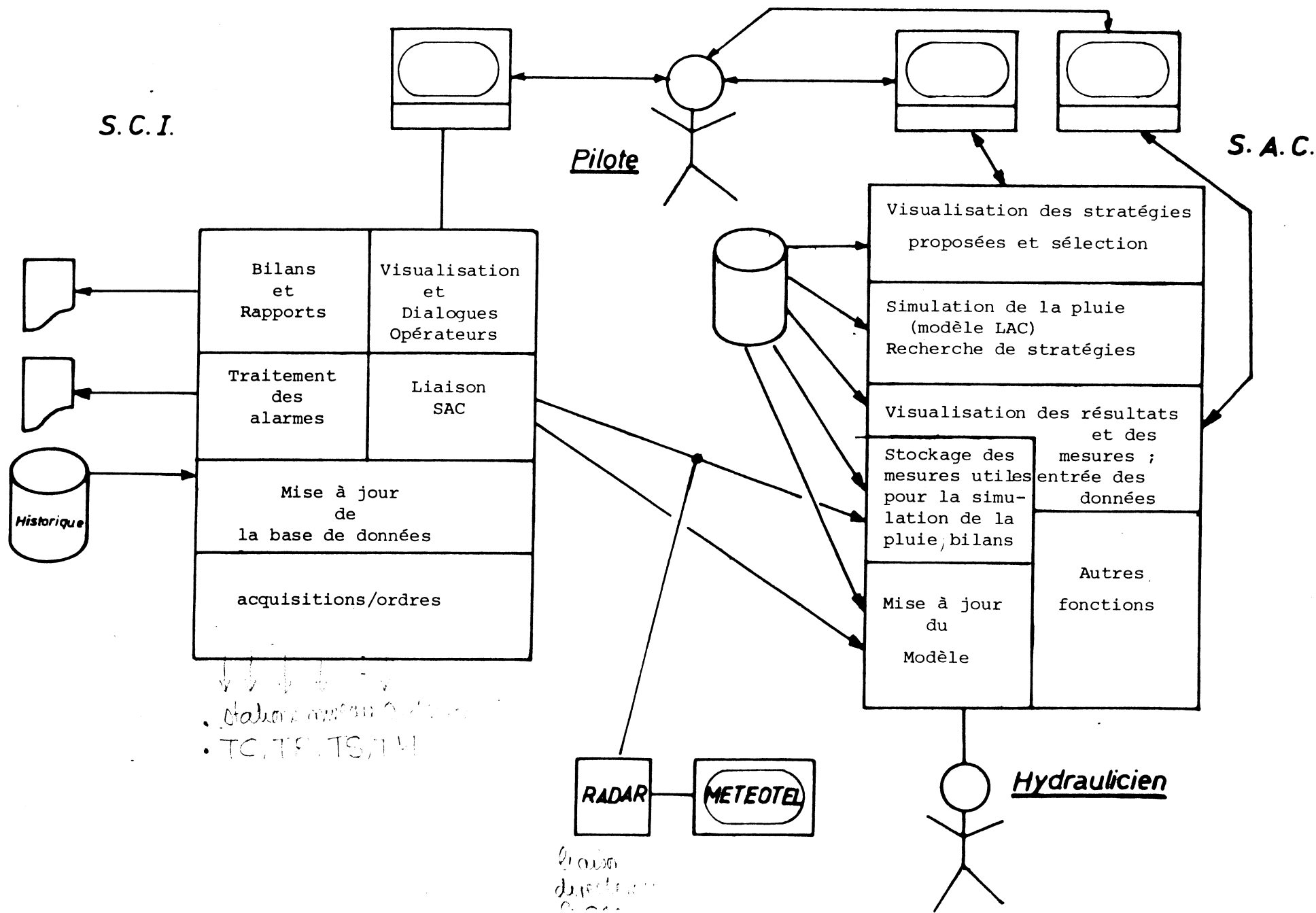


Fig.12 : SCI et SAC (simulateur de pilotage)

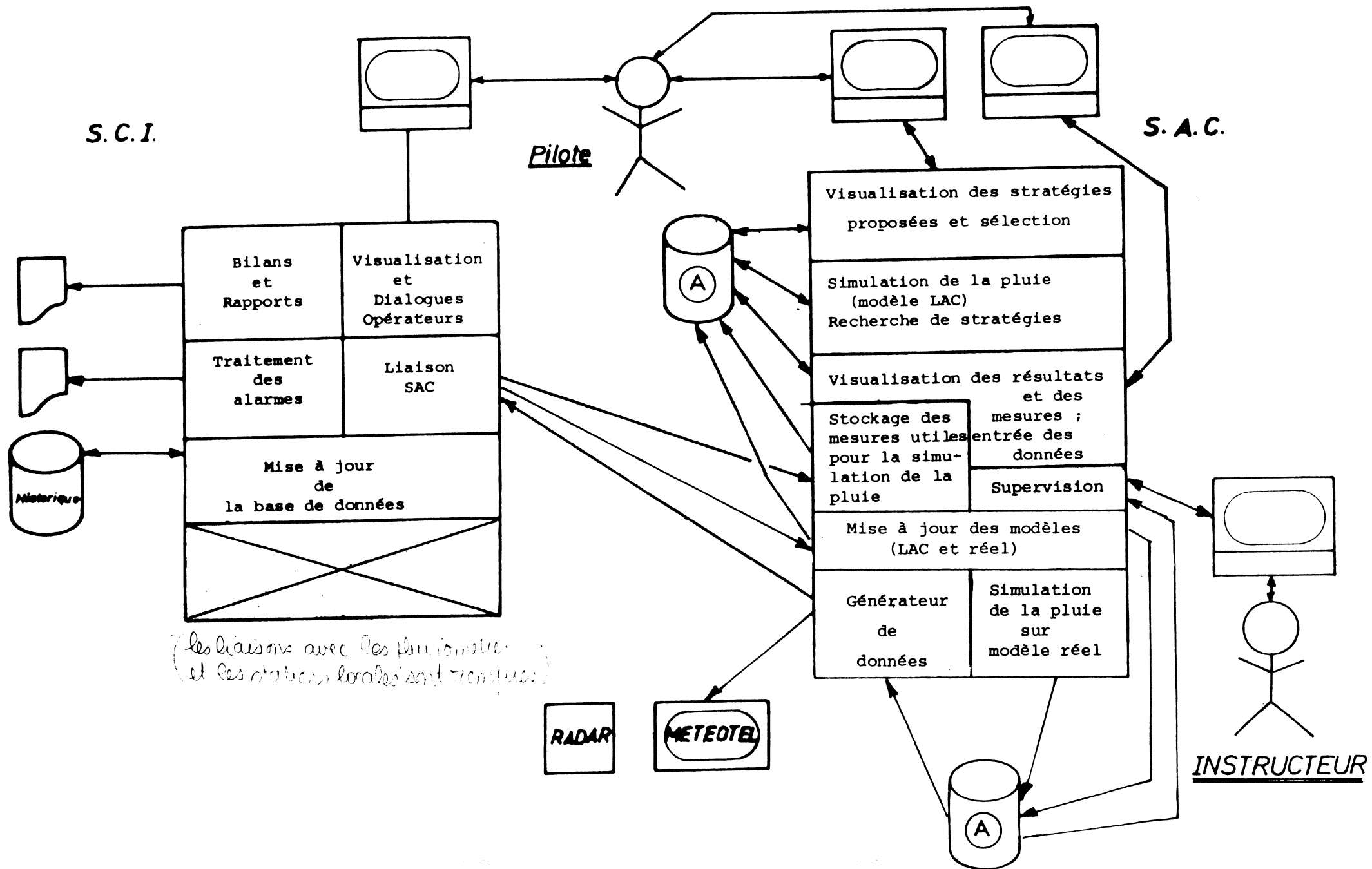
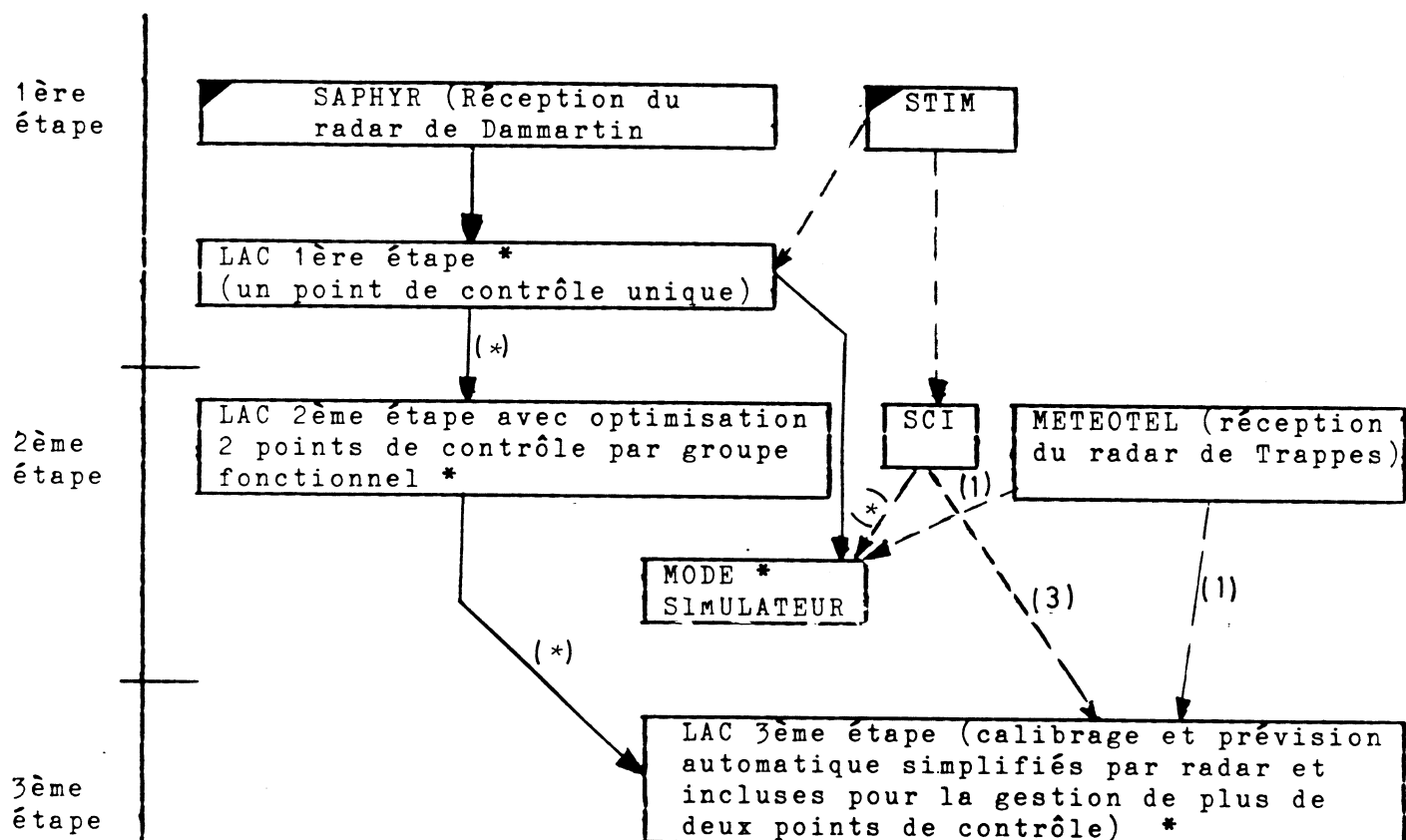


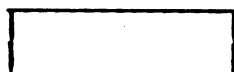
Figure 13 - Graphe de développement du Central de la Gestion Automatisée



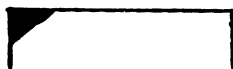
Etapes suivantes non encore planifiées :

- Introduction d'une prévision autre que la prévision radar
- simulateur d'amélioration des performances

Légende :



Mise en place d'un équipement (matériel ou logiciel au central  
(\* installé sur le système d'aide à la conduite)



Mise en place terminée (Août 1984)



Réutilisation d'un équipement précédent pour l'équipement suivant



Équipement devant impérativement exister pour que le suivant puisse fonctionner

### **3.4. Adaptation du logiciel d'aide à la conduite à l'étude ergonomique du poste de pilotage**

Le système d'aide à la conduite n'est pas isolé et ses performances doivent être analysées en relation avec celles des autres systèmes (conduite immédiate, stations locales, supports de transmission, METEOTEL) et surtout en relation avec celles du pilote. L'ergonomie du système d'aide à la conduite est donc particulièrement importante.

Pour rechercher les points particuliers sur lesquels doivent porter les améliorations ergonomiques, il est nécessaire de distinguer les tâches critiques dans le cycle de traitement, correspondant au cycle de renouvellement d'une stratégie donnée. C'est la raison pour laquelle a été établi un chronogramme des tâches en suivi exceptionnel à partir des contraintes de temps connues et imposées dans les marchés de création des logiciels d'application, ou simplement estimées.

#### **3.4.1. Chronogramme des tâches (Fig. 14, 15, 16)**

##### **3.4.1.1. Commentaires sur la formation du chronogramme**

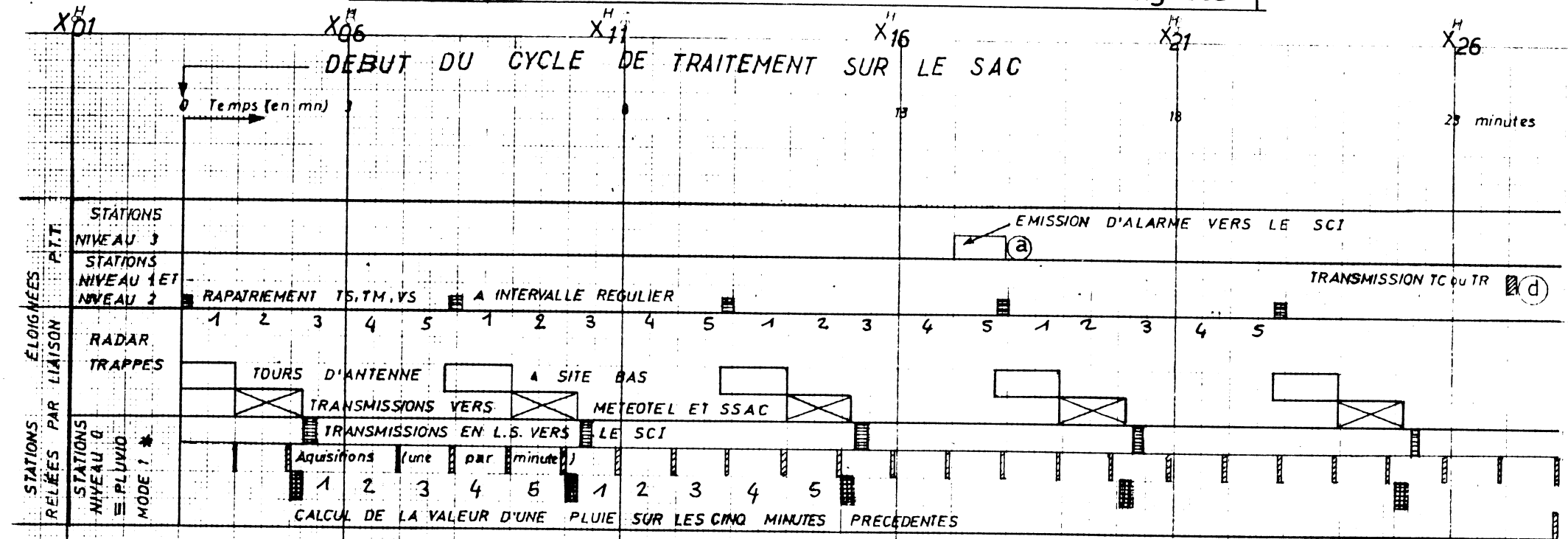
Le chronogramme (fig. 16) a été établi de la manière suivante :

##### **Tâches des stations éloignées (fig. 14)**

##### **Stations locales du réseau (niveau 3)**

- Tâches de traitement local sans influence en suivi exceptionnel non étudiées.
- Tâches de transmission d'alarme : durée 1 minute sur réseau autocommuté d'après les essais effectués sur le STIM (système de transmission et d'interprétation des messages, ayant permis d'expérimenter le fonctionnement des transmissions et de rapatrier les informations des premières stations locales).

Fig.14 : Chronogramme des tâches des stations éloignées

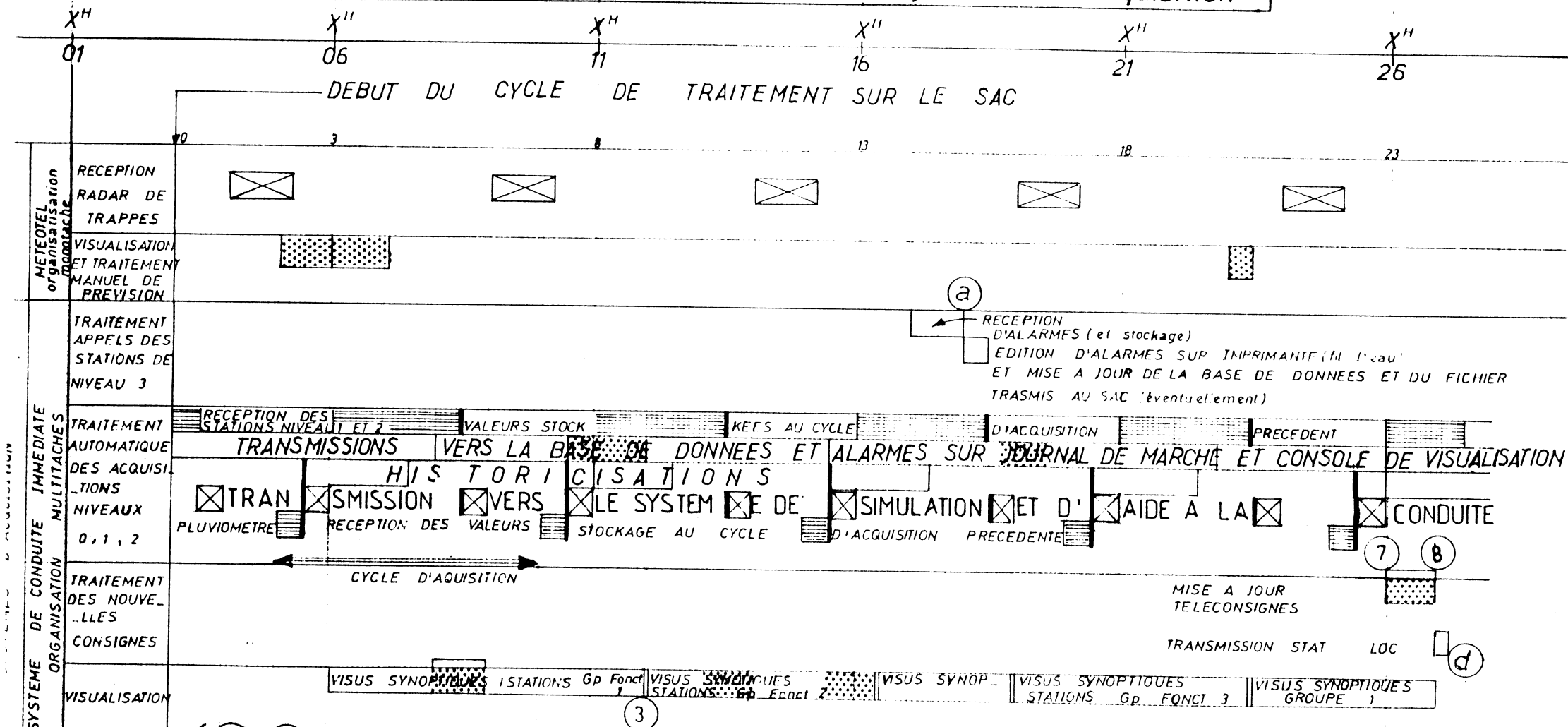


LEGENDE

- \* Le mode 1 du pluviographe sera le seul utilisé après mise en place du SCI
- (a) (d) Evénements aléatoires pris en compte par le SCI liés aux stations locales
- ⊗ Tâches de transmission régulière prises en compte par le SAC
- ▤ Tâches de transmission régulière prises en compte par le SCI

VOIR TACHES  
CORRESPONDANTES  
Fig. 15

Fig. 15 : Chronogramme des tâches des systèmes d'acquisition

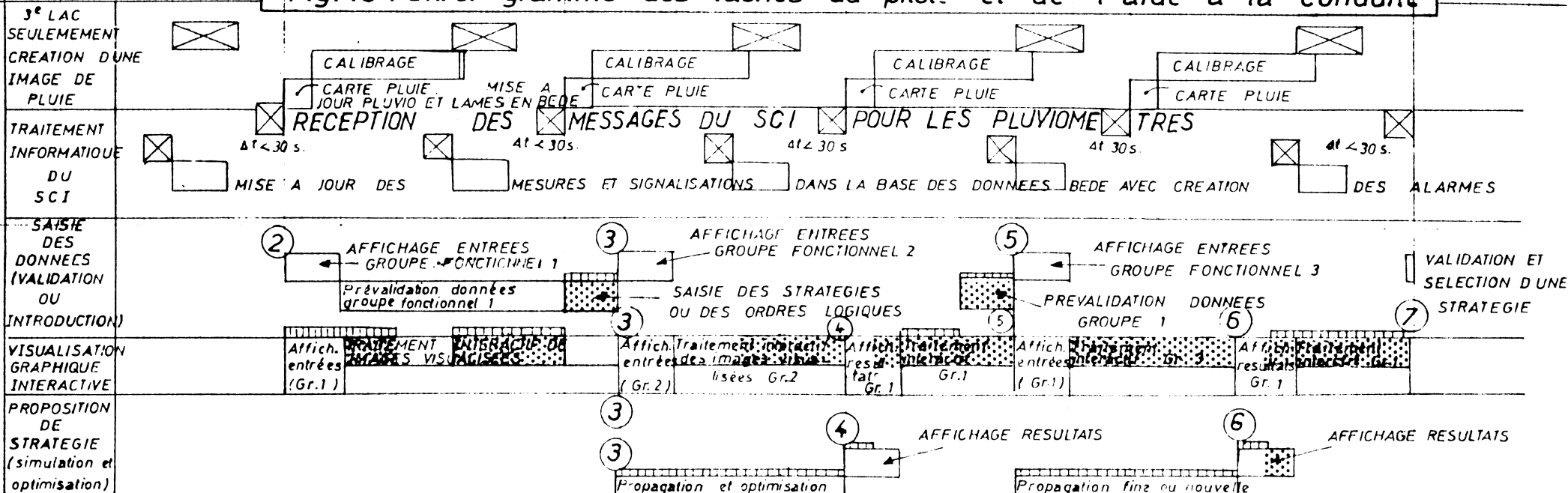


LEGENDE

- ② ③ Événements aléatoires pris en compte par le SCI liés au dialogue avec le pilote
- a d Evenements aléatoires pris en compte par le SCI liés aux stations locales
- ⊗ Tâches de transmission régulières prises en compte par le SAC
- ▨ Tâches de transmission régulières prises en compte par le SCI

Fig. 16 : Chro. gramme des tâches du pilote et de l'aide à la conduite

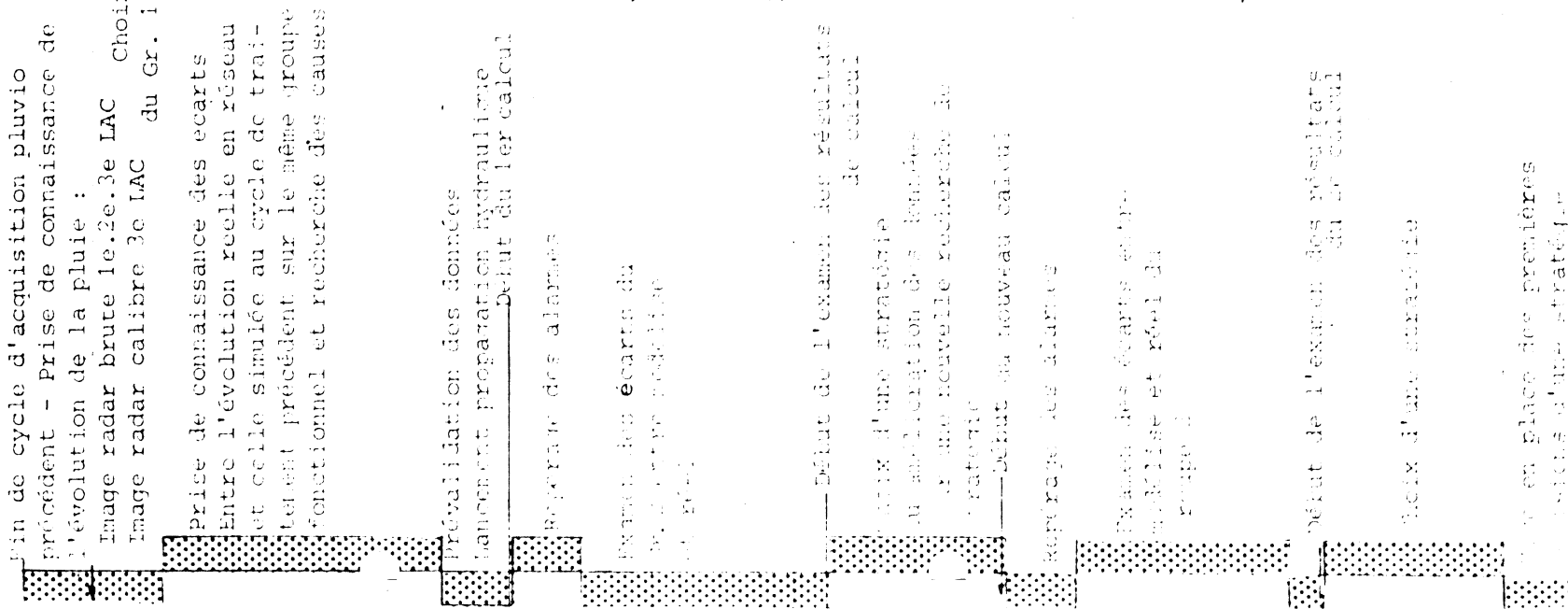
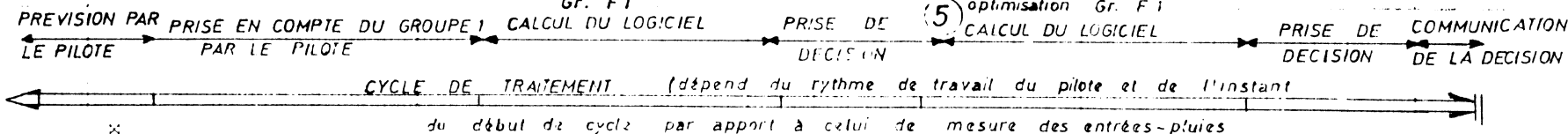
SYSTEME DE SIMULATION ET AIDE A LA CONDUITE



## EGENDE

Tâches appartenant au chemin critique (voir fig.17)

Tâches de dialogue du pilote avec le central



PILOTE

### Stations locales (niveau 1 et 2)

- Tâches de traitement local sans influence sur le déroulement du suivi exceptionnel au central étudiées indépendamment par le service départemental d'assainissement.
- Tâches de transmission des TM, TS, VS : durée moyenne 20 s sur ligne spécialisée d'après les essais effectués sur le STIM (durée maximum : 30 s) - fréquence une toutes les cinq minutes.
- Tâches de réception des TR : durée 10 s environ - fréquence une toutes les cinq minutes ou fréquence aléatoire sur initiative pilote.
- Tâches de réception T.C. : durée 10 s environ - fréquence aléatoire sur initiative pilote.

### Pluviomètres (niveau 0)

Les pluviomètres sont interrogés toutes les cinq minutes (quel que soit le mode de fonctionnement prévu sur chaque pluviomètre). En mode 2, (suivi spécial ou exceptionnel avec présence d'un opérateur), une alarme spéciale est envoyée en sus sur le basculement d'augets, mais cette tâche n'apparaîtra que lorsque la scrutation de cinq minutes ne sera pas régulière (STIM). Les tâches locales sont donc :

Tâche de transmission d'une valeur mesurée depuis la transmission précédente ou depuis le temps T1 :  
durée 10 s  
fréquence régulière

Tâche de transmission d'une alarme sur basculement :  
durée 10 s  
fréquence faible (1 fois par épisode) et aléatoire.

### Radar Trappes

Tâche de télétransmission : 60 s (à 4800 bauds) concurrente avec la tâche d'acquisition,  
fréquence : 1 toutes les 72 s (durée du tour d'antenne), les premières années, et 1 toutes les cinq minutes ensuite.

## Tâches du S.C.I. (Fig. 15)

### 1/ Les fonctions automatiques

#### Tâches de réception et traitement des informations délivrées par les stations de niveau 3 :

- |                                                              |                                                                     |
|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Réception :                                                  | - durée : 1 mn (temps d'établissement de la communication)          |
|                                                              | - fréquence aléatoire                                               |
| Traitement :<br>(alarmes, mise à jour de la base de données) | - durée inconnue (supposée sans effet sur les autres tâches du SCI) |
|                                                              | - consécutive à la tâche de réception.                              |

#### Tâches de réception et traitements des informations délivrées par les stations de niveau 1 et 2 :

- |                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Réception :                                                                              | - durée 2 mn 1/2 (durée maximale du CCTP du SCI - réf 34)                                                                                                                                                               |
|                                                                                          | - fréquence régulière une toutes les cinq minutes déclenchée après la scrutation.                                                                                                                                       |
| Traitement :<br>mise à jour du fichier transmis au AC                                    | - durée ne devant pas dépasser de plus de 30 s celle des tâches de réception précédentes (à noter que ceci est supposé possible bien que le CCTP SCI n'en parle pas)                                                    |
|                                                                                          | - fréquence régulière une toutes les cinq minutes.                                                                                                                                                                      |
| Autres traitements :<br>mise à jour de la base de donnée<br>historicisations,<br>alarmes | - durée : elle est supposée inférieure à 5 minutes, bien que le CCTP n'y fasse pas allusion, y compris avec le traitement des stations de niveau 0, car il faut que cette durée soit inférieure au cycle d'acquisition. |

Tâche de réception et traitement des informations délivrées par les pluviomètres (niveau 0)

Réception mesures :           - durée 30 s (durée maximale demandée au CCTP du SCI)  
                                      - fréquence régulière (une toutes les cinq minutes)

Tâche indépendante de celle pour les stations de niveau 1 et 2 afin de garantir la fraîcheur de ces informations essentielles (entrées du modèle) pour le logiciel d'aide à la conduite.

Traitement mesures :           - durée : quelques secondes  
 mise en forme pour            afin de ne pas différer la  
 le fichier transmis           transmission vers le SAC  
 au SAC                         - fréquence régulière une toutes les cinq minutes

Autres traitements           - identiques à ceux des stations de niveau 1 et 2  
 mesures, mise à jour  
 de la base de données  
 historicisation

2/ Les fonctions à la demande

Au cours d'un suivi exceptionnel, les actions courantes du pilote sont de deux types : la visualisation des informations placées sur la base de données ou sur l'historique, et la commande.

En fin de suivi exceptionnel, un bilan pourra être tiré.

Visualisation

- durée : + dépend de la facilité de dialogue pour sélectionner l'ordre de commande.  
           + inférieure à 3 s à partir de l'ordre de commande  
           + le dialogue, l'affichage et l'examen ne devraient pas excéder 1 minute.
- fréquence : aléatoire (dépend du pilote) mais rarement inférieure à trois par cycle de traitement

### Commande (ou mise à jour de téléconsignes)

- durée : saisie de la commande, vérification de sa validité, conditionnement, envoi (durée 10 s d'après les performances du PS2E), doivent durer moins d'une minute afin de ne pas retarder cette transmission.
- fréquence : aléatoire, dépend du pilote
- priorité : après saisie, cette tâche est prioritaire, même sur l'interrogation cyclique afin de ne pas augmenter de cinq minutes l'envoi de cet ordre.

Remarque : la surveillance de l'exécution est du ressort des fonctions automatiques et s'effectue à chaque cycle d'interrogation.

Visualisation et commande sont 2 tâches représentées sur le chronogramme des tâches, car elles participent au cycle de traitement d'un groupe fonctionnel. La représentation de la visualisation ne fait pas seulement référence au dialogue, à l'affichage et à l'examen d'une vue, mais elle signale aussi les groupements d'informations qui seront visualisées en priorité - ce qui pourrait réduire les temps d'accès à ces informations :

par exemple : l'envoi de la liste d'informations prioritaires au traitement du groupe fonctionnel 1 pourrait faire apparaître automatiquement 2 synoptiques celui du CTR et celui du bassin de Blanc-Mesnil.

### Tâches du S.A.C (Fig. 16)

Elles ont été divisées en cinq groupes :

1er groupe : création d'une image de pluie (3° LAC seulement en suivi exceptionnel et simulateur)

- Tâche de réception des images radar,

Cette réception devrait s'effectuer sans utilisation de la C.P.U. et sa durée devrait être inférieure à 72 s afin de permettre de suivre la fréquence d'envoi des images radar.

- Tâche de création de la carte des intensités de pluie sur le pas de temps de cinq minutes, destinée à fournir une image de la pluie sur la zone gérée, grâce au facteur de calibrage précédent.

Sa durée devrait être inférieure à 30 s de façon à permettre une visualisation de cette carte dans la minute qui suit, en même temps que l'ensemble des autres informations. Cela permettra aussi la connaissance des lames d'eau tombées sur les principaux bassins versants.

- Tâche de calibrage : elle consiste à trier les images reçues, sélectionner ou agglomérer les meilleures (absence de parasites sur la zone,...), calculer le (ou les) coefficient de correction des images, donner une valeur de pluie à chaque maille.

### 2ème groupe : réception et traitement des informations transmises par le S.C.I.

Réception :

durée inférieure à 50 s d'après le CCTP du SCI - réf 34 -  
fréquence : une toute les cinq minutes.

Traitement (mise à jour de la base de données des lames d'eau et stockage en base de données) :

Durée visée : inférieure à 1 minute de façon à laisser une plage de temps très importante à la visualisation.

fréquence : au début du cycle de traitement (qui dépend de l'activité du pilote), sauf pour la tâche de mise à jour du fichier modèle.

### 3ème groupe : pré-validation et entrées des données

Affichage :

Cette tâche permet de préparer graphes et mesures pour l'entrée des données.

durée : inférieure à la minute, de façon à laisser le maximum de temps à l'examen par le pilote de ces informations

fréquence : plusieurs (trois sur le chronogramme) par cycle de traitement en fonction du nombre de groupes fonctionnels examinés par le pilote.

Validation des entrées et traitement interactif des visualisations :

durée : dépend du pilote et il n'est guère possible d'envisager que celui puisse réduire ce temps à moins de cinq minutes.

fréquence : une au début de chaque cycle de traitement, sauf en cas exceptionnel d'évolution rapide différent de celle prévue, ou de correction aux entrées. Dans ce cas on a envisagé que le temps de traitement par le pilote pourrait être limité à 2,5 mn.

#### 4ème groupe : visualisation et traitement interactif des entrées et des résultats

Affichage et visualisation :

les premiers résultats affichés doivent l'être en 30 s maximum, la totalité de l'affichage ne devant pas excéder une minute sans perte de temps considérable pour le pilote qui ne disposera que de très peu de temps pour prendre une décision (cf. tâche suivante).

la fréquence d'affichage sera au plus de deux par cycle de traitement correspondant :

- à 2 recherches de stratégie par simulation dans le 1° LAC,
- la recherche de stratégie par optimisation et la simulation-test de propagation dans le 2° LAC.

Traitement interactif des résultats visualisés :

- . la durée de ce traitement dépend du pilote. Sur le chronogramme, elle a été supposée égale à 2,5 minutes mais elle pourrait attendre 9,5 minutes en évitant une recherche de stratégie supplémentaire ou une modélisation fine, car celles-ci n'auront de sens que lorsque l'évènement pluie sera terminé ou au moins que sa prévision apparaîtra raisonnablement assurée.
- . la fréquence du traitement sera de deux au plus (le chronogramme présente les conditions extrêmes).

5ème groupe : modèles de simulation ou d'optimisation :

- leur durée maximum a été fixée à 4 minutes compte-tenu des performances observées ou accessibles sans effort particulier.  
Tout effort de réduction de ce temps sera extrêmement bénéfique au pilote.
- leur fréquence est de deux au plus par cycle de traitement
- . 2 recherches de stratégie par simulation dans le 1° LAC
- . 1 recherche par optimisation et 1 simulation-test dans le 2° LAC.

Cette fréquence de deux par cycle de traitement ne sera possible que lorsque la suite de l'évènement pluvieux pourra être définie avec une bonne précision (cf. note ci-dessus avec 4° groupe).

#### **3.4.1.2. Conclusions tirées de l'examen du chronogramme**

L'exercice un peu fastidieux que constitue la mise en place du chronogramme est néanmoins indispensable pour repérer la durée globale d'un cycle de traitement, les tâches qui sont associées au chemin critique, la charge de travail du pilote.

1° conclusion : la durée globale d'un cycle de traitement est fixée à 22 minutes minimum par ce chronogramme

Cette durée est le temps qui sépare l'évènement de pluie considéré de la réception de la commande par l'organe de contrôle des écoulements (vannes, siphons,...).

Elle est donc très importante et les phénomènes qui peuvent être conduits doivent avoir des temps de réponse supérieurs à cette durée, même s'il a été prévu dans ce chronogramme des possibilités de tenir compte des évolutions exceptionnelles au cours du cycle.

2° conclusion : Le chemin critique est constitué par deux groupes de tâches principales (voir chronogramme et fig. 17) :

+ des interactions homme-machine ou la durée dépend essentiellement de l'activité du pilote :

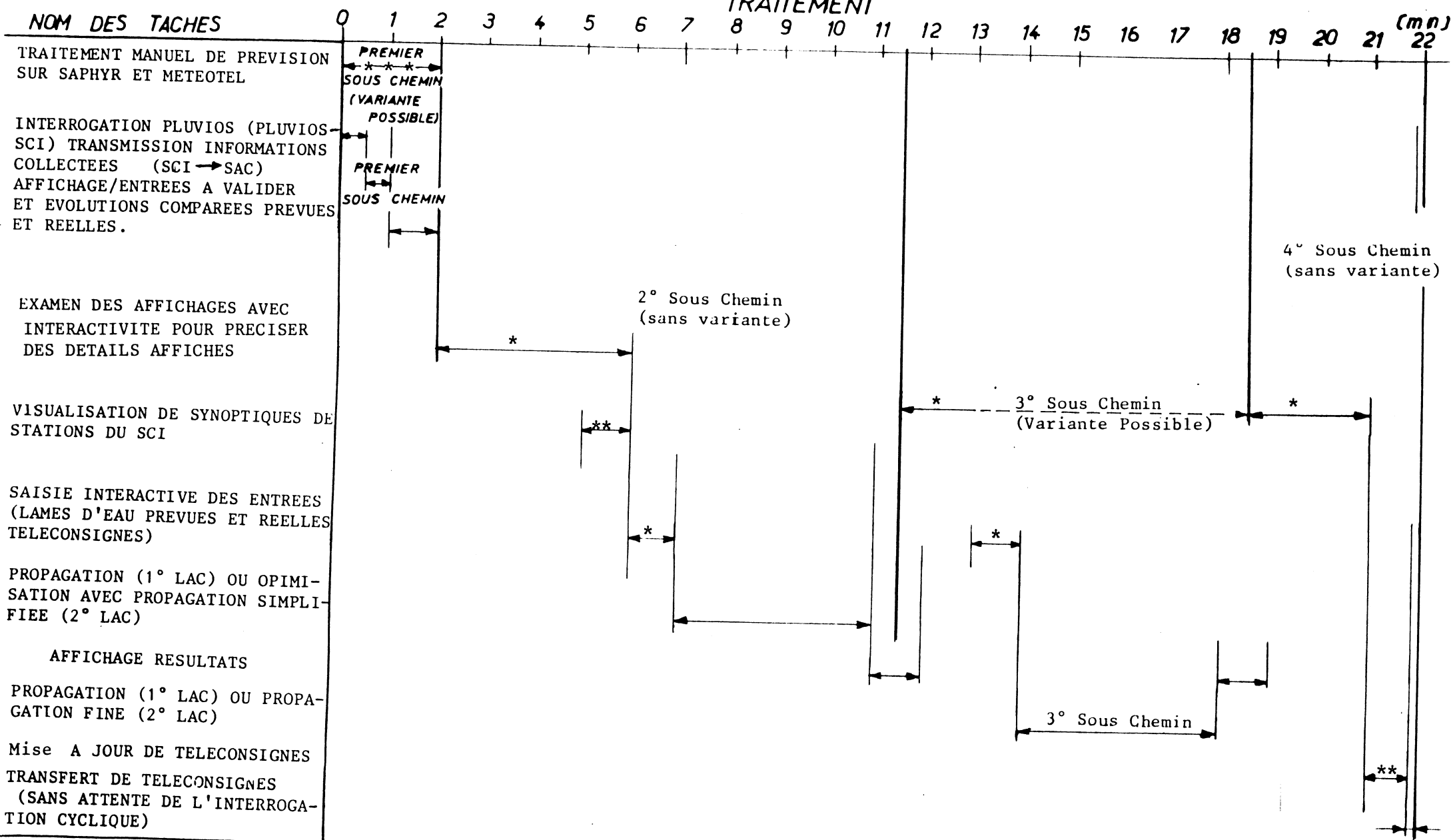
- . 11 minutes au mieux lorsque l'évènement paraît assez bien déterminé (fin de pluie, bonne prévision),
- . 15 minutes environ lorsque l'évènement est très aléatoire

+ des tâches de simulation ou d'optimisation (calcul machine)

- . 8 minutes dans le premier cas (évènement déterminé)
- . 4 minutes environ dans le second (évènement restant aléatoire)

Elles représentent donc près de 90 % du cycle de traitement (22 minutes). Il n'est donc guère utile de réduire les temps des autres tâches (réception d'informations, traitements,...) en deçà des limites fixées par ce chronogramme. En revanche, il est indispensable d'attacher une importance particulière à l'ergonomie du système : il faut concevoir une véritable interface permettant au pilote un dialogue dans son vocabulaire et donc indépendant des commandes informatiques ; et dans cette interface, il faut particulièrement faciliter les tâches consommatrices de temps :

Fig. 17 : TACHES PARTICIPANT AU CHEMIN CRITIQUE DEFINISSANT LA DUREE DU CYCLE DE TRAITEMENT



**LEGENDE:** TACHES INTERACTIVES AVEC (\* - SAC, \*\*\* SCI, \*\* METEOTEL)

- saisie des données
- visualisation des alarmes, mesures, et résultats des modèles de simulation hydrologique, de propagation hydraulique et d'optimisation.

3° conclusion : de l'activité du pilote dépend la réussite de la gestion en temps réel

Sa familiarisation avec le système et les situations pouvant se présenter est donc indispensable et le rôle d'un simulateur est central, ce qui confirme les conclusions du paragraphe 3.3.2.

#### **3.4.2. Saisie des données du LAC**

Les données du LAC sont :

- des lames d'eau par bassin versant correspondant à un point d'injection de débit dans le module de propagation hydraulique,
- des signalisations permettant de connaître l'état de fonctionnement des organes de régulation et des stations locales,
- des commandes logiques (ou ordres logiques) spécifiant une autorisation ou une interdiction d'utilisation d'un équipement (bassin de décantation des Brouillards ou bassin en eau de Pont Yblon par exemple),
- des stratégies (couples de valeurs de consignes avec leur durée respective d'application).

Certaines, comme les signalisations ou des stratégies pré-sélectionnées par un module d'optimisation sont introduites automatiquement sans possibilité d'intervention du pilote ; d'autres, comme les lames d'eau, sont calculées automatiquement (ou, comme les commandes logiques et les stratégies en cours ou en test, sont évaluées) mais peuvent être modifiées grâce à de nouvelles saisies par le pilote.

Dans le 1° LAC, il n'y a que :

- 5 points d'injection
- 2 commandes logiques (les Brouillards et Pont Yblon)
- un point de contrôle, le bassin de Blanc-Mesnil.

Dans le 2° LAC, il y a un point de contrôle supplémentaire, celui du bassin de Pont Yblon, rendant plus complexes les stratégies possibles.

Dans le 3° LAC, le nombre de points d'injection et de points de contrôle sera beaucoup augmenté.

Toutefois, compte-tenu des pertes de temps introduites par la saisie des données, il ne faut pas attendre LAC 3 pour réaliser la saisie la plus performante possible ; et il faut renforcer l'option prise en Avril 1983 - fenêtrage indispensable - par une valuation préalable des écrans de saisie.

- les lames d'eau doivent être pré-calculées grâce aux mesures pluviométriques dès le 1° et le 2° LAC transmises par le STIM à intervalles réguliers.
- les stratégies et commandes logiques doivent être évaluées aux valeurs de repli lors du 1er cycle de traitement, et lors des autres cycles, elles doivent l'être aux valeurs sélectionnées lors du cycle de traitement précédent.

La saisie des données se fera donc en deux temps :

- la prévalidation destinée aux lames d'eau modifiées par le pilote et aux signalisations acquises depuis l'instant du cycle de traitement précédent où signalisations et lames d'eau ont été prévalidées (la fin du cycle de traitement précédent indiquant la validation définitive des données utilisées et des résultats sélectionnés).
- le choix d'une stratégie à tester destinée aux consignes et commandes logiques.

Elle ne sera pas modifiée dans le passage du 2° au 3° LAC, comme prévu en Avril 1983, et, il convient donc de prévoir une transmission automatique de mesures venant du STIM, transmission dont la nécessité vient d'être démontrée au paragraphe 3.3.1 pour les signalisations.

### 3.4.3. Visualisation

La visualisation doit fournir au pilote :

- les informations "entrées" qui permettront de détecter les principaux écarts entre valeurs objectifs prévues et réelles et d'en rechercher les causes (écart de prévision, panne d'équipement,...)
- les informations "résultats" qui permettront de connaître les stratégies présélectionnées par le module d'optimisation du LAC et de comparer leurs conséquences soit entre-elles, soit avec la stratégie en cours ou une autre stratégie, proposée directement par le pilote, soit avec les mesures acquises depuis l'instant de prévalidation.

Rappelons que le chronogramme établi au paragraphe 3.4.1. a montré que les tâches de visualisation participaient au chemin critique et donc que tout allongement de leur durée résulterait inexorablement en un allongement de la durée totale du cycle de traitement, c'est-à-dire de la durée séparant deux rafraichissements de consignes.

Aussi est-il impossible d'imaginer que le pilote puisse passer du temps à rechercher l'information utile, comme le fait actuellement tout projeteur utilisant un modèle de propagation hydraulique.

Il faut donc que le concepteur du système de visualisation ait déjà pensé aux conséquences principales, aux écarts principaux, aux moyens d'en rechercher leur cause,...

Le pilote ne devra donc jamais rechercher une information qui n'ait pas été présélectionnée par le concepteur.

Il existe deux possibilités de visualisation :

- l'affichage global au même instant de toutes les données présélectionnées sur un groupe fonctionnel donné.
- l'affichage de toutes les informations reliées à une variable-objectif donnée, incluant les autres variables objectifs, les variables de commande ayant une influence et les signalisations permettant de déceler toutes les pannes d'équipement.

Ce groupe d'information n'est autre que l'unité fonctionnelle telle qu'elle est définie formellement en annexe 2.

Compte-tenu des possibilités des nouveaux postes de travail graphiques (accès mémoire directe ; taille mémoire importante et intelligence locale permettant de réduire la longueur des messages transmis ; traitement local de certaines demandes d'interactivité), c'est la seconde possibilité qui a été choisie.

Il faut aussi être conscient du caractère prototype du système d'aide à la conduite et donc de l'impossibilité d'atteindre la perfection dans les domaines suivants :

- présélection des informations utiles,
- formes données à l'affichage des informations,
- modes d'interactivité (choix de menu, zooms,...).

En conséquence, les propositions qui vont suivre correspondent à une réflexion préalable, qui, malgré son approfondissement, risque d'être remise en cause à l'épreuve des faits sans toutefois que le principe de présélection des informations accessibles au pilote ne puisse être sérieusement remis en cause : le chronogramme en a d'ailleurs déjà tenu compte en affichant les tâches de :

- affichage d'informations présélectionnées (entrées ou résultats du LAC),
- examen interactif des affichages (entrées ou résultats du LAC).

Ci-dessous, nous allons préciser les principes de sélection, d'affichage, et d'examen interactif des affichages qui pourraient être retenus d'abord pour les "entrées", puis pour les "résultats" du LAC.

#### **3.4.3.1. Principes de sélection, d'affichage et d'examen interactif des affichages des "entrées"**

Les informations sélectionnées permettent au pilote :

- d'abord de localiser les principaux écarts et, comme ceux-ci varient dans le temps, de savoir s'ils ont tendance à croître ou non,
- ensuite, d'estimer le degré d'urgence de la correction des écarts observés vis-à-vis des objectifs de la gestion automatisée (inondation, pollution),
- enfin, de détecter si les causes d'écart sont dûs à des erreurs de prévision imputables au pilote et facilement modifiables, ou à des problèmes de mesure, ou de modélisation du réseau, ou de pannes d'équipement.

La localisation des principaux écarts ou risques d'écarts se fera unité fonctionnelle par unité fonctionnelle à l'aide d'un synoptique sur lequel apparaîtra à la première demande d'affichage :

- + soit le clignotement des mesures enregistrant les principaux écarts,
- + soit l'alarme des zones à protéger (permettant de distinguer si des mesures indiquent simplement un risque ou si elles confirment l'inondation ou le déversement),
- + soit l'alarme des équipements (capteurs de mesure, régulateurs, dégrilleurs, stations locales) déficients.

Le clignotement s'arrêtera lorsque l'affichage de l'unité fonctionnelle sera demandée (notion d'acquiescement) sans toutefois faire disparaître le changement de couleur du symbole considéré.

Les affichages devront regrouper les informations de façon à permettre au pilote de consulter une série d'informations dans l'ordre précisé ci-dessus à partir d'une alarme (créable par exemple par un clignotement) provoquée par un écart supérieur à une limite donnée à priori.

Un groupe d'affichage correspondra à une unité fonctionnelle (voir définition en annexe 2).

Chaque groupe d'affichages consulté en séquence par un pilote pourra donc comprendre dans l'ordre de consultation :

- des courbes débits mesurés et prévus en fonction du temps afin de localiser les principaux écarts et leur tendance,
- des volumes (et des hauteurs) mesurés et prévus afin d'estimer le degré d'urgence de la correction des écarts (proximité du sol pour un niveau piézométrique, proximité du seuil de déversement dans un bassin en eau à protéger,...),
- des lames d'eau prévues et mesurées afin de vérifier si la cause d'un écart provient d'une erreur de prévision.

L'examen interactif de ces affichages s'effectuera comme précisé dans le chronogramme, avant de valider ou modifier les données du LAC correspondant à un groupe fonctionnel.

L'interactivité sera extrêmement réduite puisqu'en principe toutes les informations seront affichées. Elle ne concernera donc que quelques demandes comme :

- la demande globale d'affichage des mesures d'une unité fonctionnelle à un instant  $t$  de la crue (instant présent ou instants passés affichés) avec les valeurs mesurées les plus récentes transmises au SAC et celles de la dernière stratégie sélectionnée pour ce groupe fonctionnel,
- la demande d'affichage séparé des courbes mesurées et prévues d'une grandeur donnée (zoom),

- l'arrêt du clignotement d'alarme, correspondant à un acquittement par le pilote de cette alarme,
- l'affichage des coordonnées du réticule dans les unités des axes des courbes affichées.

NB : les échelles d'axes sont fixées afin de fournir au pilote une vision "vraie" de l'importance des phénomènes (avec un mode rouleau sur l'axe des temps).

#### **3.4.3.2. Principes de sélection, d'affichage et d'examen interactif des affichages des "résultats"**

Les informations sélectionnées permettent au pilote de :

- connaître les stratégies présélectionnées, en particulier les instants prévus auxquels le pilote doit envoyer une consigne à la station locale dans une stratégie donnée,
- et aussi de visualiser les conséquences de telle stratégie présélectionnée (volume et durée du débordement, idem pour un bassin en eau) et de comparer entre-elles diverses stratégies,
- et enfin, de repérer les principales causes d'inondation : (apports trop importants de l'amont, effet de l'aval,...) pour telle stratégie présélectionnée.

L'affichage correspondra aussi soit à deux stratégies, soit à une stratégie avec les mesures correspondantes.

Cet affichage sera partitionné par unité fonctionnelle pour permettre au pilote de suivre un ordre logique d'examen des informations présélectionnées pour une stratégie donnée :

- ce qui caractérise cette stratégie,

- les conséquences de cette stratégie,
- les causes qui sont à rechercher dans l'unité fonctionnelle sur laquelle telle conséquence est constatée.

Chaque partie d'affichage correspondant à une unité fonctionnelle permettra de comparer :

- les courbes des valeurs de consigne en un même point de contrôle pour deux stratégies différentes (soit la stratégie sélectionnée au cycle précédent, soit une des stratégies présélectionnées au cours du cycle présent de traitement),
- les courbes des hauteurs (ou volumes) prévues dans une stratégie donnée et correspondant aux points ou des objectifs doivent être atteints (pas de débordement du TN, pas de déversement sur un seuil),
- les lignes piézométriques à divers temps sélectionnés pour montrer l'influence des phénomènes hydrauliques différent sur des débordements ou des déversements (début, maximum, fin du déversement).

L'examen interactif de ces affichages s'effectuera, comme prévu dans le chronogramme avant de prendre une décision sur les consignes à appliquer à un groupe fonctionnel.

La aussi, l'interactivité sera extrêmement réduite puisqu'en principe toutes les informations seront affichées. Elle ne concernera donc que quelques demande du pilote comme :

- la demande globale d'affichage des "résultats" d'un groupe fonctionnel pour une stratégie sélectionnée lors d'un des cycles de traitement précédents ou pour une des stratégies présélectionnées au cours de ce cycle,
- la demande d'affichage séparé des courbes d'une même grandeur pour deux stratégies différentes,
- l'arrêt du clignotement d'alarme, correspondant à un acquittement par le pilote de cette alarme,

- l'affichage des coordonnées du réticule dans les axes des courbes affichées.

NB : Les échelles des axes seront fixes afin de fournir au pilote une vision "vraie" de l'importance des phénomènes (avec un mode rouleau sur l'axe des temps).

#### 3.4.4. Conclusions

La durée du cycle de traitement doit être aussi courte que possible pour permettre un rafraîchissement fréquent des trains de consignes données à chaque stations locales.

Cette étude ergonomique a permis de confirmer l'importance des relations entre le pilote et le SAC et de conduire à :

- l'intérêt de commandes en clair du LAC par le pilote,
- l'intérêt de la réduction des saisies des données grâce à la télétransmission d'information entre le STIM et le SAC et grâce à la valuation préalable des écrans de saisie,
- l'intérêt de la visualisation d'informations présélectionnées par un poste graphique performant.

Une structure interactive du LAC sera donc nettement mieux adaptée que la structure linéaire décrite en Avril 1983.

---=oo&oo=---

PRESENTATION GRAPHIQUE DU PROGRAMME DE DEVELOPPEMENT  
DU LOGICIEL D'AIDE A LA CONDUITE

---=oo&oo=---

#### **4 - CONCLUSION : PRESENTATION GRAPHIQUE DU PROGRAMME DE DEVELOPPEMENT DU LOGICIEL D'AIDE A LA CONDUITE**

Cette présentation ne reviendra pas sur les motifs des adaptations du LAC par rapport à la proposition de développement d'Avril 1983 et se contentera d'une description graphique des fonctions propres au LAC, puis des fonctions qui lui sont associées dans les suivis courants et spéciaux, enfin de son développement en donnant :

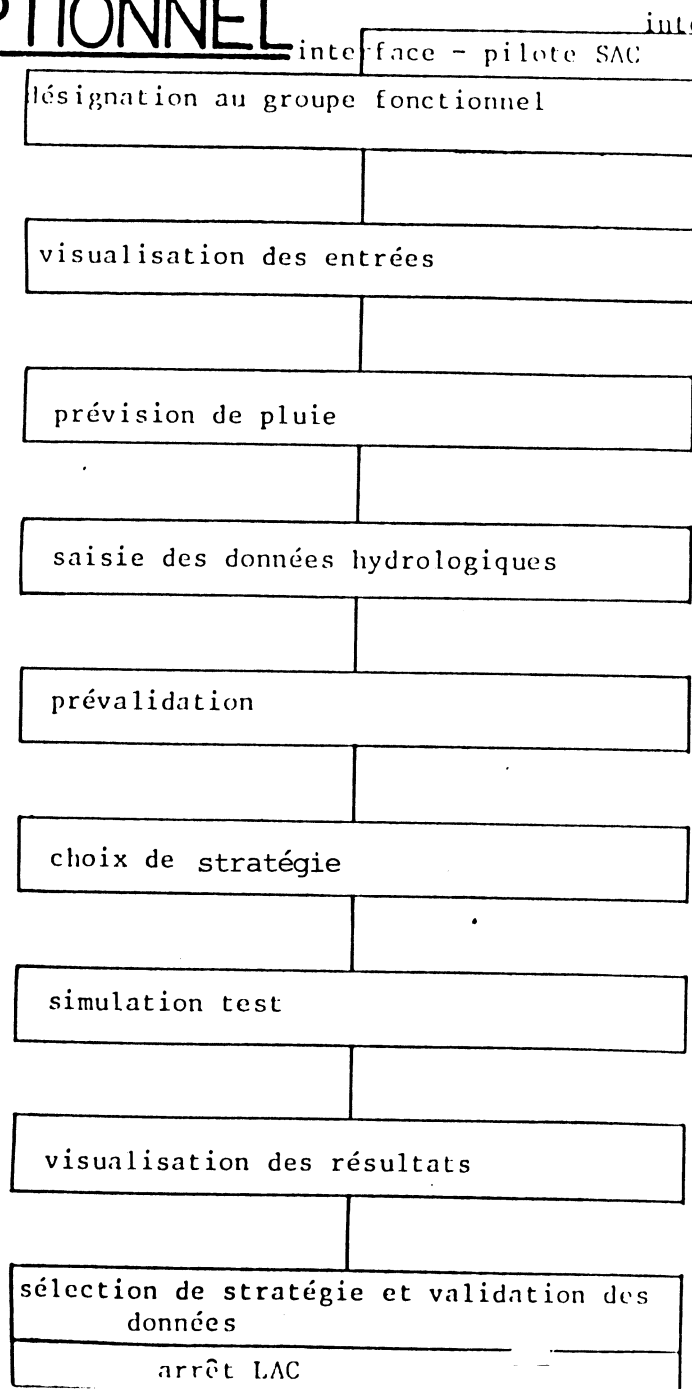
- un ou des lieux d'implantation du LAC de chaque étape,
- l'objectif correspondant,
- les études et équipements indispensables à cette implantation,
- l'organigramme spécifiant les modules à réaliser.

Ce chapitre ne présentera pas les étapes ultérieures du LAC (prévision automatique de pluie, optimisation adaptée à des scénarios de prévision,...), ni les développements liés au simulateur de pilotage.

**4.1. Description Graphique des fonctions de LAC 1 (et LAC 2 avec STIM)**

# DESCRIPTION DES LAC 1 ET 2 EN SUIVI EXCEPTIONNEL

P  
I  
L  
O  
T  
E



interface STIM - SAC

Transmission  
au fichier

Stim

Le Stim transmet un message unique eu SAC toutes les 5 minutes et cette transmission est un évènement pour le LAC.

Regroupées par fonction,  
les commandes  
du pilote sont des  
évènements pour le logiciel  
d'aide à la conduite LAC

LAC 1 et 2

# DESCRIPTION DES LAC 1 ET 2 EN SUIVI EXCEPTIONNEL

interface STIM - SAC

Stim

P  
I  
L  
O  
T  
E

interface pilote SAC

désignation au groupe fonctionnel

visualisation des entrées

prévision de pluie

saisie des données hydrologiques

prévalidation

choix de stratégie

simulation test

visualisation des résultats

sélection de stratégie et validation des données

arrêt LAC

Transmission  
au fichier

Détection  
des alarmes  
sur mesures  
signalisa-  
tions

Mise à jour des  
- mesures et signa-  
sations et des lames  
d'eau

Clignotement du  
SPOT "GROUPE  
FONCTIONNEL"

Bede

Base de données :  
+ mesures de pluie  
+ lames d'eau  
+ mesures et signa-  
lisations sur le  
réseau

Mise à jour du synop-  
tique

Mise à jour des infor-  
mations graphiques

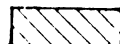
Mise à jour  
du fichier de  
lames d'eau

Simulation  
Hydrologique

## Legende



événements (déclenchés par le STIM, déclenchés par le pilote, interne)



fonctions (lancées en permanence → , lancées en background )



fichiers

# DESCRIPTION DES LAC 1 ET 2 EN SUIVI

## EXCEPTIONNEL

interface STIM - SAC

Transmission  
au fichier

Stim

P  
I  
L  
O  
T  
E

interface pilote SAC

désignation au groupe fonctionnel

visualisation des entrées

prévision de pluie

saisie des données hydrologiques

prévalidation

choix de stratégie

simulation test

visualisation des résultats

sélection de stratégie et validation des  
données

arrêt LAC

clignotement et  
et acquittement  
d'alarmes

mise à jour du  
synoptique

mise à jour des  
informations  
graphiques

édition

impression  
sur papier

segments  
graphiques  
nouveaux

affichage sur  
écran  
graphique

Bede

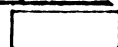
base de données  
- mesures de pluie  
- lames d'eau  
- mesures et signalisations  
du réseau

Neep

résultats obtenus au cycle  
précédent de traitement pour  
la stratégie en cours

segments  
graphiques de  
la stratégie  
en cours

### Legende



événements (déclenchés par le STIM, déclenchés par le pilote, internes)



fonctions (lancées en permanence  $\Rightarrow$ , lancées en background  $\blacktriangleright$ )



fichiers

# DESCRIPTION DES LAC 1 ET 2 EN SUIVI

## EXCEPTIONNEL

interface STIM - SAC

Transmission  
au fichier

Stim

P  
I  
L  
O  
T  
E

interface pilote SAC

désignation au groupe fonctionnel

visualisation des entrées

prévision de pluie

saisie des données hydrologiques

prévalidation

choix de stratégie

simulation test

visualisation des résultats

sélection de stratégie et validation des  
données

arrêt LAC

Saisie de  
prévision  
globale

Fichier de  
prevision  
globale

Mise à jour du  
fichier de lames  
d'eau

Fichier des  
lames d'eau

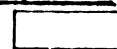
Mise à jour des  
fichiers à la vali-  
dation

Bede

Base de données  
+ mesures de pluie  
+ lames d'eau  
+ mesures et signali-  
sations sur le  
réseau.

Simulation  
Hydrologique  
et mise à jour  
des débits  
d'entrée du  
fichier de  
donnees

### Legende



évènements (déclenchés par le STIM, déclenchés par le pilote, internes)



fonctions (lancées en permanence →, lancées en background )



fichiers

# DESCRIPTION DES LAC 1 ET 2 EN SUIVI

## EXCEPTIONNEL

interface STIM - SAC

Transmission  
au fichier

Stim

interface pilote SAC

désignation au groupe fonctionnel

visualisation des entrées

prévision de pluie

saisie des données hydrologiques

prévalidation

choix de stratégie

simulation test

visualisation des résultats

sélection de stratégie et validation des  
données

arrêt LAC

Mise à jour  
du fichier  
à la saisie

Mise à jour du  
fichier à la  
validation

Fichier de  
lames d'eau

Bede

Base de données  
+ mesures de pluie  
+ lames d'eau  
+ mesures et signalisations  
sur le réseau

Simulation hydrologique et  
mise à jour des débits aux  
points d'injection et des  
signalisations du fichier  
de données

Messages  
d'exécution

Ndon&Nhyd

Fichiers de  
données de  
PUMA

Mise à jour des  
fichiers à la  
validation

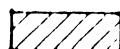
Recherche de  
stratégie

PUMA

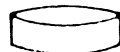
### Legende



événements (déclenchés par le STIM, déclenchés par le pilote, interne



fonctions (lancées en permanence, lancées en background

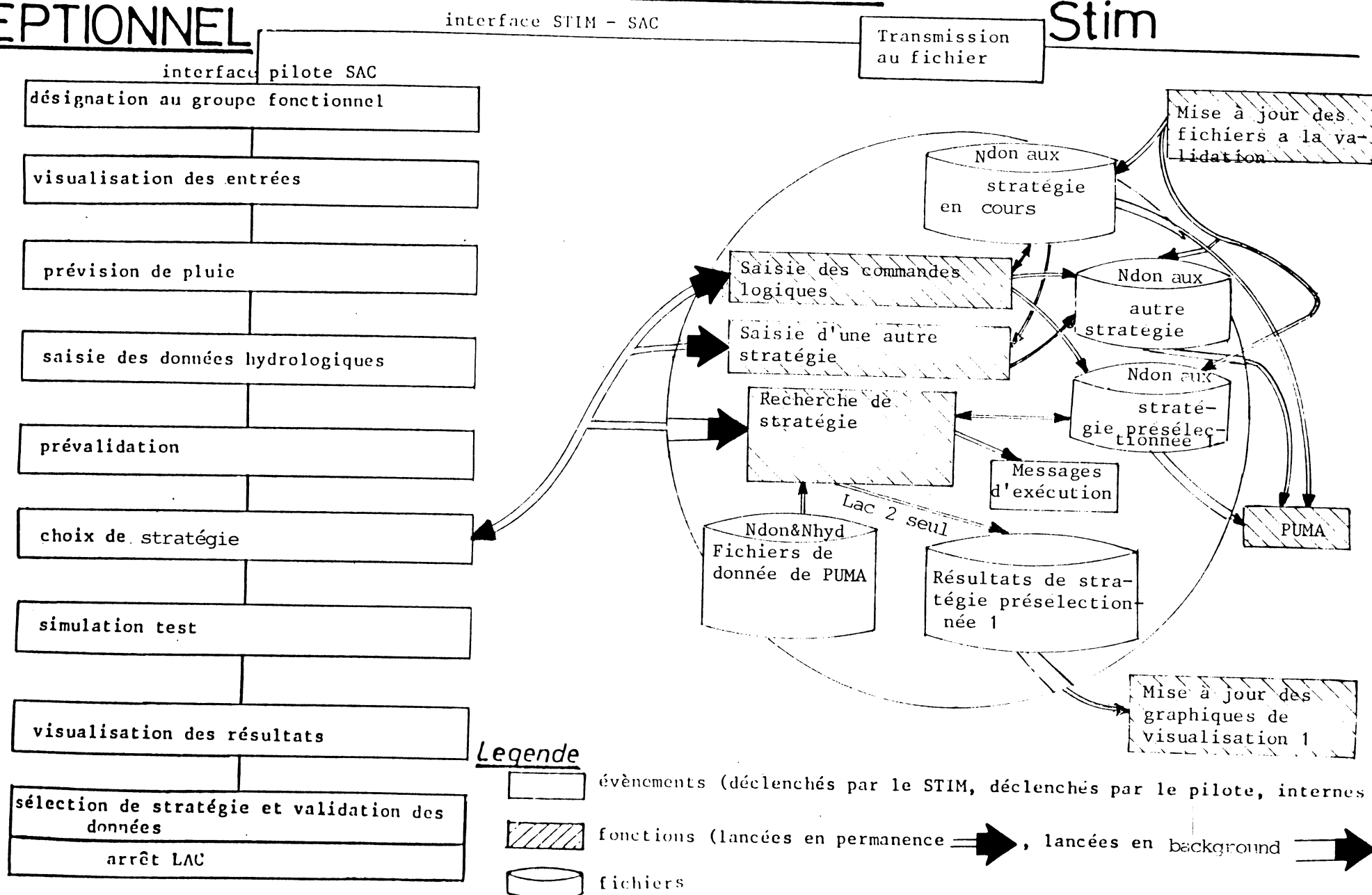


fichiers



# DESCRIPTION DES LAC 1 ET 2 EN SUIVI EXCEPTIONNEL

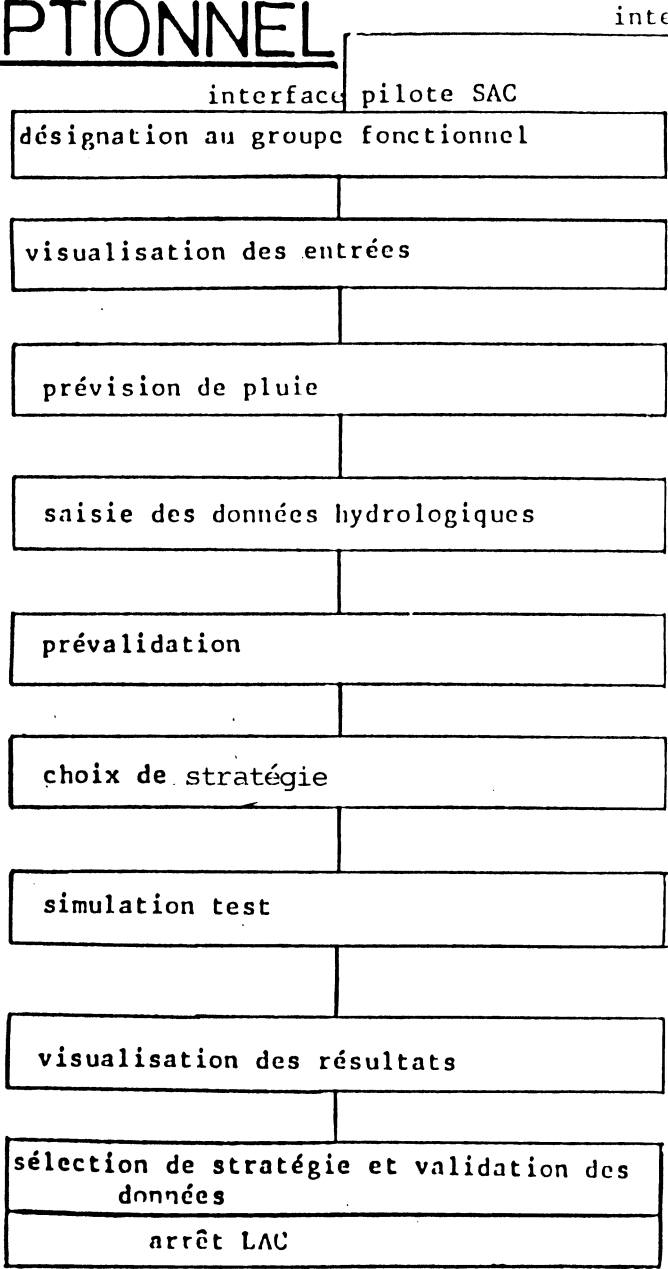
P  
I  
L  
O  
T  
E



# DESCRIPTION DES LAC 1 ET 2 EN SUIVI

## EXCEPTIONNEL

P  
I  
L  
O  
T  
E



interface STIM - SAC

Transmission  
au fichier

Stim

Mise à jour des  
fichiers à la  
validation

Ndon aux  
Stratégie en cours  
ou  
stratégie  
présélectionnée 1  
ou  
autre stratégie

Ndon&Nhyd  
Fichiers de  
données de PUMA

Nrep  
Fichiers des  
conditions  
hydrauliques à  
l'heure de  
validation

PUMA  
Propagation  
Hydraulique

Messages  
d'exécution

Recherche de  
stratégie

Nres & Nres Aux  
Stratégie en cours ou stratégie  
présélectionnée 1 ou autre  
stratégie

Segments  
graphiques

Mise à jour fichiers  
graphiques (segmentation)

Legende

- évenements (déclenchés par le STIM, déclenchés par le pilote, internes
- fonctions (lancées en permanence , lancées en background
- fichiers

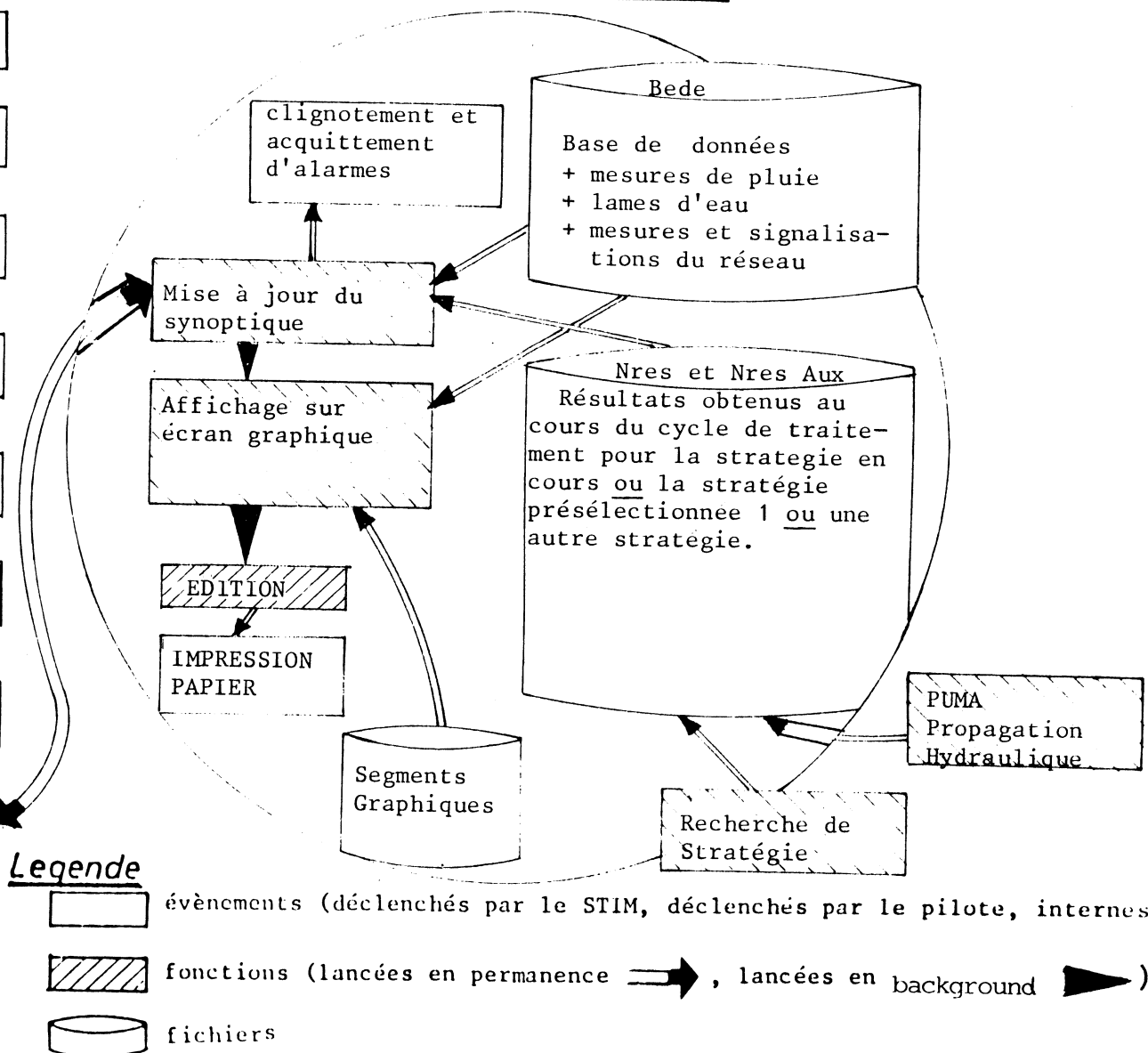
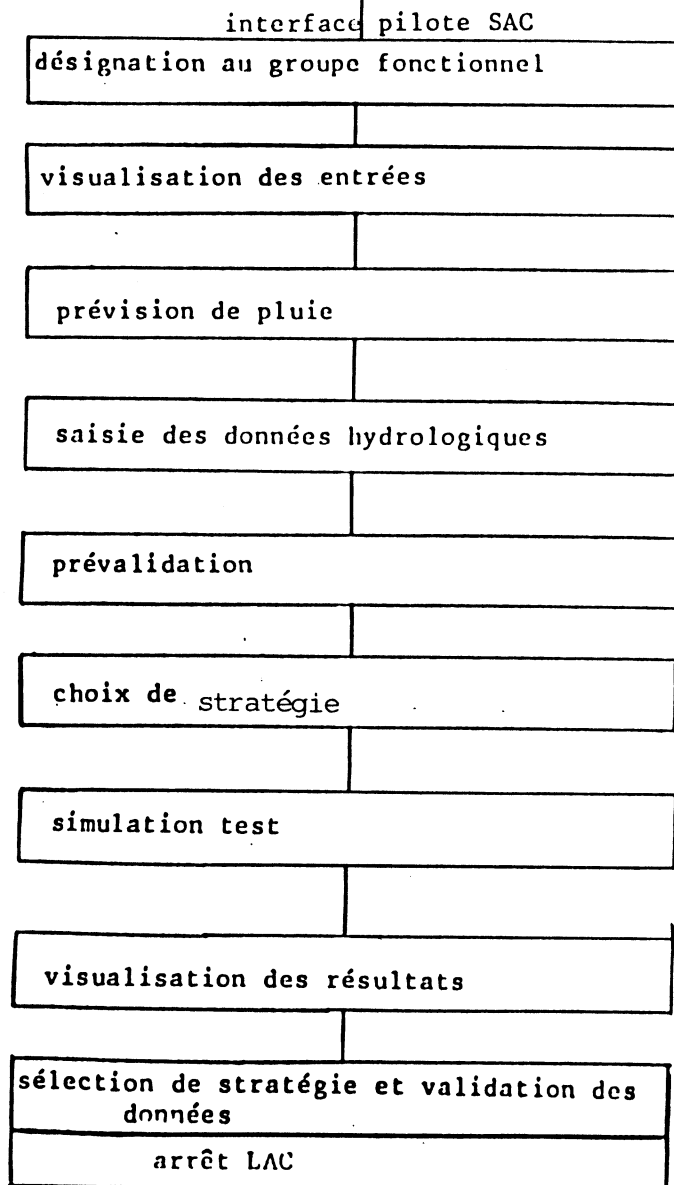
# DESCRIPTION DES LAC 1 ET 2 EN SUIVI EXCEPTIONNEL

interface STIM - SAC

Transmission  
au fichier

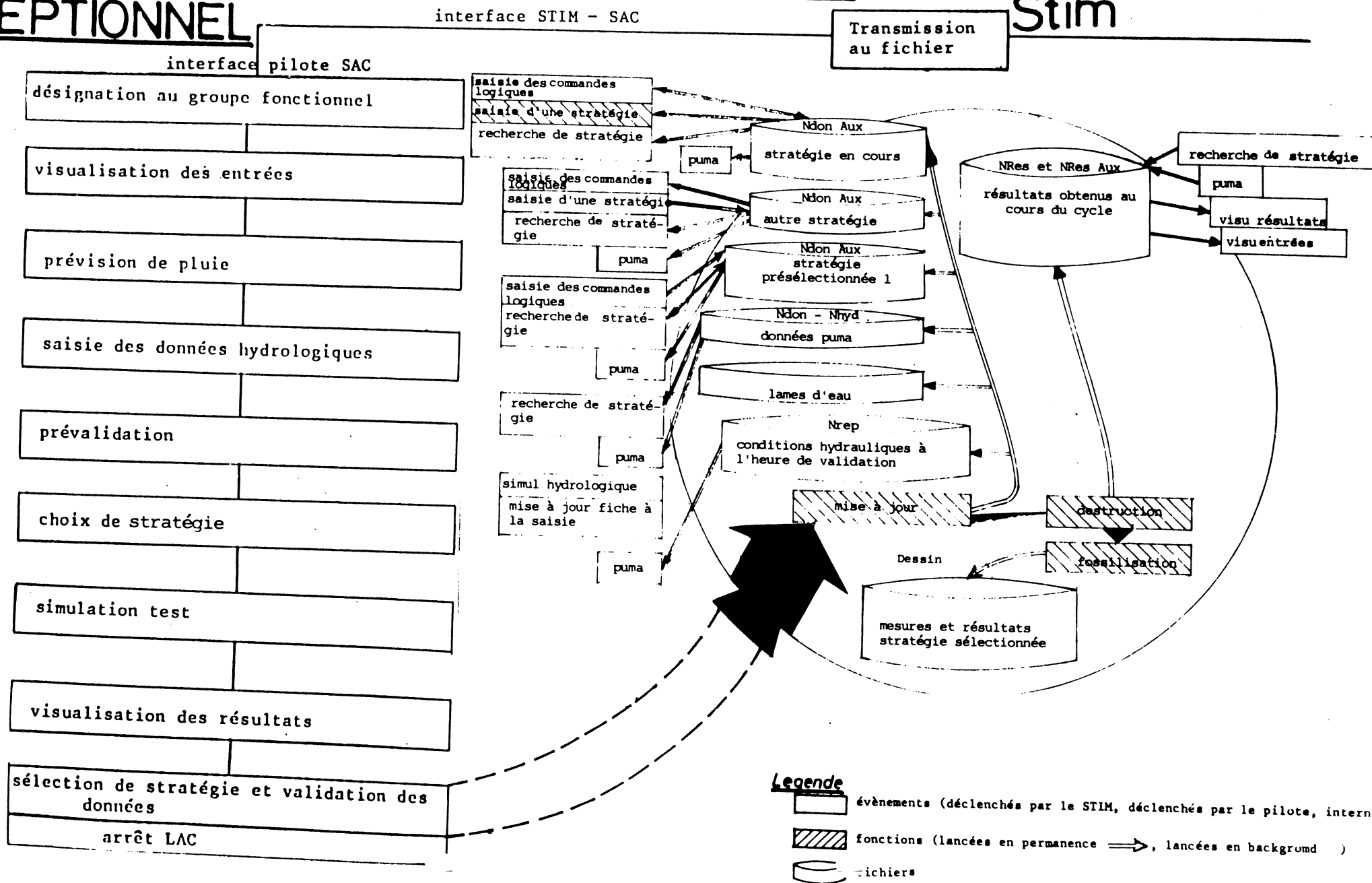
Stim

P  
I  
L  
O  
T  
E



# DESCRIPTION DES LAC 1 ET 2 EN SUIVI EXCEPTIONNEL

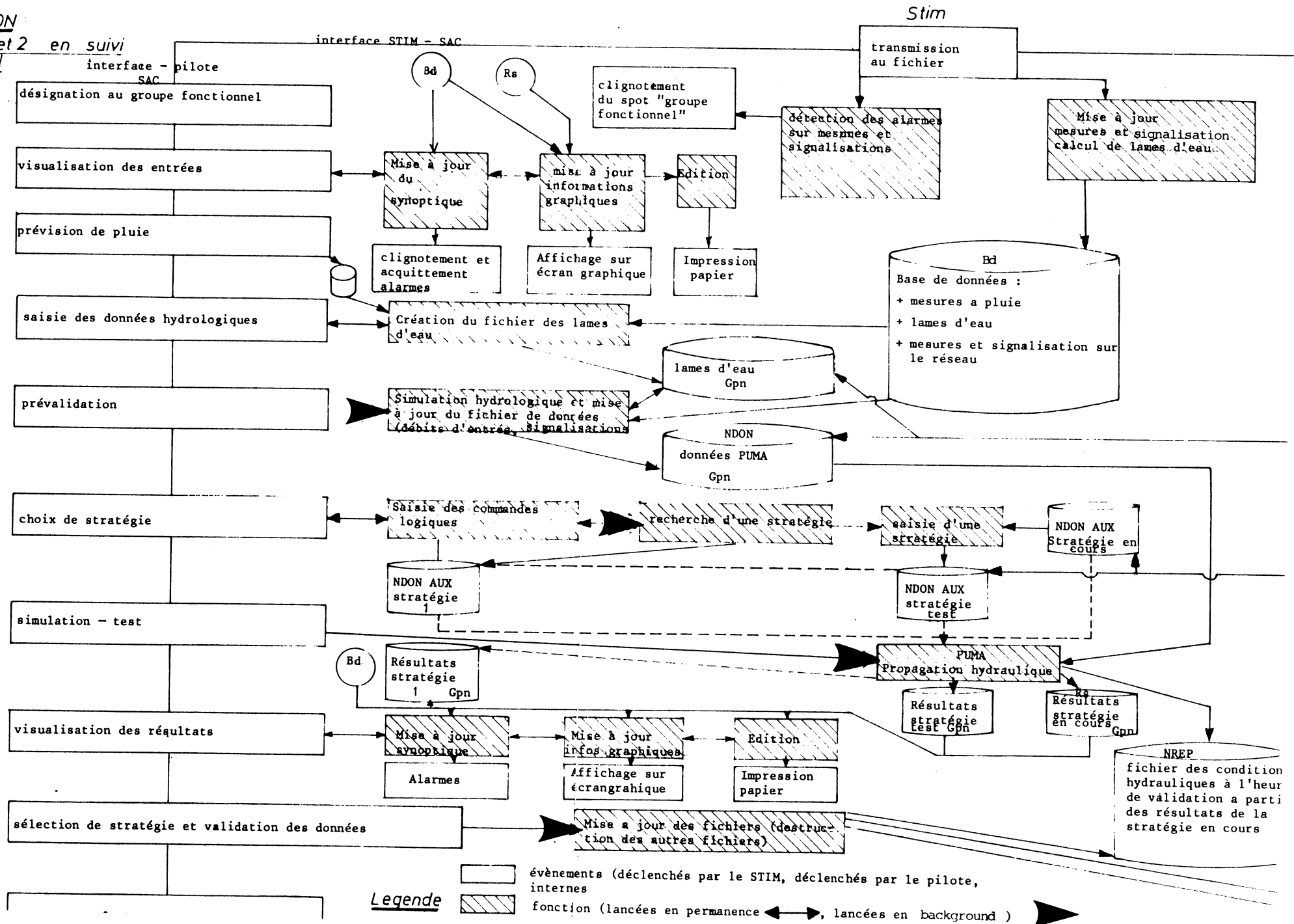
P  
I  
L  
O  
T  
E



# DESCRIPTION

des LAC 1 et 2 en suivi  
exceptionnel

Pilote



#### **4.2. Description graphique des fonctions nouvelles de LAC 3** **(suivis courant et spécial)**

Les fonctions nouvelles de LAC 3 par rapport à LAC 2 avec STIM correspondent au traitement des images radar afin de déterminer les lames d'eau pluviométriques : elles nécessitent la présence du SCI qui pourra transmettre les informations pluviographiques indépendamment des autres informations et déclencher le suivi exceptionnel.

Trois évènements nouveaux apparaissent donc dans le logiciel d'aide à la conduite :

- le déclenchement du suivi spécial,
- la transmission d'informations pluviographiques,
- la transmission d'images radar.

Dans LAC 1, le passage en suivi spécial est provoqué par le pilote en lançant la lecture de la liaison STIM-SAC qui permet d'obtenir la formation de la base de données "mesures" ; le LAC est effectivement lancé (ce qui correspond au passage en suivi exceptionnel) lorsque le pilote désigne un groupe fonctionnel.

Dans LAC 3, le passage en suivi spécial est pris à l'initiative du SCI (une tâche d'acquisition et de traitement de messages du SCI résidant toujours sur le SPS9). Ainsi les images radar reçues peuvent elles être archivées pour traitement ultérieur dès le passage en suivi spécial.

Dans LAC 1, la transmission d'informations pluviographiques n'est pas isolée des autres transmissions et la transmission d'images radar n'existe pas.

Il faut signaler que seuls ces évènements nouveaux créent des fonctions nouvelles, et que celles-ci appartiennent au fonctionnement en suivi spécial (et non à celui du suivi exceptionnel).

évènements nouveaux (\*)  
dans LAC 3

pilote SAC  
interface

*S.C.I.*

interface  
radar SAC

interface  
SCI - SAC

passage  
en suivi  
spécial (\*)

transmission  
des informa-  
tions sur le  
réseau

transmission  
des informations  
pluviographiques  
(\*)

désignation du groupe fonctionnel

visualisation des entrées

prévision de pluie

saisie des données hydrologiques

prévalidation

choix de stratégie

simulation-test

visualisation des résultats

sélection de stratégie et validation des données

arrêt LAC

*S.A.C.*

transmission  
d'image (\*)

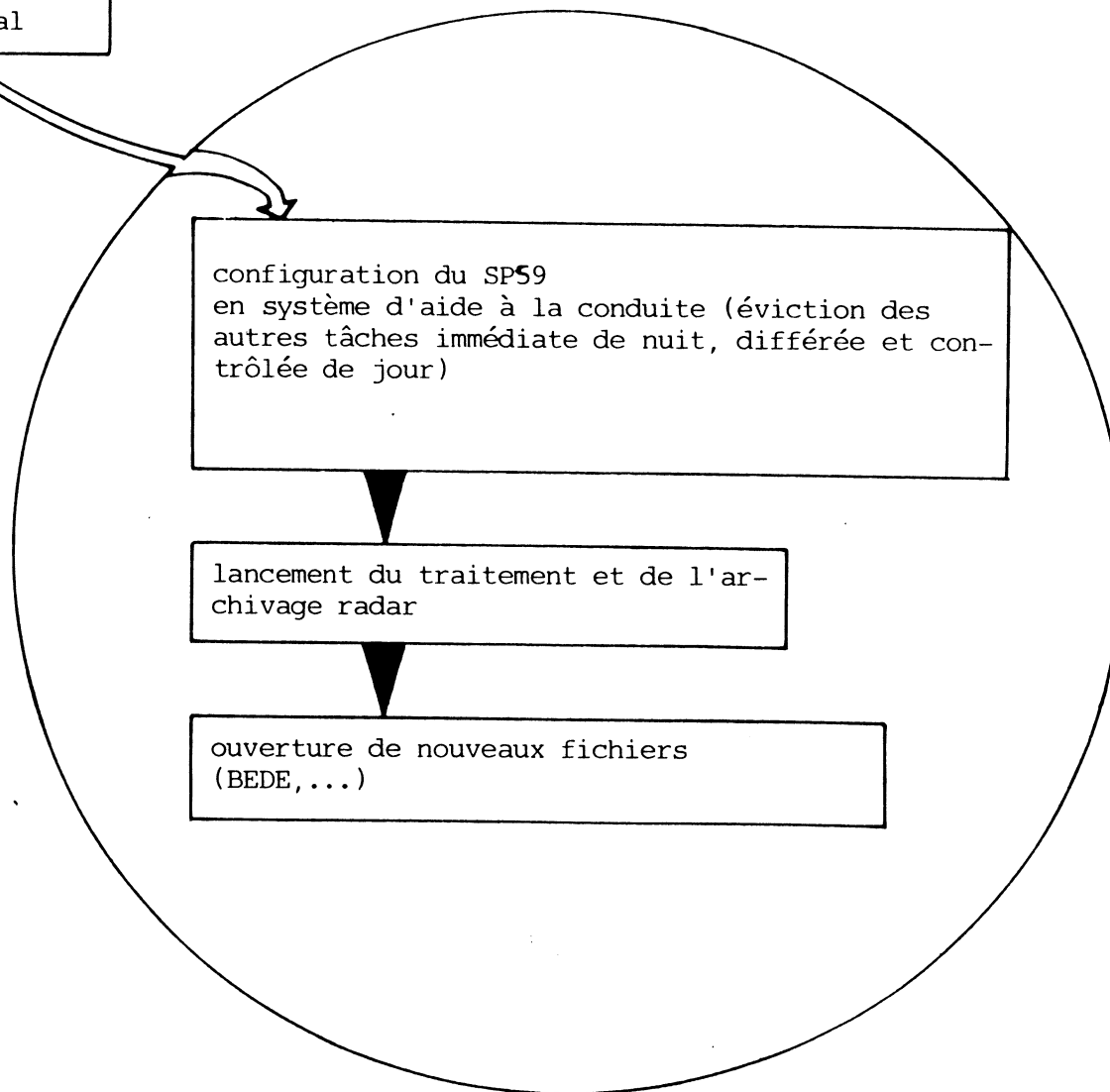
*R  
A  
D  
A  
R*

*P  
I  
L  
O  
T  
E*

P  
/  
L  
O  
T  
E

passage  
en suivi  
spécial

SCI



R  
A  
D  
A  
R

P  
/  
L  
O  
T  
E

SCI

transmission des  
informations plu-  
viographiques

R  
A  
D  
A  
R

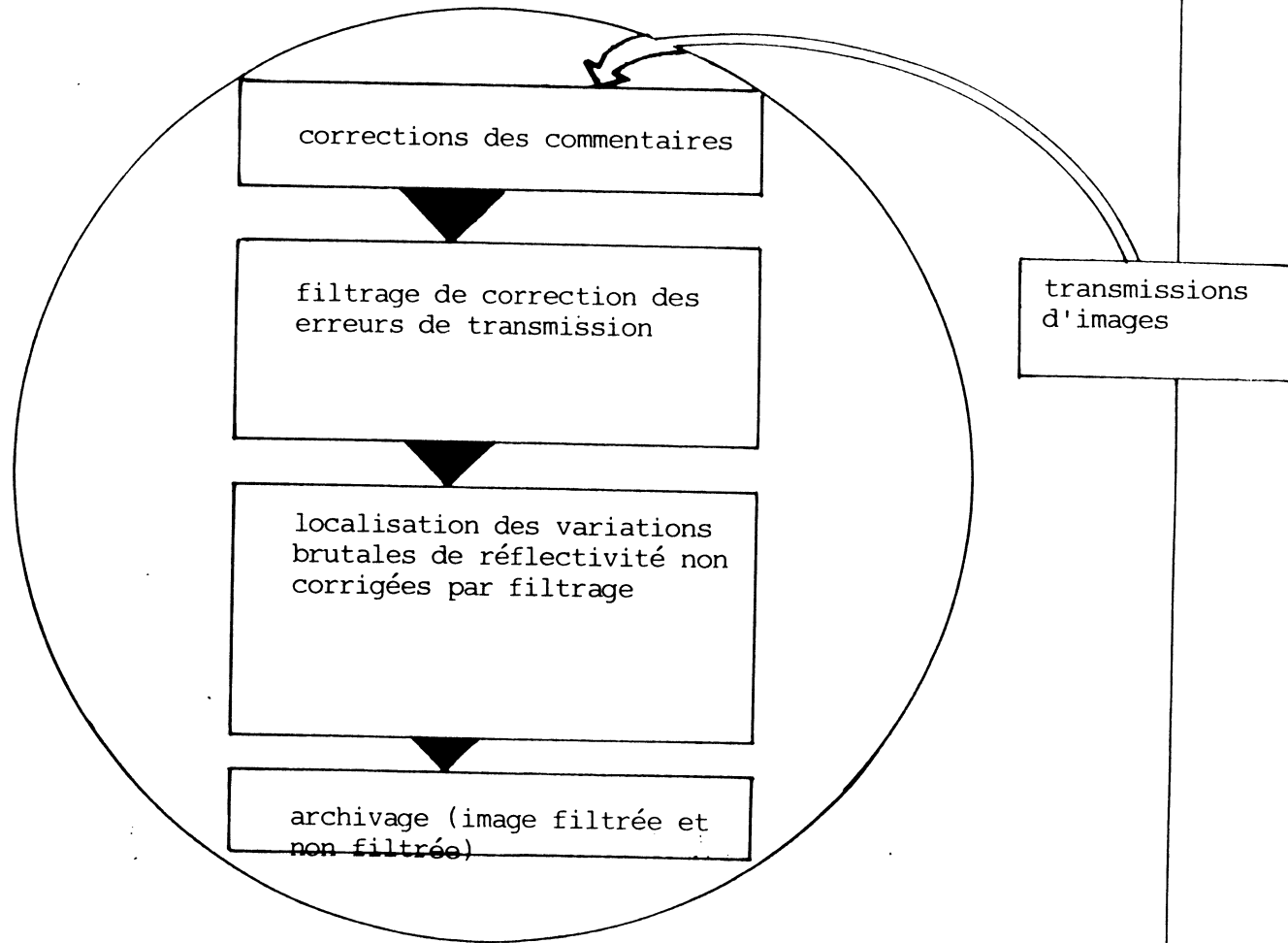
cumul des images radar  
traitées et archivées

calcul d'un nouveau facteur  
de calibrage

calcul des lames d'eau par  
bassin versant élémentaire

SCI

P  
I  
L  
O  
T  
E



R  
A  
D  
A  
R

1 - Nouvelles tâches résidant en permanence sur le SPS9 :

- lecture des informations transmises du SCI,
- lecture et archivage en mode pile (semblable au Météotel des images radar).

Ces tâches constituent l'état de veille du SAC, <sup>quelles que</sup> ~~quelque~~ soient les autres applications tournant sur le SPS9, en suivi courant.

2 - Nouvelles tâches liées au LAC et exécutées à la demande en suivi courant :

- demande d'historique d'une partie de la base de données du SCI,
- contrôle de la validité des images radar transmises par la Météorologie Nationale,
- sélection des informations utiles pour un bilan ou pour une simulation complète de pilotage.

#### **4.3. Etapas de développement du LAC**

Comme indiqué au chapitre 3, la mise à jour actuelle a peu modifié les étapes prévues en Avril 1983 pour le développement du LAC : il y a donc peu de différence dans la présentation de ces étapes avec le chapitre 2, à l'exception évidemment de l'organigramme du LAC lui-même.

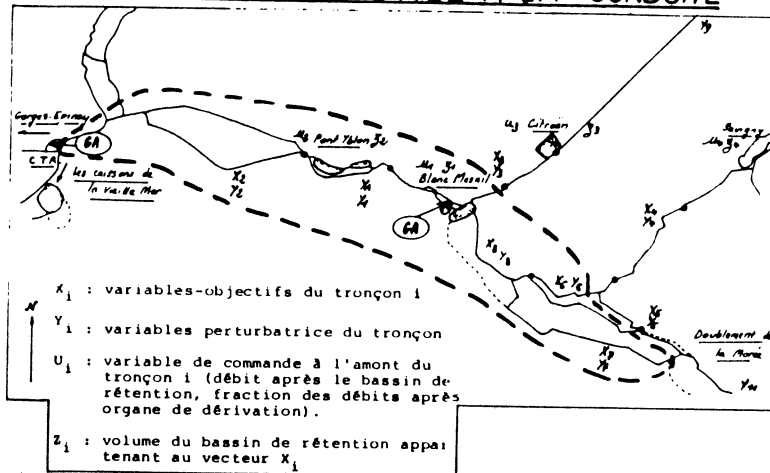
Toutefois, des précisions seront nécessaires sur les objectifs lorsque les études de faisabilité auront été réalisées.

Cette stabilité du programme de développement a permis de conserver dans la mise en place des stations locales un même ordre de priorité.

**Fig. 18 Le 1<sup>er</sup> LAC (environnement et constitution définis en Mars 1986)**

**LIEU D'IMPLANTATION DE LA GESTION AUTOMATISÉE UTILISANT  
LE 1<sup>er</sup> LOGICIEL D'AIDE A LA CONDUITE**

**OBJECTIF DE LA GESTION UTILISANT CE PREMIER LAC**



Identique à  
Avril 1983

Minimum  
du volume d'inondations au confluent avec le Croult (s'il existe)  
ou (sinon) du volume déversé dans le bassin en eau de Pont Yblon  
sous la contrainte

Volume du bassin de Blanc-Mesnil inférieur à 60 000 m<sup>3</sup> ( $Z_1$ )

(à comparer avec min  $Z_1$ )

**ETUDES ET ELEMENTS DE LA GESTION AUTOMATISEE INDISPENSABLES  
POUR LA MISE EN PLACE DU 1<sup>er</sup> LOGICIEL**

**ORGANIGRAMME DU PREMIER LOGICIEL D'AIDE A LA CONDUITE**

**Connaissance du fonctionnement des ouvrages :**

- (0) Levés de sections et d'ouvrages et courbes de remous en l'amont de Blanc-Mesnil et 1
- (1) C.T.R.
- (2) Essais des organes de régulation de Blanc-Mesnil et du C
- (3) Essais de vidange des bassin de Blanc-Mesnil (pertes de charge - jaugages, calages)
- (4) Test de simulation des régulations
- (5) Vérification des tests sur les crues réelles.

**Ouvrages terminés (Gestion locale seule) :**

Pont Yblon

**Stations locales opérationnelles (Microprocesseur et télétransmission au Central actifs) :**

Blanc-Mesnil  
Garges-Epinay

**Développement d'appareillages terminés :**

- . pluviomètre avec archivage sur microprocesseur
- . image radar météo de Dammarville utilisable pour l'astreinte.

**Mesures au sol opérationnelles (mesures locales et télétransmission au Central actives) :**

- . pluviomètre situé à Blanc-Mesnil
- . pluviomètre situé à Garges-Epinay
- . Mesures de débit de la Vieille Mer (Blanc-Mesnil - CTR)
- . Mesure de débit du Croult
- . Estimations des débits Citroën, Savigny, doublement Morée

**Système de surveillance opérationnel (y compris visualisation non codée des informations transmises et formation du personnel d'astreinte).**

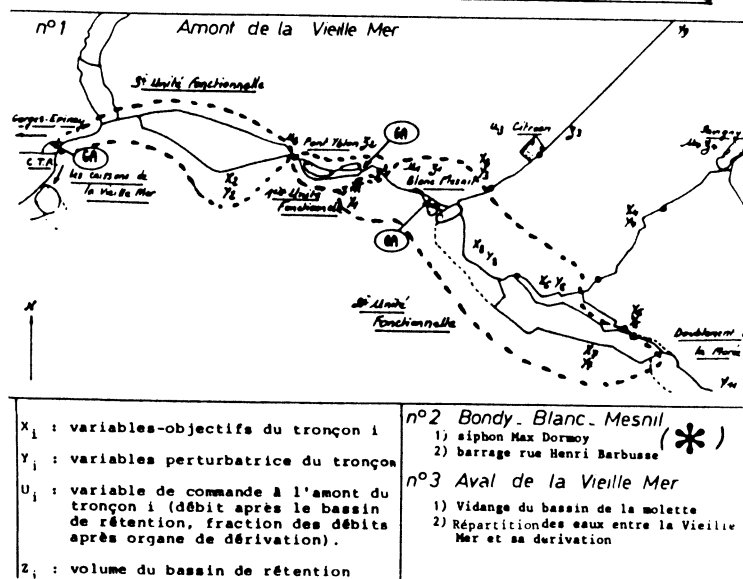
**Support de prévision météorologique opérationnel et astreintes opérationnelles**

Etude, éléments identiques à ceux d'Avril 1983

cf. paragraphe 4.1

Fig. 19 LE 2<sup>ème</sup> LAC (environnement et constitution en Mars 1986

LIEUX D'IMPLANTATION DE LA GESTION AUTOMATISÉE UTILISANT  
LE 2<sup>ème</sup> LOGICIEL D'AIDE A LA CONDUITE



Identique  
à  
Avril 1983

(\*) à confirmer

OBJECTIF DE LA GESTION SUR LE LIEU D'IMPLANTATION  
N°1 AVEC L'AIDE DU 2<sup>ème</sup> LAC:

- Groupe fonctionnel 1
- Min  $\sum$ 
  - $\alpha$  (volume débordé)
  - $+\frac{\alpha}{10}$  (volume déversé dans Pont Yblon en eau)
  - $+\frac{\alpha}{100}$  (éloignement des consignes de sécurité)
- Contraintes hydrauliques :
  - $V_{max}$  stocké dans les bassins de Blanc-Mesnil et Pont Yblon
  - fonction du débit d'apport
- Groupe fonctionnel 2 (reste à préciser)

ORGANIGRAMME DU DEUXIEME LOGICIEL D'AIDE A LA CONDUITE

ETUDES ET ELEMENTS DE LA GESTION AUTOMATISÉE INDISPENSABLES  
POUR LA MISE EN PLACE DU 2<sup>ème</sup> LOGICIEL

Connaissance du fonctionnement

- (0) Essai des organes de régulation de Pont-Yblon
- (1) Levé éventuel et courbes de remous sur le Bondy Blanc-Mesnil et les apports principaux (La Molette, le déversoir rue Henri Barbusse)
- (2) Essais des organes de régulation, Léon Jouhaud, Max Dormoy et rue Henri Barbusse
- (3) Estimation des apports locaux à l'aval du futur bassin de la Molette (St-Denis,...)
- (4) Levé éventuel et courbes de remous sur la Vieille Mer à l'aval de Dugny.

Identique  
à  
Avril 1983

Stations locales opérationnelles

- Pont-Yblon (siphons + vanne)
- Léon Jouhaud (siphon + vanne)
- Max Dormoy (siphon + vanne)
- rue Henri Barbusse (Barrage gonflable)

Mesures au sol opérationnelles

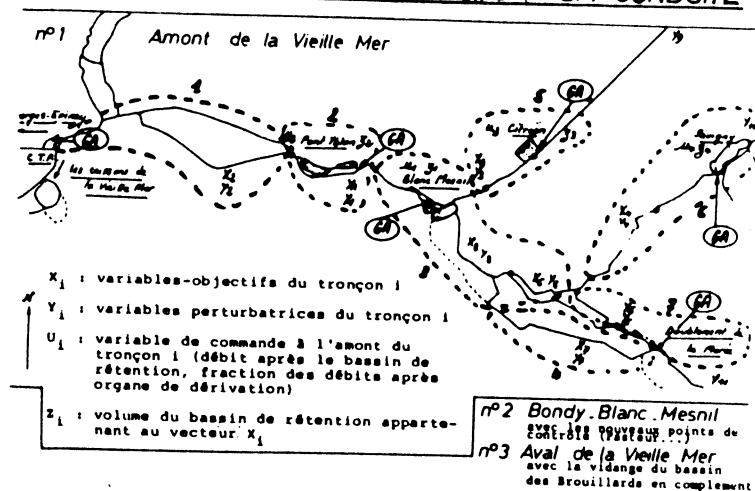
- mesure de débit dans les caissons de la Vieille Mer
- mesure de débit sur la Molette
- mesures de débit dans le Bondy Blanc-Mesnil
- mesure de hauteur à Livry-Gargan - Pavillons-sous-Bois
- mesures pluviométriques Livry-Gargan - Clichy-sous-Bois

cf paragraphe 4.1

(\*) à confirmer

Fig.20: LE 3<sup>ème</sup> LAC (environnement et constitution definis en Avril 1983

LIEUX D'IMPLANTATION DE LA GESTION AUTOMATISÉE UTILISANT  
LE 3<sup>ème</sup> LOGICIEL D'AIDE A LA CONDUITE



Identique  
à avril 1983

OBJECTIFS DE LA GESTION SUR LE LIEU D'IMPLANTATION  
N°1 AVEC L'AIDE DU 3<sup>ème</sup> LAC (hors risques d'inondation)

Restent à préciser (comme en Avril 1983)

ORGANIGRAMME DU TROISIEME LOGICIEL D'AIDE A LA CONDUITE

(3<sup>ème</sup> étape Vieille Mer et Bondy Blanc-Mesnil avec Bassin de la Molette).

Nombre de tâches = Nombre de groupes fonctionnels + 1

ETUDES ET ELEMENTS DE LA GESTION AUTOMATISÉE INDISPENSABLES  
POUR LA MISE EN PLACE DU 3<sup>ème</sup> LOGICIEL

Connaissance du fonctionnement des ouvrages

- (1) Essais des organes de régulation des nouvelles stations prises en compte par l'Aide à la Conduite
- (2) Levé éventuel et courbes de remous des principaux collecteurs amont et aval des nouvelles stations.

Ouvrages terminés pouvant être pris en compte par le nouveau logiciel

- Bassin des Brouillards
- Bassin de la Molette

Stations locales opérationnelles pouvant être prises en compte par le nouveau logiciel

- Savigny, Petit Marais, Citroën
- Doublement de la Morée
- siphons à l'amont du Bondy Blanc-Mesnil
- ...

Mesures au sol opérationnelles

- Mesures pluviométriques (tous postes installés)
- Radar hydrologique

Accroissement de taille du mini-ordinateur d'aide à la conduite

Mise en place d'un ensemble informatique (le système complet de conduite immédiate (SCI) : mini-ordinateur ou batteries de micro-ordinateur) puissant pour créer une banque de données accessibles au système d'aide à la conduite.

Développement des mesures RADAR avec rapatriement des images au poste Central

Identique  
à avril 1983

cf paragraphe 4.2

# CERGRENE

Khelil

Action Concertée

DDE Seine St Denis

Plan Urbain

Arrondissement

Transport Urbanisme Logement

Opérationnel

LP Mai 84

N° 3

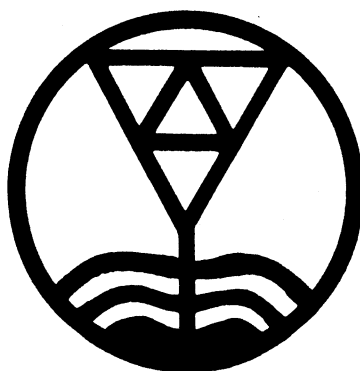
Liste N° 3

MISE A JOUR DU PROGRAMME DE MISE EN PLACE  
DU LOGICIEL D'AIDE A LA CONDUITE

B I B L I O G R A P H I E    et    A N N E X E S

G. JACQUET

Mars 1986



Khelil Stamar.

**BIBLIOGRAPHIE**

# B I B L I O G R A P H I E

---

- (1) - Direction Départementale de l'Equipement de Seine-St-Denis.  
Dossier technique - Gestion automatisée du réseau d'assainis-  
sement du département de Seine-St-Denis..... Décembre 1981.
  
- (2) - Proposition de programme de mise en place d'un logiciel d'aide  
à la conduite du système de gestion automatisée.  
CERGRENE..... Avril 1983.
  
- (3) - Etude de fonctionnement des ouvrages du bassin versant de  
la Vieille Mer.  
CERGRENE - DDE Seine-St-Denis..... Décembre 1983.
  
- (4) - La Simulation du Pilotage.  
Claude MECHOULAM - La Recherche..... Mars 1984.
  
- (5) - Etude de la configuration et des besoins d'évolution du  
système d'aide à la conduite du réseau d'assainissement  
du département de Seine-St-Denis.  
Travail de fin d'étude de l'Ecole Nationale des Ponts et  
Chaussées.  
Luc GUYOT - Promotion 1983..... Août 1984.
  
- (6) - Etude de la configuration et des besoins d'évolution du  
système d'aide à la conduite du réseau d'assainissement  
du département de Seine-St-Denis.  
Rapport de synthèse - Guy JACQUET - CERGRENE.. Août 1984.
  
- (7) - Rapport d'Analyse de la connection d'un mini 6/9X et d'un  
calculateur vectoriel.  
STERIA..... 12 Avril 1984.

- (8) - Description des performances du SPS9 - Conséquences sur les choix du matériel pour le système d'aide à la conduite.  
CERGRENE..... Décembre 1985.
- (9) - Evolution des choix (matériel et logiciel de base) de l'interface de visualisation et de dialogue.  
CERGRENE..... Décembre 1985.
- (10) - Etude détaillée de l'interface de visualisation et de commande du système d'aide à la conduite.  
STERIA 0945D..... 11 Mars 1985.
- (11) - Transcription du programme CAREDAS sur ordinateur CB Mini 6/92 et Mini 6/54 - Etude Préliminaire.  
SOGREAH/2.33.0972..... Juillet 1983.
- (12) - Réflexions sur les modèles hydrologiques applicables à la gestion automatisée des réseaux d'assainissement.  
CERGRENE..... Janvier 1984.
- (13) - Test de deux modèles de ruissellement sur des bassins versants urbanisés de grande surface.  
PROLOG INGENIERIE..... Mai 1985.
- (14) - Compte rendu d'activité 1985 du sous-groupe GKS du groupe technique spécialisé "GRAPHIQUE".  
Mission de l'Informatique - Ministère de l'Urbanisme et du Logement.
- (15) - Mise en place d'un système d'alerte météorologique.  
CERGRENE..... Décembre 1984.
- (16) - Faisabilité d'une gestion en temps réel sur le bassin versant aval de la Morée.  
Moreira - rapport de fin d'étude ENTPE..... Juin 1983.

- (17) - Elaboration du système évolutif d'aide à la conduite du réseau de la Seine-St-Denis.  
G. JACQUET, A. FREROT - Journée d'étude "Informatique, Automatismes et Exploitation des Réseaux d'assainissement".  
ENPC Paris..... 6/8 Décembre 1983.
  
- (18) - Hierarchical Monitoring of Sewer Systems.  
A Case Study : The Seine St- Denis County  
A. BACHOC, J.M. DELATTRE, G. JACQUET, A. FREROT.  
3rd International Conf. on Urban Storm  
Drainage..... June 1984.  
Göteborg/Sweden.
  
- (19) - Gestion en temps réel des réseaux d'assainissement.  
Etude de Cas : Le Département de Seine-St-Denis (France)  
A. FREROT, G. JACQUET, A. BACHOC, R. BERREBI, J.M. DELATTRE.  
Annales de la 5ème Conférence internationale sur la  
planification et la gestion des eaux -  
Athenés..... 1/4 Octobre 1984.
  
- (20) - Compte rendus de réunion ( 19 Novembre 1984 ; 15 Janvier 1985 ;  
15 Mai 1985 ; 25/28 Juin 1985 ; 19 Septembre 1985 ;  
3 Décembre 1985).  
Groupe de Travail "Connaissance de la Pluie pour l'Hydro-  
logie Urbaine".
- (21) - Etude hydraulique de siphons partialisés sur le site  
CTR-DUGNY - Rapport de stage.  
PH. RIOU - ENPG Hydraulique..... Sept. Oct. 1984.
  
- (22) - Proposition de recherche/Ministère de la Recherche et  
de la Technologies Siphons Partialisés  
DDE Seine-St-Denis - Neyrtec..... 1985.
  
- (23) - Rapport au bureau du Conseil Général ayant pour objet  
"Assainissement Départemental Evolution des marchés négociés"  
approuvés par délibération du 7 Mai 1985, adoption des  
systèmes C microprocesseur Centralp.
  
- (24) - Gestion centralisée du réseau d'assainissement de la  
Seine-St-Denis.  
Etude Générale du Système  
Année 1981 - 120 P. - JB. FRANCK ; M. BRAYARD ES/A.

- (25) - Bilan sur les capteur de hauteur  
A. GUILLON - DDE Seine-St-Denis AO3..... 1985.
  
- (26) - Principes de contrôle des stations locales  
Blanc-Mesnil et CTR-DUGNY  
CERGRENE - AO3/6 DDE Seine-St-Denis..... Décembre 1985.
  
- (27) - Etude de décantabilité des Crues Réelles dans le bassin  
des Brouillards  
DDE Seine-St-Denis AO3..... 1985.
  
- (28) - Synthèse sur les études de décantabilité et de traitement  
des MES du bassin des Brouillards à DUGNY  
DDE Seine-St-Denis AO3/2..... 1985.
  
- (29) - Etude sur modèle mathématique de la Morée  
  
SOGREAH 46.0255 R1..... Octobre 1985.
  
- (30) - Optimisation de la gestion des réseaux d'assainissement  
CERGRENE (A. FREROT)..... Juillet 1985.
  
- (31) - Simulations sur modèles mathématique CAREDas des stratégies  
de régulation déterminées par un programme d'optimisation  
en temps réel  
SOGREAH 46.0657..... Octobre 1985.
  
- (32) - Le Radar Météorologique et la détermination des intensités  
pluvieuses. Application à la gestion automatisée du réseau  
d'assainissement pluvial de Seine-St-Denis  
H. ANDRIEU - Rapport CERGRENE..... Octobre 1985.
  
- (33) - Convention entre les départements de Seine St-Denis et du  
Val de Marne et la Météorologie Nationale.  
OBJET : - Fourniture d'images radar sur la région parisienne  
- Collaboration pour la mise en service opérationnel  
du radar RODIN de TRAPPES.  
  
1985.

- (34) - Mise en place d'un système de conduite immédiate pour la  
gestion automatisée du réseau départemental d'assainis-  
sement - CCTP..... 1985.  
DDE Seine-St-Denis AO3.
  
- (35) - Etude Terrain des Ouvrages du bassin versant de la  
Vieille Mer  
CERGRENE..... Juillet 1984.
  
- (36) - Etude Hydraulique de la Vieille Mer  
CERGRENE..... Octobre 1984.
  
- (37) - Mise en place d'une station de mesures sur le Croult  
- CCTP  
DDE Seine-St-Denis..... 1985.
  
- (38) - L'étude du fonctionnement hydraulique du bassin de retenue  
d'eau de "ferme Savigny" à Aulnay-sous-Bois.  
N. ANDRE - Institut des Sciences et Technologies de  
l'Eau - Montpellier..... Septembre 1984.
  
- (39) - Exploitation et Synthèse des mesures limnimétriques  
sur le réseau d'assainissement départemental de la  
Seine-St-Denis.  
Rapport de stage  
V. DELMAS - Institut des Sciences et Technologies de  
l'Eau de Montpellier..... Juin 1983.
  
- (40) - Bassin de retenue "Citroën". Evaluation des Apports et  
Risques sur le Réseau Amont  
DDE Seine-St-Denis AO3/2..... Février 1984.
  
- (41) - Organisation d'un archivage de documents terrain -  
"Bassin versant de la Vieille Mer"  
CERGRENE..... Avril 1986.
  
- (42) - Etude des apports de l'aéroport du Bourget  
DDE Seine-St-Denis AO3/2..... 1982.

- (43) - Etude de faisabilité d'un stockage d'eau pluviale sur  
le site des "ruisseaux" à Aulnay-sous-Bois.

Rapport de stage - J.E. PATUREL..... Septembre 1985

- (44) - Modélisation hydraulique d'un émissaire d'eaux pluviales -  
Le Bondy Blanc-Mesnil -  
Rapport de stage

J.N. GANGLOFF - ENPG Hydraulique..... Sept. Oct. 1985

## ***A N N E X E     1***

### ***CARACTERISTIQUES DU DISPOSITIF DE GESTION AUTOMATISEE***

## A N N E X E 1

## CARACTERISTIQUES DU DISPOSITIF

## DE GESTION AUTOMATISEE

-----

1 - Rappel de l'architecture générale du dispositif de gestion automatisée

L'architecture représentée sur le synoptique ci-après comprend des Stations Locales reliées par des lignes PTT à un central où le Système de Conduite Immédiate (SCI : abréviation utilisée ensuite) permettra le dialogue avec celles-ci et un Système d'Aide à la Conduite (SAC). Ce SAC assistera un pilote dans le choix des stratégies à adopter par temps de pluie. Ce pilote sera à tour de rôle l'un des techniciens supérieurs où des ingénieurs du service. Il sera formé à la gestion en temps réel du réseau.

Les stations locales auront des fonctions de télésurveillances de défauts ou de position (type A), de télémesure (type B), d'automatisation autonome - de pompes par exemple - et de surveillance (type C), de répartition des eaux suivant les consignes reçues du central (type D).

Elles sont et seront reliées au central par des équipements de télétransmission fournis par la Société des Equipements Electroniques (S2E), de Montrouge, via des lignes PTT spécialisées ou du réseau auto-commuté. (voir typologie ci-après).

Plusieurs de ces stations locales sont actuellement opérationnelles, les autres vont être mises en place progressivement, au cours des années qui viennent, par nos propres soins.

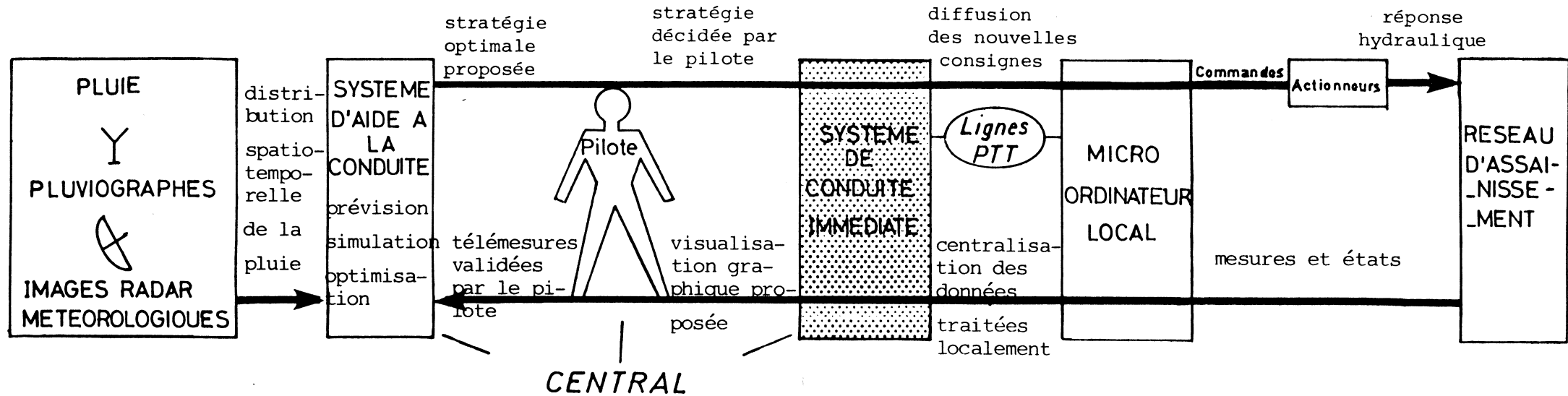
.../...

Le Système d'Aide à la Conduite (SAC) permettra de définir la meilleure stratégie de répartition des eaux vis-à-vis de la pluie en cours, en se basant sur les mesures en provenance des stations locales et sur des images radar-météorologiques.

Ses données d'entrée seront fournies, après validation par le pilote, par le Système de Conduite Immédiate (SCI), à l'exclusion des images radar-météorologiques numérisées, acquises directement.

Il mettra en oeuvre, progressivement, des modèles de simulation du ruissellement et du fonctionnement du réseau, sous diverses stratégies, et des procédures d'optimisation de ces stratégies.

## Schéma synoptique du dispositif de gestion automatisée



2 - Typologie des stations locales

Suivant l'importance des stations et les informations qu'elles apportent dans la centralisation des données, leurs interrogations peuvent être effectuées à des cadences différentes sur des systèmes de transmission différents. En tenant compte de ces remarques, nous avons dressé le tableau suivant où apparaissent 4 "niveaux" caractéristiques :

| Niveau     | Caractéristiques des stations                                                                                                                                                                                                                                                                                | Nombre<br>: maxi de<br>: stations | Période<br>: de<br>: de<br>: scrutation | Support<br>: de<br>: trans-<br>: mission  | Système de transmissio                                                                                                                                                            |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Niveau "0" | Pluviomètres à augets basculeur relié à un ordinateur local assurant le comptage et le stockage des basculements. Certaines fonctions de ce ordinateur sont programmables à partir du central de Rosny.                                                                                                      | 30                                | 5 mn                                    | Liaison : Mode m 300 Bauds ou spécialisée |                                                                                                                                                                                   |
| Niveau "1" | Ces stations, excepté quelques stations de mesures, sont équipées d'un automate local pouvant dialoguer avec le système de transmission. Les informations délivrées par ces stations sont indispensables pour l'aide à la conduite (mesures), et permettent de conduire le réseau (actionneurs)              | 20                                | 5 mn                                    | Liaison : spécialisée                     | Système S2E équipé<br>:- Télémessures<br>:- Télésignalisations<br>:- Télécommandes directes<br>:- Liaison série vers l'automate local : - télérégulation<br>- variables stockées. |
| Niveau "2" | Idem en ce qui concerne le 1er point du niveau "1". Les informations de ces stations permettent de vérifier le fonctionnement du réseau. La frontière entre ces 2 niveaux est assez floue car elle dépend de l'intégration progressive de tous les bassins versants dans les logiciels d'aide à la conduite. | 30                                | 5 mn                                    | Liaison : spécialisée                     | Idem                                                                                                                                                                              |
| Niveau "3" | Ces stations permettent la connaissance de l'état du réseau. Les informations qu'elles amènent au cours d'un événement sont statiques.                                                                                                                                                                       | 80                                | 3 h                                     | Réseau : commuté                          | Système S2E équipé de<br>:- Télémessures<br>:- Télésignalisations.                                                                                                                |

- (x) Les variables stockées sont des moyennes effectuées sur des mesures ou des calculs à pas de temps constant ( 5 minutes) par l'automate local. Ces mesures synchronisées sont accessibles par le système de transmission via une liaison série (RS 232).

### 3 - Modes de fonctionnement du dispositif de gestion automatisée

On distingue quatre modes de fonctionnement :

#### - en suivi courant

C'est une situation normale hors temps de pluie et hors présence permanente d'un pilote au Central.

Dans ce suivi courant, se produisent diverses opérations :

- + La transmission d'informations entre les frontaux d'acquisition de données (STIM en première étape et SCI en troisième étape ; en deuxième étape, l'un ou l'autre pourra être utilisé suivant le degré d'avancement du SCI) et les stations locales
  - . détection des pannes et défauts sur les équipements locaux, les télétransmissions,
  - . détection des fautes au milieu naturel,
  - . perpétuation des télé réglages optimaux dans les stations locales. (*consigne de repê*)
- + Les éditions de journaux, les mises en historique (sur une semaine) et les archivages dans le S.C.I.
- + Les interrogations du SCI par un pilote ou le responsable central, lorsqu'il a une information précise à rechercher dans la base des données ou dans l'historique.
- + La transmission d'informations du SCI vers le SAC afin de pouvoir traiter sur ce dernier certains historiques de valeurs (fréquence des pannes, pluie particulière à conserver, n'ayant pas donné lieu à un suivi exceptionnel).
- + La prise de connaissance par le pilote des informations météorologiques, afin de prévoir le type de suivi et d'assurer la protection météorologique des intervenants sur le réseau.

- en suivi spécial

Ce qui correspond :

- . Soit à une situation de temps de pluie pendant laquelle le pilote est en général absent. Cette situation peut se produire soit lorsque la pluie est faible (aucun risque de débordement et faibles risques de déversement), soit dans la période précédant un suivi exceptionnel, lorsque le pilote n'est pas encore là. Le suivi spécial est alors déclenché par un pluviomètre sur seuil d'alerte.
- . Soit à une situation de surveillance particulière (pollution accidentelle, crue de la Marne, travaux à hauts risques sur le réseau, suivi de l'évolution d'un milieu récepteur soumis à un choc polluant) pendant laquelle, le pilote est en général présent. Le suivi spécial est alors déclenché par le pilote, ou par un seuil d'alarme sur une télémesure. Il se distingue du suivi exceptionnel par l'absence d'utilisation du LAC.

Les opérations suivantes sont alors possibles :

- . Déclenchement par le SCI d'une alarme destinée à mobiliser l'équipe de maintenance, le pilote, la cellule pollution,...
- . Avertissement par le SCI du SAC (celui-ci pouvant prendre diverses actions comme le stockage des images-radar).

- en suivi exceptionnel

Ce qui correspond à un fonctionnement complet du dispositif (LAC en fonctionnement, présence du pilote).

- en simulateur

Le système doit permettre de rejouer des scénarios stockés sur le SAC ; les informations sur le procédé en simulation seront fournies par le logiciel du simulateur implanté sur le SAC, tandis que les équipements locaux ne seront plus pris en compte pendant ce fonctionnement.

## ***A N N E X E     2***

### ***INTRODUCTION AUX CONCEPTS D'UNITE FONCTIONNELLE ET DU GROUPE FONCTIONNEL***

## A N N E X E 2

### INTRODUCTIONS AUX CONCEPTS

#### D'UNITE FONCTIONNELLE ET DE GROUPE FONCTIONNEL

-----

Cette annexe a pour but de rappeler les définitions de ces concepts donnés dans le rapport CERGRENÉ d'Avril 1983 et de préciser leur portée.

#### 1 - Présentation

Comme tout système, un réseau d'assainissement est caractérisé à un instant donné par un ensemble de variables d'état : cote piézométrique et débit de chaque point du réseau caractérisant un état instantané, d'une part, et volumes transités (entrée et sortie) en chaque point caractérisant l'histoire de l'événement pluvieux d'autre part.

Parmi ces variables d'état, nous allons considérer deux types de variables :

- les variables réglées : ce sont des variables d'état dont les valeurs en fonction du temps sont contrôlées, de manière à ne pas dépasser une valeur fixée appelée consigne ; la consigne peut être soit fixe (invariable dans le temps) et l'on parle alors d'une gestion statique du réseau, soit variable dans le temps et l'on parle alors d'une gestion dynamique ou gestion en temps réel ; notons que par définition, une suite de consignes pour tous les points de contrôle du réseau est appelée une stratégie.
- les variables objectifs : ce sont aussi des variables d'état et elles ont la particularité d'entrer dans la fonction de coût caractérisant le succès d'une stratégie donnée.

Ces deux ensembles de variables d'état ainsi définies, présentent un intérêt particulier, car ils vont permettre de morceler le problème complexe de choix d'une stratégie sur le réseau, et par le même de le simplifier.

.../...

### Définition de l'unité fonctionnelle

Nous allons tout d'abord regrouper les variables-objectifs du réseau en ensembles, appelés unités fonctionnelles, qui se caractérisent par une dépendance exclusive vis-à-vis d'un groupe donné de variables réglées.

Dans une unité fonctionnelle, chaque variable objectif dépend des mêmes variables réglées et de celles-là seulement.

Si l'on étudie l'ensemble des parties de l'ensemble  $U$  des variables réglées, il existe deux types de parties de  $U$  ; celles auxquelles correspondent des variables-objectifs, et celles auxquelles il n'en correspond pas.

Les premières seront donc appelées les unités fonctionnelles et, par souci de simplification de l'exposé, on supposera qu'il existe une seule variable-objectif  $x_1$  pour l'unité fonctionnelle  $u_1$  (tous les raisonnements suivants pourraient s'opérer si nécessaire sur un vecteur  $x_1$  correspondant à plusieurs variables-objectifs partageant cette propriété).

Soit  $\mathcal{U}$  l'ensemble des unités fonctionnelles du réseau.

### Définition du groupe fonctionnel

S'il est possible de :

- trouver une partition de  $\mathcal{U}$  (c'est-à-dire par définition de créer plusieurs ensembles d'unités fonctionnelles tel qu'aucune variable réglée n'appartienne à plus d'un ensemble d'unités fonctionnelles).
- définir la fonction  $\emptyset$  de coût du réseau, comme une somme de fonctions  $\emptyset_i$  de coût dépendant d'une seule variable-objectif  $x_i$ .  

$$\emptyset(x_1, \dots, x_n) = \sum \emptyset_i(x_i)$$

Il est alors possible de définir des groupes fonctionnels  $G_k$  qui se caractérisent chacun par :

- + un ensemble de variables réglées  $R_k : u_{1k}, \dots, u_{p_k k}$ .
- + un ensemble d'unités fonctionnelles dont chaque élément (chaque variable réglée) appartient à  $R_k$  et dont la variable objectif  $x_i$  ne dépend que de variables réglées appartenant à  $R_k$ .

En effet, la fonction de coût  $\phi$  à minimiser sur  $u_1 \dots u_n$  peut alors s'écrire :

$$\phi(x_1 \dots x_n) = \sum_k \left( \sum_{x_i \in G_k} \phi_i(x_i) \right)$$

et

$$\min_{u_1 \dots u_n} \phi(x_1 \dots x_n) = \sum_k \left( \min_{R_k} \sum_{x_i \in G_k} \phi_i(x_i) \right)$$

car

$$\sum_{x_i \in G_j} \phi_i(x_i) = \text{Cte} \quad \forall x_i \in G_k \text{ avec } k \neq j.$$

## 2 - Conséquences

L'intérêt de la partition en groupes fonctionnels est évident, il permet d'éviter d'aborder la totalité du réseau et de bien lier le développement d'une gestion en temps réel à des objectifs fixés.

Ainsi, les deux points de contrôle de Blanc-Mesnil et Pont-Yblon ont une influence sur les seuls objectifs suivants :

- le débordement au confluent avec le Croult,
- le débordement près du forage des eaux de la Ville de Blanc-Mesnil,
- le débordement dans Aulnay près de l'autoroute B3,
- la qualité des eaux du bassin en eau de Pont-Yblon.

La gestion en temps réel du groupe fonctionnel 1 est donc liée dans l'immédiat à la satisfaction de ces seuls objectifs (ce qui clarifie les actions à entreprendre pour la mise en place).

Elle peut se différencier totalement de la lutte contre les inondations à Saint-Denis ou à Pavillons-sous-Bois.

Elle dépend en outre explicitement des points de contrôle qui peuvent être gérés en temps réel. Surviennent l'adoption d'un nouveau point de contrôle, les variables objectifs concernées seront plus nombreuses et le groupe fonctionnel s'agrandira dans leurs seules limites.

L'intérêt de la partition en unités fonctionnelles (outre qu'il est nécessaire pour la clarification de l'exposé) réside dans la synthèse des interactions entre actions et résultats.

.../...

Cette synthèse se retrouve d'ailleurs dans le mode de pilotage ; le logiciel d'aide à la conduite fournit une vision globale de cette interrelation entre action et résultat.

Aussi, ces deux notions vont créer une structure sur laquelle se fondera le développement progressif de la gestion automatisée qui intégrera à la fois :

- de nouveaux objectifs,
- de nouveaux points de contrôles.

Certains nouveaux objectifs pourront conduire à relier des groupes fonctionnels jusqu'alors séparés :

Ainsi, l'optimisation du volume de traitement des eaux pluviales dans le Bassin des Brouillards pourra-t-il conduire à une interrelation entre le groupe fonctionnel 1 et le groupe fonctionnel 2 (protection de St Denis) car le volume de traitement dépendra des possibilités de vidange des bassins des Brouillards et de Pont-Yblon. S'il était pris en compte immédiatement, il conduirait à la création d'un groupe fonctionnel nettement plus important ; toutefois une évolution de l'objectif est possible (si des expérimentations montrent que la décantation subit une réduction d'efficacité lorsque le débit traversant augmente) et il est donc inopportun de rendre complexe le présent pour un objectif hypothétique : les notions de groupe fonctionnel et d'unité fonctionnelle vont donc bien permettre de créer une structure de développement.

**A N N E X E     3**

***EVALUATION DE L'EFFET DU BASSIN DE BLANC-MESNIL***

## A N N E X E 3

---

 EVALUATION DE L'EFFET AMONT  
 DU BASSIN DE BLANC MESNIL

---

 -----

OBJET : DETERMINATION DE LA COURBE V MAXI = FONCTION DU DEBIT  
 D'ENTREE SUR LE BASSIN DE BLANC MESNIL.

Les deux figures 1 et 2 tirées du rapport de stage de  
 Jean-Emmanuel PATUREL (réf(43)) donnent une indication sur la  
 nature du phénomène d'influence aval rencontré :

- + la hauteur d'eau au droit de l'autoroute B3 est  
 toujours très proche de la hauteur normale ( $\pm 0.20$  m)  
 pour les forts débits (supérieurs à 20 m<sup>3</sup>/s) et  
 dépend donc très peu de la hauteur d'eau dans le  
 bassin.
- + Le rôle négatif (création d'inondations par l'aval)  
 du bassin sera d'autant plus important que le  
 niveau d'inondation au droit de l'autoroute B3 est  
 bas.

On peut donc conclure que les deux facteurs les plus  
 influents sur la détermination de la courbe recherchée  
 seront :

- + la hauteur normale (et donc le coefficient de Strickler)
- + le niveau d'inondation.

### Hauteur normale

Un relevé précis a été établi sur le Canal et il n'y a que peu d'incertitude sur la section et la pente. En revanche, le coefficient de Strickler a été estimé à 40, sans vérification hydraulique.

Compte tenu de l'absence de pertes de charges singulières (canal assez rectiligne, sans variations de section et sans apport) ce coefficient est plutôt faible.

Aussi aura-t-on tendance en l'utilisant à surestimer le risque d'inondation.

### Niveau d'inondation

Il faut d'abord remarquer que les inondations à l'amont dans Aulnay dépendront peu du niveau atteint près de l'autoroute B3, car la pente piézométrique sera peu modifiée :

- A 1500 m, il y a un point bas (LEFE); la différence de cote entre ce point et l'autoroute B3 est en moyenne de :

$$\begin{array}{ccc}
 & 44.20 & - & 42.45 \simeq 1.75 \text{ m} \\
 & \swarrow & & \searrow \\
 \text{Cote de} & & & \text{cote maxi atteinte} \\
 \text{débordement} & & & \text{en B3}
 \end{array}$$

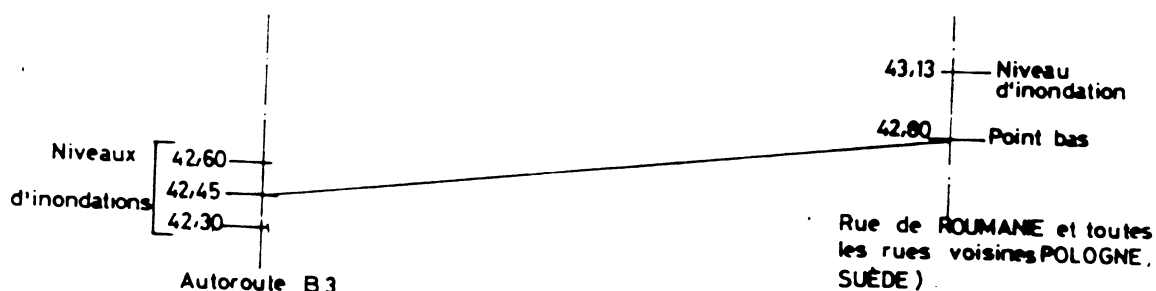
Or la cote maxi peut varier de 15 cm, ce qui correspond pour la pente piézométrique à une variation de 8% se traduisant par une augmentation possible du débit de 4%.

- Les mêmes valeurs en M004 (rue Honoré Saulier) sont :  
 $43.62 - 42.45 \simeq 1.15$

Soit une variation de 13 % se traduisant par une augmentation possible du débit avant inondation de 7 %.

En revanche, il reste deux points directement concernés :

- figure 3 - l'autoroute B3 point bas à 42.45 (avec une digue à 42.83)
- figure 4 - La rue de Roumanie (près du limnigraphe n° 15) point bas à 42.80 (côte au cours d'une inondation fixée à 43.13, correspondant à celle observée lors des gros orages).



Pour ces deux points, il est difficile de fixer une cote exacte de débordement. Nous avons donc retenu :

- une valeur intuitivement acceptable de 42.45, correspondant à la côte 43.13 d'inondation dans les rues de Roumanie et voisines compte tenu des pertes de charge dans les coudes, élargissements et jonctions si nombreux près de la chambre à sable de la station de pompage BALAGNY.
- une valeur conservatrice de 42.30 qui sera utile pour offrir une limite conservatrice à l'utilisation du bassin de Blanc-Mesnil, tant que des vérifications terrains n'auront pas confirmé la valeur de 42.45.

Enfin, il faut signaler qu'il existe un point bas dans le passage sous l'autoroute B3 à la côte 41.80. Ce point bas n'affecte aucune habitation et est seulement une gêne temporaire à la circulation.

Dans ces conditions, il ne peut être envisagé comme une limite contraignante à l'utilisation du bassin du Blanc-Mesnil et il serait préférable de créer un pompage des eaux de ruissellement de ce passage, à une solution empêchant la pleine utilisation du bassin du Blanc-Mesnil.

#### Principes de la détermination de la courbe recherchée

Les courbes de remous ont été calculées pour des couples (volume du bassin c'est-à-dire, hauteur à l'entrée et débit d'apport) provoquant des hauteurs d'eau près de l'autoroute B3 voisines de la côte de débordement 42.45.

Elles ont permis de tracer la famille de courbes de la figure 5.

On a ensuite reporté les valeurs correspondant aux côtes de débordement 42.45 (+ 0,15 m) sur la figure 6.

## Résultats

Il est possible de constater sur cette figure 6 que :

- + une faible hauteur dans le bassin a un effet très limité pour augmenter le débit d'apport (5 à 10 % tout au plus) : en dessous de 60.000 m<sup>3</sup>, le bassin n'a aucun effet sur les inondations.
- + le volume dans le bassin passant de 80 000 à 100 000 m<sup>3</sup> limite le débit d'apport de manière sensible :
  - . de 27 à 20 m<sup>3</sup>/s si la côte de débordement est à 42.45
  - . de 31 à 24 m<sup>3</sup>/s si la côte de débordement est de 42.60
  - . de 23 à 10 m<sup>3</sup>/s si la côte de débordement est de 42.30.

En conséquence, une crue très importante verra son apport limité par l'augmentation de volume de bassin à partir du moment où le niveau à l'entrée du bassin atteindra la côte du déversoir de sécurité.

Et, enfin, la possibilité d'utiliser totalement le bassin de Blanc-Mesnil (notamment dans la tranche 80 000 - 100 000 m<sup>3</sup>) dépend de manière très importante de la côte de débordement qui n'est pas connue avec la précision souhaitable (et qui peut d'ailleurs varier dans le temps).

## Effets sur le pilotage

Pour une crue faible au cours de laquelle le niveau n'atteint pas 60 000 m<sup>3</sup>, le pilote n'aura pas à tenir compte de l'effet amont du niveau du bassin de Blanc-Mesnil (fig. 7).

Pour une crue très forte et très brutale, (fig. 8), l'inondation se produira avant que le bassin atteigne 60 000 m<sup>3</sup>. Le pilote n'aura un effet sur cette inondation qu'en en réduisant la durée si la décrue est assez lente (ce qui est en général le cas).

Pour une crue forte mais n'excédant pas 25 m<sup>3</sup>/s environ, le pilote pourra éviter une partie des inondations dans Aulnay, en maintenant le volume du bassin en dessous de 80 000 m<sup>3</sup>, grâce à des consignes de vidange plus importante que la consigne locale. (Fig. 9)

Fig.1 - Courbes Remous (amont bassin de Blanc-Mesnil)  
à  $20 \text{ m}^3/\text{s}$

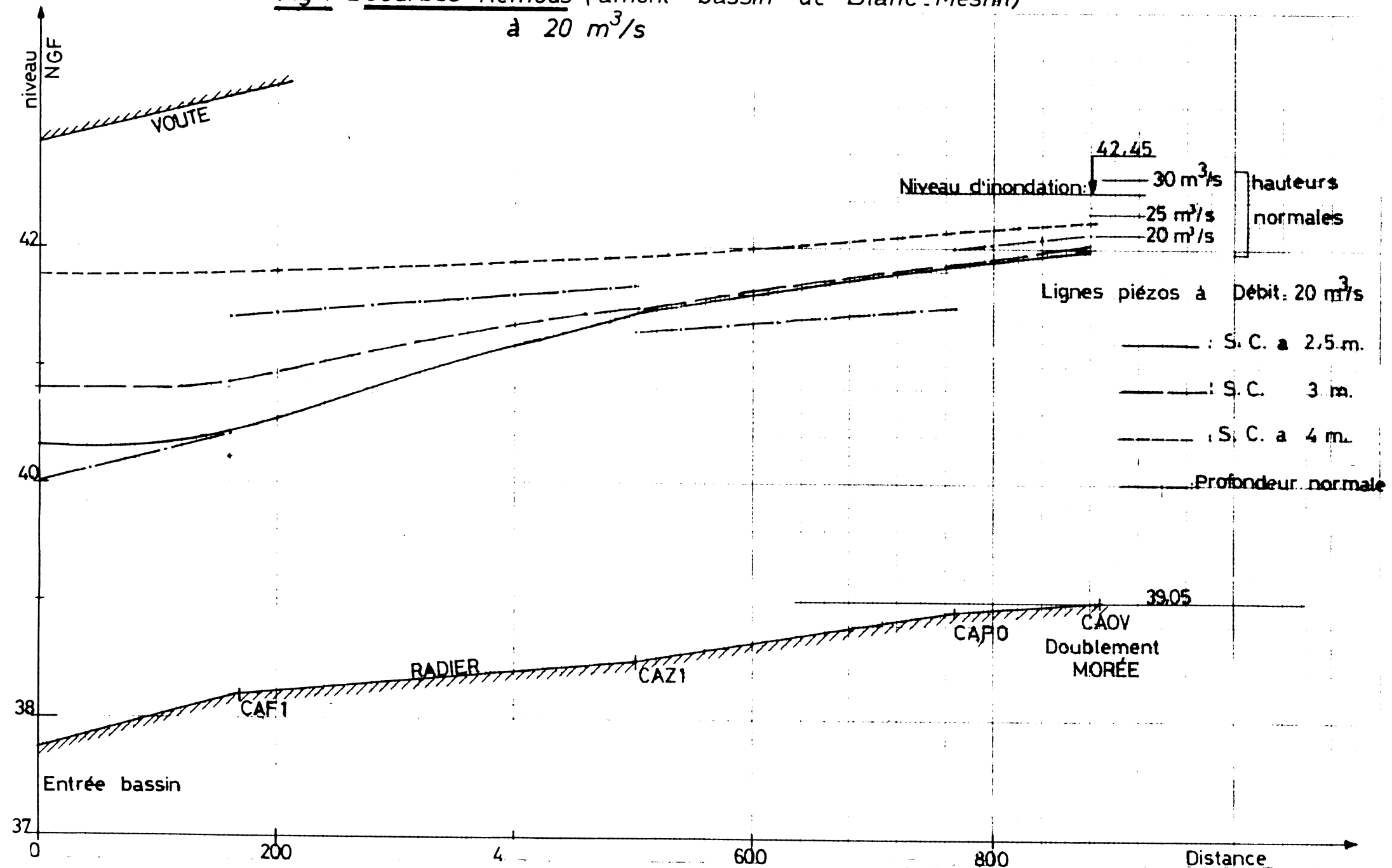


Fig. 2 - Courbes Remous (amont bassin de Blanc-Mesnil)

à  $35 \text{ m}^3/\text{s}$

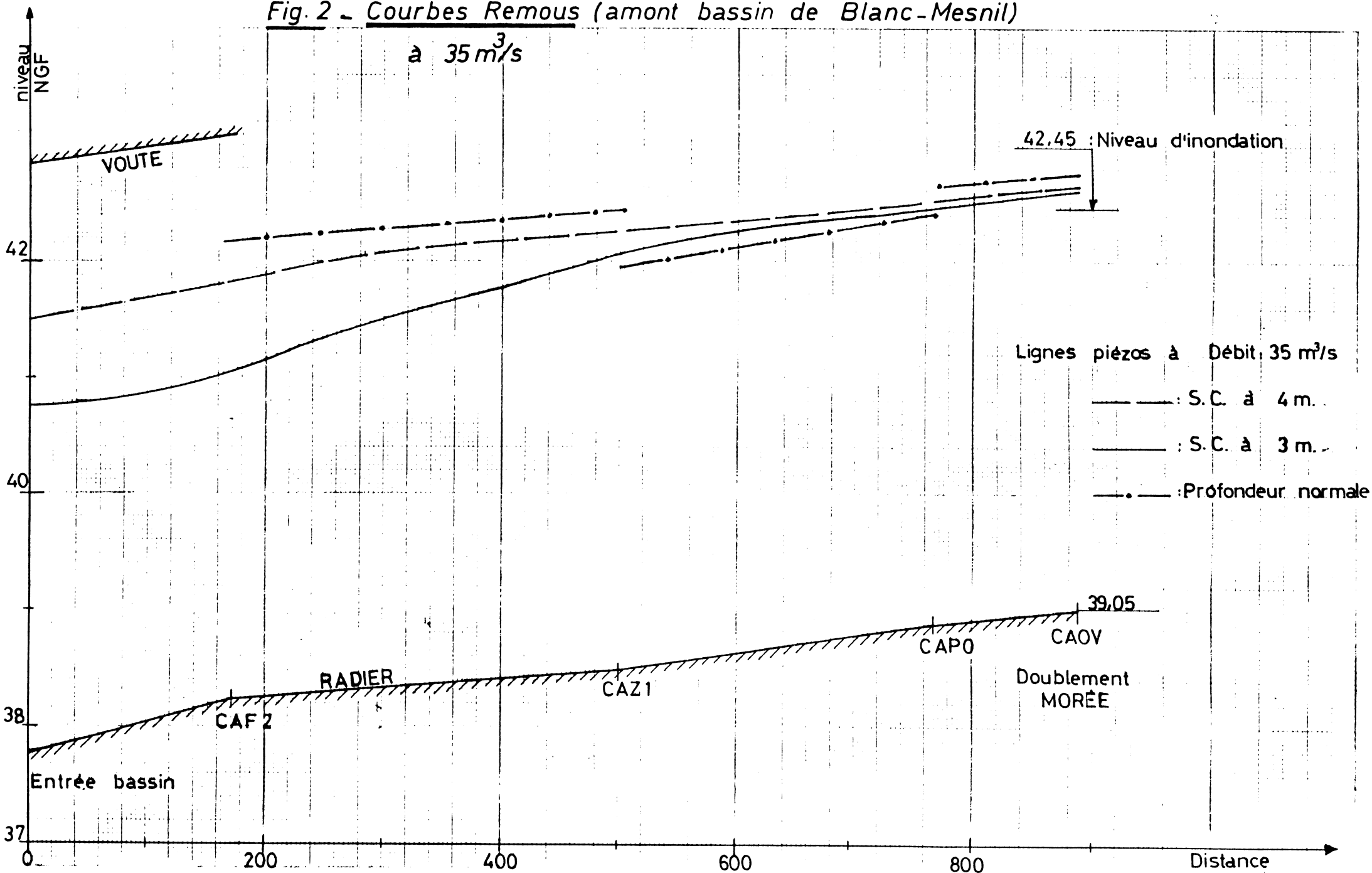


Fig. 3 - Relevé terrain près de l'autoroute B3

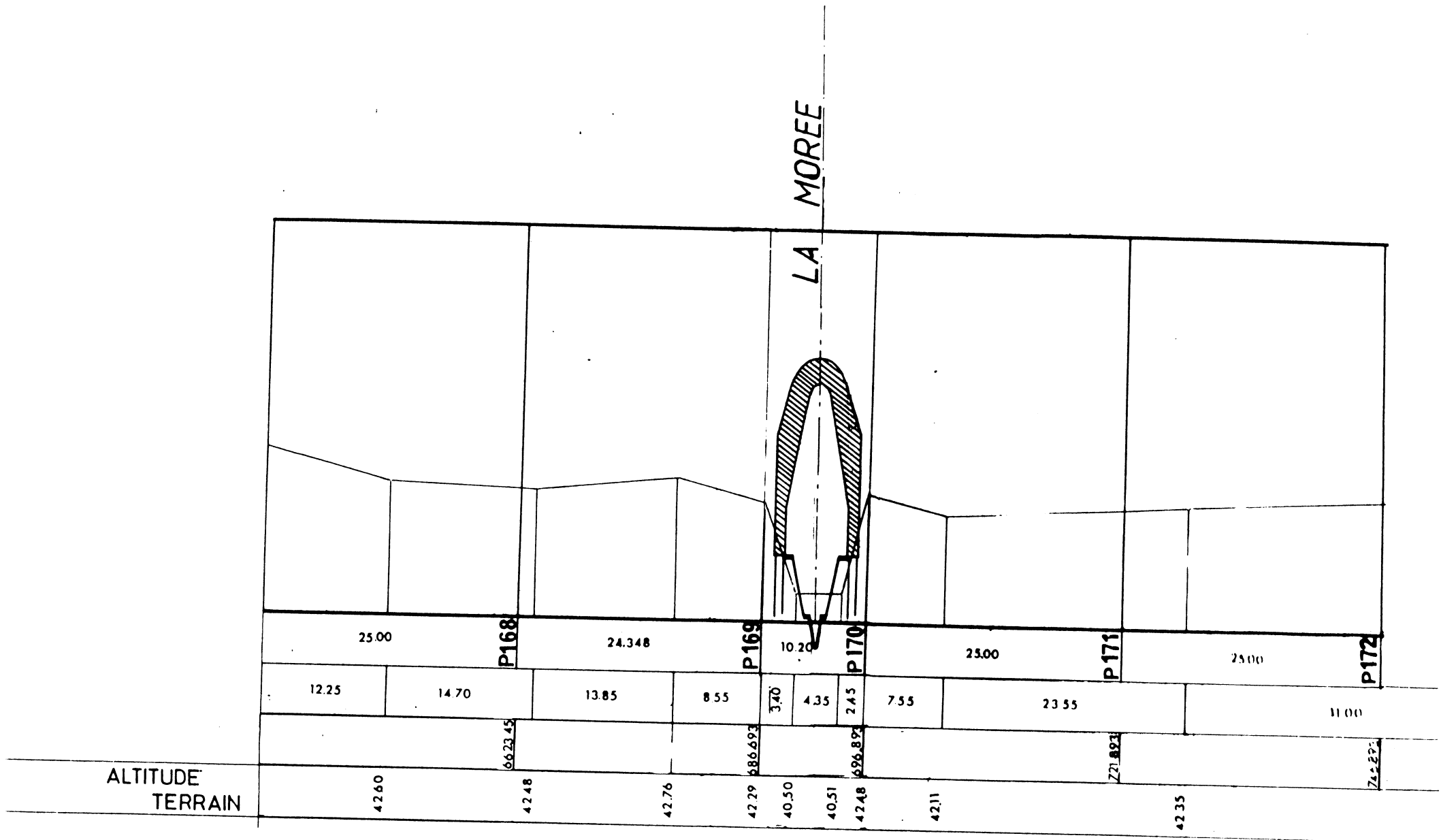
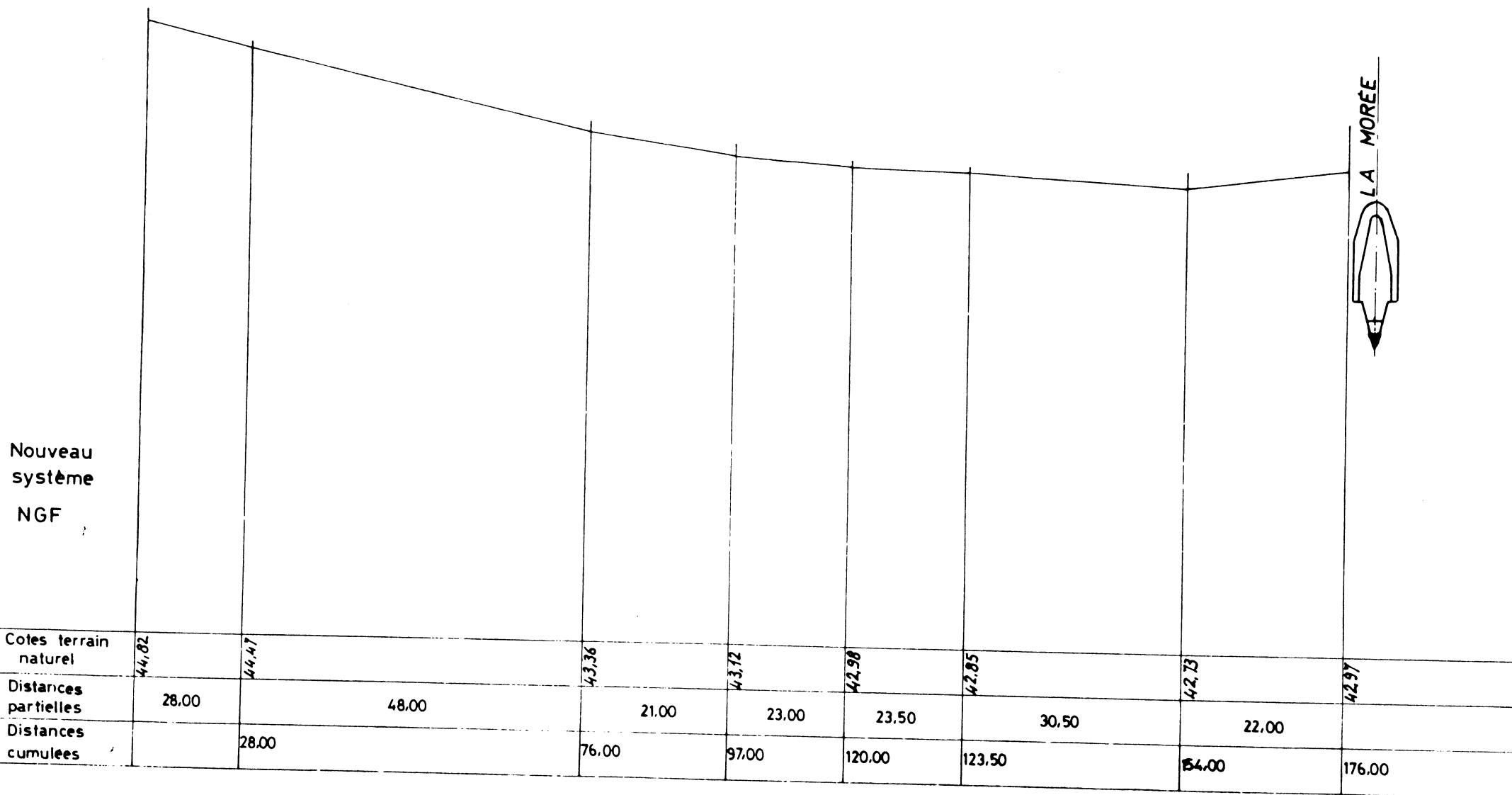
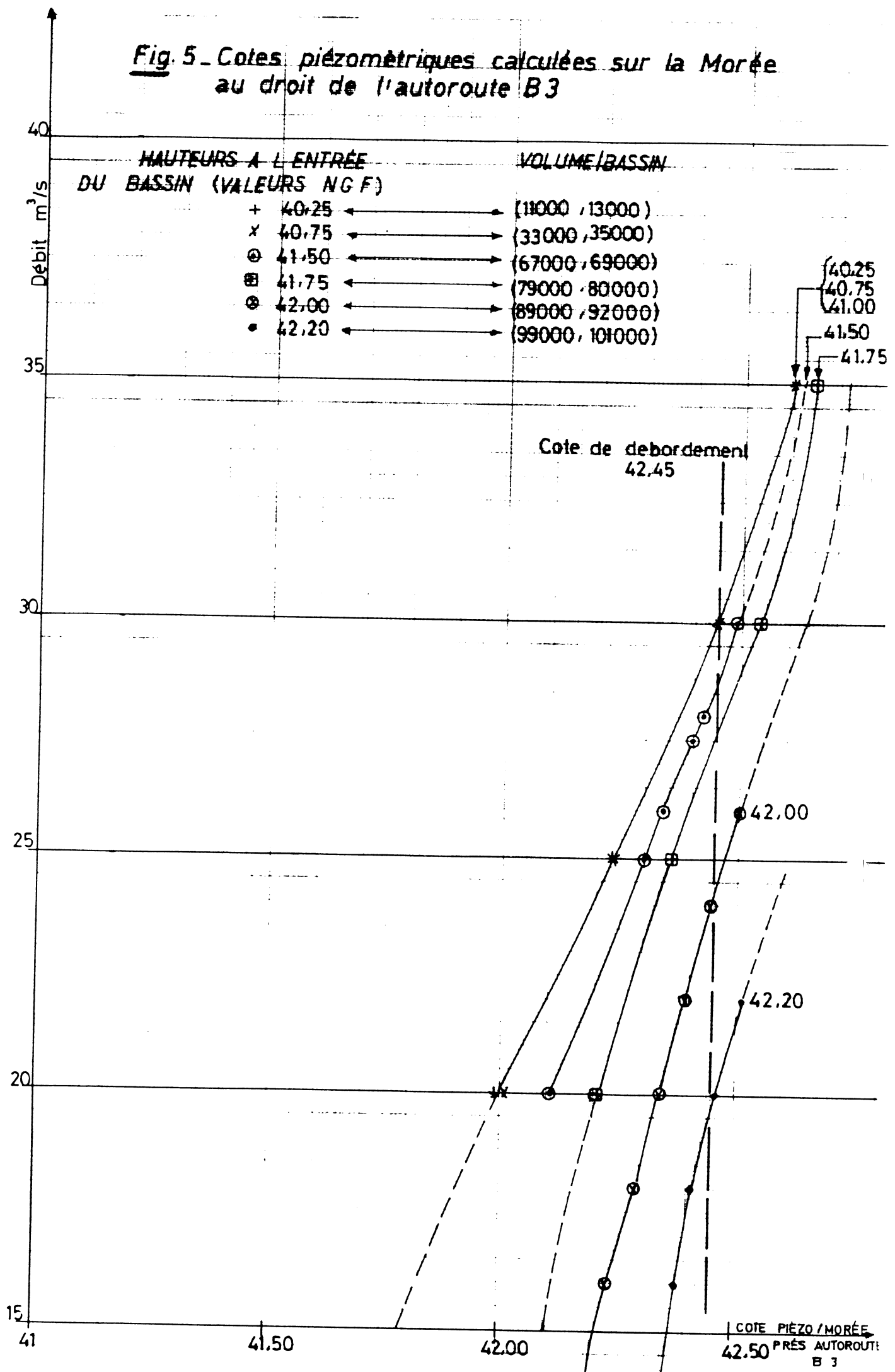


Fig. 4 - Relevé terrain pres de la rue de Roumanie (provenant du dossier du lotissement du SAUTROU  
classé à la préfecture de Seine et Oise le 24 Juin 1961



**Fig. 5 - Cotes piézométriques calculées sur la Morée  
au droit de l'autoroute B3**



**Fig. 6.- Volume maximum dans le bassin de Blanc-Mesnil en fonction du débit d'apport**

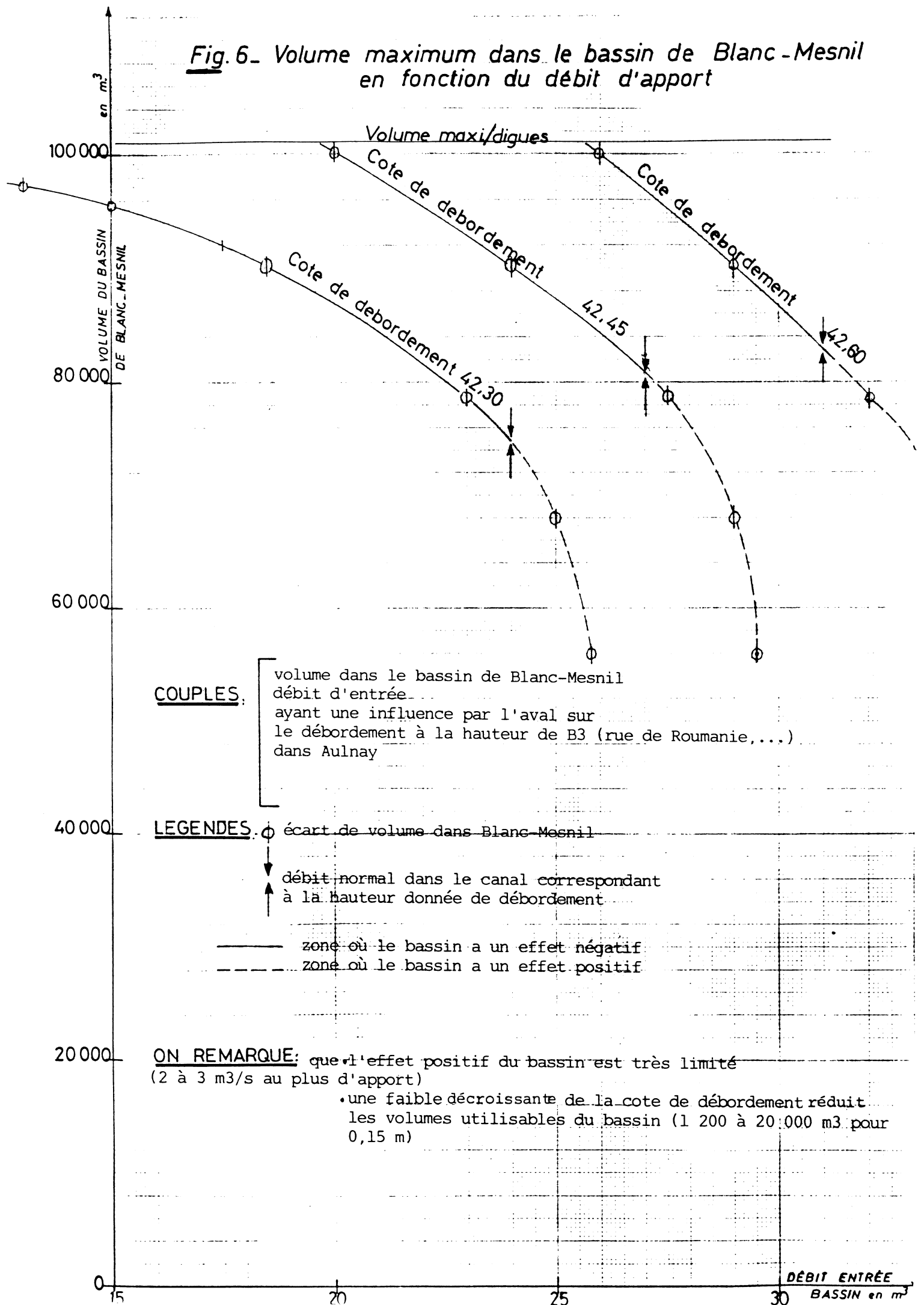


Fig. 7-1<sup>e</sup> Crue faible  $< 15 \text{ m}^3/\text{s}$

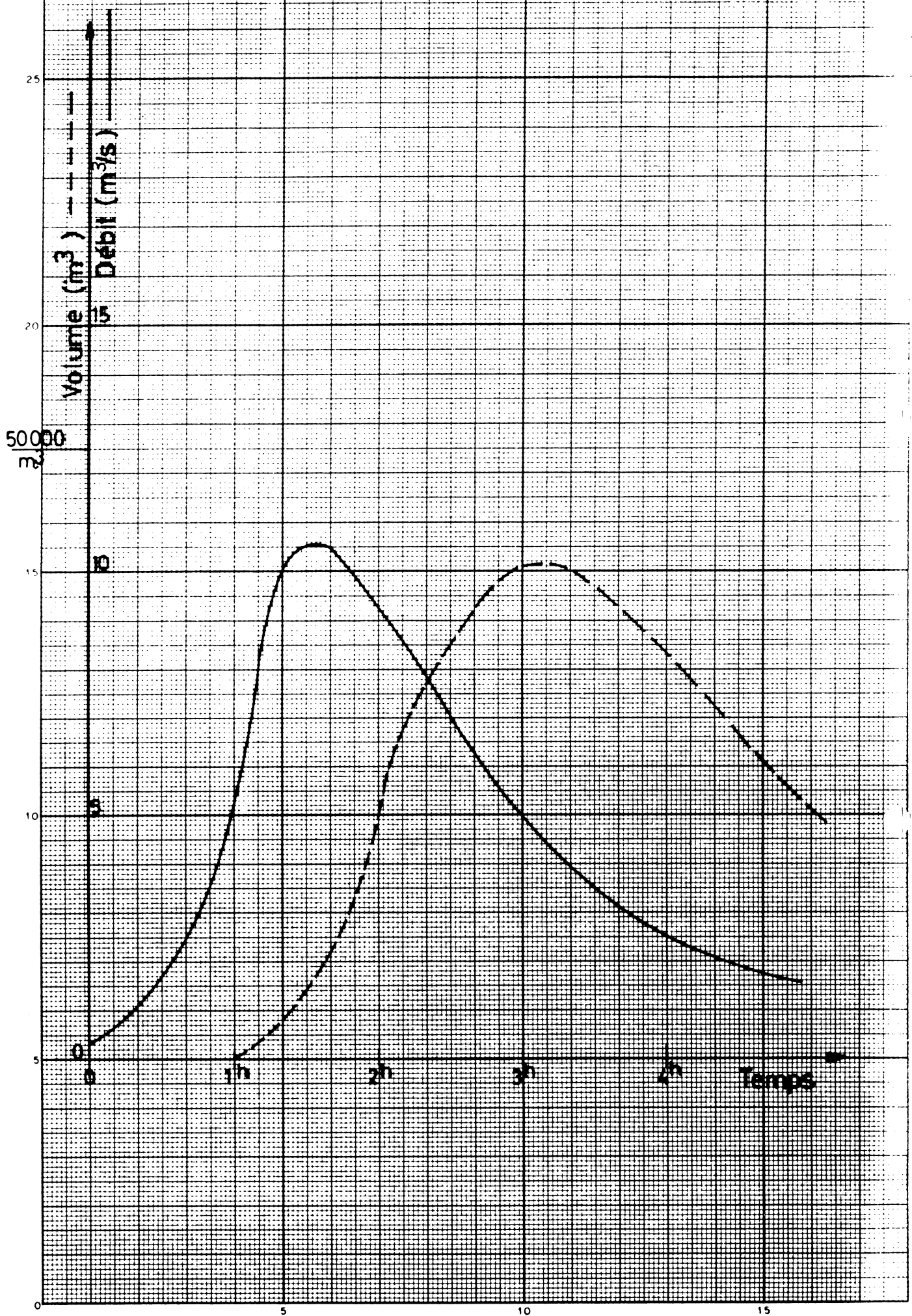
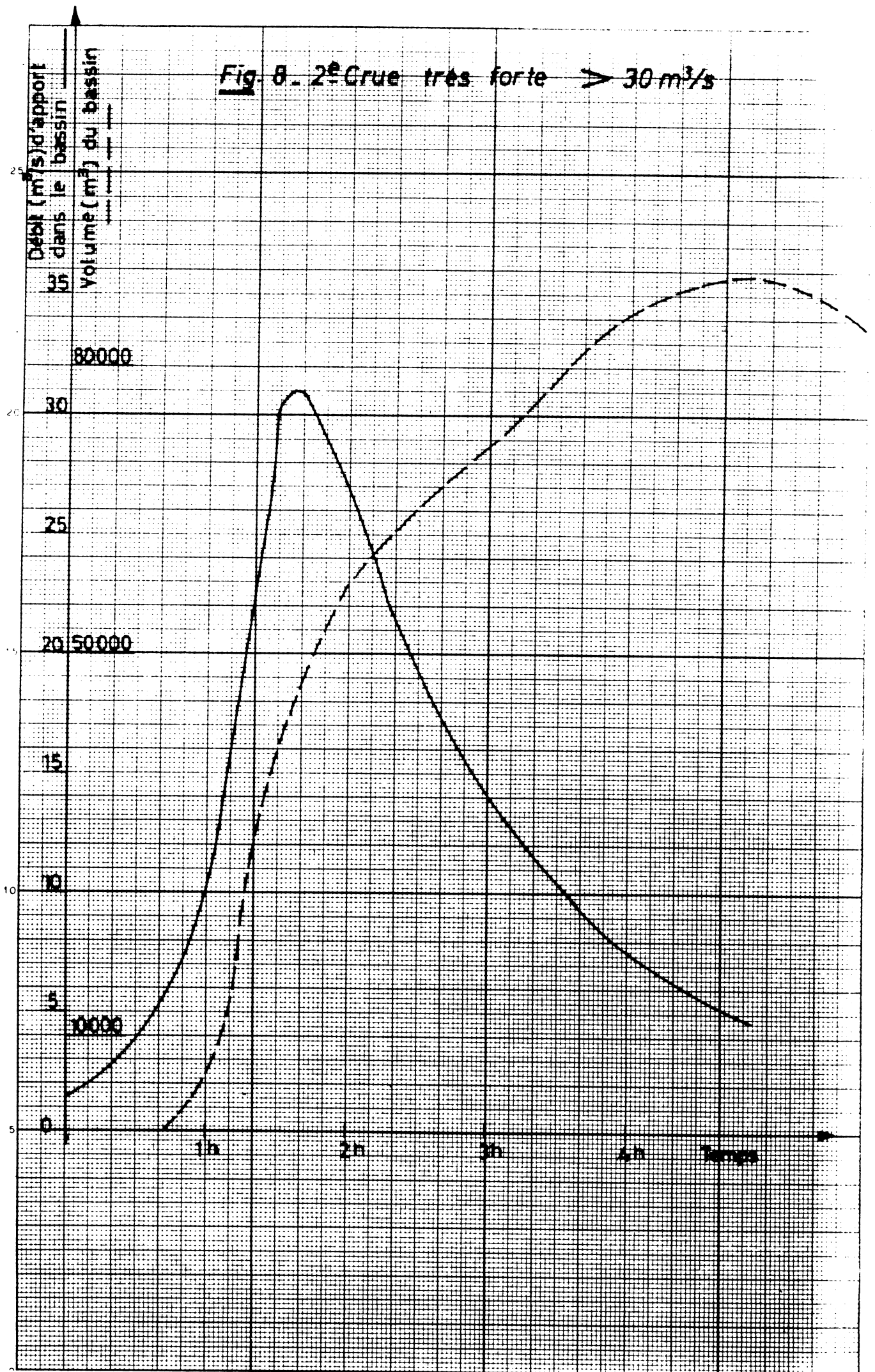


Fig. 8. 2<sup>e</sup> Crue très forte  $> 30 \text{ m}^3/\text{s}$



**Fig. 9 -** Crue pour laquelle l'efficacité du pilotage sera optimale

