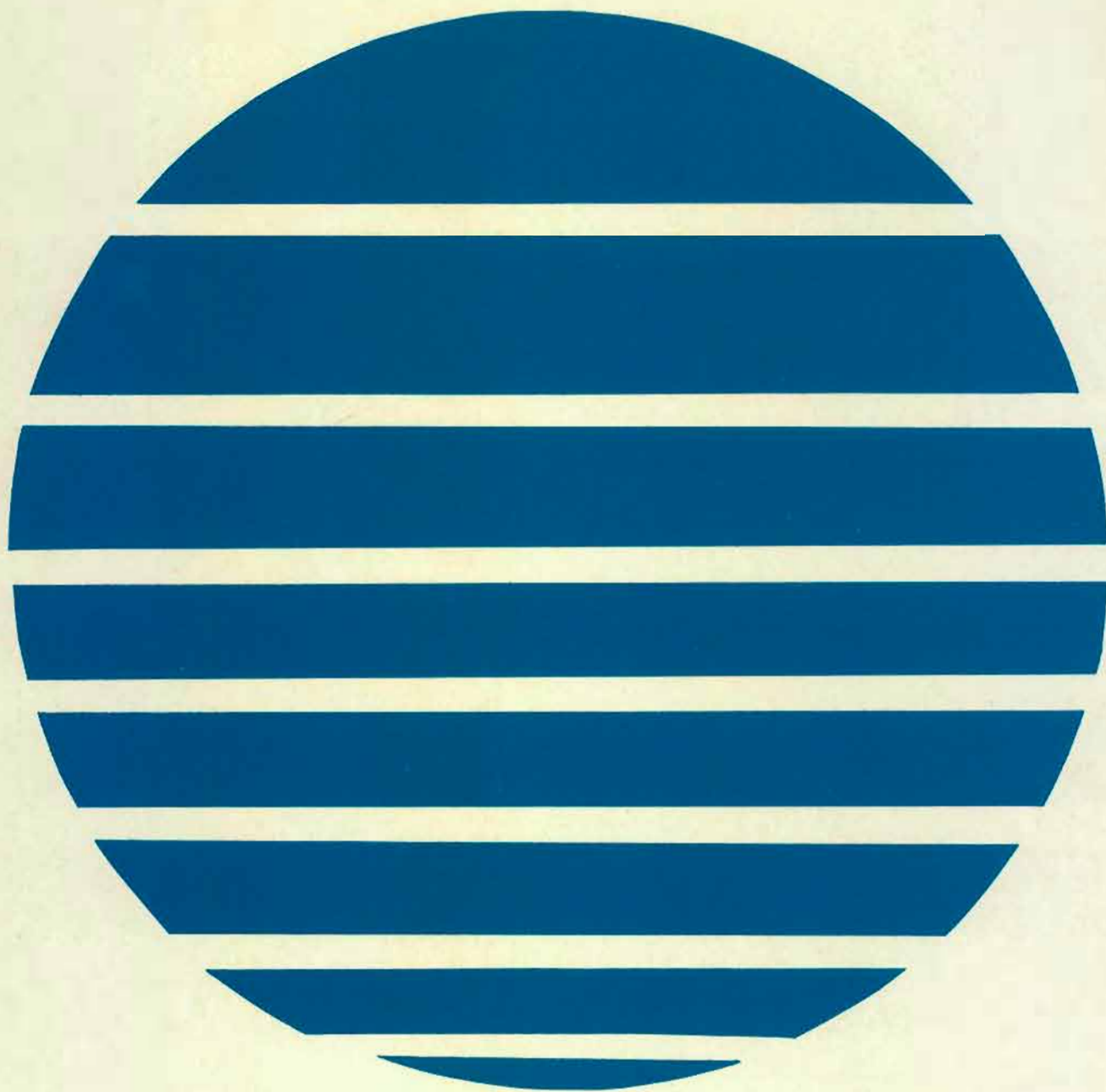


ANNALES HYDROGRAPHIQUES

5^{ème} Série - Vol. 12 - 1984

N° 759



Service Hydrographique
et Océanographique de la Marine - Paris

759 - ZTL

- Toute correspondance relative au contenu de cette publication, et notamment à l'insertion d'articles, doit être adressée au Service Hydrographique et Océanographique de la Marine, 3, avenue Octave-Gréard, 75200 Paris Naval.
- Toute correspondance relative au service de cette publication doit être adressée à l'Établissement Principal du Service Hydrographique et Océanographique de la marine, 13, rue du Chatellier, B.P. 426, 29275 Brest Cedex.

ANNALES HYDROGRAPHIQUES

TABLE DES MATIÈRES

Première partie

Pages

- Etude analytique d'un modèle des marées littorales à l'aide des multiplicités bicaractéristiques. Deuxième partie (A) : compléments sur les multiplicités bicaractéristiques, équations approchées, par MM. Y. BIOLLAY, Ecole Polytechnique Fédérale, Lausanne (Suisse) et J. KRAVTCHENKO, Université Scientifique et Médicale, Grenoble 5
- Evaluation du réseau Syledis-Bretagne (1981-1983), par M. J.-C. GUYON, Ingénieur Principal de l'Armement (hydrographe) 15

Deuxième partie

- Mission Océanographique de Méditerranée (juin 1981 - octobre 1983), par M. F. HABERT, Ingénieur en Chef de l'Armement (hydrographe) 113



PREMIÈRE PARTIE

ÉTUDE ANALYTIQUE D'UN MODÈLE DES MARÉES LITTORALES À L'AIDE DES MULTIPLICITÉS BICARACTÉRISTIQUES

DEUXIÈME PARTIE (A) COMPLÉMENTS SUR LES MULTIPLICITÉS BICARACTÉRISTIQUES EQUATIONS APPROCHÉES

par

Yves BIOLLAY, Ecole Polytechnique Fédérale, CH-1007 Lausanne (Suisse)
Julien KRAVTCHEKO, Université Scientifique et Médicale, F-38100 Grenoble (France)

RÉSUMÉ

Les premiers paragraphes de la 2^e partie de ce travail sont consacrés à la démonstration de quelques propriétés des surfaces et des multiplicités bicaractéristiques introduites et définies dans la première partie. En particulier, on forme tous les systèmes équivalents à (E) et l'on montre qu'il existe trois types différents de systèmes (e). On établit également le système approché correspondant au système (e) le plus simple.

Les applications des résultats obtenus seront développés dans un prochain fascicule de ce périodique (par exemple, régularisation des singularités a priori).

ABSTRACT

The first paragraphs of the 2nd part of this paper are devoted to the demonstration of some properties of the characteristic surfaces and multiplicities introduced and defined in the first part. In particular, we form all the systems equivalent to (E) and we show that it exists three different kinds of system (e). We also establish the approximate system which corresponds to the simplest system (e).

The applications of the obtained results will be treated in a next number of this periodical (for instance, regularization of a priori singularities).

1. INTRODUCTION

La première partie de cette étude a paru en [1]. Nous reprenons, dans ce qui suit, les notations introduites dans celle-ci et ajouterons l'indice I aux renvois s'y rapportant.

Le paragraphe 2 du présent fascicule est destiné à compléter l'étude des systèmes (e) associés et équivalents à (E) et des multiplicités bicaractéristiques correspondantes lorsqu'elles sont attachées aux solutions régulières de (E). La fin de ce paragraphe ainsi que les applications tirées des résultats obtenus paraîtront dans un fascicule prochain*; elles concernent la régularisation, au moyen des variables caractéristiques, des singula-

rités a priori que peuvent présenter les solutions de (E) à la frontière de leur domaine de définition [voir aussi § 1.4)].

2. SYSTÈMES ASSOCIÉS (e) ÉQUIVALENTS À (E). APPLICATION AUX MODÈLES NUMÉRIQUES

En (2.3.1)_I, on a démontré que toute solution régulière dans $\mathcal{D}$ du système choisi (e) est aussi solution de (E). Nous allons former maintenant tous les systèmes (e) associés à (E) qui possèdent cette propriété. Toutefois, dans l'alinéa cité, celle-ci n'a été établie que moyennant la condition suivante : aucune des surfaces S_α , S_β , S_γ , porteu-

* n° 760 des Annales Hydrographiques.

ses des multiplicités bicaractéristiques M_α , M_β , M_γ , ne possède de plan tangent parallèle à Ox . Nous levons cette restriction au moyen de raisonnements simples, utilisés dans d'autres cas d'ailleurs. Ainsi, le problème de Cauchy posé relativement à (E) et à une multiplicité normale dont le support est une surface cylindrique à génératrices parallèles à Ox admet une solution dans les conditions qu'on précisera; on verra également que de tels cylindres peuvent appartenir à une famille de surfaces bicaractéristiques.

Rappelons enfin que pour achever l'étude de l'équivalence entre (E) et l'un quelconque des systèmes (e), il restait à construire pour toute solution de (E), régulière dans un domaine D, une représentation paramétrique en variables caractéristiques de type (1.1); ce point est traité en 2.3.

On a indiqué au (§ 1.4), quelques objections soulevées par les méthodes résolutive approchées des problèmes aux limites posés relativement à (E) et fondées sur l'emploi des multiplicités bicaractéristiques définies dans l'espace $Oxyz$: la zone d'influence des données dans le domaine D n'étant pas fixée a priori, il s'ensuit qu'au point de vue numérique les nœuds du maillage constitué par un ensemble discrétisé des supports S_α , S_β , S_γ des multiplicités génératrices M_α , M_β , M_γ sont des inconnues supplémentaires du problème; ces dernières sont alors déterminées numériquement en progressant pas à pas à partir des données initiales. Cette circonstance complique évidemment la programmation des calculs à effectuer. Mais on verra que le recours aux variables caractéristiques permet de tourner cette difficulté en utilisant un maillage fixé a priori dans $\mathcal{D} \subset O\alpha\beta\gamma$, de sorte que la méthode de calcul approché des solutions de (E), fondée sur l'emploi des multiplicités bicaractéristiques, reste aussi pratique que les procédés usuels.

On terminera ce paragraphe par la description succincte d'un schéma de calcul numérique qui fait apparaître explicitement le rôle des bicaractéristiques.

2.1. Formation de tous les systèmes (e) équivalents à (E)

Le système équivalent (e) choisi dans la première partie (§ 2.2), et déterminant les trois familles S_α , S_β , S_γ de représentation paramétrique (1.1), est tel que seule la famille S_α est formée de surfaces tangentes en chacun de leurs points P à l'axe δ_P du cône caractéristique d'équation (2.22), ayant son sommet en P: nous noterons (π) cette propriété d'une surface caractéristique.

Montrons maintenant qu'on peut prendre pour éléments générateurs de la solution (1.1), de (E)

a) soit trois familles dont deux — S_α et S_β pour fixer les idées — possèdent la propriété (π),

b) soit trois familles dont aucune ne possède cette propriété.

Cas a):

Dans ce cas, en chaque point P de la courbe C commune aux surfaces S_α et S_β , C est tangente à la droite δ_P correspondante sans que S_α et S_β puissent être tangentes entre elles le long de C. Sinon, le trièdre défini par les plans tangents en P à S_α , S_β , S_γ serait dégénéré, ce que contredit (1.2).

Il résulte de cette remarque que l'on ne peut prendre trois familles possédant chacune la propriété (π): sinon les 3 plans tangents aux surfaces en P passeraient par δ_P et (1.2), ne serait plus satisfaite.

Le nouveau système associé est donc constitué par les équations (2.16), et (2.13), les équations déduites de celles-ci en remplaçant β , γ par γ , α et les équations (2.18), et (2.15). Dans ce cas, la figure 1 de la première partie est à remplacer par la figure 2: en P, les plans tangents à S_α , S_β et S_γ sont ici les plans PBD, PAD et PAB.

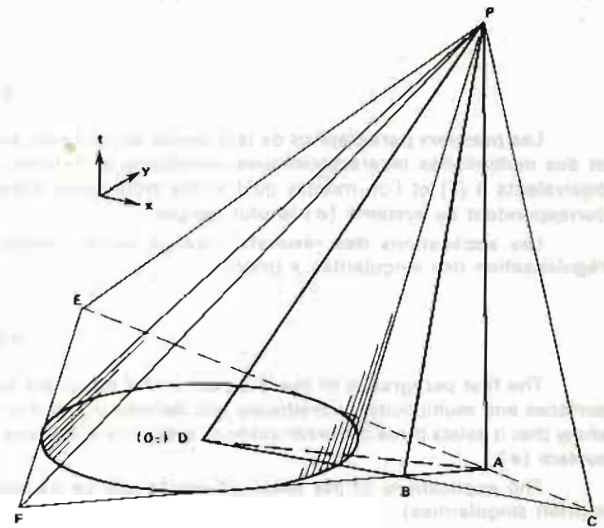


FIG. 2.

L'équivalence entre le système défini ci-dessus et (E) se démontre à l'aide d'un raisonnement analogue à celui de (2.3.1), adapté à la présente situation.

Tout d'abord, le déterminant (2.20), est à remplacer par le suivant:

$$\begin{vmatrix} -D_{\beta\gamma}^{\alpha} & D_{\beta\gamma}^{\alpha\gamma} & 0 \\ -D_{\gamma\alpha}^{\alpha} & D_{\gamma\alpha}^{\alpha\gamma} & 0 \\ (\zeta + h) D_{\alpha\beta}^{\alpha} & (\zeta + h) D_{\alpha\beta}^{\alpha\gamma} & -P_{\alpha\beta} \end{vmatrix} = P_{\alpha\beta} \cdot (D_{\beta\gamma}^{\alpha} D_{\gamma\alpha}^{\alpha\gamma} - D_{\gamma\alpha}^{\alpha} D_{\beta\gamma}^{\alpha\gamma}) \quad (2.1)$$

Par suite, la condition d'équivalence entre (E) et (e) choisi revient à montrer que le deuxième membre de (2.1) est $\neq 0$. D'autre part, les normales $\vec{n}_{S_\alpha}$ et $\vec{n}_{S_\beta}$ à S_α et S_β portent les vecteurs de composantes

$$(D_{\beta\gamma}^{\alpha}, D_{\beta\gamma}^{\alpha\gamma}, D_{\beta\gamma}^{\alpha\alpha}) \text{ et } (D_{\gamma\alpha}^{\alpha}, D_{\gamma\alpha}^{\alpha\gamma}, D_{\gamma\alpha}^{\alpha\alpha})$$

respectivement. Or, l'intersection des plans tangents à S_α et S_β détermine l'axe δ_P du cône caractéristique en P , donné vectoriellement par $(x_P, y_P, t_P) + \lambda(u_P, v_P, 1)$ [cf. (2.3.2.)]. Comme u_P et v_P restent bornés, la troisième composante du vecteur directeur de δ_P n'est jamais nulle, c'est-à-dire que $(\vec{n}_{S_\alpha} \times \vec{n}_{S_\beta})_3 \neq 0$, ce qui s'écrit encore :

$$D_{\beta\alpha}^{xy} D_{\gamma\alpha}^{xz} - D_{\gamma\alpha}^{xy} D_{\beta\alpha}^{xz} \neq 0 \quad (2.2)$$

Enfin,

$$P_{\alpha\beta} = \sqrt{g(\zeta + h) [(D_{\alpha\beta}^{xy})^2 + (D_{\alpha\beta}^{xz})^2]}$$

n'est pas nul en vertu de (2.18), ou de (2.2); ainsi, il résulte de (2.2) que l'expression (2.1) est $\neq 0$.

Cas b) :

Le système associé est formé cette fois des équations (2.17), (2.14), et des équations déduites de celles-ci en y remplaçant γ, α par α, β et β, γ . Dans ce cas, les plans tangents aux surfaces $S_\beta, S_\gamma, S_\alpha$ sont tous trois tangents au cône caractéristique, et sont représentés sur la figure 2 par les plans PAE, PAF et PEF.

La condition d'équivalence entre (E) et (e) ainsi défini s'écrit alors :

$$\begin{vmatrix} (\zeta + h) D_{\beta\gamma}^{xy} & (\zeta + h) D_{\beta\gamma}^{xz} & -P_{\beta\gamma} \\ (\zeta + h) D_{\gamma\alpha}^{xy} & (\zeta + h) D_{\gamma\alpha}^{xz} & -P_{\gamma\alpha} \\ (\zeta + h) D_{\alpha\beta}^{xy} & (\zeta + h) D_{\alpha\beta}^{xz} & -P_{\alpha\beta} \end{vmatrix} \\ = -(\zeta + h)^2 \begin{vmatrix} D_{\gamma\alpha}^{xy} & D_{\gamma\alpha}^{xz} & P_{\gamma\alpha} \\ D_{\alpha\beta}^{xy} & D_{\alpha\beta}^{xz} & P_{\alpha\beta} \\ D_{\beta\gamma}^{xy} & D_{\beta\gamma}^{xz} & P_{\beta\gamma} \end{vmatrix} \neq 0 \quad (2.3)$$

Notons Δ' le dernier déterminant; or, d'après (2.17), on a :

$$P_{\gamma\alpha} = D_{\gamma\alpha}^{xy} + u D_{\gamma\alpha}^{xz} + v D_{\gamma\alpha}^{yz}$$

(et les relations analogues pour $P_{\beta\gamma}, P_{\alpha\beta}$).

Il s'ensuit que

$$\Delta' = \begin{vmatrix} D_{\beta\gamma}^{xy} & D_{\beta\gamma}^{xz} & D_{\beta\gamma}^{yz} \\ D_{\gamma\alpha}^{xy} & D_{\gamma\alpha}^{xz} & D_{\gamma\alpha}^{yz} \\ D_{\alpha\beta}^{xy} & D_{\alpha\beta}^{xz} & D_{\alpha\beta}^{yz} \end{vmatrix} \\ = \begin{vmatrix} D_{\beta\gamma}^{xy} & -D_{\beta\gamma}^{xz} & D_{\beta\gamma}^{yz} \\ -D_{\gamma\alpha}^{xy} & D_{\gamma\alpha}^{xz} & -D_{\gamma\alpha}^{yz} \\ D_{\alpha\beta}^{xy} & -D_{\alpha\beta}^{xz} & D_{\alpha\beta}^{yz} \end{vmatrix} = \Delta^2 \neq 0,$$

puisque, par exemple, $D_{\alpha\gamma}^{xz}$ est le mineur correspondant à l'élément y_β dans

$$\begin{vmatrix} x_\alpha & y_\alpha & t_\alpha \\ x_\beta & y_\beta & t_\beta \\ x_\gamma & y_\gamma & t_\gamma \end{vmatrix} = \Delta \neq 0 \text{ par hypothèse.}$$

Ce qui précède précise et justifie les résultats énoncés au (§ 2.2) : il existe trois types de systèmes (e), et trois seulement, associés et équivalents à (E), chacun desquels comprenant zéro, une ou deux paires d'équations analogues à (2.16), et (2.13). Par conséquent, à chaque système (e) ainsi défini correspond un réseau spécifique de surfa-

ces coordonnées $S_\alpha, S_\beta, S_\gamma$. Il s'ensuit qu'il existe trois algorithmes distincts pour le calcul approché des solutions de (E). Mais remarquons de suite que le système (e) défini à la lettre a) ci-dessus est le plus aisé à traiter en raison de la simplicité relative des 4 premières équations qui le constituent. C'est pourquoi nous avons retenu ce seul cas, pour illustrer, par un exemple explicite, l'algorithme résolutif correspondant (voir § 2.4).

2.2. Surfaces caractéristiques porteuses des données régulières et possédant des plans tangents parallèles à Ot

Nous allons lever, dans ce paragraphe, la restriction imposée (en (2.3.1)), et montrer que le résultat qui y est établi subsiste lorsque des surfaces $S_\alpha, S_\beta, S_\gamma$ possèdent des plans tangents parallèles à Ot . La démonstration s'applique à tous les systèmes (e) équivalents à (E), donc aussi à ceux formés au § 2.1. Rappelons les cas où cette circonstance peut se produire.

Si la surface S_α , pour fixer les idées, vérifie la propriété (π) du § 2.1, son plan tangent $\tau_\alpha(P)$ en $P(x, y, t) \in S_\alpha$ est parallèle à Ot quand il contient à la fois la droite δ_P et la droite PT parallèle à Ot . En général, ces deux droites sont distinctes et $\tau_\alpha(P)$ est univoquement défini en chaque point $P \in D$ où il en est ainsi. Mais, si $u(P) = v(P) = 0$, δ_P et PT sont confondus; la position de $\tau_\alpha(P)$ est alors indéterminée.

Supposons maintenant que S_α ne possède pas la propriété (π) : elle est donc tangente, en chacun de ses points P , au cône caractéristique $C(P)$, de sommet P et déterminé analytiquement par (2.22). Or, nous avons constaté en (2.3.3), que dans les conditions usuelles, la droite PT est intérieure à $C(P)$, de sorte que $\tau_\alpha(P)$ ne peut être parallèle à Ot . Mais, au point de vue analytique, on peut envisager le cas où PT est extérieure à $C(P)$: pour abréger, nous excluons donc cette éventualité où on pourrait mener deux plans $\tau_\alpha(P)$ tangents à $C(P)$ et parallèles à Ot , qui se réduisent à un seul si PT est une génératrice du cône.

En tenant compte des résultats obtenus au § 2.1, nous voyons que pour un système u, v, ζ de solutions régulières de (E), il pourrait exister au plus deux des trois surfaces $S_\alpha, S_\beta, S_\gamma$ passant par $P \in D$ et y admettant des plans tangents parallèles à Ot . Dans la suite, nous noterons A les points appartenant à D où l'un, au moins, des plans tangents $\tau_i(A)$, $i = \alpha, \beta$ ou γ , aux surfaces S_i possède cette propriété. Or, nous avons montré en (2.3.1), que l'implication (e) $\Rightarrow$ (E) résulte des relations (2.19), pour autant que

$$(D_{\alpha\beta}^{xy} \cdot D_{\beta\gamma}^{xz} \cdot D_{\gamma\alpha}^{yz})|_P \neq 0 \quad (2.4)$$

Cette condition peut être formulée de la façon suivante.

Pour que le système (2.19)₁ soit vrai au point $P \in D$, il suffit que $P \neq A$. Mais cette restriction n'est pas nécessaire pour justifier $(e) \Rightarrow (E)$.

Soit (1.1)₁ une solution de (e) , régulière dans D , et telle que l'on n'ait pas

$$\frac{\partial u}{\partial t} \equiv \frac{\partial v}{\partial t} \equiv \frac{\partial \zeta}{\partial t} \equiv 0 \text{ (mouvement permanent) (2.5)}$$

Notons A_0 l'un des points A et $\bar{\omega}(A_0)$ un voisinage de A_0 , suffisamment petit et $\subset D$. Alors, admettons l'hypothèse :

Il existe un arc de courbe régulière $L \subset \bar{\omega}(A_0)$, passant par A_0 et tel que $\forall P \in L$, on a $P \neq A$, sauf si $P = A_0$.

Remarquons que, si $\exists L$, chaque $P \in \bar{\omega}(A_0)$ serait un point A . Donc, l'un au moins des facteurs de (2.4) — $D_{\alpha\beta}^{\alpha\beta}$ pour fixer les idées — serait nul sur $\bar{\omega}(A_0)$ et toute portion de surface $S_\gamma \subset \bar{\omega}(A_0)$ se réduirait à une portion de cylindre à génératrices parallèles à Ot . Or, comme nous le verrons, cette circonstance ne se présente nécessairement que dans le cas d'un mouvement permanent, solution que nous avons écartée.

Admettons maintenant qu'il existe une surface bicaractéristique S_γ , engendrée par les points A . Il résulte de ce qui précède qu'il ne peut y avoir d'autres surfaces jouissant de cette propriété que si $\gamma \notin [\gamma' - \varepsilon, \gamma' + \varepsilon]$, ($\varepsilon > 0$). Autrement dit, S_γ est nécessairement une surface isolée dans D . D'après l'hypothèse, $D_{\alpha\beta}^{\alpha\beta} \neq 0$, $\forall P \in L$, ($P \neq A_0$); donc, on peut écrire, comme après (2.20),

$$[I] = [II] = [III] = 0, \forall P \in L, P \neq A_0 \quad (2.6)$$

Or, la transformation (1.1)₁ étant bijective et régulière, les expressions [I], [II], [III] définies en variables x, y, t peuvent être mises sous forme de fonctions $F_i(\alpha, \beta, \gamma)$, $i = 1, 2, 3$ respectivement; ces dernières sont des fonctions continues de α, β, γ sur $\mathcal{D}$, à cause des hypothèses de régularité imposées à la transformation $(x, y, t) \Leftrightarrow (\alpha, \beta, \gamma)$.

Notons $a_0, p(\alpha, \beta, \gamma), \ell$ les homologues de $A_0, P(x, y, t), L$ et posons $F_i(\alpha, \beta, \gamma) = F_i(p)$. De ce qui précède, il s'ensuit que

$$\exists F_i(a_0) \text{ et } \lim_{\substack{p \rightarrow a_0 \\ p \in \ell}} F_i(p) = F_i(a_0), i = 1, 2, 3 \quad (2.7)$$

Ainsi, puisque $F_i(p) = 0$, on a $F_i(a_0) = 0$, ce que nous voulions établir.

La démonstration de l'implication réciproque $(E) \Rightarrow (e)$ en A_0 repose sur le fait que toute solution régulière de (E) admet une infinité de représentations paramétriques (1.1)₁. Ce théorème, intuitivement évident sera démontré au § 2.3.

Soit alors $u, v, \zeta(x, y, t)$ une solution régulière de (E) et (1.1)₁ une quelconque de ses représentations régulières sur $\mathcal{D}$. Écrivons $\Phi_i = 0$, $i = 1, 2, \dots, 6$, les équations de (e) et notons, comme ci-dessus, $\Phi_i(p), \Phi_i(a)$ les expressions de Φ_i quand on y remplace x, y, t, u, v, ζ par les seconds membres de (1.1)₁. Ceux-ci étant réguliers sur $\mathcal{D}$, y compris en les points a , il s'ensuit que les

Φ_i sont continues sur $\mathcal{D}$. Or, l'implication $(E) \Rightarrow (e)$ établie $\forall p \in \mathcal{D}$ entraîne $\Phi_i(p) = 0$, puis $\Phi_i(a) = 0$, c.q.f.d.

On a établi, par conséquent, l'équivalence $(E) \Leftrightarrow (e)$ en tout point de D ou de $\mathcal{D}$.

Remarque :

On peut justifier la conclusion précédente d'une autre manière et sans avoir recours à l'hypothèse et au théorème cités dans ce paragraphe. Observons que la restriction (2.4) est imposée par la dissymétrie des rôles joués par les variables spatiales x, y d'une part et la variable temporelle t d'autre part. Car, en choisissant comme représentation analytique de la surface S_α l'équation $t = t(x, y)$, on exclut a priori deux éventualités :

a) l'ensemble des points $A \in S_\alpha$ est une courbe régulière (pouvant se réduire à des points isolés) qui forme le diamètre apparent de S_α par rapport au plan Oxy ;

b) tout point de S_α est un point A c'est-à-dire que S_α est un cylindre à génératrices parallèles à Ot .

Or, au point de vue analytique, la distinction entre x, y et t est artificielle. Pour y remédier, on peut utiliser la méthode classique de changement de repère en déduisant de $Oxyt$ le repère $Ox'y't'$ par une rotation arbitraire autour de O (définie à l'aide d'une matrice orthogonale), mais telle que Ot et Ot' ne soient pas confondus. On aboutira alors, après des calculs assez longs, aux mêmes résultats que ceux obtenus dans le présent paragraphe.

2.3. Construction et propriétés géométriques des représentations paramétriques (1.1)₁

Nous avons affirmé, au début de (2.3.1)₁, que toute solution régulière $u(x, y, t), v, \zeta$ de (E) , supposée explicitée dans un domaine $D \subset Oxyt$, admettait une représentation paramétrique (1.1)₁ en variables caractéristiques α, β, γ , et avons démontré les propositions suivantes, réciproques l'une de l'autre :

— Soit une solution de (E) régulière dans D ; alors sa représentation (1.1)₁, vérifiant (1.2)₁, si elle existe, doit être solution régulière d'un système (e) associé à (E) ; (2.8)

— Soit une solution régulière (1.1)₁ de (e) , satisfaisant (1.2)₁; alors cette solution est une représentation paramétrique d'une solution régulière de (E) . (2.9)

Ces propositions rendent intuitivement évidente la propriété énoncée ci-dessus; mais sa justification rigoureuse, donnée ci-après, complètera la démonstration de l'équivalence entre (E) et l'un des systèmes associés (e) . De plus, on énoncera quelques propriétés géométriques concrètes des surfaces bicaractéristiques $S_\alpha, S_\beta, S_\gamma$.

2.3.1. Définitions et lemmes

Précisons tout d'abord la notion de *régularité*.

Déf. I : une fonction (d'un nombre quelconque de variables indépendantes) définie dans un domaine y est régulière, de classe $R^{(1)}$, si elle y possède toutes ses dérivées partielles du premier ordre continues par rapport aux variables; elle sera régulière, de classe $R^{(2)}$, s'il en est de même pour ses dérivées partielles du second ordre.

Déf. II : une courbe est régulière ($R^{(1)}$ ou $R^{(2)}$) si les angles de sa tangente avec les axes de coordonnées sont des fonctions régulières (de classe $R^{(1)}$ ou $R^{(2)}$) de l'abscisse curviligne du point de contact.

Déf. III : une surface est régulière ($R^{(1)}$ ou $R^{(2)}$) si les angles de sa normale avec les axes de coordonnées sont des fonctions régulières ($R^{(1)}$ ou $R^{(2)}$) des coordonnées du pied de la normale.

Nous dirons que la multiplicité $m(\Sigma, u, v, \zeta)$ portée par la surface $\Sigma \subset D$ est régulière $R^{(2)}$ (p. ex.) si Σ, u, v, ζ possèdent cette propriété. Dans la suite, nous écrirons, pour abréger, régulière à la place de régulière $R^{(1)}$.

Remarques :

a) La définition de régularité des courbes ou surfaces est indépendante du choix du repère. Mais il n'en est pas de même de toute représentation analytique de ces éléments. De plus, on montre aisément qu'à un élément géométrique régulier correspond une infinité de représentations analytiques possédant la même régularité (voir, en particulier, le § 2.2.).

b) La notion de régularité $R^{(2)}$ s'avère suffisante pour justifier certains résultats relatifs aux enveloppes des surfaces que nous avons à utiliser, l'hypothèse de régularité simple ne permettant pas d'établir les propriétés qui y sont attachées (cf. [8], [9]).

c) On trouvera, dans les travaux cités à la fin de cet article, des exposés consacrés à la théorie des équations aux dérivées partielles qui permettront aux lecteurs intéressés par ces problèmes d'en approfondir l'étude (cf. références [10] à [18]).

Énonçons maintenant le lemme 1 :

Soient $u(x, y, t)$, v, ζ une solution régulière de (E), explicitement donnée dans $D \subset Oxyz$ et Σ une surface définie dans D par $t = t(x, y)$ où t est de classe $R^{(1)}$. La condition nécessaire et suffisante pour que la multiplicité $m(\Sigma, u, v, \zeta)$, avec $u = u(x, y, t)$ etc., soit bicaractéristique $M(\Sigma, u, v, \zeta)$, ($S \equiv \Sigma$), est que t soit solution de l'une des 2 équations

$$u_p + v_q - 1 = 0 \quad (2.10)$$

$$(u_p + v_q - 1)^2 - g(\zeta + h)(p^2 + q^2) = 0 \quad (2.11)$$

où l'on a posé $p = t_x, q = t_y$.

On a vu, en effet, en (2.3.2.), que la multiplicité m ne peut être bicaractéristique que si t vérifie l'une des 3 équations (2.21), dont les 2 dernières sont équivalentes à (2.11) : la condition est donc nécessaire.

Notons que la décomposition de (2.11) en deux équations est utile pour justifier l'équivalence entre (E) et le système associé (e). Mais les raisonnements qui suivront sont simplifiés si l'on garde la forme condensée (2.11).

Pour montrer que la condition est suffisante, posons-nous le problème de Cauchy relativement à (E) et à la multiplicité $m(\Sigma, u, v, \zeta)$. Trois éventualités peuvent se présenter [cf. (§ 1.2.)] :

(c_1) m est normale; (c_2) m est caractéristique; (c_3) m est bicaractéristique.

Les cas (c_1) et (c_2) sont à écarter puisque m ne peut être normale car elle vérifie l'une des équations (2.21), ni caractéristique car u, v, ζ est solution régulière de (E).

Remarquons que la portée de ce lemme est limitée par l'hypothèse de régularité de t . Mais nous allons supprimer cette restriction en nous appuyant sur les considérations du § 2.2.

Observons tout d'abord que si (1.1), est une représentation paramétrique d'une solution régulière de (E), — α, β, γ n'étant pas nécessairement les variables caractéristiques —, toute surface $\Sigma \subset D$ peut être définie par les 3 premières équations de (1.1), (astreintes seulement à satisfaire (1.2)), et une relation liant α, β et γ . On peut supposer, sans restreindre la généralité, que cette relation peut être mise sous la forme

$$\alpha = \alpha(\beta, \gamma) \quad (2.12)$$

Par suite, Σ sera définie paramétriquement par (*)

$$\begin{aligned} x &= x(\alpha, \beta, \gamma) = x(\beta, \gamma), \quad y = y(\alpha, \beta, \gamma) = y, \\ t &= t(\alpha, \beta, \gamma) = t \end{aligned} \quad (2.13)$$

Ainsi, on aura, en posant $f(\alpha, \beta, \gamma) = f$, etc. :

$$f_\beta = (f_\alpha \cdot \alpha_\beta + f_t)_{\alpha=\alpha}, \quad f_\gamma = (f_\alpha \cdot \alpha_\gamma + f_t)_{\alpha=\alpha} \quad (2.14)$$

et

$$D_{\beta\gamma}^{fg} = (D_{\alpha\gamma}^{fg} \cdot \alpha_\beta + D_{\beta\alpha}^{fg} \cdot \alpha_\gamma + D_{\beta\gamma}^{fg})_{\alpha=\alpha} \quad (2.15)$$

Cherchons alors la condition moyennant laquelle la fonction $\alpha(\beta, \gamma)$, introduite dans (1.1), définit une multiplicité $m(\Sigma, u, v, \zeta)$ portée par Σ , qui soit ou caractéristique ou bicaractéristique de (E). Pour cela, il faut et il suffit qu'en chaque $P \in \Sigma$ cette surface possède la propriété (π) [cf. § 2.1.], ou soit tangente au cône $C(P)$ de sommet P ; or, l'interprétation géométrique des équations (2.10) et (2.11) traduit précisément ces conditions lorsque $t(x, y)$ est une fonction régulière. Par ailleurs, les composantes du vecteur normal à Σ en P

(*) Dans toute la suite, nous soulignons d'un trait unique les fonctions (composées ou non) de deux variables indépendantes et d'un double trait les fonctions d'une seule variable.

peuvent être mises sous la forme $(D_{\beta\gamma}^x, D_{\beta\gamma}^y, D_{\beta\gamma}^z)$ et sont, par hypothèse, continues, de sorte que la représentation paramétrique (2.12), (2.13) de Σ couvre l'éventualité où l'une, au moins, des dérivées t_x, t_y devient infinie.

Ainsi, les 7 fonctions $x(\beta, \gamma), y, t, u, v, \zeta$ et α sont astreintes à vérifier l'équation

$$u D_{\beta\gamma}^x + v D_{\beta\gamma}^y + D_{\beta\gamma}^z = 0 \quad (2.16)$$

lorsque Σ possède la propriété (π) , ou l'équation

$$(u D_{\beta\gamma}^x + v D_{\beta\gamma}^y + D_{\beta\gamma}^z)^2 - g(\zeta + h) [(D_{\beta\gamma}^x)^2 + (D_{\beta\gamma}^y)^2] = 0 \quad (2.17)$$

dans le cas contraire.

En égard à (2.15), ces deux relations se réduisent, lorsque l'on fait $\alpha = \alpha_0 = \text{constante}$ ($\Rightarrow \alpha_\beta = \alpha_\gamma = 0$), à (2.9), d'une part et à l'équation obtenue en annulant le second facteur de (2.8), d'autre part.

On peut maintenant énoncer le lemme 2 :

Soit (1.1)₁ une solution régulière de (2.4)₁, vérifiant (1.2)₁, supposée explicitée dans $\mathcal{D} \subset O\alpha\beta\gamma$; les variables α, β, γ sont quelconques en sorte que les fonctions $x(\alpha, \beta, \gamma), y, t$ sont arbitraires.

Alors la condition nécessaire et suffisante pour que la multiplicité $m(\Sigma, u, v, \zeta)$ portée par la surface Σ et définie paramétriquement en faisant $\alpha = \alpha(\beta, \gamma)$ dans (1.1)₁ soit bicaractéristique $M(\Sigma \equiv \Sigma, u, v, \zeta)$ de (E) est que $\alpha(\beta, \gamma)$ soit une solution régulière de (2.16) ou de (2.17).

En effet, les seconds membres de (1.1)₁, représentant une solution régulière du système (2.4)₁ équivalent (E), deviennent, par la substitution $\alpha = \alpha(\beta, \gamma)$ des fonctions données des variables β et γ et de l'inconnue α . En tenant compte de (2.15), il s'ensuit que les relations (2.16) ou (2.17) peuvent être considérées comme des équations aux dérivées partielles du premier ordre en $\alpha(\beta, \gamma)$. Cela posé, la démonstration s'achève comme celle du lemme 1.

Remarques :

- Ce qui précède reste valable si α, β, γ sont des variables caractéristiques attachées à (E); mais les seconds membres des 3 premières équations de (1.1)₁ ne sont plus quelconques.
- Le lemme 2 est encore vrai même si la surface Σ possède des plans tangents parallèles à Ot .
- On aurait pu poser dans (2.12) : $\beta = \beta(\gamma, \alpha)$ ou $\gamma = \gamma(\alpha, \beta)$ et reprendre les développements ci-dessus après permutations circulaires de α, β, γ .

2.3.2. Intégration des équations aux dérivées partielles rencontrées

Les équations (2.10) et (2.11) sont de la forme

$$F(x, y, t, p, q) = 0 \quad (2.18)$$

lorsque l'on suppose que $u(x, y, t), v, \zeta$ est une solution explicitée de (E). D'autre part, en admet-

tant que (1.1)₁ définisse une solution du système (2.4)₁ équivalent à (E), on sait qu'il est possible de choisir arbitrairement $x(\alpha, \beta, \gamma), y, t$, la condition (1.2)₁ étant supposée satisfaite. Cela dit, (2.16) et (2.17) sont de la forme

$$\Phi[\beta, \gamma, \alpha(\beta, \gamma), \alpha_\beta, \alpha_\gamma] = 0 \quad (2.18')$$

en rappelant que l'expression analytique de Φ dépend du choix de x, y, t . Par exemple, si α, β, γ sont les variables caractéristiques de (E) et que la surface S , définie par (2.13) et supposée porteuse d'une multiplicité $M(S, u, v, \zeta)$, vérifie la propriété (π) , l'équation (2.16) s'écrit alors, en y introduisant (2.15) :

$$(u D_{\beta\gamma}^x + v D_{\beta\gamma}^y + D_{\beta\gamma}^z)|_{\alpha=\alpha} + \alpha_\beta \cdot (u D_{\alpha\gamma}^x + v D_{\alpha\gamma}^y + D_{\alpha\gamma}^z)|_{\alpha=\alpha} + \alpha_\gamma \cdot (u D_{\beta\alpha}^x + v D_{\beta\alpha}^y + D_{\beta\alpha}^z)|_{\alpha=\alpha} = 0 \quad (2.19)$$

Distinguons trois cas :

(1) Admettons que les surfaces coordonnées S_α et S_β satisfont aussi la condition (π) . Alors la première et la seconde parenthèse de (2.19) sont nulles compte tenu de (2.16)₁ et de l'équation qu'on en déduit en y remplaçant $\beta\gamma$ par $\gamma\alpha$; par conséquent, (2.19) se réduit à

$$\alpha_\gamma \cdot (u D_{\beta\alpha}^x + v D_{\beta\alpha}^y + D_{\beta\alpha}^z)|_{\alpha=\alpha} = 0.$$

Or, la parenthèse restante ne peut être nulle; sinon la surface coordonnée S_γ posséderait aussi la propriété (π) , ce qui est impossible à cause de (1.2)₁. Donc, on doit avoir $\alpha_\gamma = 0 \Rightarrow \alpha = \underline{\alpha}(\beta)$, où $\underline{\alpha}$ est une fonction arbitraire de β uniquement. Il s'ensuit que les équations paramétriques de S s'écrivent

$$(x, y, t) = \vec{r} = \vec{r}[\underline{\alpha}(\beta), \beta, \gamma].$$

D'après cela, S est engendrée par la famille de courbes $\Gamma(\beta)$, définies en posant $\beta = \text{const.}$, et l'on a $\Gamma(\beta) = S_{\underline{\alpha}} \cap S_\beta$. Par conséquent, en vertu de (1.2)₁, les plans tangents à $S_{\underline{\alpha}}$ et S_β en un point P de $\Gamma(\beta)$ sont distincts et se coupent selon une droite qui est la tangente commune en P à $S_{\underline{\alpha}}$ et S_β et à $\Gamma(\beta)$. Comme $S_{\underline{\alpha}}$ et S_β possèdent, par hypothèse, la propriété (π) , cette tangente est confondue avec δ_P . On retrouvera d'ailleurs ce résultat par une autre voie.

(2) Si l'on suppose maintenant que les surfaces S_α soient les seules à posséder la propriété (π) , on tire de (2.19) la relation suivante :

$$\alpha_\beta (u D_{\alpha\gamma}^x + v D_{\alpha\gamma}^y + D_{\alpha\gamma}^z)|_{\alpha=\alpha} + \alpha_\gamma (u D_{\beta\alpha}^x + v D_{\beta\alpha}^y + D_{\beta\alpha}^z)|_{\alpha=\alpha} = 0 \quad (2.20)$$

qui est une équation linéaire et homogène en α_β et α_γ et dont l'intégration est, de ce fait, relativement simplifiée.

(3) Enfin, si aucune surface $S_\alpha, S_\beta, S_\gamma$ ne possède la propriété (π) , le premier membre de (2.19) est une forme linéaire non homogène. Notons que dans les cas (2) et (3), la condition $\alpha_\beta \cdot \alpha_\gamma \neq 0 \Rightarrow \alpha = \alpha(\beta, \gamma)$ détermine dans $O\alpha\beta\gamma$ une surface $\alpha = \alpha$ non dégénérée que l'on déduit de (2.19),

pour autant que l'on puisse résoudre cette équation aux dérivées partielles.

Ainsi, il est possible d'obtenir une surface caractéristique de (E) possédant la propriété (π) à partir d'une solution de (e) — même si aucune des familles S_i correspondantes ne possède cette propriété —.

Les raisonnements ci-dessus sont encore valables si on cherche à construire une surface S ne possédant pas la propriété (π) à partir d'une solution régulière (1.1), de (e). (Rappelons — cf. § 2.1. — que l'une au moins des familles S_i est supposée ne pas posséder la propriété (π)). Cette construction se ramène, à nouveau, à l'étude des solutions d'une équation aux dérivées partielles du type (2.18').

En résumé, on prouve ainsi que lorsqu'on connaît explicitement une solution régulière de (E), la détermination de toute multiplicité $M(\Sigma, \nu, \gamma, \zeta)$ bicaractéristique de (E) revient à intégrer une équation du type (2.18) dont nous adopterons l'écriture pour unifier les notations.

2.3.3. Rappel de la méthode d'intégration de Cauchy des équations (2.18) quasi-linéaires; application au problème des marées.

Considérons tout d'abord (2.18) de la forme

$$F = Pp + Qq - R = 0 \quad (2.21)$$

où P, Q, R sont des fonctions données régulières de $x, y, t = t(x, y)$, t étant l'inconnue, et $p = t_x$, $q = t_y$. En vue des applications à l'étude de (E), on peut, comme on le montrera, supposer $R(x, y, t) > 0$. Ainsi, P/R et Q/R sont des fonctions régulières sur D (cf. § 2.3.1). Rappelons au préalable (cf. [10], fascicule I) un théorème concernant le système différentiel ordinaire en $\underline{x}(t)$ et $\underline{y}(t)$ suivant, avec $\underline{P}, \underline{Q}, \underline{R}$ fonctions de $\underline{x}, \underline{y}, t$: Soient $M_0(x_0, y_0, t_0)$ et $\underline{M}(\underline{x}, \underline{y}, t)$ deux points de D et

$$\frac{d\underline{x}}{dt} = \frac{\underline{P}}{\underline{R}}, \quad \frac{d\underline{y}}{dt} = \frac{\underline{Q}}{\underline{R}} \quad (2.22)$$

Alors il existe une seule paire de fonctions

$$\begin{aligned} \underline{x} &= \underline{x}(t, x_0, y_0, t_0) \\ \underline{y} &= \underline{y}(t, x_0, y_0, t_0) \end{aligned} \quad (2.23)$$

solution de (2.22), où $\underline{x}, \underline{y}$ sont deux fois continûment dérivables en t , continues avec leurs dérivées partielles du premier ordre en x_0, y_0, t_0 et vérifiant la condition initiale

$$x_0 = \underline{x}(t_0, x_0, y_0, t_0), \quad y_0 = \underline{y}(t_0, x_0, y_0, t_0).$$

Notons Γ la courbe intégrale (2.23); elle est appelée la caractéristique de (2.20). La tangente en $M \in \Gamma$ est donnée par

$$\frac{X - \underline{x}}{\underline{P}} = \frac{Y - \underline{y}}{\underline{Q}} = \frac{T - t}{\underline{R}} \quad (2.24)$$

et il résulte de ces égalités qu'il n'y a pas de tangente parallèle à xOy puisque $\underline{R}$ est une fonction régulière; donc Γ ne peut être une courbe fermée. D'autre part, Γ est dépourvue de points multiples en raison de l'unicité de (2.23). Enfin, l'existence et l'unicité de la solution (2.23) est non seulement locale mais aussi globale, c'est-à-dire que Γ est un arc de courbe simple dont les deux extrémités $\in \bar{D}$.

Revenons à la recherche des surfaces intégrales de (2.21). En vertu du théorème ci-après (cf. [10], fascicule II), elle peut se ramener à la détermination des caractéristiques Γ attachées à l'équation considérée.

Théorème : La condition nécessaire et suffisante pour qu'une surface régulière $S \subset D$ soit intégrale de (2.21) est que S puisse être engendrée par une famille Γ dépendant régulièrement d'un paramètre.

Il s'ensuit que la tangente en $M \in \Gamma$ est contenue dans le plan tangent en M à S .

Corollaire 1 : Lorsque deux surfaces S et S' , intégrales régulières de (2.21), passent par une même courbe commune, celle-ci est nécessairement une caractéristique Γ de l'équation en cause.

Admettons maintenant que M_0 décrive dans D une courbe simple et régulière K définie par

$$(\underline{x}_0, \underline{y}_0, \underline{t}_0) = \underline{r}_0(\lambda), \quad \lambda \in [\lambda_0, \lambda_1] \quad (2.25)$$

et que, de plus, les tangentes en M_0 à Γ et à K ne soient pas confondues, c'est-à-dire

$$(\underline{x}'_0, \underline{y}'_0, \underline{t}'_0) \times (\underline{P}, \underline{Q}, \underline{R})|_{M_0} \neq 0 \quad \forall \lambda.$$

Portons (2.25) dans (2.23): on définit alors une surface S

$$\begin{aligned} \underline{x} &= \underline{x}(t, \underline{x}_0(\lambda), \underline{y}_0(\lambda), \underline{t}_0(\lambda)) = \underline{X}(t, \lambda), \\ \underline{y} &= \underline{Y}(t, \lambda), \quad \underline{t} = t \end{aligned} \quad (2.26)$$

Cette surface, engendrée par la famille de $\Gamma_{M_0(\lambda)}$, est surface intégrale de (2.21), et l'on a le

Corollaire 2 : Soit $K \subset D$ une courbe satisfaisant toutes les hypothèses énoncées ci-dessus. Alors il existe une et une seule surface S , intégrale de (2.21) et passant par K , dont les équations (2.26) sont explicites lorsqu'on connaît la solution (2.23) de (2.22).

Notons que le mode de génération des surfaces intégrales S de (2.21), décrit précédemment, implique que S ne peut avoir de plan tangent parallèle à xOy , d'une part et que S s'étend dans D jusqu'à $\bar{D}$, d'autre part.

Il découle du théorème cité une conséquence immédiate, applicable au problème des marées. Appelons A tout point d'une surface S intégrale de (2.21), en lequel le plan tangent à S soit parallèle à Ot ; alors :

ou A est isolé sur S ;

ou $A \in L$, L étant un diamètre apparent de S sur xOy ;

ou S est un cylindre à génératrices parallèles à Ot , et $|\text{grad } t|_A$ est infini: (2.21) n'a plus de sens. Mais si S est régulière dans le voisinage de A , des raisonnements classiques, analogues à ceux du § 2.2, permettent d'établir que S admet le mode de génération décrit ci-dessus. Or (2.10), qui définit les surfaces S_α possédant la propriété (π) , vérifie la condition $R > 0$. Il s'ensuit que la construction de S_α se ramène à l'étude du système.

$$\frac{dx}{u(x, y, t)} = \frac{dy}{v(x, y, t)} = dt \quad (2.27)$$

auquel s'applique la théorie qui précède.

En particulier, soient u, v, ζ une solution régulière de (E), Σ une surface définie par $t = t(x, y)$ et K une courbe régulière sur Σ . Alors on peut associer à la solution une multiplicité bicaractéristique $M(S, u, v, \zeta)$ telle que S admette un diamètre apparent sur xOy . En effet, S passant par K admettra cette courbe pour diamètre apparent si la projection de K sur xOy est une courbe intégrale de l'équation différentielle ordinaire

$$\frac{dx}{u} = \frac{dy}{v} \quad (2.28)$$

où $u = u(x, y, t)$, $v = v(x, y, t)$.

Eu égard aux hypothèses de régularité, (2.28) admet une seule solution correspondant aux conditions initiales $x_0, y_0, t(x_0, y_0)$.

Puisque la donnée Σ est arbitraire, on voit qu'à toute solution u, v, ζ correspond une infinité de multiplicités $M(S, u, v, \zeta)$ bicaractéristiques de (E), ayant la propriété (π) , formant un ensemble partout dense sur D , et telles que chaque support S de M possède un diamètre apparent sur xOy . Soulignons ici que plusieurs méthodes numériques de résolution du système (E) utilisent directement (2.10), ce qui ne permet pas de prévoir sur la surface S , intégrale de cette équation, l'existence d'un diamètre apparent.

Cherchons maintenant si (2.10) peut admettre pour surfaces intégrales S des cylindres à génératrices parallèles à Ot . Distinguons deux cas :

- Toute la famille S_α est constituée de tels cylindres;
- Les S_α sont isolées.

Cas a) : Il existerait alors une fonction $\Phi(x, y)$, régulière par rapport à ses arguments dans le domaine d [cf. (§ 1.5.)], telle que S_α seraient définies par

$$\Phi(x, y) = \alpha \quad (2.29)$$

avec $|\text{grad } \Phi| \neq 0 \forall (x, y) \in d$; (2.29) étant, $\forall t$, une intégrale de (2.28), il s'ensuit qu'on doit avoir dans D

$$u\Phi_x + v\Phi_y = 0 \quad (2.30)$$

$$\Phi_t = 0$$

Ainsi, l'existence de Φ est assurée si l'on peut trouver u, v, ζ, Φ solution du système surdéterminé, formé des cinq équations (1.6), et (2.30). On peut

aisément éliminer Φ à partir de (2.30). En effet, il suit de la première équation que $u_t\Phi_x + v_t\Phi_y = 0$, et donc, en rappelant que $(u, v) \neq 0$, que :

$$u v_t - v u_t = 0 \quad (2.31)$$

On est ainsi ramené à la discussion de l'existence de 3 fonctions u, v, ζ astreintes à vérifier le système surdéterminé, quasi-linéaire, (1.6), et (2.31) dont l'existence d'une solution particulière semble peu vraisemblable pour des raisons d'ordre physique.

Mais nous avons pu établir que ce système, s'il avait une solution, ne pouvait avoir que des solutions très particulières, c'est-à-dire qu'une solution régulière *quelconque* de (E) n'admet pas, en général, de multiplicités $M(S_\alpha, u, v, \zeta)$ où S_α est une famille de cylindres à génératrices parallèles à Ot .

Considérons d'autre part le cas où la solution régulière de (E) décrit un mouvement permanent

$$u_t \equiv v_t \equiv \zeta_t \equiv 0, \forall (x, y, t) \in D \quad (2.32)$$

En introduisant (2.32) dans (1.6), on obtient un système à trois inconnues u, v, ζ de 2 variables x et y qui est encore hyperbolique. Admettons qu'on puisse trouver une solution exacte du problème de Cauchy posé relativement à ce système. Il en résulte que parmi les mouvements des masses liquides décrites par (1.6), il en existe de permanents. La solution correspondante est représentable paramétriquement, en variables caractéristiques, par

$$x = x(\alpha, \beta), y = y(\alpha, \beta), t = \gamma \quad (2.33)$$

et les familles S_α, S_β se réduisent à des cylindres à génératrices parallèles à Ot , résultat évident à priori.

A notre connaissance, le mouvement permanent est le seul exemple explicite d'une solution de (E) admettant une famille de tels cylindres pour surfaces bicaractéristiques. S'il en existe d'autres, ils découleraient de la compatibilité du système surdéterminé (1.6), et (2.31).

(Notons, en passant, que le repos $u \equiv v \equiv 0, \zeta = \text{const}$, est un cas de dégénérescence du mouvement permanent).

Cas b) : C'est le cas, courant en pratique, où la solution de (E), donnée dans $D + \bar{D}$, admet pour multiplicité bicaractéristique *isolée* $M(S_\alpha, u, v, \zeta)$ dont le support S_α est un cylindre (c'est-à-dire $\bar{S}_\alpha$ cylindrique autre que S_α pour $|\alpha - \alpha'|$ suffisamment petit). On aurait donc une intégrale *particulière* de (2.28), donnée par (2.29) où l'on poserait $\alpha = \alpha'$. Or, une telle situation se présente chaque fois que la section par $t = 0$ de S_α est la courbe $\chi(\alpha') \subset \bar{d}_2$ frontière terrestre de la mer littorale. L'interprétation de ces résultats se déduit de (2.28). Supposons qu'une solution $u(x, y, t), v(x, y, t), \zeta(x, y, t)$ de (E), donnée et régulière dans D , admette dans $d \in Oxy$ une ligne de courant fixe L (c'est-à-dire indépendante de t);

soit $S \in D$ la surface cylindrique à génératrices parallèles à Ot , dont L est la section droite. Alors $M(S, u, v, \zeta)$ est nécessairement une multiplicité bicaractéristique de (E) , dont la surface porteuse S possède la propriété (π) . Il en est, en particulier, toujours ainsi lorsque $L \in \bar{\mathcal{A}}_2$.

Remarque : Les résultats qui précèdent prouvent que la construction des surfaces S , intégrales de (2.10), au moyen des courbes caractéristiques Γ attachées à cette équation [cf. (2.23)], offre l'avantage de rester valable lorsque S possède des plans tangents parallèles à Ot .

A suivre.

Rectificatif à la page 9 de [1]

De la formule (2.22), on a déduit les expressions des deux paramètres directeurs de la normale en $P \in C(P_0)$, cône caractéristique de (E) , valable si $P \neq P_0$ (cf. [1], page 9) en omettant d'explicitier la 3^e, soit :

$$-g(\zeta_0 + h)(T - t_0) - u_0[X - x_0 - u_0(T - t_0)] \\ - v_0[Y - y_0 - v_0(T - t_0)]$$

ce qui, eu égard à (2.22), s'écrit encore :

$$u_0(X - x_0) + v_0(Y - y_0) - [(X - x_0)^2 \\ + (Y - y_0)^2](T - t_0)^{-1}$$

Il s'ensuit que, contrairement à ce qui est indiqué à la page 9 précitée de [1], que l'expression précédente peut s'annuler, en sorte que les surfaces S , intégrales de (2.11), peuvent avoir des plans tangents parallèles à Ot . Mais on a vu [cf. (2.3.3.)] qu'une telle éventualité est à écarter pour des raisons d'ordre physique.

RÉFÉRENCES

- [1] Y. BIOLLAY, J. KRAVTCHENKO, 1983. — Etude analytique d'un modèle des marées littorales à l'aide des multiplicités bicaractéristiques. *Annales Hydrographiques*, 1983, volume 11, n° 758, p. 1-12.
- [8] G. JULIA. — *Eléments de géométrie infinitésimale*, Gauthier-Villars, 2^e édition, 1936 (p. 49-69).
- [9] J. FAVARD. — *Cours de géométrie différentielle locale*, Gauthiers-Villars, 1957 (p. 178-187).
- [10] J. FAVARD. — *Cours d'analyse de l'Ecole Polytechnique*, Gauthier-Villars, tome III, fascicule I, 1962 (p. 50-53, 69-74). Cf. aussi fascicule II, 1963 (p. 1-17).
- [11] J. HADAMARD. — *Leçons sur la propagation des ondes et les équations de l'hydrodynamique*, Hermann, 1903 (p. 263 et suivantes).
- [12] J. HADAMARD. — *Le problème de Cauchy et les équations aux dérivées partielles linéaires hyperboliques*, Hermann, 1932. (Traduit par M^{lle} J. Hadamard).
- [13] J. HADAMARD. — *La théorie des équations aux dérivées partielles*, Editions scientifiques de Chine, Pékin, 1964 (p. 141-152, 243-273, 287-303).
- [14] T. LEVI-CIVITA. — *Caractéristiques des systèmes différentiels et propagation des ondes*, Felix Alcan, 1932 (p. 42-56). (Rédigé par G. Lampariello, traduit de l'italien par M. Brelot).
- [15] M. JANET. — *Leçons sur les systèmes d'équations aux dérivées partielles*, Gauthier-Villars, 1927.
- [16] W.I. SMIRNOV. — *Cours de mathématiques supérieures IV* (en russe), Moscou 1951 (p. 311-514).
- [17] I.G. PETROVSKY. — *Leçons sur les équations aux dérivées partielles* (en russe) Moscou, 1950 (p. 80-132).
- [18] B.L. ROJDENSTVENSKI, N.N. LANENKO. — *Systèmes quasilineaires d'équations et leurs applications à la dynamique des gaz* (en russe), Moscou 1968.

ÉVALUATION DU RÉSEAU SYLEDIS-BRETAGNE (1981-1983)

par

M. J.-C. GUYON,
Ingénieur Principal de l'Armement (hydrographe),
Service Hydrographique et Océanographique de la Marine

RÉSUMÉ

1. L'évaluation du réseau de radiolocalisation Syledis-Bretagne décrite dans cette étude a été menée entre 1981 et 1983 par la Mission Hydrographique de l'Atlantique (MHA) du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM).

C'est une opération intéressante à plus d'un titre.

L'étude comporte :

- un descriptif du réseau et des récepteurs embarqués,
- l'analyse de la portée radioélectrique,
- celle de la dispersion des mesures,
- l'étude de la fidélité selon le mode de fonctionnement du réseau (circulaire ou hyperbolique) et selon les récepteurs utilisés,
- l'étude de la calibration,
- enfin, les limites d'utilisation du réseau Syledis-Bretagne.

En annexes ont été reportés les éléments complémentaires utiles :

- la géométrie du Syledis,
- l'étude des paramètres de qualité du point,
- un rappel des mesures d'évaluation sur champs de balises acoustiques,
- des exemples de traitement des fichiers de mesures.

2. L'évaluation du réseau Syledis-Bretagne a bénéficié des possibilités offertes par des moyens informatiques d'acquisition et de traitement des données.

Les programmes écrits initialement pour un traitement en temps différé ont été adaptés au traitement en temps réel des mesures faites à terre en caravane mobile et en mer à bord de L'Espérance. Ces dernières campagnes ont permis de vérifier les performances déduites des premiers fichiers de mesures.

ABSTRACT

1. The evaluation of Syledis-Bretagne electronic positioning system described in this paper was performed between 1981 and 1983 by MHA (Mission Hydrographique de l'Atlantique), a unit of SHOM (Service Hydrographique et Océanographique de la Marine).

This operation was interesting on several points.

The report includes :

- a general description of the system and of the receivers,
- a discussion of the radioelectric range,
- an analysis of the fluctuation of measures,
- a study of the repeatability according to the mode (range-range or hyperbolic mode), and according to the types of receivers,
- a study of the systematic errors,
- at last, the limits of the reliability of the system.

Appendixes give useful complementary informations dealing with :

- the Syledis geometric configuration,
- the parameters of the accuracy of fixes,
- a calibration using an underwater acoustic beacons system,
- some examples of processing of data.

2. The calibration of Syledis-Bretagne system has been performed using an automated data handling. The programs, written at first for a delayed time processing, were adapted for a real time processing of the measures of two new surveys, the first one on land with a car, the second one at sea on board H.V "L'Espérance".

These last measures allowed to check the validity of the first results.

Sommaire

Introduction

Première partie : généralités

1. — Caractéristiques générales du Syledis 17
2. — Description du réseau « Syledis-Bretagne » 19
3. — Cartographie du réseau 20
4. — Les récepteurs Syledis 21
5. — Méthodes employées pour l'évaluation du Syledis 25
6. — Exemples de traitement en temps réel; choix du filtrage 28

Deuxième partie : portée radioélectrique du Syledis

7. — Portée radioélectrique d'une antenne Syledis 36
8. — Couverture radioélectrique du réseau « Syledis-Bretagne » 36

Troisième partie : analyse de la dispersion de la mesure Syledis

9. — Analyse de la précision par cibles de points 40
10. — Justesse du Syledis 41
11. — Fidélité du Syledis : l'écart type radial, le HDOP 41
12. — Dispersion de la mesure Syledis 42
13. — Enregistrements graphiques de mesures Syledis 42

Quatrième partie : résultats; précision (fidélité) du Syledis. Couverture utile du réseau « Bretagne »

14. — Précision du Syledis : courbes de fidélité; couverture utile 51
15. — Limites de validité des performances énoncées 51

Cinquième partie : calibration du réseau; méthodes

16. — Importance de la calibration 60
17. — Les procédés d'étalonnage 60
18. — Validité d'une calibration dans le réseau 65
19. — Etapes d'un étalonnage 65

Sixième partie : limites du réseau « Syledis-Bretagne »

20. — Les limites du réseau 72
21. — Utilité de deux points radioélectriques se confirmant l'un l'autre 73
22. — Conclusion 83

- Annexes A ... Géométrie du Syledis 85
- B ... Les paramètres de qualité 92
- C ... Mesures sur champ de balises 96
- D ... Exemple du traitement de dossier de mesures Syledis 104

INTRODUCTION

La Marine Nationale a implanté en 1981 le réseau de radiolocalisation « Syledis-Bretagne » pour le positionnement précis de ses bâtiments si possible jusqu'à la chute du plateau continental.

De février 1981 à mars 1983 la Mission Hydrographique de l'Atlantique (MHA) a consacré des moyens importants à l'évaluation de ce réseau couvrant les côtes bretonnes de Brignogan à Belle-Ile.

Cette opération a coïncidé avec une évolution technique rapide des récepteurs de navigation : l'apparition des microprocesseurs permet désormais de concevoir des récepteurs qui traitent les données, calculent le point, en estiment la qualité. Cette évolution a permis à l'Etablissement Principal du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (EPSHOM) de concevoir et de mettre au point un système d'acquisition auto-

matique des données — l'Hydroboucle — système dont les possibilités ont été essentielles dans la conduite de l'étalonnage entrepris.

Après une brève description du réseau « Syledis-Bretagne », des récepteurs utilisés, et des méthodes d'étalonnage adoptées, les résultats obtenus sont présentés : cartographie du réseau, couverture, précision, limites.

Cette étude s'adresse sans doute à l'hydrographe. Elle devrait également intéresser le marin qui, désormais, est appelé à mettre en œuvre les systèmes de radiolocalisation les plus précis. Il importe qu'il sache évaluer la qualité de son positionnement, quel que soit le système mis en œuvre.

L'étude, appliquée au Syledis, prépare à l'étude critique de systèmes comparables.

PREMIÈRE PARTIE : GÉNÉRALITÉS

1. CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DU SYLEDIS

Le Syledis est un système développé par la SERCEL depuis 1972, dans près de 40 pays. A l'issue de cette longue expérience cette société présente le Syledis selon la description suivante :

1.1. Le Syledis est un système émettant à 450 MHz, utilisable jusqu'à 150, voire 300 kilomètres, donc très au-delà de l'horizon optique. Cette portée est atteinte grâce aux propriétés de la propagation à cette fréquence mais aussi par la mise en œuvre des techniques de corrélation.

Une émission Syledis correspond à la répétition périodique (de 5 à 30 Hz) d'une impulsion de 5,333 ms composée de 80 séquences identiques de durée 66,66 microsecondes modulées par un code pseudo-aléatoire et composées de signaux élémentaires de durée légèrement inférieure à 0,5 microseconde. Tout se passe comme si l'impulsion Syledis longue de 5,333 ms était équivalente à ce signal élémentaire; mais la corrélation a permis d'émettre une puissance équivalente ramenée à cette durée 10 000 fois plus forte : les émetteurs Syledis de 20 watts (et de 300 watts en version longue distance) sont équivalents à des émetteurs classiques à brèves impulsions de puissance 20 kW et 300 kW. Cette puissance permet de compenser les atténuations considérables dues à la propagation.

1.2. Pour l'étude du Syledis il convient de considérer trois zones :

- la zone proche, jusqu'à l'horizon, zone dite « d'interférences »,
- la zone de diffraction, de l'horizon à 1,5 fois ou 3 fois l'horizon,
- la zone de diffusion troposphérique à grande distance.

Zone d'interférences

Jusqu'à l'horizon radioélectrique, il y a interférence entre l'onde directe et l'onde réfléchi sur le sol; le champ capté par une antenne correspond à la combinaison de ces deux ondes. L'atténuation des signaux suit sensiblement une loi d'atténuation en espace libre. L'effet des réflexions dépend de la conductivité, de la nature du sol, de la polarisation et de l'angle d'incidence. On utilise en général des antennes à polarisation verticale. En raison de sa puissance, le Syledis est moins sujet aux atténuations locales (atténuations qui vont jusqu'au « trou » de propagation) que l'on

constate parfois au cours de missions hélicoptères ou aéroportées.

Zone de diffraction

L'atténuation est proportionnelle à la fréquence et à la puissance 15 ou 20 de la distance. Les niveaux reçus s'atténuent donc très rapidement.

Zone de diffusion troposphérique

L'atténuation des ondes propagées par diffusion troposphérique varie considérablement en fonction du temps. Les variations peuvent être très rapides (de l'ordre de la seconde) ou plus lentes (heure, jour, mois, saison).

1.3. Installation des antennes conseillée par la SERCEL; fluctuation des distances

Les observations faites sous tous les climats sont les suivantes.

Premier cas : distances inférieures à 100 kilomètres

Les fluctuations des distances inférieures à 100 kilomètres sont essentiellement dues aux variations moyennes de l'indice de propagation; elles peuvent être modélisées et corrigées.

Les antennes peuvent être installées à faible altitude sans le moindre inconvénient.

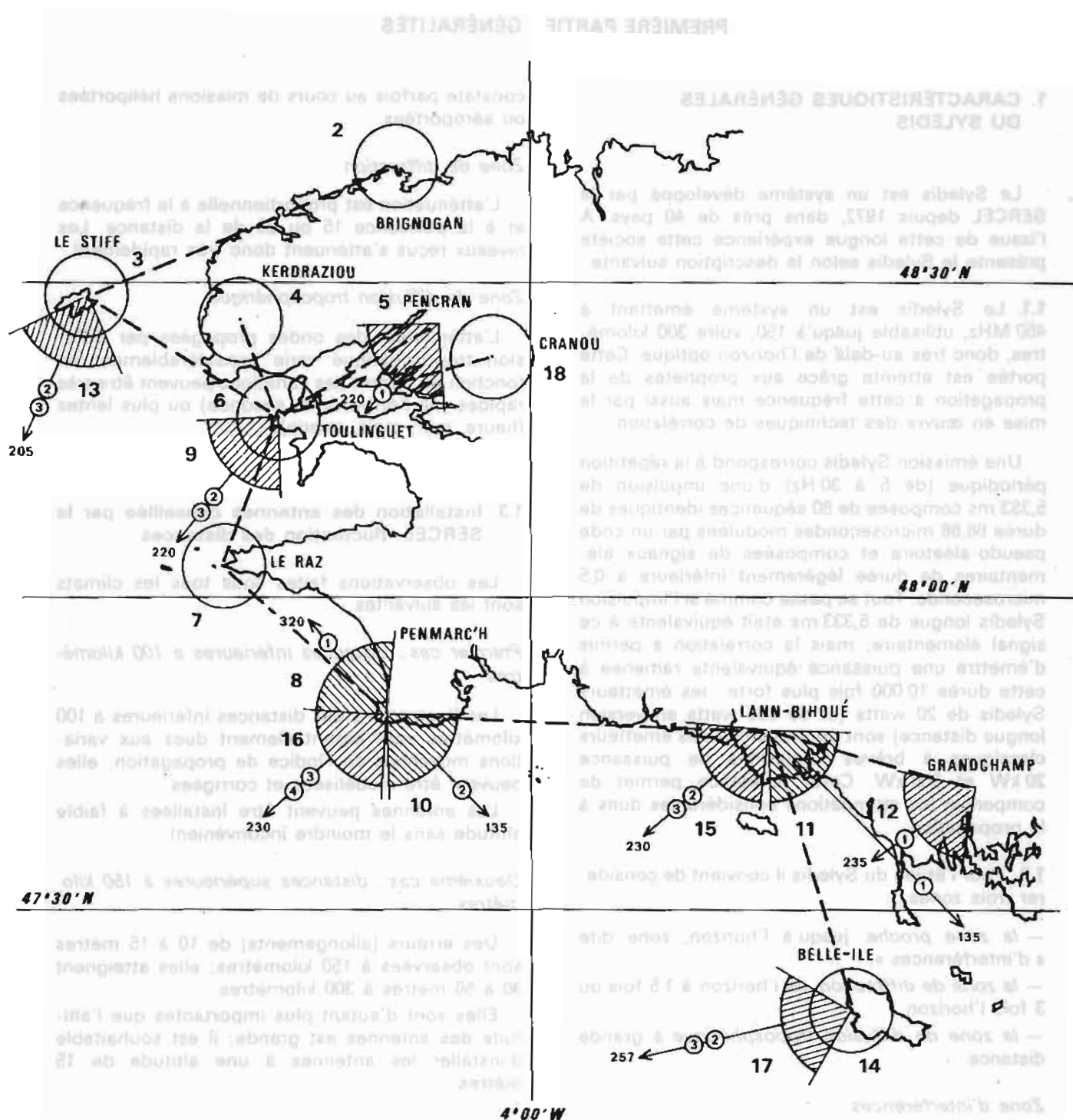
Deuxième cas : distances supérieures à 150 kilomètres

Des erreurs (allongements) de 10 à 15 mètres sont observées à 150 kilomètres; elles atteignent 30 à 50 mètres à 300 kilomètres.

Elles sont d'autant plus importantes que l'altitude des antennes est grande; il est souhaitable d'installer les antennes à une altitude de 15 mètres.

1.4. Commentaires sur les dispositions pratiques conseillées ci-dessus pour l'installation des antennes

Les antennes du réseau Syledis-Bretagne ont des altitudes comprises entre 26 mètres (Brignogan) et 338 mètres (Le Cranou). L'influence de la hauteur n'a pas paru effectivement décisive sur les performances des antennes, la hauteur de celles-ci paraissant utile cependant pour un dégagement suffisant des obstacles proches.



PL. 1. — Réseau Syledis-Bretagne.

On a représenté :

- Les onze stations en fonction en 1983, repérées par leur nom et le numéro (en gras) des créniaux d'émission,
- en tirets, les chemins du code entre stations pour la configuration normale du réseau,
- les caractéristiques des antennes (antennes omnidirectionnelles, antennes directives, numéro des jeux d'antennes, orientation, secteur d'utilisation normale des antennes).

A titre d'exemple, pour la station de Belle-Ile :

- le chemin du code est : Toulinguet, le Raz, Penmarc'h, Lann-Bihoué, Belle-Ile,
- une antenne omnidirectionnelle émet dans le crénial 14 (jeu d'antenne n° 1),
- des antennes directives orientées au 257° (jeux d'antennes 2 et 3) émettent dans le crénial 17.

Les dispositions à prendre sont résumées dans le texte suivant prochainement édité dans la Publication Spéciale 39 de l'Organisation Hydrographique Internationale :

« Le système Syledis ne nécessite pas que les antennes soient en vue directe. La vitesse de propagation est affectée par l'indice de réfraction du milieu traversé mais n'est pas gênée par la conductivité au sol ni par la réflexion ionosphérique... »

L'antenne (installée à terre) doit être dégagée horizontalement de plusieurs centaines de mètres de tout obstacle en hauteur susceptible de gêner l'arc couvrant la zone opérationnelle.

L'antenne (installée à bord) doit être dégagée de toutes les superstructures métalliques du navire ».

2. DESCRIPTION DU RÉSEAU « SYLEDIS-BRETAGNE »

En 1983, le réseau « Syledis-Bretagne » se compose de onze stations représentées planche 1. La puissance des émetteurs est en principe 10 watts; cependant certaines stations (Ouessant, Penmarc'h, Belle-Ile, Lann-Bihoué) sont souvent équipées d'amplificateurs de puissance. Le mode habituel d'utilisation du réseau est le mode hyperbolique; trois navires (le « mobile Nord », le « mobile Brest », le « mobile Lorient ») peuvent être autorisés à fonctionner en mode circulaire.

La station maîtresse du réseau — celle qui génère les liaisons de synchronisation et les liaisons de code — est, en situation normale, la station du Toulguet. Celle de Kerdraziou remplit ce rôle en situation de secours.

Notons le cheminement long du code reçu par la station de Belle-Ile : ce code, généré au Toulguet est reçu, puis réémis par les stations du Raz, de Penmarc'h, et de Lann-Bihoué. Il suffit qu'une de ces stations soit en panne pour que Belle-Ile soit indisponible; pour améliorer la fiabilité du réseau, la station du Cranou pourrait à l'avenir être station maîtresse en raison de sa position centrale et dégagée.

Notons aussi la présence de plusieurs antennes d'émission dans une même station. Les antennes directives ont été installées en complément des antennes omnidirectionnelles pour améliorer la réception au large. Cet objectif — atteint en partie seulement — a l'inconvénient d'imposer une discipline d'emploi des antennes dans la zone côtière : une antenne directive doit être utilisée dans son lobe de directivité.

Le tableau 1 rassemble les principales caractéristiques du réseau, établies au cours des expérimentations à la mer.

TAB. 1. — Principales caractéristiques
du réseau Syledis-Bretagne
(Evaluation MHA 1981-1983)

Puissance des émetteurs	10 watts en version normale 250 watts en version longue distance
Portées extrêmes	85 à 220 km de jour et de nuit en version normale 150 à 350 km de jour et de nuit en version longue distance
Portées les plus fréquentes déduites des observations	120 km (version normale) 175 km (version longue distance)
Mode d'utilisation	Récepteur passif en mode « hyperbolique » Récepteur actif en mode circulaire
Nombre d'utilisateurs	Illimité en hyperbolique Au maximum 4 en circulaire, chaque utilisateur pouvant interroger 3 balises
Ambiguïté	10 000 mètres
Vitesse maximale du mobile	36 nœuds en version « marine » (*) 360 km/h en version « air » (*)
Fréquence d'émission	408 à 450 MHz
Nombre de fréquences du réseau	1
Type de la mesure	Mesure de temps par reconnaissance d'instantanés caractéristiques d'impulsions
Modulation	Onde UHF modulée en phase par un code pseudo-aléatoire émis par la balise maîtresse (en hyperbolique) ou par le mobile (en circulaire)
Sensibilité du récepteur	le mètre
Répétabilité (fidélité)	Dispersion de la mesure donnée par : $\sigma_m = 0,5 \text{ m} + 2 \times 10^{-6} D$ D... distance (mobile-balise) en mètres
Précision absolue du réseau	Précision, fonction de la géométrie et de la distance, variant du mètre à 200 mètres en limite de portée.

(*) Donnée du constructeur.

Le tableau 2 indique les données pour l'exploitation du réseau. Ainsi, par exemple, pour faire le point au Nord-Ouest de Penmarc'h, on observera l'antenne émettant dans le créneau 8 après avoir enregistré pour le calcul les coordonnées indiquées (X, Y, Z) et le « retard » (R) obtenu en mars 1983 pour la configuration normale du réseau.

Les stations sont utilisables selon le format Syledis; celui-ci comprend 30 créneaux; les créneaux non mentionnés tableau 2 sont réservés au

TAB. 2. — Géométrie du réseau « Syledis-Bretagne » dans le système de la Nouvelle Triangulation de la France en projection Lambert 2

(1) Station	(2) Créneau d'émission	(3) Coordonnées X (m)	(4) Lambert 2 Y (m)	(5) Altitude Z (m)	(6) Retards hyperboliques théoriques (en mètres) (R _t)	(7) Retards hyperboliques au 1/03/83 (en mètres) (R)
Brignogan (omni)	02	109 370,3	429 523,3	26	96 872,5	96 872,4
Ouessant (omni)	03	53 981,7	411 740,4	93	38 719,4	38 720,0
Kerdraziou (omni)	04	81 207,2	403 382,7	148	16 334,0	16 338,5
Pencran (omni)	05	113 483,3	400 967,1	183	32 481,2	32 486,9
Le Toulinguet (omni)	06	84 015,1	387 288,2	90	0	0
Le Raz (omni)	07	73 563,6	361 420,8	98	27 894,9	27 902,6
Penmarc'h (NW)	08	97 837,7	332 381,3	34	65 741,5	65 742,9
Le Toulinguet (SW)	09	84 015,1	387 288,2	81	0	-5,0
Penmarc'h (SE)	10	97 838,3	332 380,9	37	65 741,8	65 742,9
Lann-Bihoué (SE)	11	166 607,2	324 090,1	67	135 008,0	135 009,0
Grandchamp (SW)	12	211 342,1	319 645,0	160	179 963,4	179 964,8
Ouessant (S)	13	53 981,6	411 740,5	83	38 719,4	38 720,0
Belle-Ile (omni)	14	180 205,2	269 819,9	68	190 958,7	190 952,0
Lann-Bihoué (SW)	15	166 607,1	324 090,1	71	135 007,2	135 009,0
Penmarc'h (SW)	16	97 837,7	332 380,9	33	65 741,9	65 742,9
Belle-Ile (SW)	17	180 205,2	269 819,9	57	190 958,7	190 954,0
Cranou (omni)	18	127 365,9	390 148,2	338	43 437,5	43 461,8

Notes :

(1) La présentation des données de ce tableau correspond à celle choisie par le constructeur pour leur impression lorsqu'on dispose d'un récepteur SR3 et d'une imprimante.

(2) Colonne 6 : Retards hyperboliques théoriques R_t (cas où les retards propres des stations à terre seraient nuls). Il faut utiliser les retards après calibration (colonne 7).

Colonne 7 : Retards hyperboliques à utiliser tant que la situation du réseau constatée jusqu'en mars 1983 n'est pas modifiée. Ces retards sont calculés pour la configuration normale du réseau (station du Toulinguet maîtresse, liaisons du code conformes à celles de la planche 1).

(3) Pour une navigation dans le système NTF, en projection Lambert 2 il convient par ailleurs d'initialiser les constantes ci-dessous dans le récepteur SR3. (Se reporter à la notice du constructeur pour une utilisation de l'appareil dans d'autres systèmes géodésiques):

- constantes de l'ellipsoïde utilisé $a = 6\,378\,249\text{ m}$, $1/f = 293,47$
- constantes de changement de système géodésique $DX = 170\text{ m}$, $DY = 66\text{ m}$, $DZ = -311\text{ m}$
- origine de la projection : $L = 46^\circ 48' 00''$, 00 N , $G = 2^\circ 20' 14'' 025\text{ E}$ soit en X, Y : $X = 600\,000\text{ m}$, $Y = 200\,000\text{ m}$
- coefficient de réduction d'échelle : 0,999 8774
- indice de réfraction : initialiser le nombre « 330 »
- canal UHF : numéro 48, longueur du format : 30, numéro du canal « F38 » : 118.

fonctionnement en mode circulaire et à la synchronisation (créneaux 0 et 1).

3. CARTOGRAPHIE DU RÉSEAU « SYLEDIS-BRETAGNE »

3.1. Précision des coordonnées

Les coordonnées des antennes ont été déterminées par triangulation. Leur calcul a été effectué

en projection Lambert 2 dans le système de la Nouvelle Triangulation de la France. La précision des coordonnées est de l'ordre de 20 centimètres.

3.2. Equations des lieux de position Syledis

En mode circulaire un lieu de position correspond à la relation :

$$C_i = D_i + \theta_m + \theta_i$$

C_i... valeur lue sur le récepteur Syledis de type circulaire MR3

D_i ... distance entre le mobile et la balise émettant dans le créneau i
 θ_M ... retard propre au mobile M
 θ_i ... retard propre à la balise répondant au mobile dans le créneau i .

On note qu'en mode circulaire 2 retards seulement doivent être considérés : le retard du mobile et celui de la balise interrogée.

En mode hyperbolique le lieu de position Syledis résultant de la réception des balises émettant dans les créneaux i et j a pour équation :

$$H_{ij} = \frac{D_j - D_i}{2} + R_j - R_i$$

H_{ij} ... valeur lue sur le récepteur Syledis de type hyperbolique MH3

D_i, D_j ... distances du mobile aux balises i et j

R_i, R_j ... retards hyperboliques des balises i et j , calculés par les équations :

$$R_i = L_i + \sum 2\theta_i$$

$$R_j = L_j + \sum 2\theta_j$$

L_i, L_j ... longueurs du chemin du code entre la balise maîtresse et les balises i et j : ce sont les sommes des distances vraies entre les balises sur ces parcours.

$\sum 2\theta_i, \sum 2\theta_j$... doubles des sommes des retards propres des balises utilisées pour acheminer le code jusqu'à la balise i , ou jusqu'à la balise j .

Les retards R_i ou R_j à utiliser en hyperbolique, sont indiqués tableau 2; les retards θ_i , à utiliser en circulaire, sont indiqués tableau 4.

Les distances vraies entre deux balises sont indiquées tableau 3; on obtient les valeurs L_i, L_j ... par sommation de ces distances selon le chemin

effectif du code.

Pour plus de détail on pourra se reporter à l'annexe A.

4. LES RÉCEPTEURS SYLEDIS

4.1. La SERCEL a conçu trois récepteurs :

- le récepteur MH3 pour le mode hyperbolique,
- le récepteur MR3 pour le mode circulaire (ces deux récepteurs peuvent être dans le même boîtier),
- enfin, vers 1980, le récepteur SR3 mettant à profit les possibilités de calcul des microprocesseurs.

Le récepteur jumelé MH3-MR3 (Planche 2)

Le récepteur MH3-MR3 est un récepteur classique; il délivre au maximum trois lieux de position; sa mise en œuvre est simple une fois affichée la clef descriptive de la chaîne Syledis utilisée. Pour le calcul du point, la SERCEL propose l'UCM (Unité de Calcul Microprogrammée). Cet appareil associe au point deux paramètres fonctions de la qualité de ce point :

L'EMLP et le DRMS;(*)

L'EMLP, écart moyen des lignes de position correspond à la taille du « chapeau ». Le DRMS (distance root mean square) définit la fidélité du point en fonction de la fluctuation des lignes de position.

(*) Les paramètres de qualité EMLP et DRMS sont étudiés ultérieurement § 11.1 et en annexes A et B.

TAB. 3. — Distances vraies entre antennes Syledis (exprimées en mètres)

Station et créneau d'émission	02 Brignogan	03 et 13 Ouessant	04 Kerdraziou	05 Pencran	06 et 09 Toulinguet	07 Le Raz	16 Penmarc'h SW	10 Penmarc'h SE	8 Penmarc'h NW	11 et 15 Lann- Bihoué	12 Grand- champ	14 et 17 Belle-Ile	18 Cranou
Brignogan (2)	—	58 153,1	38 412,7	28 841,8	49 246,8	76 923,4	97 805,4	97 805,3	97 805	119 944,9	149 878,2	174 688,8	43 280,9
Ouessant (3) et (13)	58 153,1	—	28 471,7	60 452,8	38 719,4	53 985,4	90 658,2	90 658,5	90 657,9	142 693,7	182 305,8	189 919,5	76 477,2
Kerdraziou (4)	38 412,7	28 471,7	—	32 358,3	16 334	42 645	72 914,1	72 914,3	72 913,7	116 521,1	154 731,2	166 244	48 008,4
Pencran (5)	28 841,8	60 452,8	32 358,3	—	32 481,2	56 182,1	70 339,3	70 339,2	70 339	93 435,2	127 224,5	147 137,7	17 597,3
Le Toulinguet (6) et (9)	49 246,8	38 719,4	16 334	32 481,2	—	27 894,9	56 614,6	56 614,7	56 614,2	103 987,2	144 167,1	151 822,8	43 437,5
Le Raz (07)	76 923,4	53 985,4	42 645	56 182,1	27 894,9	—	37 846,9	37 847,3	37 846,6	100 247,9	143 966,7	140 583,5	60 983,4
Penmarc'h SW (16)	97 805,4	90 658,2	72 914,1	70 339,3	56 614,6	37 846,9	—	—	—	69 266,2	114 215,9	103 437	64 871,1
Penmarc'h SE (10)	97 805,3	90 658,5	72 914,3	70 339,2	56 614,7	37 847,3	—	—	—	69 265,6	114 215,3	103 436,5	64 870,8
Penmarc'h NW (08)	97 805	90 657,9	72 913,7	70 339	56 614,2	37 846,6	—	—	—	69 266,3	114 215,9	103 437,2	64 870,7
Lann-Bihoué (11) et (15)	119 944,9	142 693,7	116 521,1	93 435,2	103 987,2	100 247,9	69 266,2	69 265,6	69 266,3	—	44 955,4	55 950,7	76 828,2
Grandchamp (12)	149 878,2	182 305,8	154 731,2	127 224,5	144 167,1	143 966,7	114 215,9	114 215,3	114 215,9	44 955,4	—	58 757,6	109 639,5
Belle-Ile (14) et (17)	174 688,8	189 919,5	166 244	147 137,7	151 822,8	140 583,5	103 437	103 436,5	103 437,2	55 950,7	58 757,6	—	131 417
Cranou (18)	43 280,9	76 477,2	48 008,4	17 597,3	43 437,5	60 983,4	64 871,1	64 870,8	64 870,7	76 828,2	109 639,5	131 417	—

TAB. 4. — Calibration du réseau Syledis-Bretagne : valeurs des retards θ .
Résultats de 1983 et de 1982.
Equations d'observation (en 1983).

Résultats de 1983 et de 1982

Station	Créneau	Retard θ (1983)	Retard θ (1982)	Notes
Brignogan	02	- 0,3	0	(1) Retard exprimé en mètres.
Ouessant	03	+ 0,3	-3,7	(2) L'antenne de Brignogan n'est pas la même au cours des deux étalonnages (une antenne omnidirectionnelle était installée en 1983).
Kerdraziou	04	+ 2,3	+4,4	(3) L'adoption des retards des stations au Sud de Penmarc'h est plus délicate que pour les stations du Nord; il est à craindre que les antennes de Penmarc'h et de Lann-Bihoué ne soient pas assez dégagées; des obstacles créent des réflexions importantes qui détériorent les performances. On note cependant la bonne correspondance des retards adoptés en 1982 et 1983 pour l'ensemble des stations.
Pencran	05	+ 2,9	+1,6	
Le Toulguet	06	0	0	
Le Raz	07	+ 3,8	+3,9	
Penmarc'h	08	- 3,1	-2,4	
Le Toulguet	09	- 5	+2	
Penmarc'h	10	- 3,1	-3	
Lann-Bihoué	11	- 0,2	-0,1	
Grandchamp	12	+ 0,2	-3	
Ouessant	13	+ 0,3	+8	
Belle-Ile	14	- 3,9	+0,7	
Lann-Bihoué	15	- 0,2	0	
Penmarc'h	16	- 3,2	-3	
Belle-Ile	17	- 2,9	-1	
Cranou	18	+12,2	-	

Les équations d'observation (1983) sur les lignes d'ombre

N°	Lignes d'ombre	Equations d'observation	Résidus	Notes
1	Brignogan-Ouessant	$\theta_2 = -0,5$	-0,1	(1) Les constantes sont en mètres.
2	Brignogan-Kerdraziou	$\theta_4 - \theta_2 - \theta_3 = 1,5$	-0,4	(2) θ désigne le retard propre d'une antenne Syledis repérée par son créneau d'émission exemple :
3	Brignogan-Pencran	$\theta_5 - \theta_2 - \theta_3 = 3,8$	+0,4	θ_{17} = retard de Belle-Ile dans le créneau 17.
4	Brignogan-Cranou	$\theta_{18} - \theta_2 - \theta_3 = 12$	-0,1	(3) Une ligne d'ombre est repérée dans l'ordre : station proche du mobile, puis station éloignée.
5	Pencran-Cranou	$\theta_{18} - \theta_5 = 10,6$	+0,6	
6	Kerdraziou-Toulguet	$\theta_4 = 2,8$	+0,3	
7	Kerdraziou-Cranou	$\theta_{18} - \theta_4 = 9,8$	-0,1	
8	Kerdraziou-Pencran	$\theta_5 - \theta_4 = 0,1$	+0,1	
9	Ouessant-Toulguet	$\theta_3 = 0$	-0,1	
10	Ouessant-Pencran	$\theta_5 - \theta_3 = 3,1$	+0,2	
11	Toulguet-Le Raz	$\theta_7 = 4,2$	+0,2	
12	Toulguet-Cranou	$\theta_{18} = 12$	-0,1	
13	Toulguet-Pencran	$\theta_5 = 3,1$	+0,1	
14	Toulguet-Kerdraziou	$\theta_4 = 3,5$	+0,6	
15	Toulguet-Ouessant	$\theta_3 = +0,8$	+0,3	
16	Le Raz-Penmarc'h	$\theta_6 = -4,5$	-0,7	
17	Le Raz-Cranou	$\theta_{18} - \theta_7 = 9,3$	+0,5	
18	Le Raz-Pencran	$\theta_5 - \theta_7 = -1,5$	-0,3	
19	Le Raz-Toulguet	$\theta_7 = 3$	-0,4	
20	Le Raz-Kerdraziou	$\theta_4 - \theta_7 = -2$	-0,2	
21	Penmarc'h-Cranou	$\theta_{18} - \theta_7 - \theta_6 = 11,5$	0	
22	Penmarc'h-Kerdraziou	$\theta_4 - \theta_7 - \theta_6 = 1,1$	-0,2	
23	Penmarc'h-Le Raz	$\theta_6 = -2,2$	+0,5	
24	Lann-Bihoué-Grandchamp	$\theta_{12} = 1,5$	-0,6	
25	Lann-Bihoué-Cranou	$\theta_{18} - \theta_{15} =$	-0,8	
26	Belle-Ile-Grandchamp	$\theta_{12} - \theta_{14} =$	-0,6	
27	Belle-Ile-Lann-Bihoué	$\theta_{14} = -3,5$	+0,2	
28	Belle-Ile-Penmarc'h	$\theta_{14} + \theta_{15} = -5,7$	-0,8	

La manipulation de l'UCM demande une bonne dextérité. Le point calculé est stable en zone côtière; au-delà les fluctuations des mesures Syledis sont moins bien filtrées. Il est nécessaire de multiplier par 2,5 le paramètre DRMS pour une estimation raisonnable de la qualité du point, quelle que soit la position du mobile, le filtrage choisi étant le filtrage 3.

Le récepteur SR3 (Planche 3)

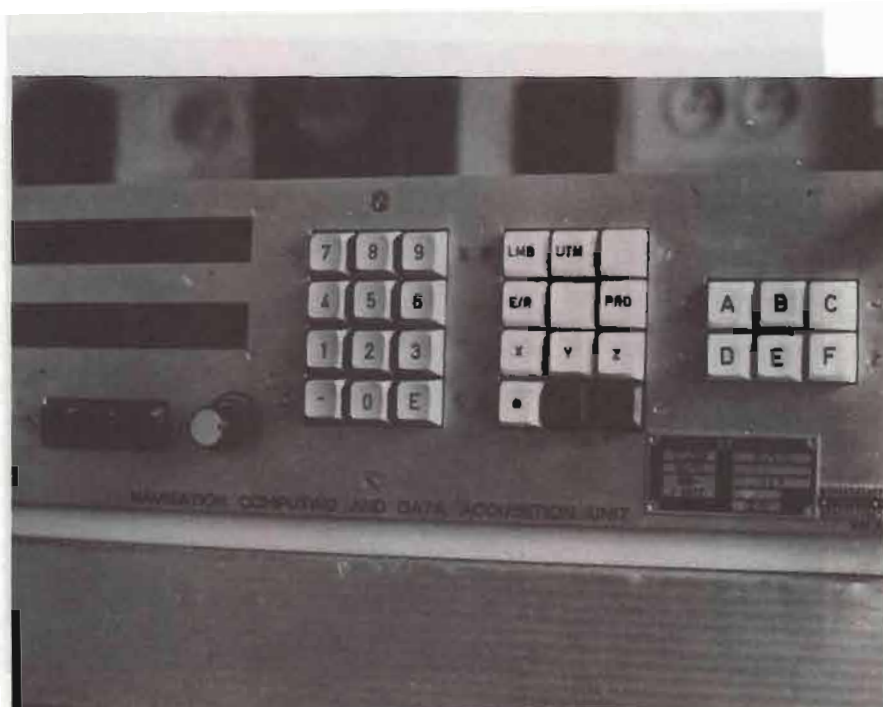
Le récepteur SR3 est un récepteur moderne qui calcule le point en coordonnées géographiques.

Cet appareil simple d'emploi, aux fonctions multiples, est bien conçu pour la navigation en temps réel et une exploitation informatisée.

Une horloge interne lui permet un traitement par « pseudo-distances »; ce traitement appelé parfois « pseudo-circulaire » est un traitement hyperbolique.

Le SR3, pour le calcul du point :

- choisit automatiquement les meilleures stations disponibles dont les mesures sont cohérentes avec le point actuel,
- retient jusqu'à 8 stations (3 stations suffisant au calcul),

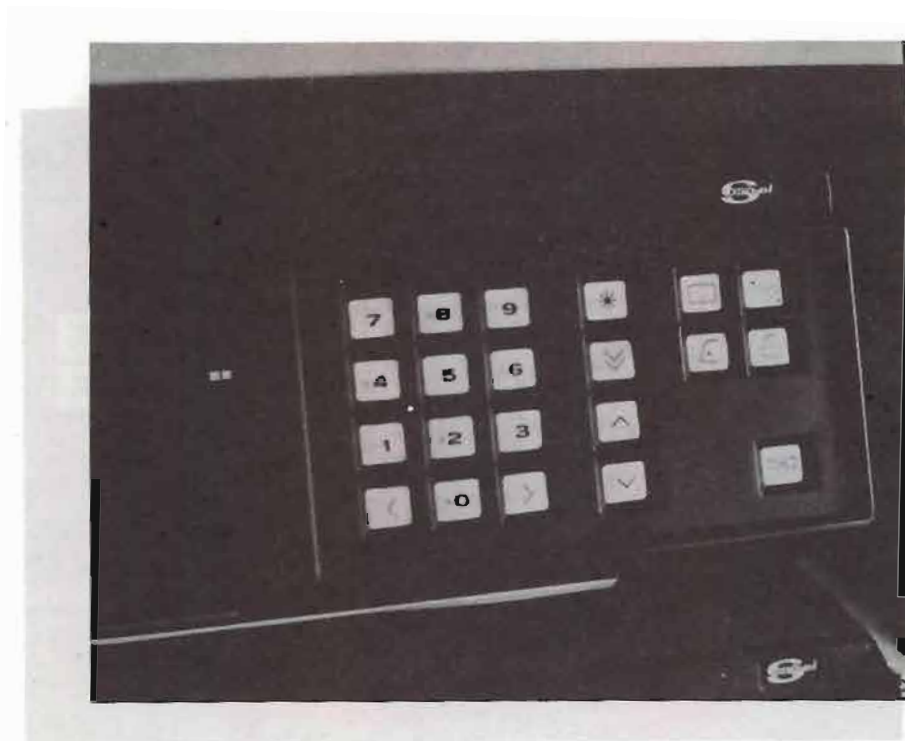


Le calculateur UCM

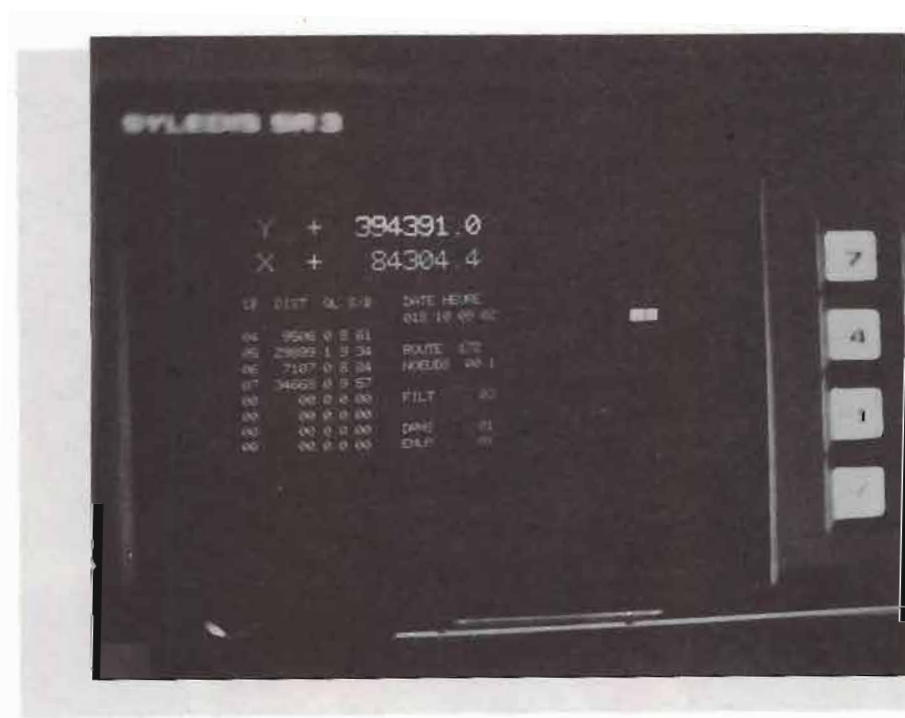


Le récepteur MH3

PL. 2. — Le récepteur Syledis MH3 associé au calculateur UCM.



Touches de commande



Visualisation détaillée

PL. 3. — Récepteur Syledis SR3.

— entretient l'estime dans les périodes de mauvaise réception.

L'écran du SR3 permet une navigation critique : il indique la route et la vitesse calculées, le chapeau du point (paramètre EMLP), sa fidélité (paramètre DRMS), la qualité des mesures de distances, les stations retenues pour le calcul du point.

Le Chef de quart peut visualiser la trace de la route suivie; la continuité plus ou moins satisfaisante de cette trace donne une bonne idée de la fidélité du point. Pour enlever tout doute sur cette qualité on peut aussi effectuer une giration : la visualisation de cette évolution est instructive comme le montrent les planches 7 à 9. Il peut arriver que le programme rejette une distance courte, apparemment de qualité. Ceci peut provenir d'une mauvaise estime de départ et une nouvelle initialisation est alors nécessaire.

4.2. Imperfections du SR3

Notons deux imperfections du récepteur SR3 :

— la désélection automatique des antennes directives en dehors des lobes de directivité n'est pas possible;

— le calcul du paramètre DRMS est optimiste : en filtrage 3, il faut multiplier par 6 sa valeur pour avoir le double de l'écart radial réel; son calcul n'est pas tout à fait exempt des erreurs de calibration.

Ceci dit, le SR3 tire le meilleur parti du Syledis en hyperbolique; pour améliorer le point il faudrait disposer d'un lieu circulaire, option envisagée par la SERCEL en ajoutant au récepteur un module d'émission. (La supériorité du positionnement circulaire par rapport au positionnement hyperbolique est étudiée § 20-6).

4.3. Filtrage à adopter pour l'usage du SR3 et de l'UCM

On adoptera le filtrage « 3 » pour le calcul du point du SR3 ainsi que pour celui du récepteur MH3-MR3 associé à l'UCM.

Des contrôles à terre, puis en mer ont permis de vérifier l'opportunité de ce choix :

— avec un filtrage plus faible, on donne trop de poids aux fluctuations rapides des lieux, fluctuations qui peuvent être valablement lissées.

— avec un filtrage plus fort, on introduit une erreur de traînage d'autant plus forte que le mobile est rapide et évolutif.

4.4. Fichiers des mesures Syledis

Présentons la forme sous laquelle ont été constitués les fichiers de mesures à bord du BH1

L'Espérance. On constatera la présentation renseignée des enregistrements du SR3; chaque groupe de mesures est identifié (groupes Y, X : position, groupe Q : qualité, groupe V : estime, groupes R : distances).

On constatera par contre la difficulté d'exploitation des mesures UCM, certains groupes pouvant de plus être aussi bien des distances que les coordonnées (X, Y) d'une position.

Exemple : (extrait d'un enregistrement par l'hydroboucle)

DATE : 32 16 7 11.9 Début archivage 1 min

N° : 175 Archivage

UCM 1: 155365 213390 302925019132050 0 0

UCM 2: 633240 213180 302887022232230 0 0

TORAN: 550783 654390 11

SR 3 : Y+0302945.8 X-0021349.3 Q3008010
281V0097 07322R111458 09328R134922
12618R233308

Le jour 32 à 16 h 07 min 11,9 s commence un archivage toutes les minutes. L'enregistrement indiqué a le numéro 175.

Le point SR 3 (Y = ... X = ...) acquis avec une sévérité de filtrage 3 a un DRMS égal à 008 mètres et un EMLP égal à 010 mètres (groupe Q 3008010). On fait route au 281 à 009,7 nœuds (groupe 281V0097). La balise Syledis émettant dans le créneau 07 (Le Raz) est à la pseudo-distance 111458 mètres. Elle est reçue avec un rapport signal/bruit de 22 dB; l'écart type estimé de la mesure est 3 mètres (groupe 07322 R111458).

Le point UCM 1 est :

X = - 21 339 m Y = 302 925 m

Le groupe 19132050 indique que :

- le premier lieu a la qualité 1 ($2,5 \text{ m} < \sigma < 7,5 \text{ m}$)
- le deuxième " " 9 (décroché)
- le troisième " " 1
- l'EMLP est 32 m
- le DRMS est 05 m

Le point UCM 2 est :

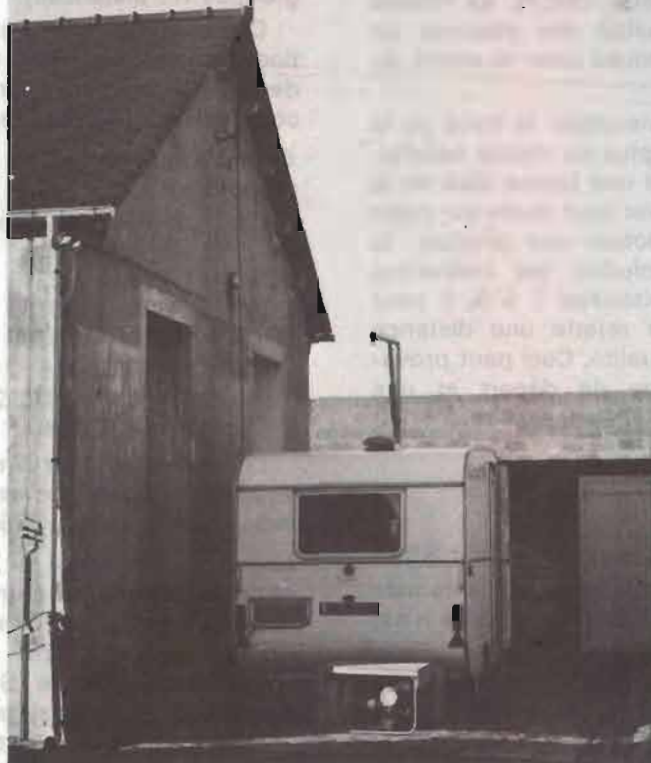
X = - 21 318 m Y = 302 887 m

Le groupe 22232230 indique que :

- le premier lieu a la qualité 2 ($7,5 \text{ m} < \sigma < 12,5 \text{ m}$)
- le deuxième " " 2
- le troisième " " 2
- l'EMLP est 32 m
- le DRMS est 23 m

5. MÉTHODES SUIVIES POUR L'ÉVALUATION DU SYLEDIS

Un système est évalué en comparant son point à celui d'un système plus précis. Mais le point peut être calculé dans des conditions si diverses que l'on s'attache à acquérir les données originales (mesures de distances en circulaire, de différences



La caravane mobile



Le système de traitement : Calculateur HP 9845, Table traçante HP 9872, Hydraboucle (non visible).

PL. 4. — Essais Sylédis à Toulbroc'h.

de distances en hyperbolique) pour les comparer aux données correspondantes obtenues à partir du point du système précis.

Cette démarche s'est révélée insuffisante dans le cas du Syledis : le point calculable a posteriori à partir des mesures originales ne tient pas compte du filtrage apporté par l'UCM. Pour une évaluation objective, surtout au large, il faut tenir compte d'un filtrage licite et analyser statistiquement les écarts planimétriques entre le point Syledis à évaluer et le point de référence.

Une acquisition automatique s'imposait. L'« hydroboucle » (mis en place par l'EPSHOM) a permis d'acquérir les nombreuses données à recueillir. Le dépouillement long et fastidieux en temps différé des premiers fichiers a conduit à la détermination des performances du Syledis. Afin de vérifier ces conclusions, d'enlever tout doute sur le filtrage, des programmes « temps réel » ont été écrits et mis en œuvre en février et mars 1983 à bord du BH1 *L'Espérance*, après avoir été testés dans une caravane mobile (planches 4 et 5).

A terre, le point de référence est facilement déterminé sur point géodésique. Les mesures au point fixe permettent une appréciation suffisante des performances pour concevoir les programmes de traitement écrits en fonction des résultats prévisibles à la mer.

A la mer, le point de référence a été le point optique (mesures ponctuelles d'étalonnage en vue

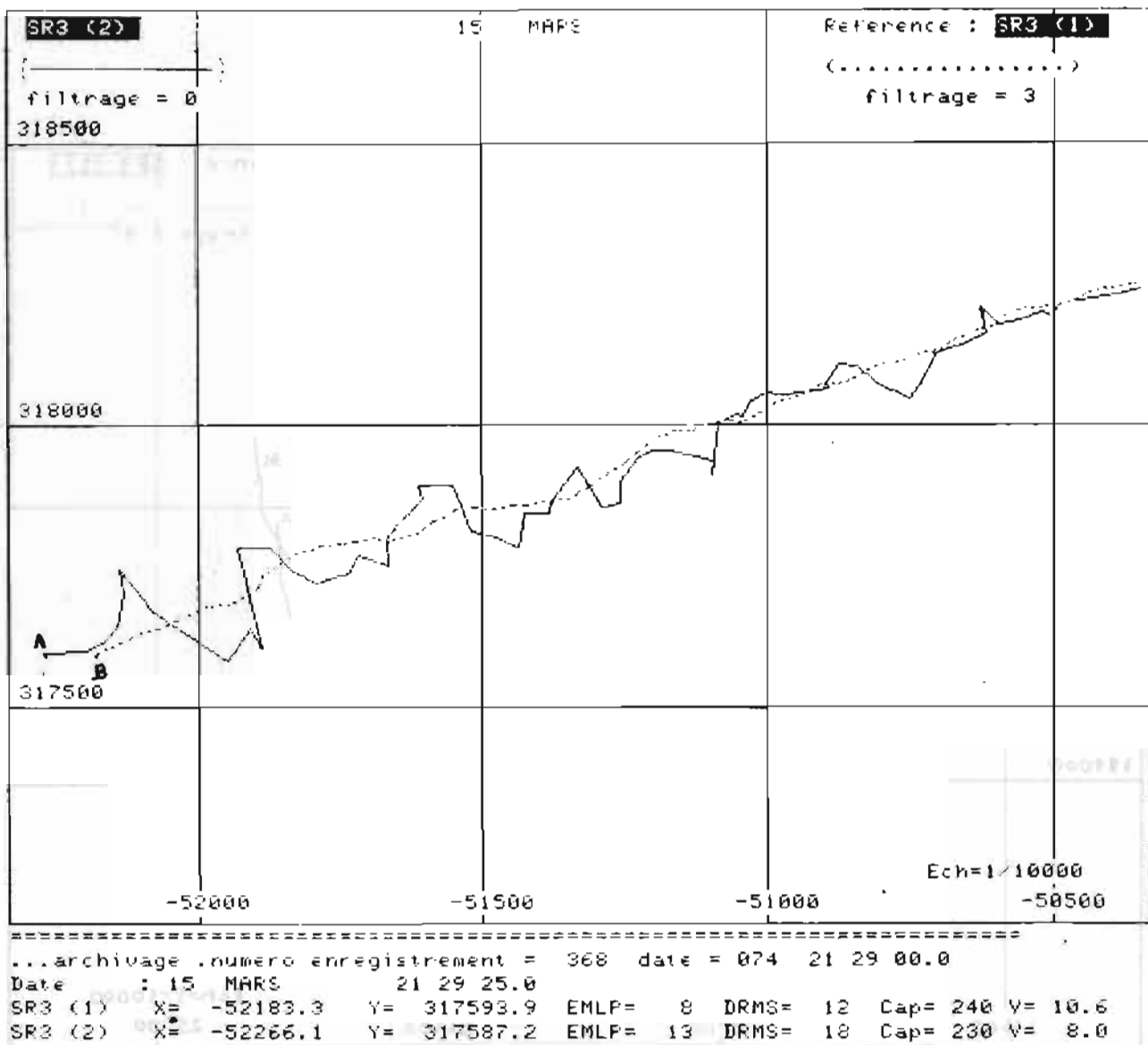
de côte), le point « balises acoustiques » de deux champs immergés sur le plateau continental, le point TORAN (Iroise ou Sud Bretagne) ou ... le point Syledis. En effet l'évaluation du réseau a été faite « Syledis contre Syledis » en étudiant les points de deux ou trois récepteurs branchés sur la même antenne; ces récepteurs fonctionnaient dans des configurations éventuellement différentes :

- par le mode (circulaire, hyperbolique),
- par le choix des stations,

ce qui permettait d'obtenir des points de précisions d'ordres différents, l'imprécision relative du point de référence n'ayant plus ainsi d'importance.

6. EXEMPLES DE TRAITEMENT EN TEMPS RÉEL : CHOIX DU FILTRAGE

L'examen des trajectoires permet une appréciation qualitative rapide des performances d'un système. Cet examen est utile lorsque le bâtiment est en route stable ou en giration avec un angle de barre donné. Il est ainsi possible, par exemple, de choisir le filtrage optimal des mesures; dans le cas du Syledis le filtrage 3 convient sur un navire. On consultera les commentaires des planches 6 à 12.



PL. 6. — Nécessité d'un filtrage minimal.

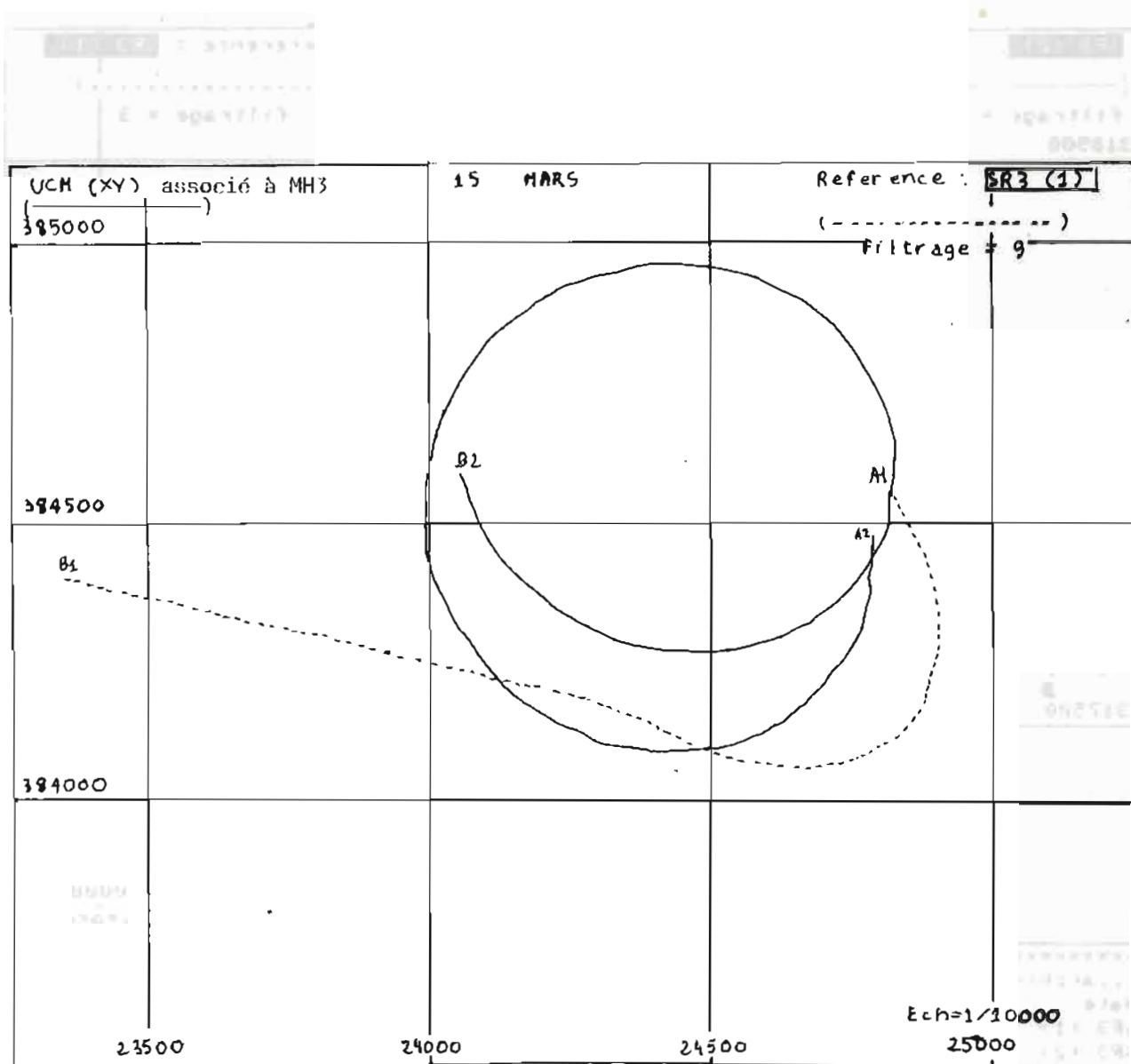
Commentaires :

Trajectoire en trait plein : point Syledis d'après le récepteur SR3 n° 2 en filtrage 0.

Trajectoire en pointillés : point Syledis d'après le récepteur SR3 n° 1 en filtrage 3.

Le bâtiment suit une route rectiligne dans une zone où $2\sigma_c = 100$ mètres (*) environ. Les fluctuations de la trajectoire du récepteur en filtrage 0 montrent la nécessité d'un filtrage minimal; mais ce filtrage ne change pas la précision du point. (Les débuts des trajectoires (A et B) sont à 100 mètres l'un de l'autre, ordre de grandeur des fluctuations de la trajectoire du point Syledis sans filtrage).

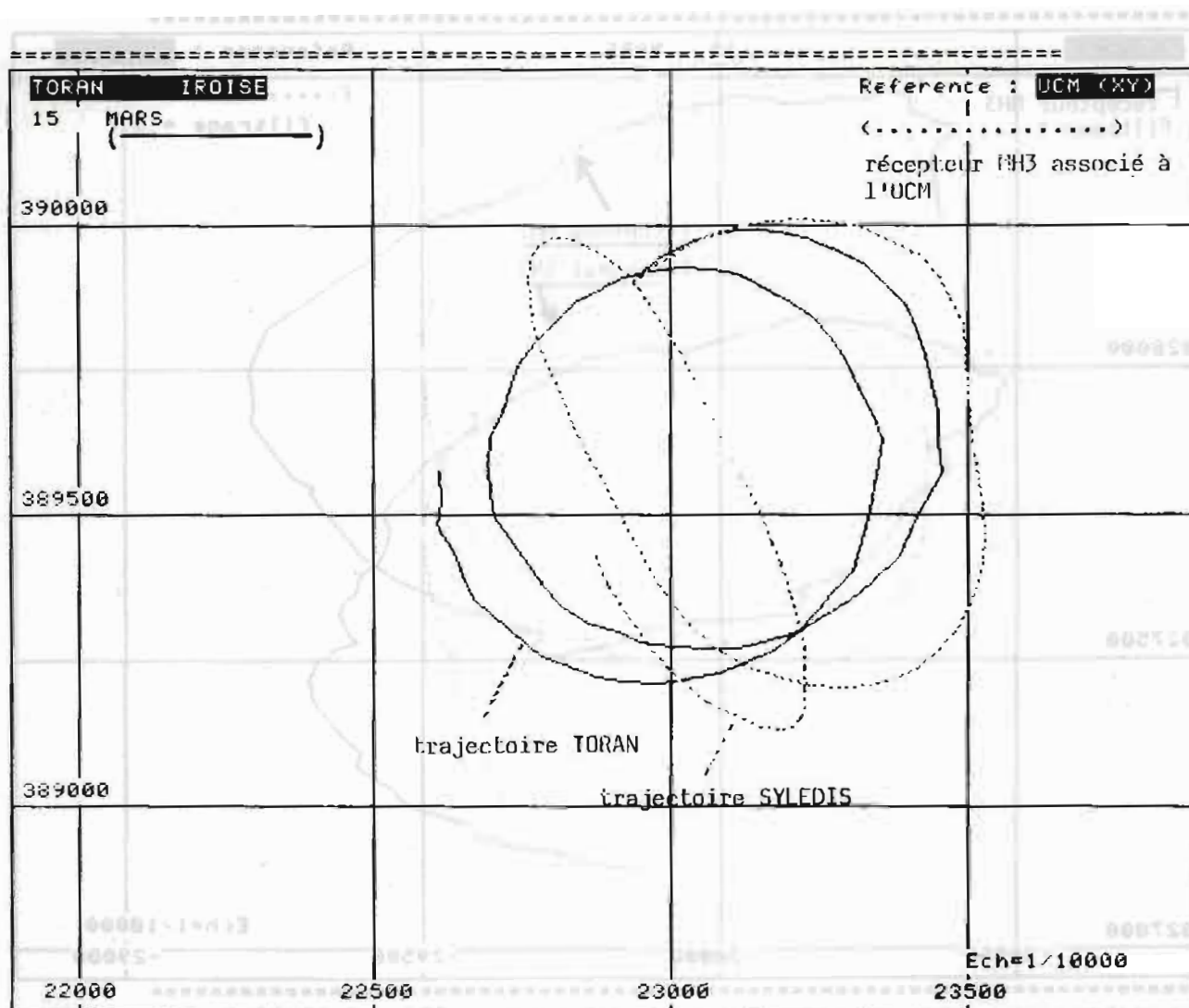
(*) σ_c : écart-type circulaire; voir §11-1.



PL. 7. — Danger d'un filtrage trop fort. (Reproduction d'une sortie graphique en temps réel sur HP 9845).

Commentaires :

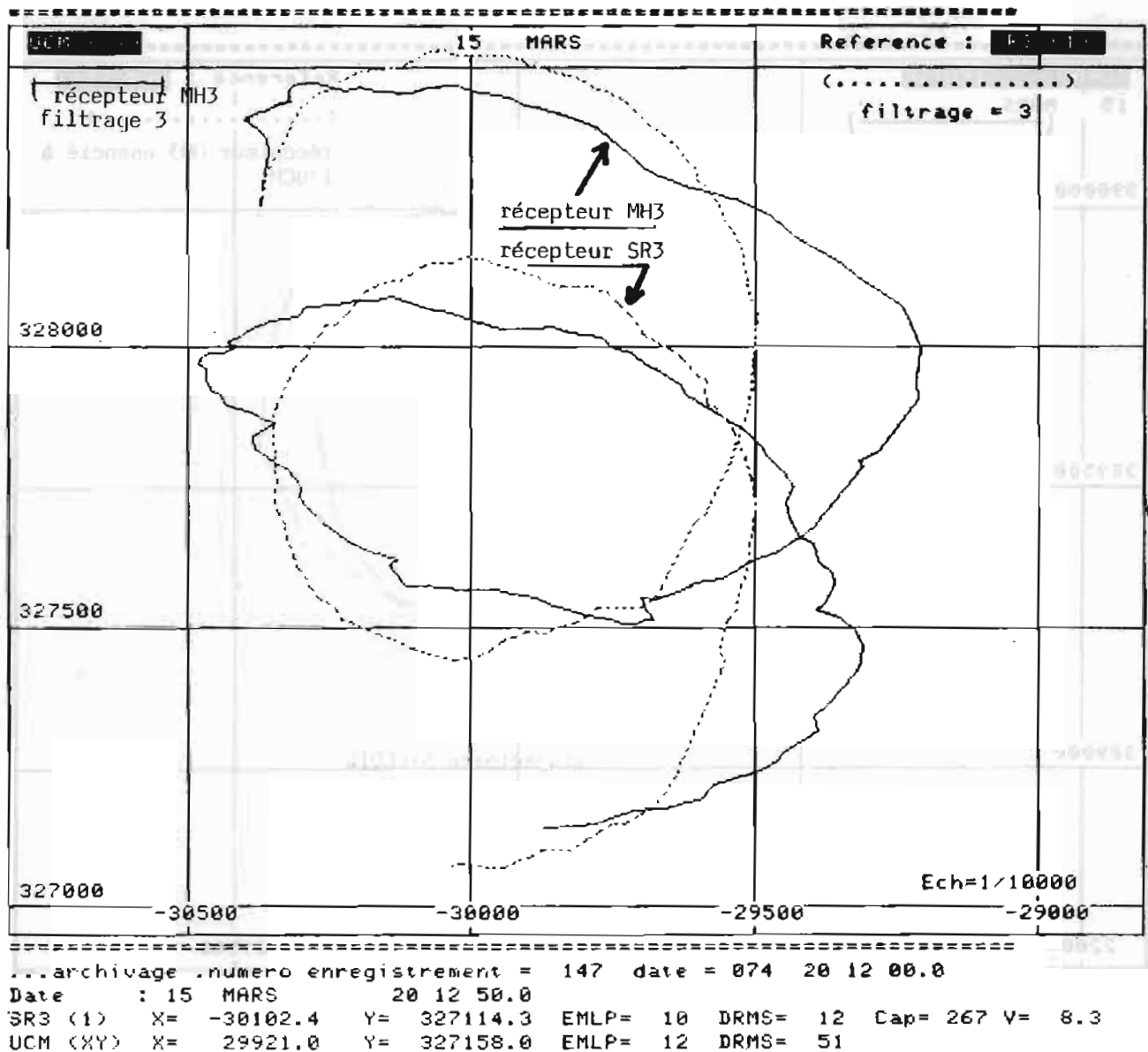
- le récepteur MH3 associé à l'UCM est en filtrage 3; le point Syledis est représenté par la trajectoire en continu (de A₁ à B₁).
- Le récepteur SR3 (1) est en filtrage 9; le point Syledis est représenté par la trajectoire en pointillés (de A₂ à B₂).
- Le navire est en giration régulière sur la droite.
- Les points A₁ et A₂ sont correspondants; de même B₁ et B₂; le décrochement du récepteur SR3 est évident; il est dû au choix d'un filtrage trop fort.



PL. 8. — Danger d'un filtrage trop fort. (Sortie graphique « temps réel » sur HP 9845).

Commentaires :

Le bâtiment est en rotation; celle-ci est bien reproduite (courbe en trait plein) par le point Toran; par contre la trajectoire donnée par le récepteur MH3 (associé à l'UCM en filtrage 9) est infidèle (noter la forme elliptique de la trajectoire du point Syledis, trajectoire représentée en pointillés).



PL. 9. — Supériorité du SR3 en limite de portée. (Sortie graphique « temps réel » sur HP 9845).

En limite de portée, la giration du navire est mieux reproduite par le récepteur SR3 (trajectoire en pointillés) que par le récepteur MH3 (trajectoire en trait plein).

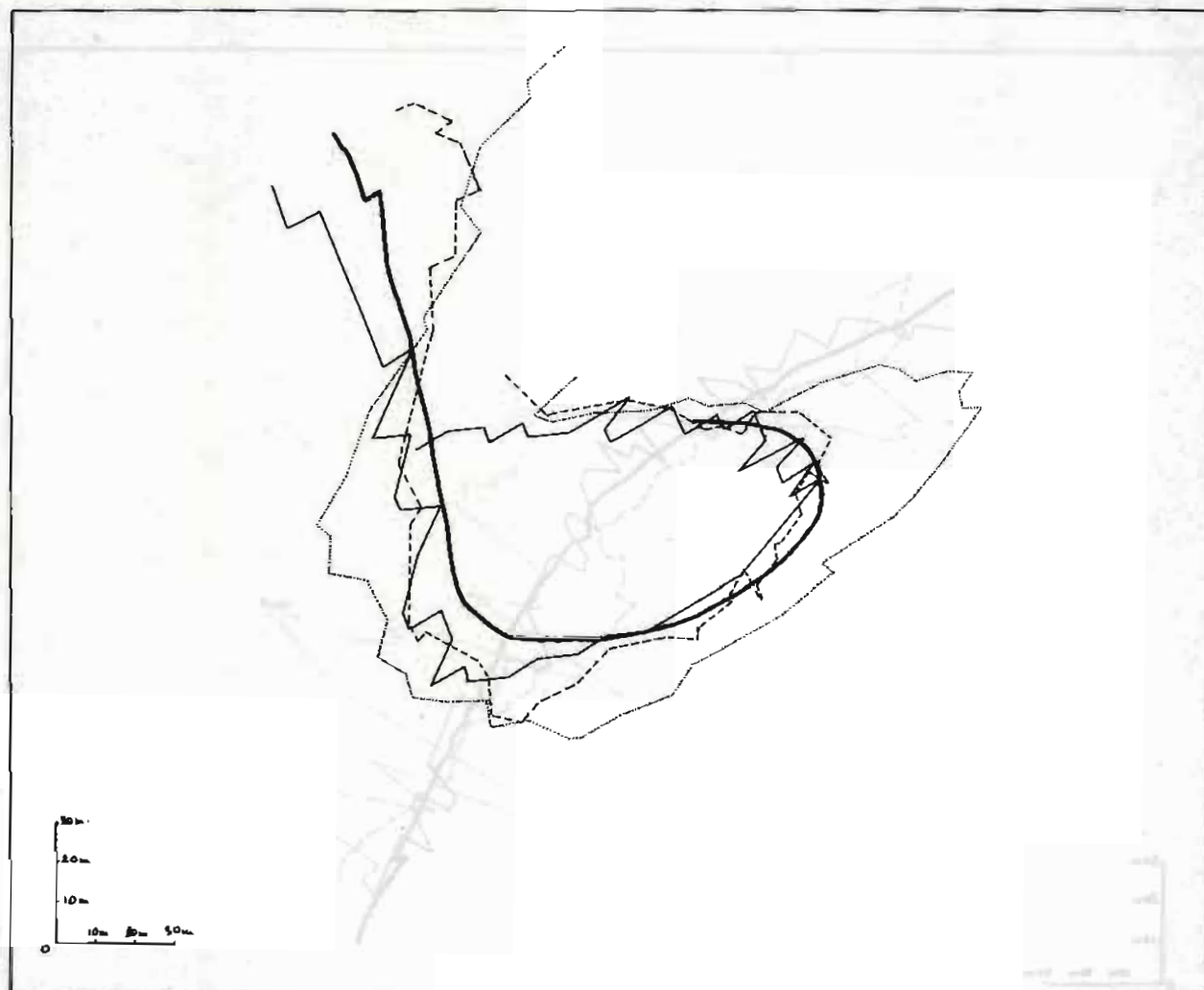


EXPERIMENTATION EN $L = 47^{\circ}25'N$

$G = 5^{\circ}50'W$

PL. 10. — Etude de la fidélité du point d'après l'examen des trajectoires (reproduction en temps différé).

- route du BH1 « *L'Espérance* » donnée par un champ de balises acoustiques immergées,
- route du BH1 « *L'Espérance* » donnée par le réseau Toran Iroise,
- - - - route du BH1 « *L'Espérance* » donnée par le réseau Syledis et le récepteur SR3,
créneaux sélectionnés : 12 (Grandchamp) 13 (Ouessant) 15 (Lann-Bihoué) 16 (Penmarc'h) 17 (Belle-Ile)
- route donnée par le réseau Syledis et le récepteur MH3,
couples sélectionnés : 10-15, 10-13, 10-17.



EXPERIMENTATION EN $L = 47^{\circ}25'W$

$G = 5^{\circ}50'W$

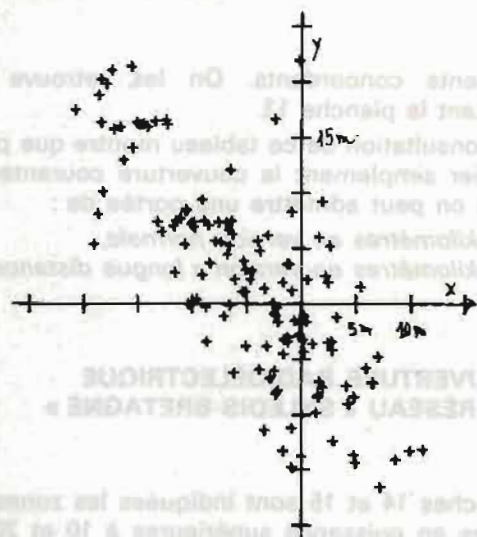
PL. 11. — Etude de la fidélité du point d'après l'examen des trajectoires (reproduction en temps différé).

- route du BH1 « L'Espérance » donnée par un champ de balises acoustiques immergées,
- route du BH1 « L'Espérance » donnée par le réseau Toran Iroise,
- - - - route du BH1 « L'Espérance » donnée par le réseau Syledis et le récepteur SR3,
créneaux sélectionnés : 12, 13, 15, 16, 17,
- route donnée par le réseau Syledis et le récepteur MH3,
couples sélectionnés : 10-15, 10-13, 10-17.

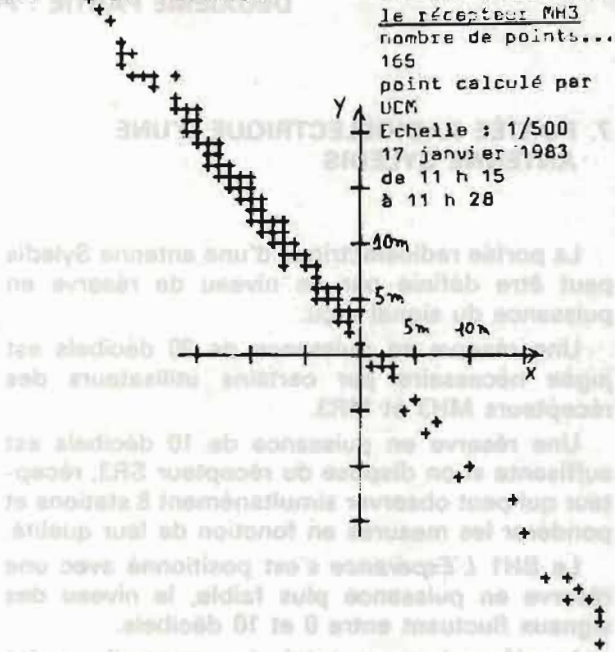
Cible correspondante du point SYLEDIS donné par le récepteur SR3
 nombre de points : 133
 le 17 janvier de 10 h 57 à 11 h 08

XG = 84285m + YG = 394425m

Xref = 84294m + Yref = 394415m



Cible du point SYLEDIS donné par le récepteur MH3
 nombre de points... 165
 point calculé par UCM
 Echelle : 1/500
 17 janvier 1983
 de 11 h 15 à 11 h 28



PL. 12. — En station fixe, à terre : comparaison du point des récepteurs SR3 et MH3 quand les lieux sont instables.

Commentaires :

- 1) A Toulbroc'h on observe les stations Syledis de Brignogan (02), Ouessant (03), Kerdraziou (04). On constate que la cible de points du SR3 est moins allongée que celle du MH3. (Le $2\sigma_c$ de la cible du SR3 vaut 25 mètres, celui de la cible du MH3 vaut 40 mètres). On en déduit la supériorité du filtrage du SR3 quand les lieux sont instables.
- 2) On notera que la cible du SR3 est plus large. Ce résultat tient au mode de traitement si bien qu'à terre, quand les lieux sont stables la cible du MH3 sera éventuellement plus petite que celle du SR3.

Cible de points Syledis	Nombre de points	Echelle	
		SR3	MH3
SR3 > 10 m	133	25	40
SR3 > 20 m	110	25	40
SR3 > 30 m	100	25	40
SR3 > 40 m	100	25	40
SR3 > 50 m	100	25	40

DEUXIÈME PARTIE : PORTÉE RADIOÉLECTRIQUE

7. PORTÉE RADIOÉLECTRIQUE D'UNE ANTENNE SYLEDIS

La portée radioélectrique d'une antenne Syledis peut être définie par un niveau de réserve en puissance du signal reçu.

Une réserve en puissance de 20 décibels est jugée nécessaire par certains utilisateurs des récepteurs MH3 et MR3.

Une réserve en puissance de 10 décibels est suffisante si on dispose du récepteur SR3, récepteur qui peut observer simultanément 8 stations et pondérer les mesures en fonction de leur qualité.

Le BH1 *L'Espérance* s'est positionné avec une réserve en puissance plus faible, le niveau des signaux fluctuant entre 0 et 10 décibels.

Le décrochement total des appareils a été observé dans l'ordre :

- décrochement du MH3,
- décrochement du MR3,
- peu après, décrochement du SR3.

La portée d'une station n'est pas constante. Elle dépend notamment de la puissance des émetteurs et de la saison. Le tableau ci-dessous récapitule les résultats obtenus (en kilomètres) au cours de l'hiver 1981-1982. Ils ont été déduits de plusieurs

traitements concordants. On les retrouve en consultant la planche 13.

La consultation de ce tableau montre que pour apprécier simplement la couverture courante du Syledis on peut admettre une portée de :

- 120 kilomètres en version normale,
- 175 kilomètres en version « longue distance ».

8. COUVERTURE RADIOÉLECTRIQUE DU RÉSEAU « SYLEDIS-BRETAGNE »

Planches 14 et 15 sont indiquées les zones de réserves en puissance supérieures à 10 et 20 dB pour la réception d'au moins trois stations Syledis dans les configurations :

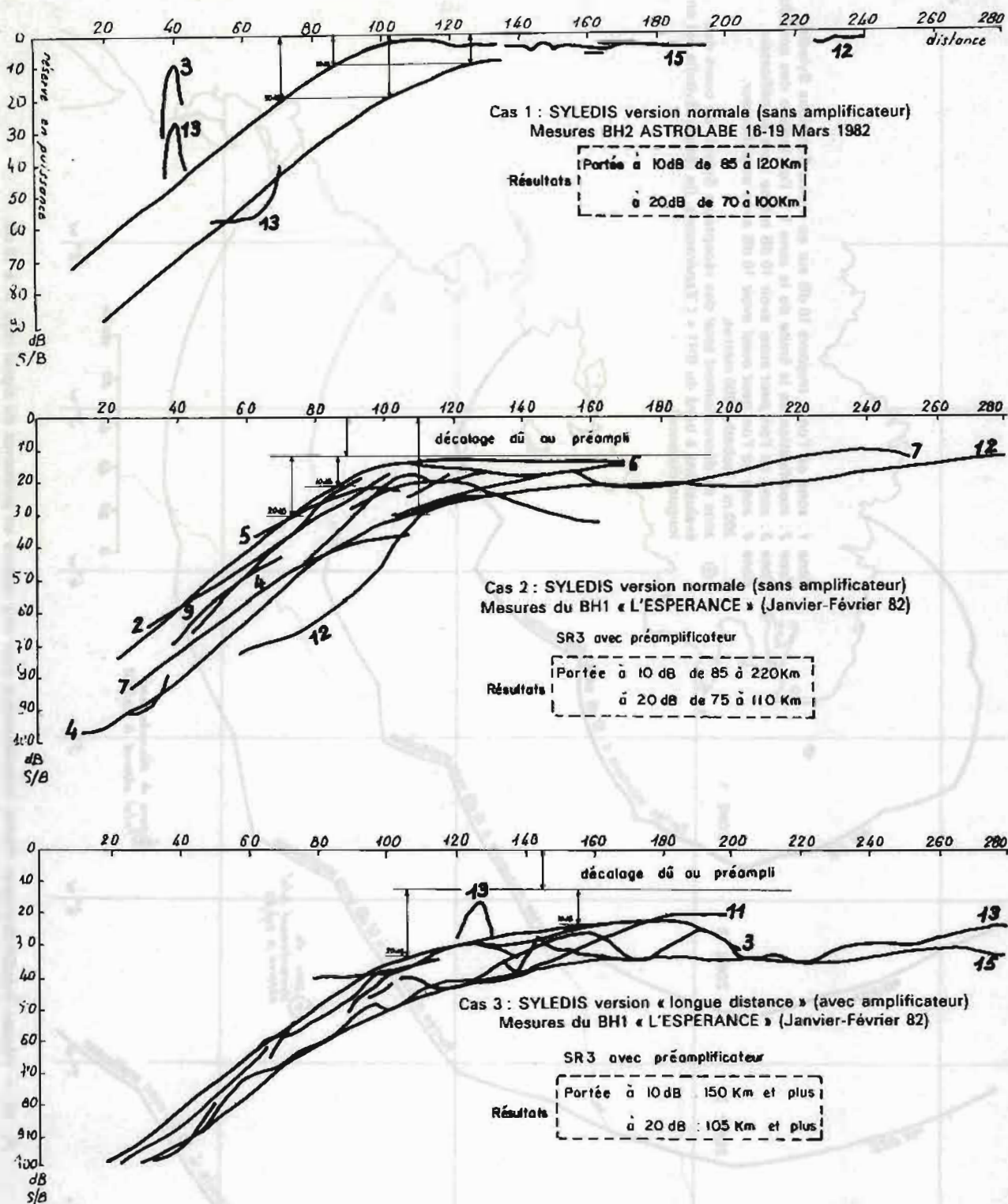
- réseau Syledis en version normale (puissance des émetteurs : 10 W)
- réseau Syledis en version « longue distance » (puissance des émetteurs avec amplificateurs : 250 W)
- conditions de propagation favorables ou au contraire défavorables pour l'ensemble des stations.

Il apparaît, planche 14, que les amplificateurs de puissance étendent notablement, jusqu'à la chute du plateau continental, la zone de réception. Par ailleurs les amplificateurs améliorent la stabilité des signaux au large, qualité précieuse en mode hyperbolique surtout si on ne dispose que du récepteur MH3. Cette qualité est aussi très importante en mode circulaire puisque la couverture du « Syledis circulaire » est plus étendue que celle du « Syledis hyperbolique ».

On a noté que les préamplificateurs d'antenne, installés sur les mobiles, améliorent la réception des stations Syledis de plus de 10 décibels.

Enfin, tout en admettant que les antennes directives des stations Syledis à terre sont souvent reçues plus loin que les antennes omnidirectionnelles, le gain en décibels — et le gain en portée — ne justifient pas d'une manière décisive l'installation de plusieurs jeux d'antennes dans une même station.

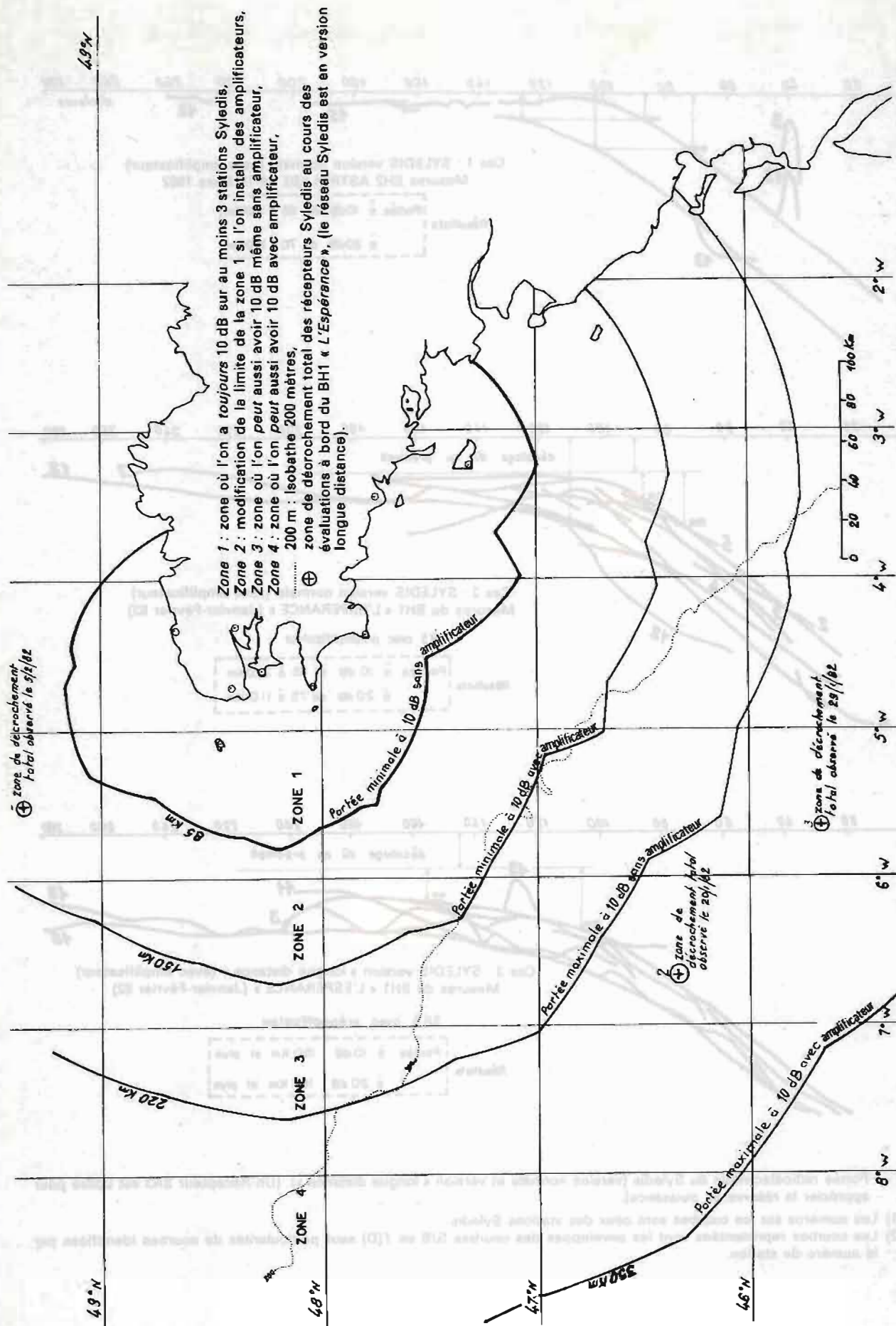
Portée d'une station Syledis en fonction de la réserve en puissance du signal reçu		Portée minimale (km)	Portée la plus fréquente (km)	Portée maximale (km)
Syledis version normale	Portée (S/B ≥ 10 dB)	85	120	220
	Portée (S/B ≥ 20 dB)	75	100	110
Syledis version longue distance	Portée (S/B ≥ 10 dB)	150	175	350
	Portée (S/B ≥ 20 dB)	105	120	170



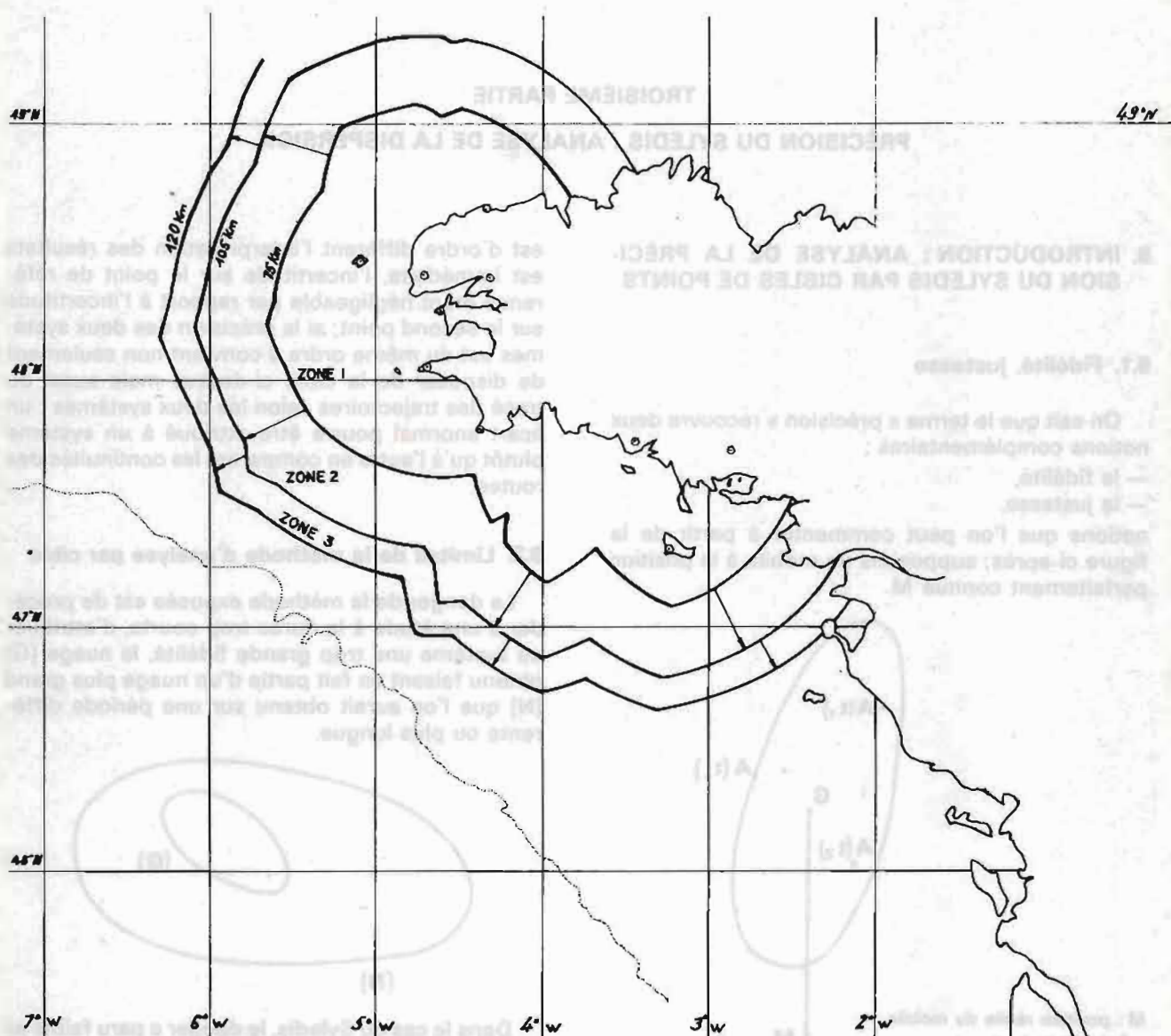
PL. 13. — Portée radioélectrique du Syledis (version normale et version « longue distance »). (Un Récepteur SR3 est utilisé pour apprécier la réserve en puissance).

N.B. : 1) Les numéros sur les courbes sont ceux des stations Syledis.

2) Les courbes représentées sont les enveloppes des courbes S/B en f(D) sauf particularités de courbes identifiées par le numéro de station.



PL. 14. — Réseau Sylédic-Bratagne. Portée radioélectrique pour une réserve en puissance du signal reçu $\geq$ à 10 dB janvier à mars 82 (L'Espérance-Astrolabe).



PL. 15. — Réseau Syladis-Bretagne. Portée radioélectrique pour une réserve en puissance de 20 dB janvier à mars 1982 (*L'Espérance-Astrolabe*).

Zone 1 : zone à 20 dB sur 3 stations Syladis dans les moins bonnes conditions,
Zone 2 : zone où il est possible, sans amplificateur, d'avoir aussi 20 dB sur 3 stations,
 zone où l'on est assuré d'avoir 20 dB en installant des amplificateurs,
Zone 3 : zone où l'on peut avoir 20 dB sur 3 stations en installant des amplificateurs,
 200 m : Isobathe 200 mètres.

TROISIÈME PARTIE

PRÉCISION DU SYLEDIS : ANALYSE DE LA DISPERSION

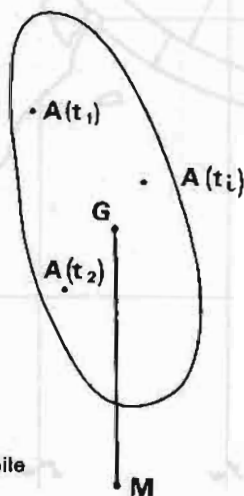
9. INTRODUCTION : ANALYSE DE LA PRÉCISION DU SYLEDIS PAR CIBLES DE POINTS

9.1. Fidélité, justesse

On sait que le terme « précision » recouvre deux notions complémentaires :

- la fidélité,
- la justesse,

notions que l'on peut commenter à partir de la figure ci-après; supposons un mobile à la position parfaitement connue M.



M : position réelle du mobile aux instants $t_1, t_2, \dots, t_i$.

Un système de radiolocalisation le mettra aux instants $t_1, t_2, \dots, t_i$ en $A(t_1), A(t_2), \dots, A(t_i)$.

Les positions $A(t_i)$ forment un nuage à forme elliptique de barycentre G : l'évaluation du vecteur MG est le problème de la justesse; celle de la taille du nuage est celui de la fidélité.

9.2. Les cibles de points

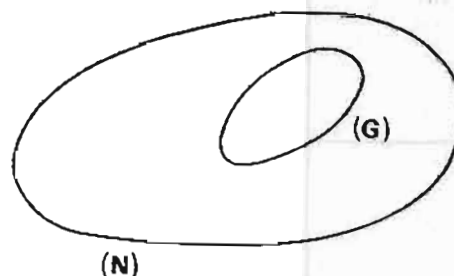
La figure ci-dessus illustre bien une méthode possible d'étude de la précision d'un système.

- A terre, le mobile M peut être fixe; il n'y a aucune difficulté à obtenir le nuage des positions radioélectriques successives à partir d'un système d'acquisition relié à une table traçante;
- En mer, le mobile M n'est pas fixe. La cible de points (ou nuage de points) sera une cible relative obtenue en faisant la différence des coordonnées données par deux systèmes de positionnement radioélectriques. Si la précision des deux systèmes

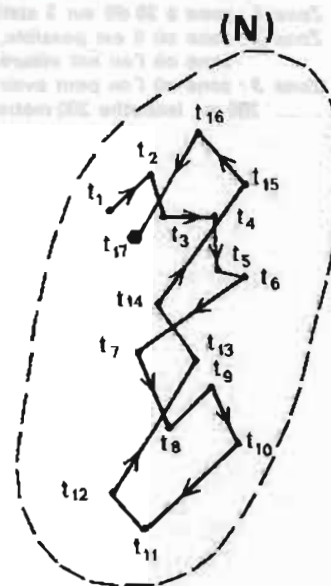
est d'ordre différent l'interprétation des résultats est immédiate, l'incertitude sur le point de référence étant négligeable par rapport à l'incertitude sur le second point; si la précision des deux systèmes est du même ordre il convient non seulement de disposer de la cible ci-dessus mais aussi du tracé des trajectoires selon les deux systèmes : un écart anormal pourra être attribué à un système plutôt qu'à l'autre en comparant les continuités des routes.

9.3. Limites de la méthode d'analyse par cible

Le danger de la méthode exposée est de procéder à une étude à la durée trop courte, d'attribuer au système une trop grande fidélité, le nuage (G) obtenu faisant en fait partie d'un nuage plus grand (N) que l'on aurait obtenu sur une période différente ou plus longue.



Dans le cas du Syledis, le danger a paru faible en étudiant des cibles de points pendant plus de 24 heures et en les comparant à des cibles équivalen-



tes obtenues pendant une quinzaine de minutes. Pour s'assurer que cette période d'observation était suffisante les cibles étaient souvent tracées non par pointé (avec relevé de plume jusqu'au pointé suivant) mais par segment, deux positions consécutives étant reliées. A partir d'un certain temps, la trajectoire recouvrait les segments précédents sans apporter d'informations nouvelles.

Dans le cas du Syledis, le danger a paru d'autant plus faible que la justesse du système a été constatée à la suite d'étalonnages optiques sur les côtes bretonnes.

10. JUSTESSE DU SYLEDIS

Les résultats de l'étalonnage optique (voir § 17) sur l'ensemble des côtes bretonnes ont montré la justesse du Syledis : en un point la valeur moyenne de la mesure est effectivement celle donnée par l'équation de fonctionnement quel que soit le parcours (terre, mer) en l'absence d'obstacles surtout à proximité des antennes. Autrement dit, l'équation du Syledis étant de la forme $R = kD + C$, la valeur C est constante et ne dépend pas de la nature du parcours. Cette conclusion est bien entendue établie pour les périodes d'un étalonnage (un mois), les variations des constantes entre deux étalonnages successifs espacés d'un an pouvant être dues aux interventions des électroniciens, aux variations des caractéristiques des coaxiaux...

On a admis au large la justesse du Syledis. Cette hypothèse a été confirmée :

- par la cohérence des paramètres de qualité du point calculé à l'aide de 8 balises (cas du SR3),
- par la cohérence des corrections à apporter au point Toran, point plus fidèle au large (dans les périodes licites d'observation) mais moins juste que le point Syledis.

Le point Syledis étant en moyenne juste, on a étudié sa fidélité par rapport :

- au point donné par un champ immergé de balises acoustiques,
- à un point radioélectrique de grande fidélité (point Toran ou point Syledis obtenu dans une autre configuration)

Les dossiers en annexes C et D illustrent cette étude.

Cependant, cette approche restait insuffisante : il était nécessaire de chercher un modèle pour interpréter les résultats obtenus et limiter les expérimentations à la mer.

11. ANALYSE DE LA FIDÉLITÉ DU SYLEDIS : L'ÉCART TYPE RADIAL, LE HDOP

11.1. Définition de l'écart type radial (σ_c) (encore appelé : écart type circulaire)

Pour caractériser la taille d'une cible de points à forme elliptique il faut trois paramètres : le petit et le grand-axe de la cible, l'orientation d'un axe.

Cependant il est plus pratique (référence : Manuel des Aides Radioélectriques à la Navigation, chapitre 10, page 9) de caractériser par un seul nombre une cible de points. Ce nombre est l'écart type radial noté σ_c ; on sait que cet écart est aussi appelé écart type circulaire et DRMS (distance root mean square).

On démontre que le cercle :

- de rayon ($2\sigma_c$) contient de 95 à 98 % des points selon l'excentricité de l'ellipse
- de rayon σ_c contient de 63 à 68 % des points.

11.2. Le HDOP

Beaucoup de communications récentes utilisent le terme GDOP (Geometric Dilution of Position) ou HDOP (Horizontal Dilution of Position) pour évaluer le facteur de dégradation, de « dilution » de la précision en fonction de la géométrie du réseau.

En étudiant les communications du constructeur et les formules utilisées on a montré que ce facteur était égal au rapport : σ_c/σ

σ_c ... écart type circulaire

σ ... écart type des mesures de distances supposé égal à 1

On se méfiera du paramètre HDOP pour évaluer la fidélité du Syledis au large.

Dans l'exemple ci-dessous une carte du « HDOP » donnerait des précisions dans le rapport 2,5; en fait, la valeur de l'écart type des mesures de distances n'étant pas constante, les précisions sont dans le rapport 12,5.

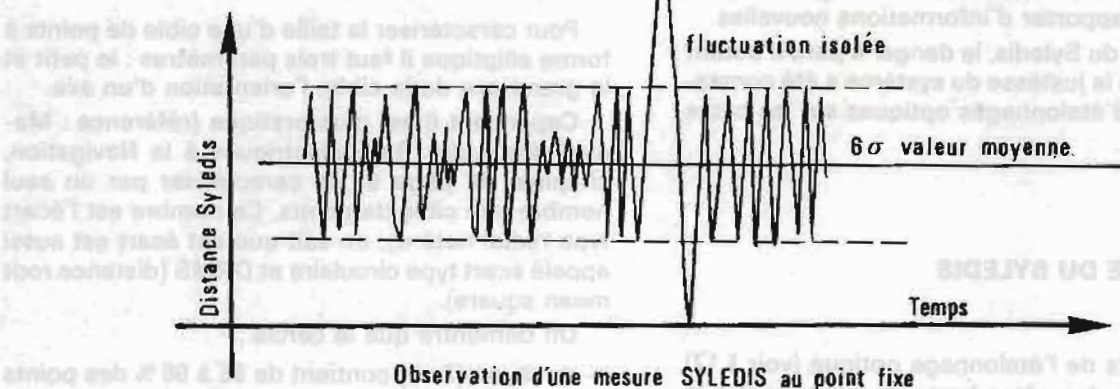
Exemple :

Situation	Valeur du HDOP	Valeur du σ (mètres)	Valeur de σ_c $\sigma_c = \sigma \times \text{HDOP}$
(1) Cas d'une zone côtière	2	1	2 mètres
(2) Cas possible au large	5	5	25 mètres
rapports de	$\frac{\text{HDOP2}}{\text{HDOP1}} = 2,5$		$\frac{\sigma_{c2}}{\sigma_{c1}} = 12,5$

12. LA DISPERSION DE LA MESURE SYLEDIS

12.1.

12.1. Définition de l'écart type Syledis (σ_S)



Une mesure de distance Syledis se présente au point fixe sous la forme ci-dessus, en fonction du temps.

Cette mesure se caractérise par une valeur moyenne, une dispersion rapidement appréciable en admettant que les fluctuations maximales ont une amplitude de $\pm 3\sigma$ autour de la valeur moyenne. Dans cette estimation on ne tient pas compte des grandes fluctuations isolées (de l'ordre de 30 mètres ou plus) que l'on observe au-delà de l'horizon optique.

On a vérifié que la dispersion ainsi évaluée était la bonne quand on observait les mesures avec le filtrage 3. Cette dispersion était par ailleurs bien représentée par le paramètre Q que le récepteur SR3 associe à chaque mesure, tout au moins jusqu'à la valeur $Q = 5$ mètres. Au delà de cette « qualité », l'estimation de la valeur des mesures est optimiste.

12.2. L'implantation de plusieurs antennes Syledis dans une même station à terre, à la même position planimétrique, ces antennes émettant dans des créneaux différents, a fourni une méthode d'étude intéressante du signal Syledis.

On a vérifié que ces mesures étaient indépendantes et que l'écart type de leur différence répondait à l'équation :

1) Cas d'une seule antenne	2	7	1
2) Cas de deux antennes	8	8	2
3) Cas de trois antennes	10	10	3

$$\sigma_{(A-B)} = \sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_B^2}$$

σ_A ... écart type de la mesure de distance MA

σ_B ... écart type de la mesure MB

$\sigma_{(A-B)}$... écart type de la différence (MA - MB)

$\sigma_A = \sigma_B$ si A et B sont les antennes d'une même station. On a ainsi établi que l'écart type de la mesure de distance Syledis était donné par l'approximation :

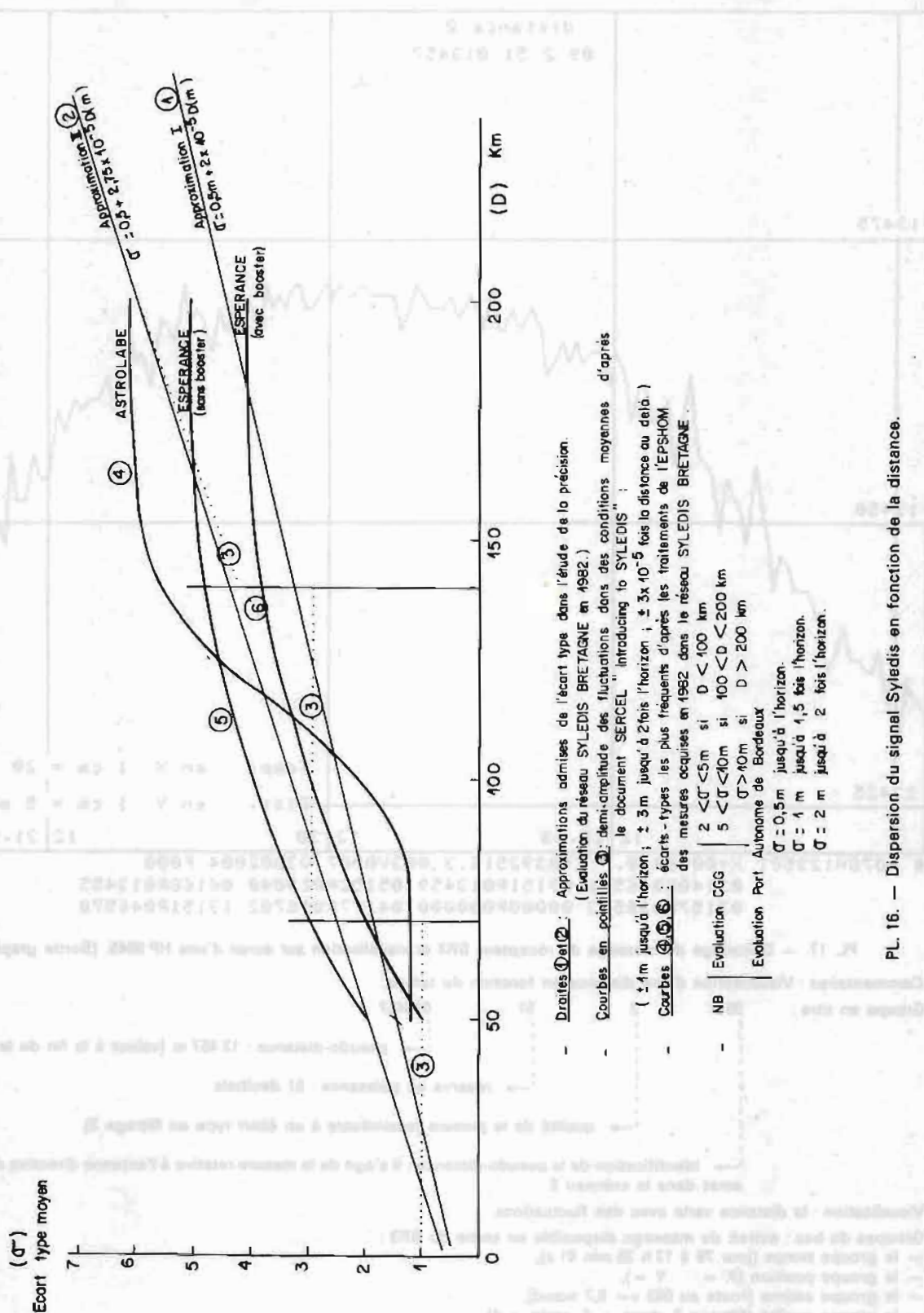
$$\sigma \text{ mètres} = 0,5 + 2 \cdot 10^{-5} D$$

D... distance en mètres entre le mobile et la station Syledis.

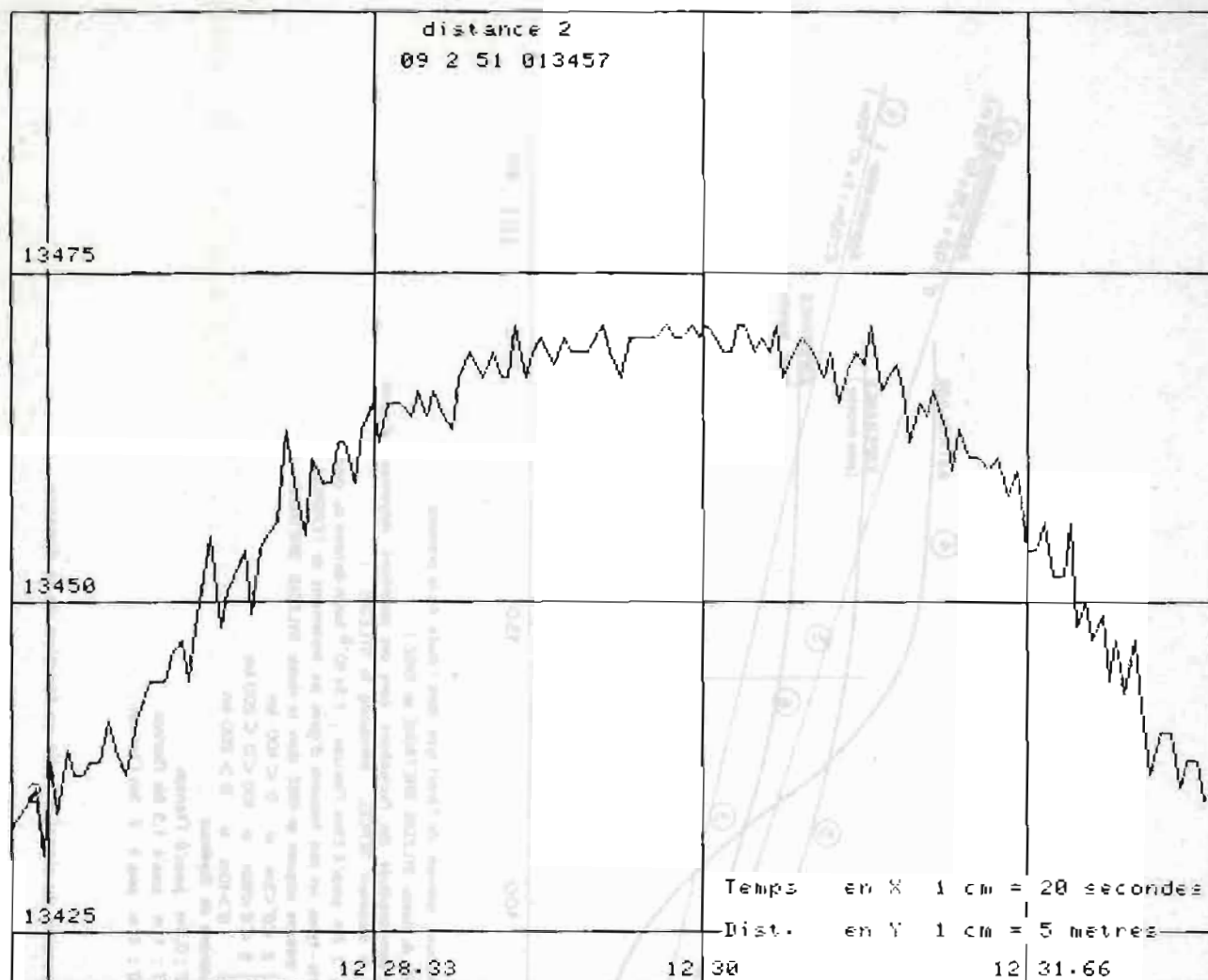
Planche 16 on a résumé les résultats des différentes expérimentations qui confirment la validité de cette approximation.

13. ENREGISTREMENTS GRAPHIQUES DE MESURES SYLEDIS

A titre documentaire, on consultera les planches 17 à 23, sorties graphiques en temps réel des mesures du récepteur SR3.



PL. 16. — Dispersion du signal Syledis en fonction de la distance.



078H123501 X+0096418.7 Y+0392516.3 003V0007 03002004 F000
 03140R046571 09151R013459 05152R019040 06168R013455
 07157R038503 00000R000000 04177R010702 13151R046570

PL 17. — Décodage du message du récepteur SR3 et visualisation sur écran d'une HP 9845. (Sortie graphique).

Commentaires : Visualisation d'une distance en fonction du temps.

Groupe en titre : 09 2 51 013457

→ pseudo-distance : 13 457 m (valeur à la fin de la visualisation)

→ réserve en puissance : 51 décibels

→ qualité de la mesure (assimilable à un écart type en filtrage 3)

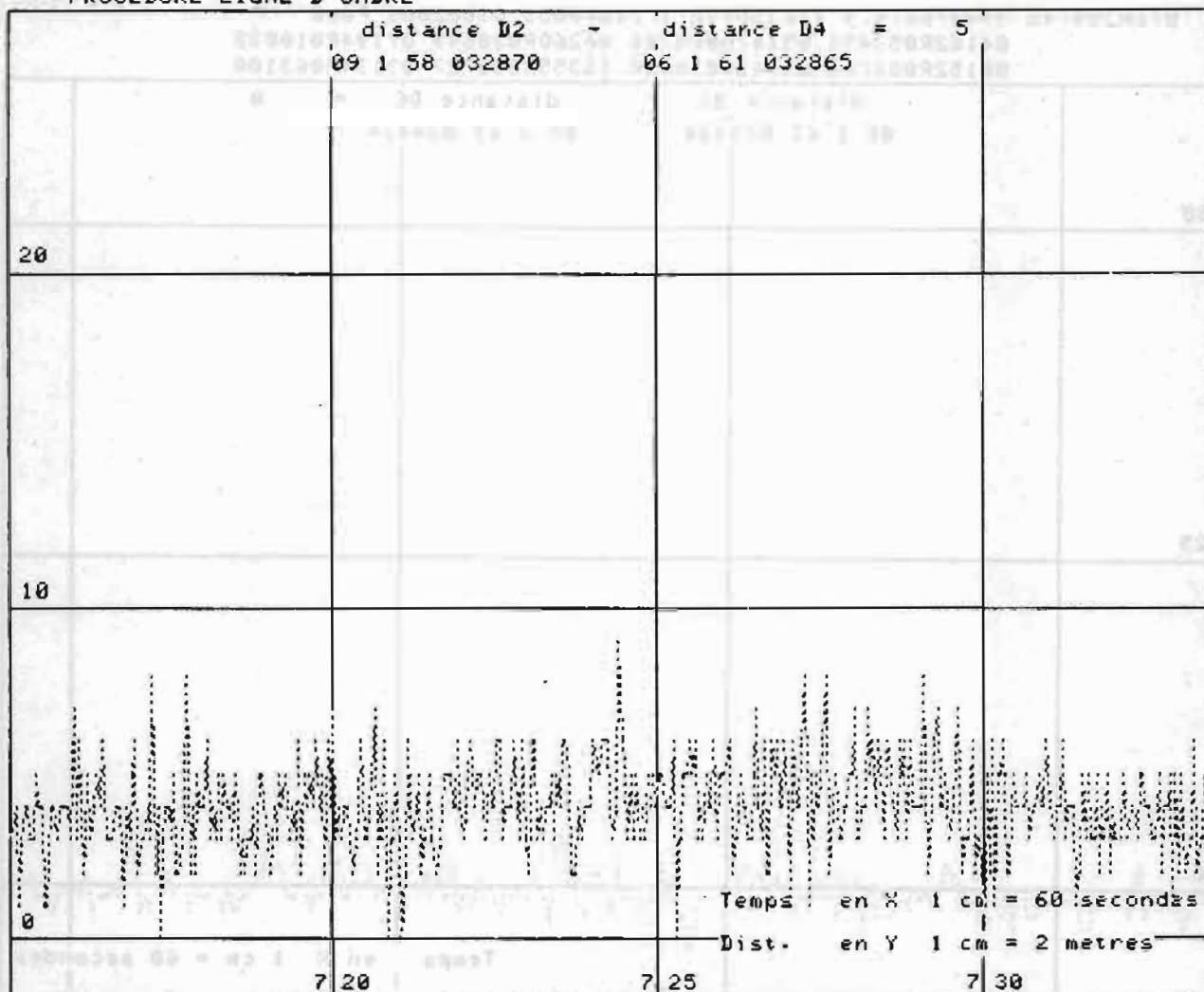
→ identification de la pseudo-distance : il s'agit de la mesure relative à l'antenne directive du Toulinguet qui émet dans le crêneau 9.

Visualisation : la distance varie avec des fluctuations.

Groupes du bas : extrait du message disponible en sortie du SR3 :

- le groupe temps (jour 78 à 12 h 35 min 01 s),
- le groupe position (X = Y =),
- le groupe estime (route au 003 v = 0,7 nœud),
- le groupe qualité (filtrage 3, drms = 2, emp = 4),
- le groupe fonctionnement (pas de panne),
- les pseudo-distances avec leurs groupes d'identification.

====PROCEDURE LIGNE D'OMBRE



078H073334 X+0051495.7 Y+023 91 10 147V0067 03002003 F000
03169R019964 0924R000045 05125R062626 06246R032842
07160R037646 13190R019974 04155R031846 00000R000000

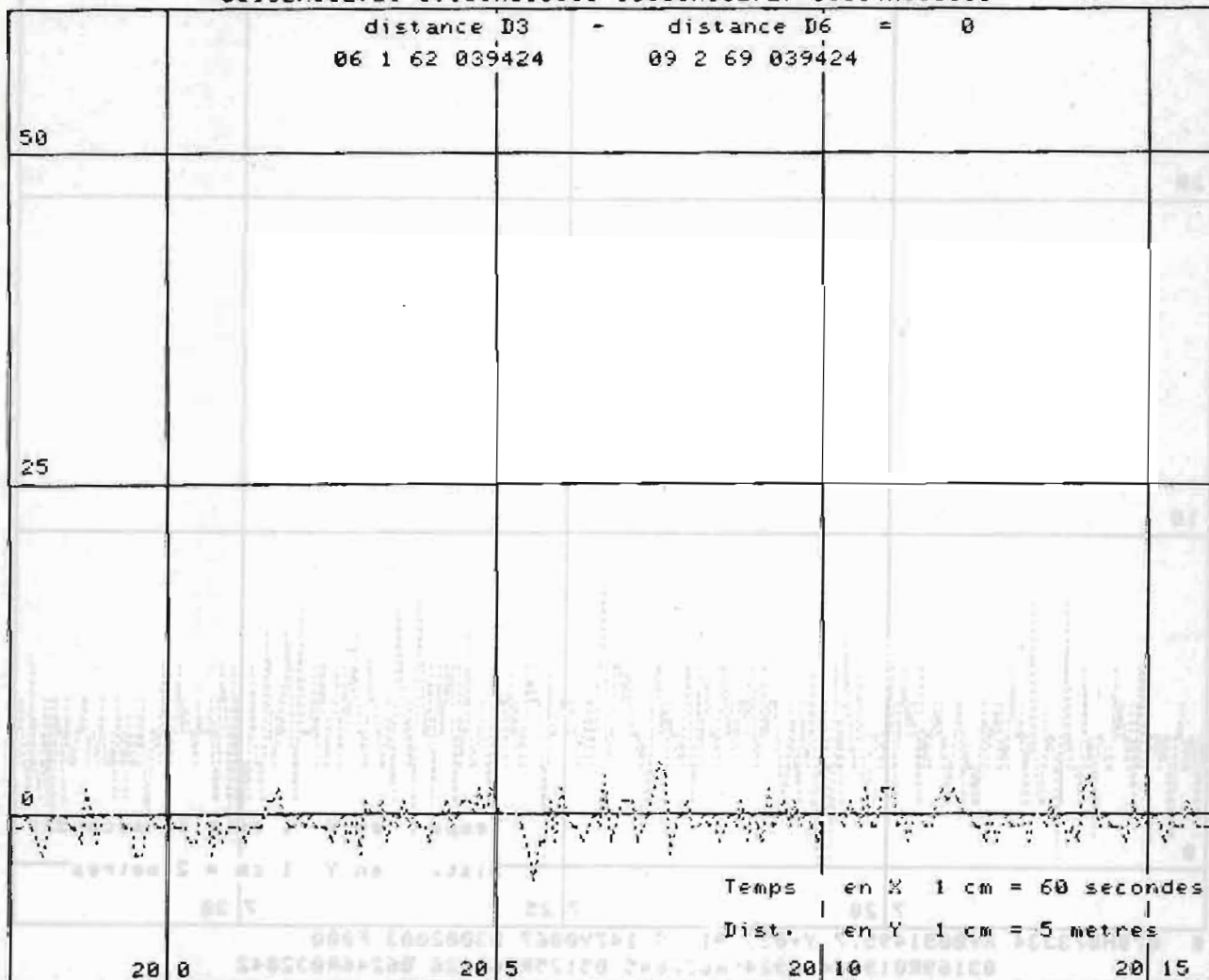
PL. 18. — Etude des antennes : dispersion de la mesure Syledis. (Sortie graphique).

Commentaire :

Le graphique indique la différence des pseudo-distances du mobile aux antennes omnidirectionnelle (06) et directive (09) du Toulanguet.

- On note le biais de l'ordre de 3 mètres en moyenne entre ces deux pseudo-distances (la valeur indiquée en haut du graphique est une différence instantanée).
- On note les fluctuations du signal que l'on peut facilement étudier, la différence des distances ayant une valeur moyenne constante.

076H200745 X+0070874.5 Y+0350930.3 248V0053 03002003 F000
 04162R053451 05147R065700 06260R038649 07194R010833
 08152R032721 09161R038650 16355R032727 03134R063100



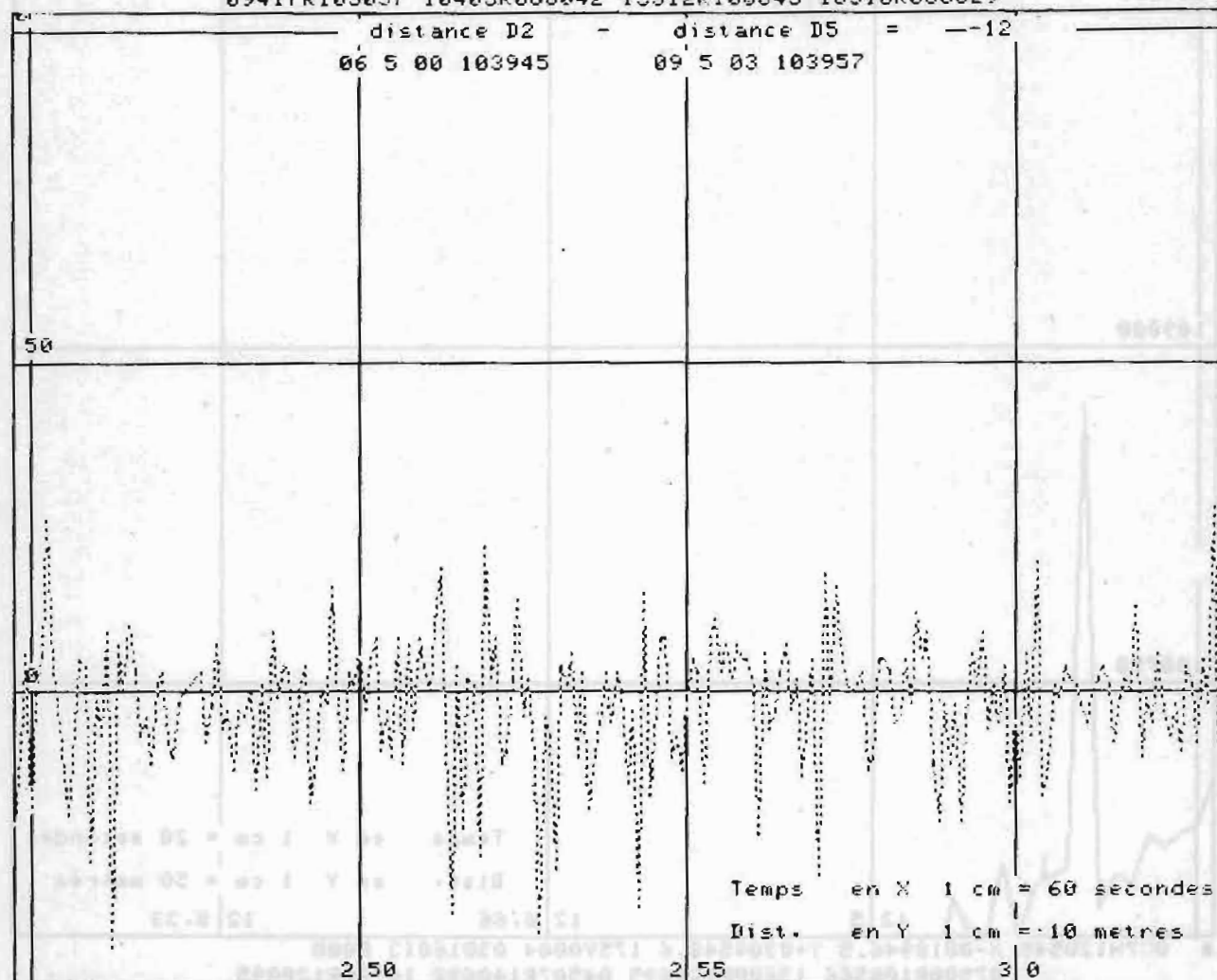
076H201705 X+0069444.1 Y+0350587.1 256V0057 03001003 F000
 04160R054080 05141R066892 06161R039476 07193R011590
 08160R033723 09262R039478 16261R033721 03135R063061

PL. 19. — Visualisation en temps réel de la différence des distances aux antennes d'une même station. (Étude de la dispersion du signal Syledis). (Sortie graphique).

Commentaires :

- 1) La différence des distances visualisées est celle des distances aux antennes du Toulinguet (antennes 6 et 9).
- 2) Les fluctuations des distances sont faibles, de l'ordre du mètre à 40 kilomètres des antennes.

077H024655 X+0011787.5 Y+0313770.8 205V0078 03006006 F000
 03600R106647 06408R103038 07222R078002 08411R088029
 09417R103037 10403R088042 13512R106645 16318R088029

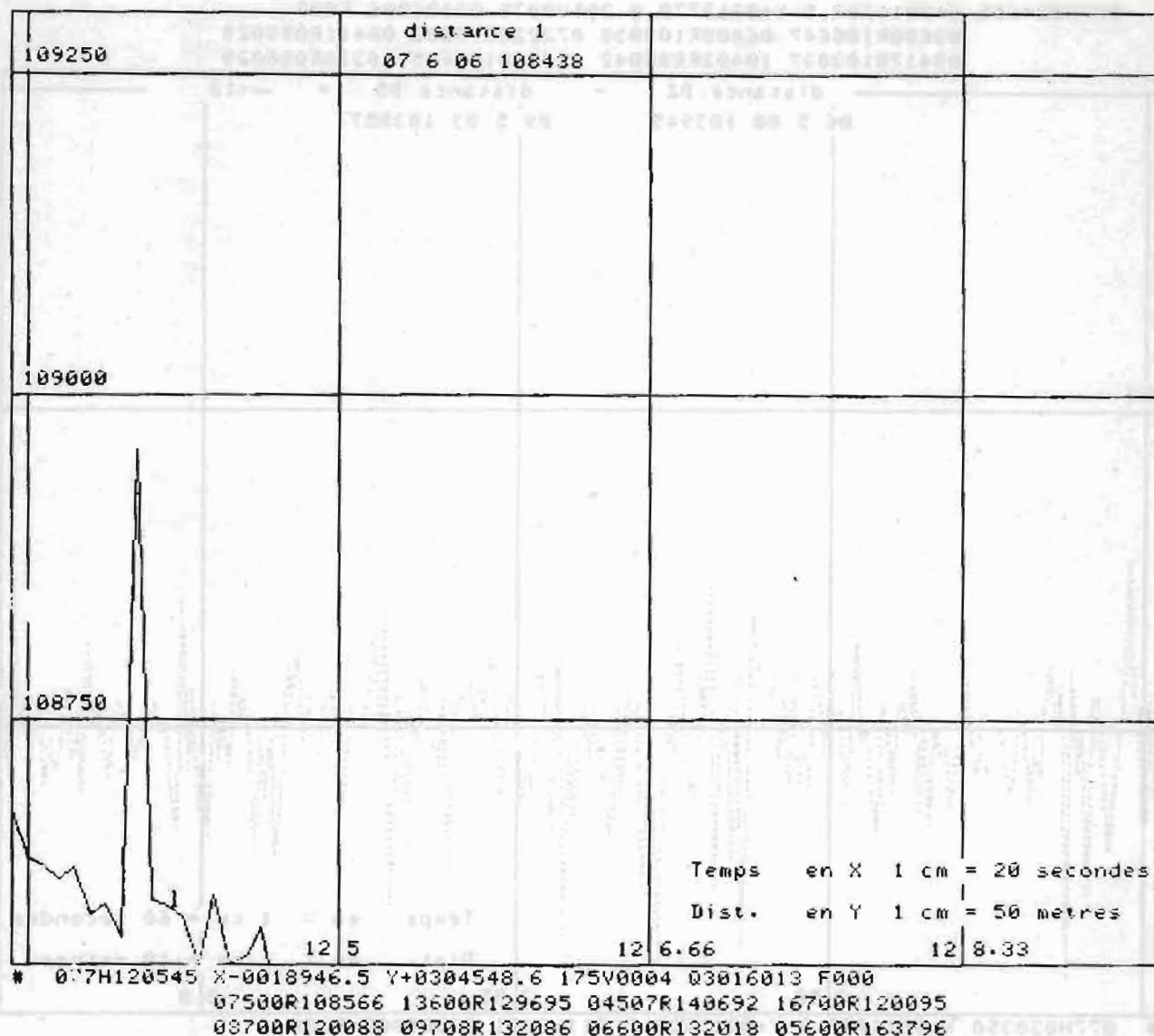


077H030350 X+0011089.9 Y+0313222.7 011V0021 03006005 F000
 03500R107433 06507R103935 07124R078906 08513R088042
 09517R103943 10505R088049 13416R107446 16413R088039

PL. 20. — Fluctuation du signal Syledis en fonction de la distance. (Sortie graphique).

Dans la manipulation considérée, on visualise la différence des distances aux antennes Syledis émettant dans les créneaux 06 et 09, antennes installées toutes deux au Toulinguet.

On note l'ordre de grandeur des fluctuations (20 mètres) des mesures à cent kilomètres environ des antennes.

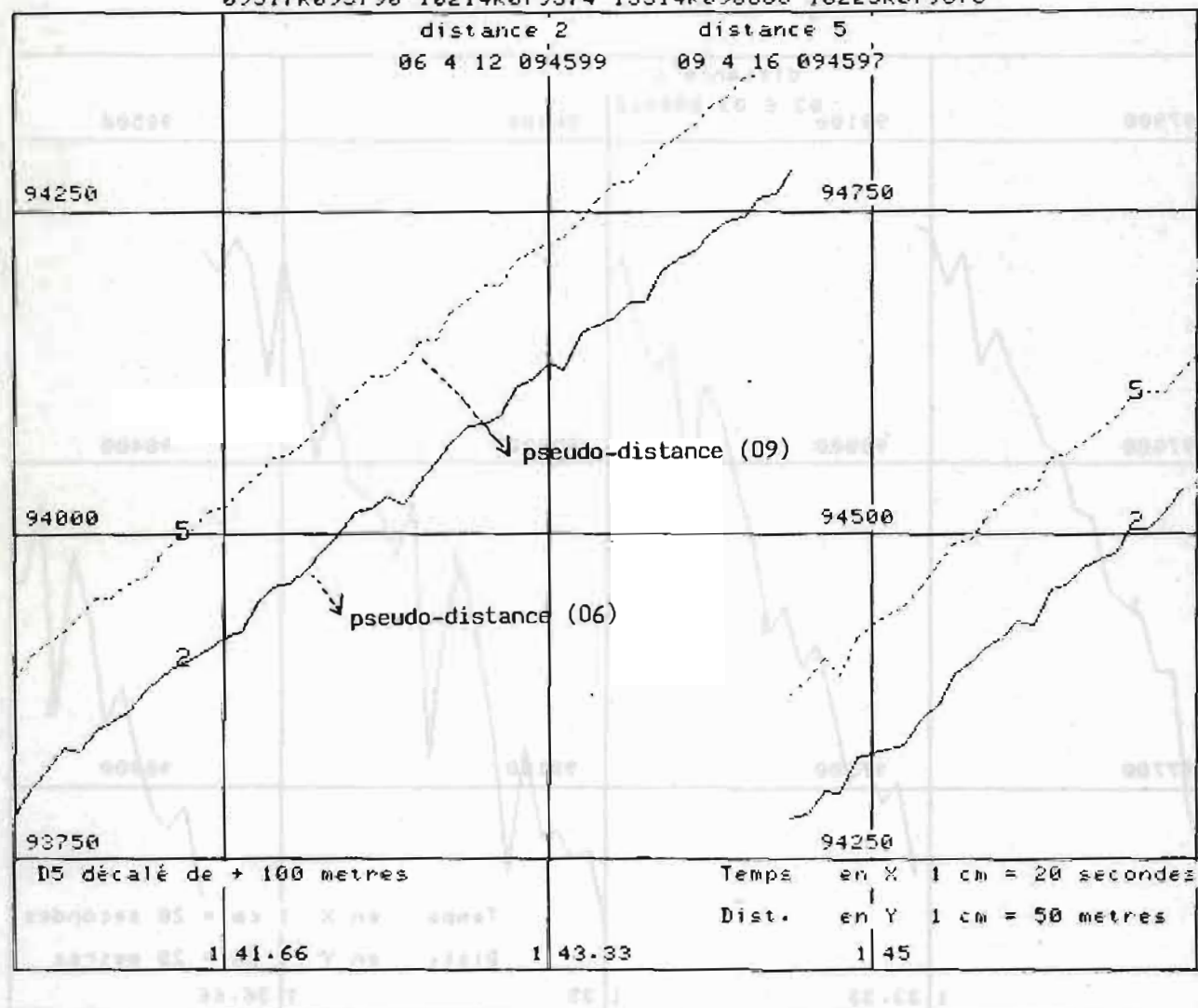


PL. 21. — Fluctuations des distances Syledis au-delà de l'horizon. (Sortie graphique).

Commentaires :

- 1) Exemple d'une fluctuation très importante (350 mètres) de la distance au Raz à 108 km de cette station. La mesure en filtrage 3 a la qualité 6; le niveau de réception est 6 dB.
- 2) Compte tenu de ces fluctuations, on comprend la nécessité d'un filtrage.

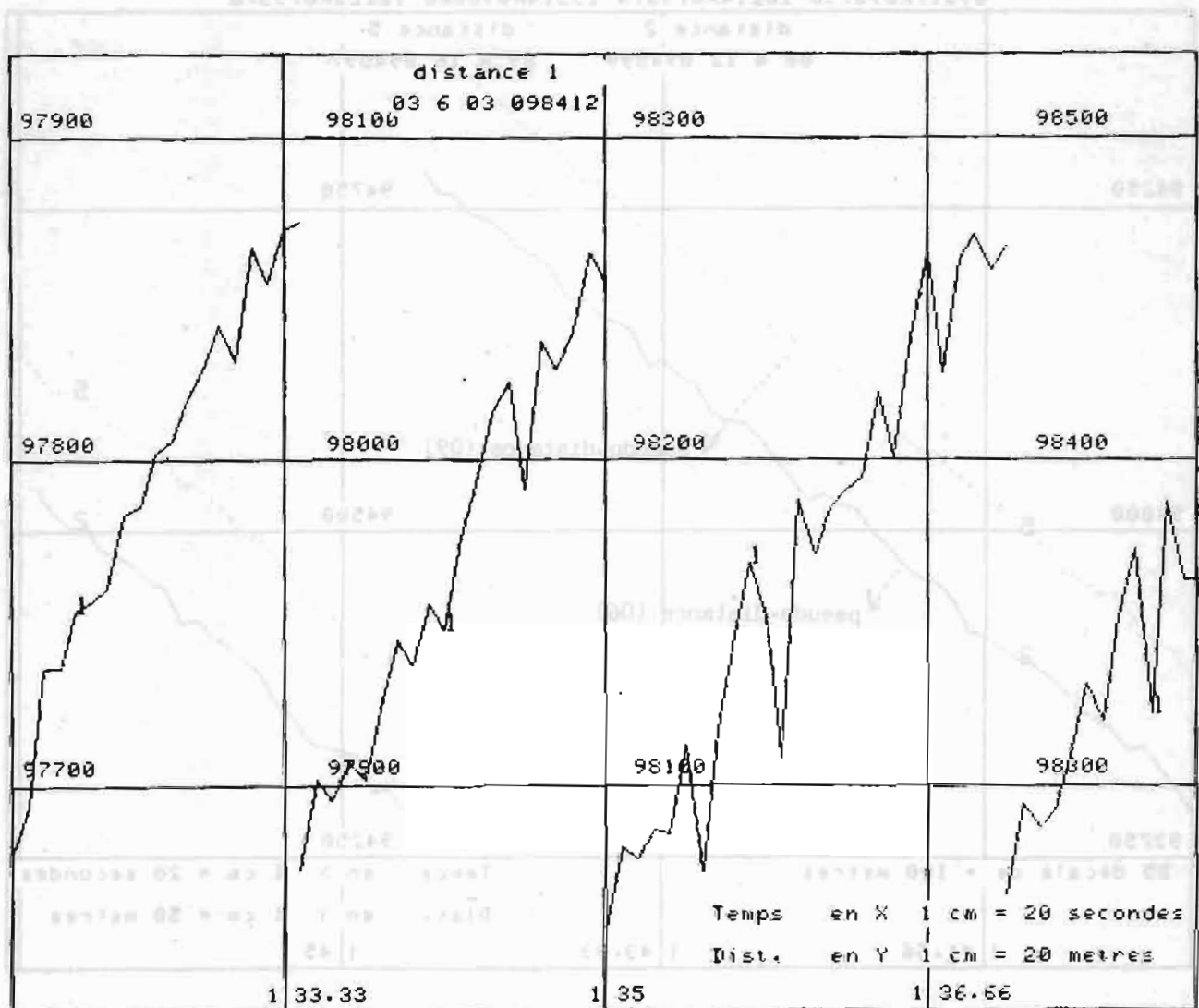
077H014035 X+0019328.3 Y+0319352.9 227V0039 03004004 F000
 03501R098644 06312R093783 07135R068629 08219R079575
 09317R093790 10214R079574 13314R098666 16223R079576



077H014825 X+0018556.7 Y+0318759.5 227V0038 03005005 F000
 03600R099479 06313R094768 07230R069605 08217R080454
 09316R094763 10312R080452 13322R099488 16223R080442

PL. 22. — Etude des variations des pseudo-distances aux antennes omnidirectionnelle (06) et directive (09) du Toulinguet. (Sortie graphique).

Par la visualisation des pseudo-distances des antennes d'une même station, on peut comparer les performances d'antennes différentes et identifier l'origine des anomalies éventuelles. Dans le cas considéré les antennes (6) et (9) ont sensiblement les mêmes performances. (Le décalage graphique de 100 mètres est volontaire).



PL. 23. — Fluctuation d'une distance au-delà de l'horizon (distance de l'ordre de 98 kilomètres). (Sortie graphique).

Noter des fluctuations de ± 30 mètres.

QUATRIÈME PARTIE

14. PRÉCISION (FIDÉLITÉ) ET COUVERTURE UTILE DU SYLEDIS

14.1. L'étude de la précision du Syledis a suivi la démarche suivante :

- le recueil de cibles de points (cibles ayant pour référence un point fixe ou un point de grande fidélité),
- l'adoption d'une loi approchée de la dispersion de la mesure Syledis :

$$\sigma = 0,5 \text{ m} + 2 \cdot 10^{-5} D$$

- l'application d'un modèle mathématique (se reporter à l'annexe A §6) pour faire correspondre aux cibles de points des ellipses d'incertitude.

14.2. On a constaté que la correspondance entre la taille des nuages de points et la taille des ellipses d'incertitude (à 95 pour cent de probabilité de présence) était excellente pour le récepteur SR3 dans toute la zone.

Par contre pour le récepteur MH3 la correspondance, bonne en zone optique, était dans le rapport 2,5 environ au large.

14.3. Planches 24, 25, 26, on a représenté les zones de grande fidélité, de moyenne fidélité et la limite de portée du Syledis et du Toran.

On vérifie l'intérêt du réseau Toran Sud-Bretagne : il couvre avec une grande précision une zone étendue. Ceci ne diminue pas l'intérêt du Syledis, système beaucoup moins ambigu que le Toran.

14.4. Zone de grande fidélité (fluctuations du point inférieures à 20 mètres dans 95 pour cent des cas).

On a représenté, planche 24, les zones de grande fidélité du Syledis selon l'équipement mis en œuvre :

- récepteur MR3 (de type circulaire),
- récepteur MH3 (de type hyperbolique),
- récepteur SR3 (de type hyperbolique à « pseudo-distances »).

On a également fait figurer les zones de fidélité équivalente pour les chaînes Toran « Iroise » et « Sud-Bretagne ».

Les zones sont délimitées par les courbes ($2\sigma_c = 20$ mètres).

A cette imprécision on ajoutera l'erreur de calibration découlant de l'incertitude de ± 2 mètres sur les retards (R) des stations Syledis (planche 31).

14.5. Zone de grande et de moyenne fidélité (fluctuations du point inférieures à 50 mètres dans 95 pour cent des cas)

Planche 25 on a représenté pour les mêmes équipements les zones où l'imprécision du point était inférieure ou égale à 50 mètres dans 95 cas sur 100.

14.6. Zone en limite de portée (planche 26)

Un mobile est en limite de portée lorsque le niveau du signal ou la précision des lieux est trop faible.

La limite de portée radioélectrique du Syledis a été tracée, en considérant 3 stations Syledis :

- à 120 kilomètres en version normale,
- à 175 kilomètres en version « longue distance ».

La limite de portée utile peut être atteinte avant cette limite quand on a une valeur du paramètre $2\sigma_c$ égale à 100 mètres.

On a également tracé la courbe de limite de portée des réseaux Toran. Elle est définie par le paramètre $2\sigma_c = 50$ mètres.

On constate en effet que sur cette courbe les stations extrêmes sont vues sous un angle voisin de 40 degrés, angle au-delà duquel un système hyperbolique est peu exploitable.

14.7. Courbes d'isoprécision

Planches 27 à 30 on a tracé les courbes d'isoprécision des différents systèmes considérés.

15. VALIDITÉ DES PERFORMANCES ÉNONCÉES

15.1. Les courbes de fidélité ne tiennent pas compte de l'erreur de calibration consécutive à l'incertitude sur les constantes du réseau (± 2 mètres sur les « R »).

En mode hyperbolique l'erreur de calibration, de 5 mètres en zone côtière, peut valoir 50 mètres à la chute du plateau continental (planche 31). En

circulaire l'erreur de calibration est plus faible (de 5 à 10 mètres selon la géométrie).

15.2. Les performances énoncées ont été calculées pour des antennes au fonctionnement satisfaisant.

C'est le cas des antennes du réseau Syledis-Bretagne en comparant les résultats des calibrations de 1982 et 1983 : les retards propres des antennes sont souvent les mêmes, au mètre près.

Cependant il est utile d'apporter les réserves suivantes :

14.4. Zone de grande et de moyenne fidélité (fluctuations du point inférieures à 50 mètres dans 95 pour cent des cas)

Planches 25 on a représenté pour les mêmes déplacements les zones de l'imprécision du point (état inférieure ou égale à 50 mètres dans 95 cas sur 100).

14.5. Zone en limite de portée (planches 26)

Un modèle est en limite de portée lorsque le niveau du signal ou la précision des lieux est trop faible.

La limite de portée radiométrique du Syledis a été tracée en considérant 3 stations Syledis :

— à 130 kilomètres en version normale,
— à 175 kilomètres en version « longue distance ».

La limite de portée utile peut être estimée avant cette limite quand on a une valeur du paramètre S_r égale à 100 mètres.

On a également tracé la coupe de limite de portée des réseaux Torin. Elle est définie par le paramètre $S_r = 50$ mètres.

On constate en effet que sur cette coupe les stations extrêmes sont vues sous un angle voisin de 40 degrés, angle au-delà duquel un système hydrologique est peu exploitable.

14.7. Coupes d'imprécision

Planches 27 à 30 on a tracé les coupes d'imprécision des différents systèmes considérés.

15. VALIDITÉ DES PERFORMANCES ÉNONCÉES

15.1. Les coupes de fidélité ne tiennent pas compte de l'erreur de calibration consécutive à l'incertitude sur les constantes du réseau (± 2 mètre sur les « R »).

En mode hydrologique l'erreur de calibration de 2 mètres en zone côtière peut valoir 50 mètres à la cote du plateau continental (planche 31). En

15.3. Les antennes de Penmarc'h sont installées contre une grosse tour qui peut provoquer momentanément, par suite de réflexions, des valeurs aberrantes.

15.4. Bien que les mesures des antennes de Lann-Bihoué ne soient pas directement comparables puisque ce sont des antennes directives orientées différemment, la variation du biais des mesures de ces deux antennes paraît anormale en fonction du gisement (biais de plus de 10 mètres).

Il est important de ne pas observer une antenne directive en dehors de son lobe de directivité.

démarche suivante :

— le recueil de cibles de points (cibles ayant pour référence un point fixe ou un point de grande fidélité),
— l'adoption d'une loi approchée de la dispersion de la mesure Syledis.

$$\sigma = 0,5 \text{ m} + 2 \cdot 10^{-2} \cdot D$$

— l'application d'un modèle mathématique (se reporter à l'annexe A 36) pour faire correspondre aux cibles de points des ellipses d'incertitude.

14.2. On a constaté que la correspondance entre la taille des nuages de points et la taille des ellipses d'incertitude (à 95 pour cent de probabilité de présence) était excellente pour le récepteur SRS dans toute la zone.

Par contre pour le récepteur MH3 la correspondance, bonne en zone côtière, était dans le 100 pour cent environ au large.

14.3. Planches 24, 25, 26 on a représenté les zones de grande fidélité de moyenne fidélité et la limite de portée du Syledis et du Torin.

On vérifie l'intérêt du réseau Torin 2nd-Bata. Que : il couvre avec une grande précision une zone étendue. Ceci ne diminue pas l'intérêt du Syledis, système beaucoup moins ambigu que le Torin.

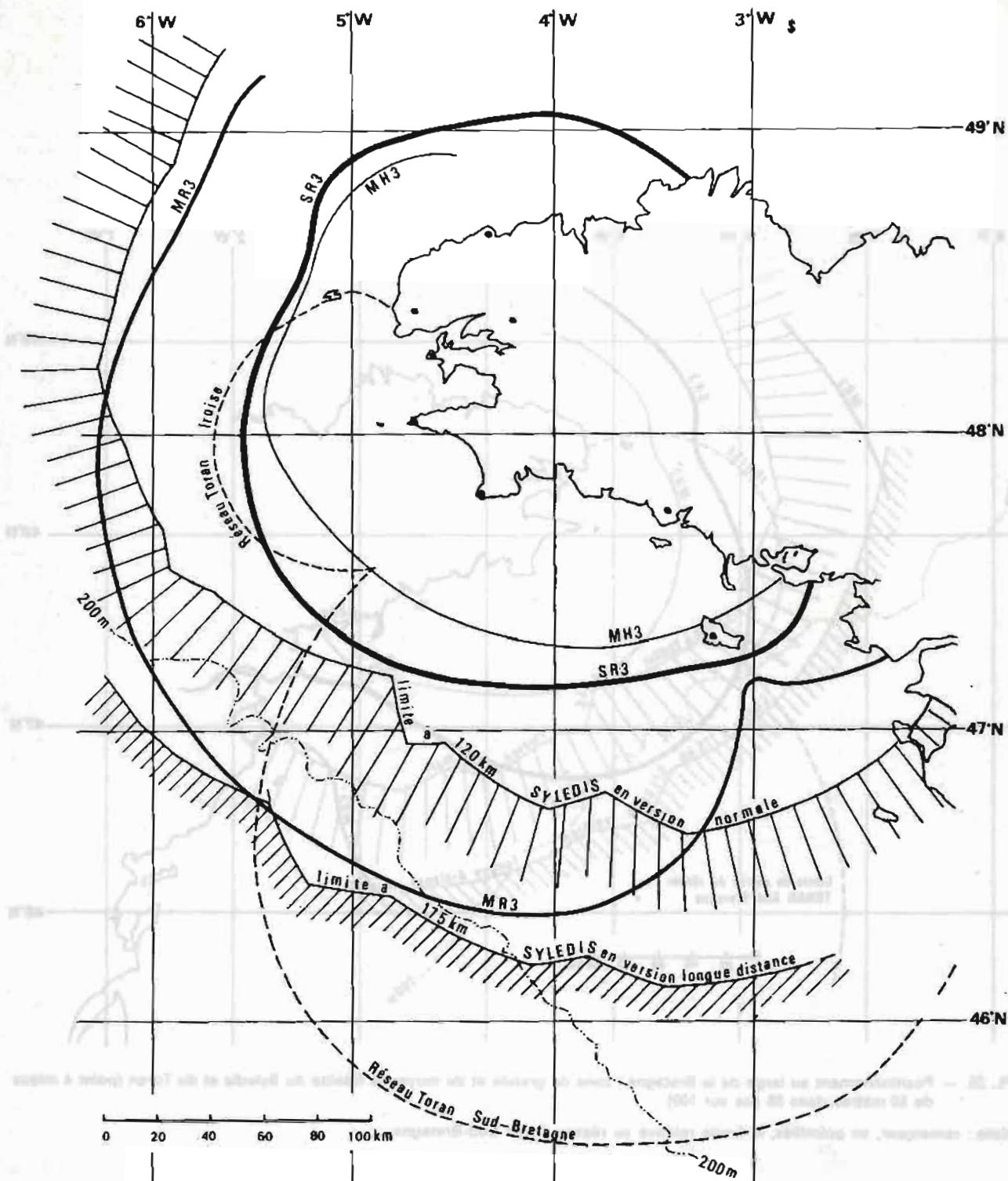
14.4. Zone de grande fidélité (fluctuations du point inférieures à 20 mètres dans 95 pour cent des cas).

On a représenté, planches 24, les zones de grande fidélité du Syledis selon l'équipement mis en œuvre.

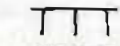
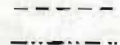
— récepteur MR3 (de type circulaire),
— récepteur MH3 (de type hydrologique),
— récepteur SRS (de type hydrologique à « pseudo-distances »).

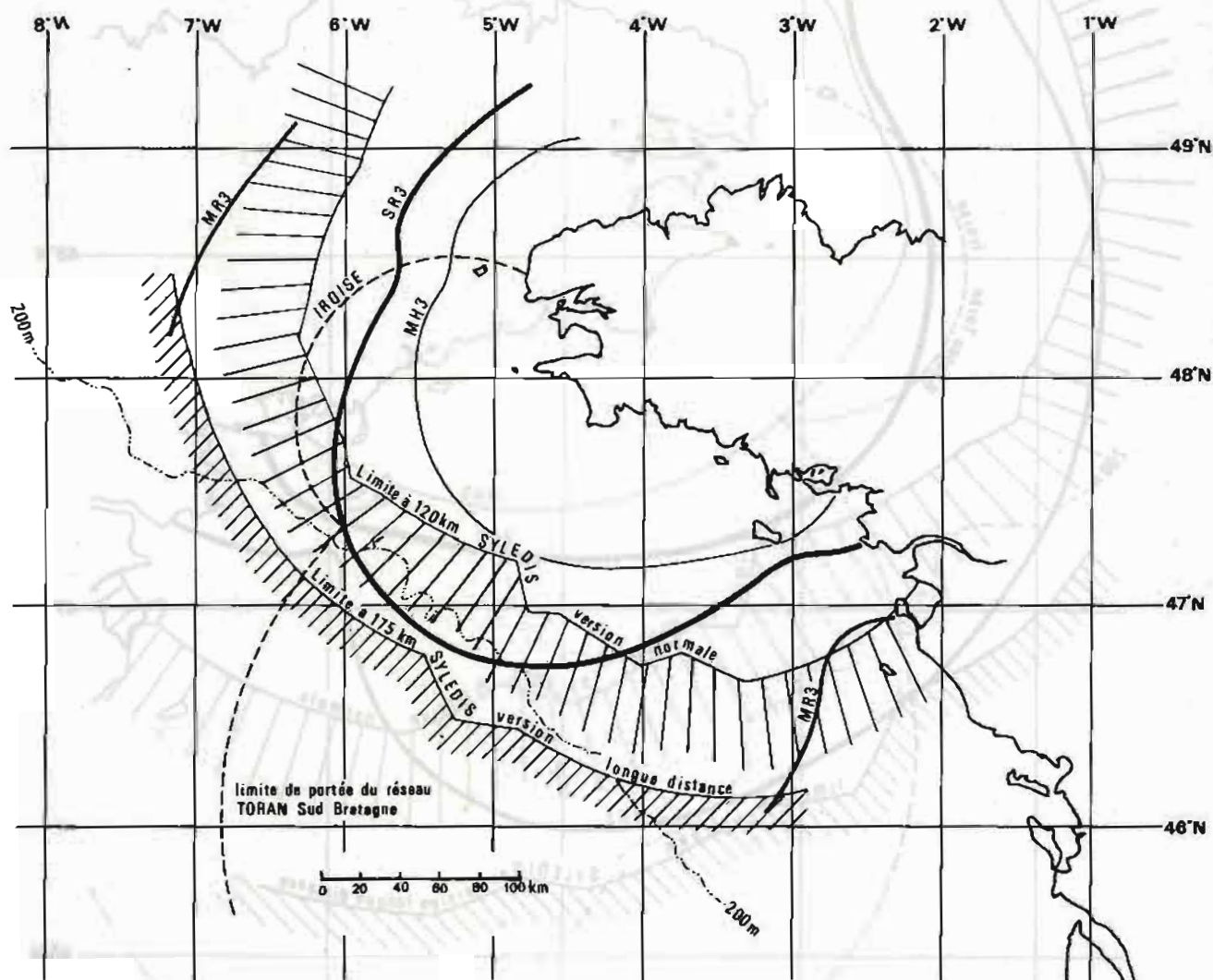
On a également fait figurer les zones de fidélité équivalentes pour les réseaux Torin « 1re » et « 2nd-Bata ».

Les zones sont délimitées par les coupes (20 - 30 mètres).



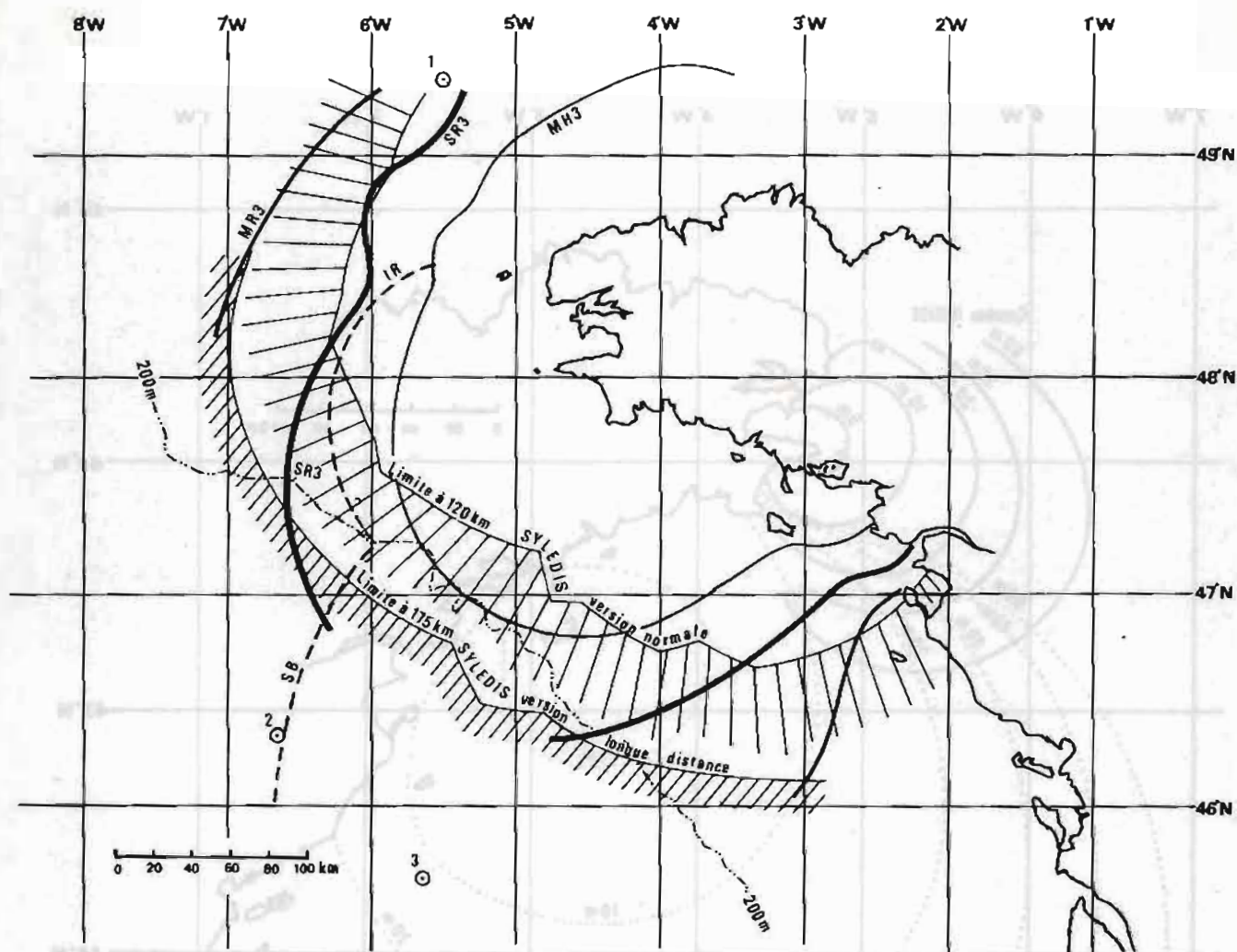
PL. 24. — Positionnement au large de la Bretagne. Zone de grande fidélité du Syledis et du Toran (point à mieux de 20 mètres 95 cas sur 100).

-  limite de portée radioélectrique du Syledis en version normale (à 120 km de 3 stations),
-  limite de portée radioélectrique du Syledis en version longue distance (à 175 km de 3 stations),
-  limite relative au récepteur SR3 (fidélité : 20 mètres),
-  limite relative au récepteur MR3 (fidélité : 20 mètres),
-  limite relative au récepteur MH3 (fidélité : 20 mètres),
-  limite relative au récepteur Toran (fidélité : 20 mètres),
-  isobathe 200 mètres.



PL. 25. — Positionnement au large de la Bretagne : zone de grande et de moyenne fidélité du Syledis et du Toran (point à mieux de 50 mètres dans 95 cas sur 100).

Note : remarquer, en pointillés, la limite relative au réseau Toran Sud-Bretagne.



PL. 26. — Positionnement au large de la Bretagne. Couverture des réseaux « Syledis-Bretagne » et Toran (Iroise, Sud-Bretagne). Cette couverture est définie :

- par la limite de portée radioélectrique (soit à 120 km, soit à 175 km de 3 stations Syledis selon leur puissance d'émission),
- à l'intérieur de cette limite par les courbes tracées en fonction des récepteurs et du système pour une fidélité du point supérieure à 100 m, 95 cas sur 100).

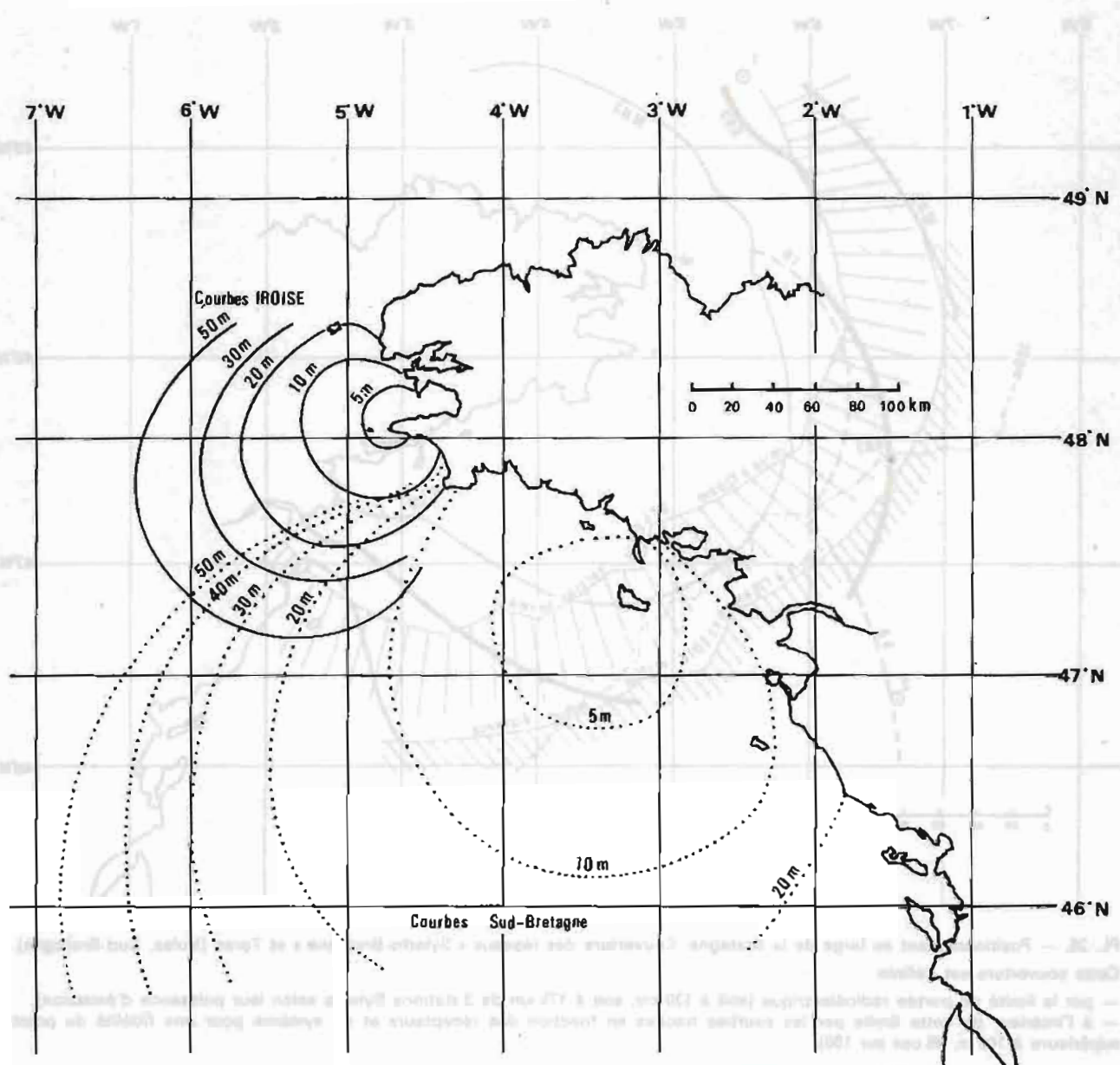
Conventions : récepteur SR3
récepteur MR3
récepteur MH3
Toran

Notes : points de décrochement total de Syledis observé sur *L'Espérance*

point 1 : point observé le 5/2/82

2 : point observé le 20/1/82

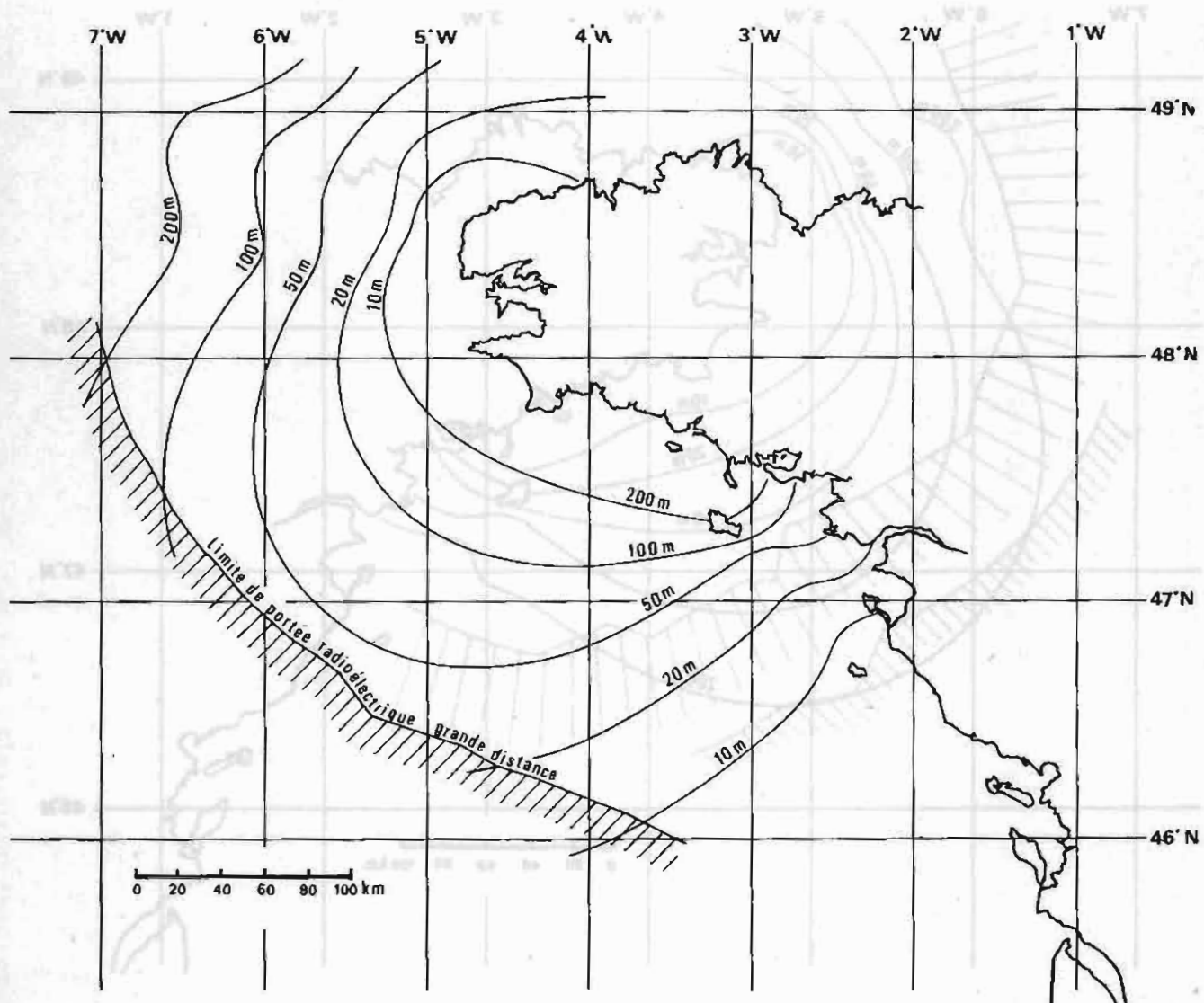
3 : point observé le 29/1/82



PL 27. — Toran Sud-Bretagne et Toran Iroise.

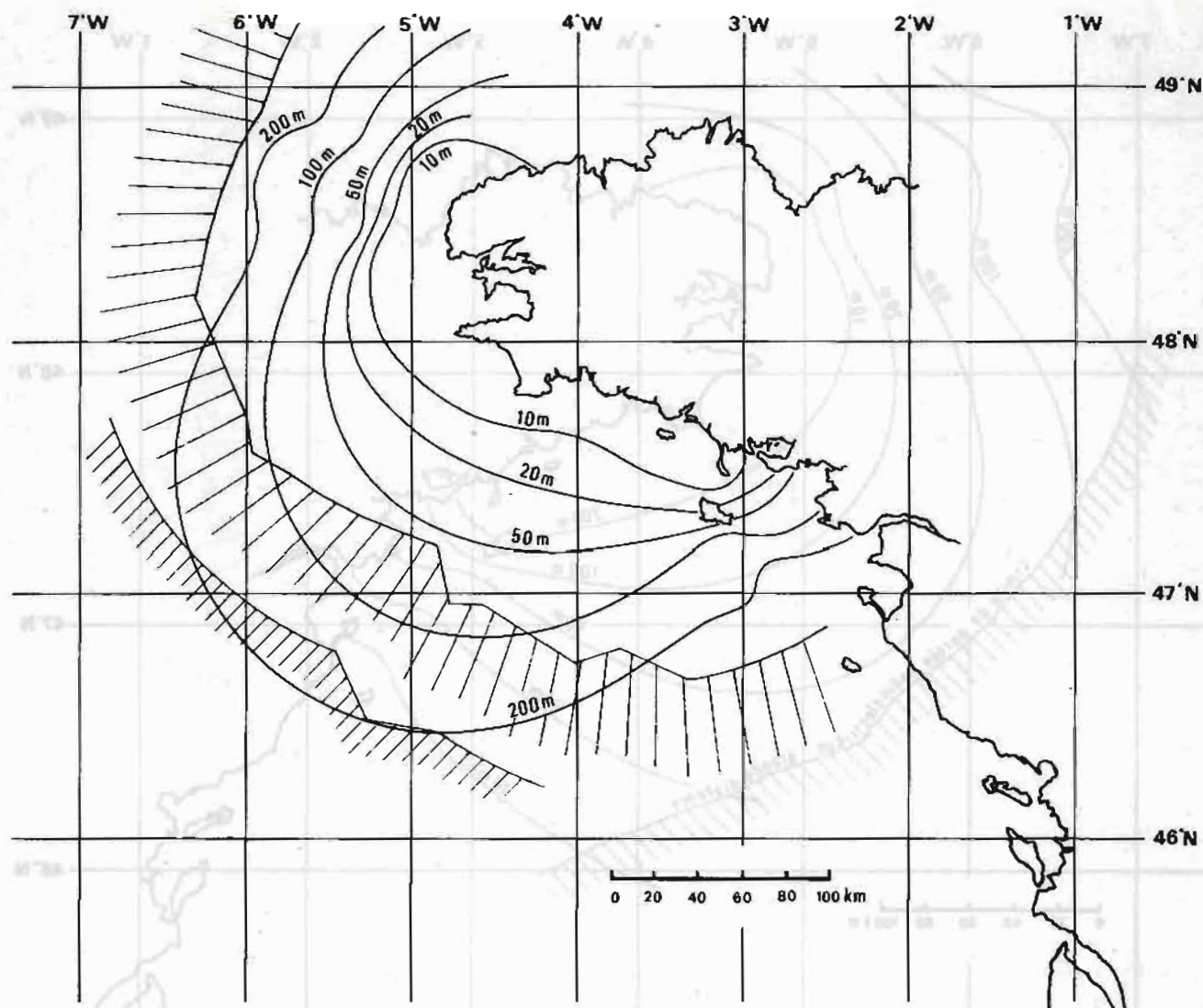
Fidélité à 95 % de probabilité de présence.

Courbes-tracées pour une fidélité du Toran en phase de 1 centième de tour.



PL. 28. — Syledis hyperbolique SR3.

Courbes d'isoprécision du récepteur SR3 pour une probabilité de présence à 95 %.



PL. 29. — Syledis hyperbolique MH3.

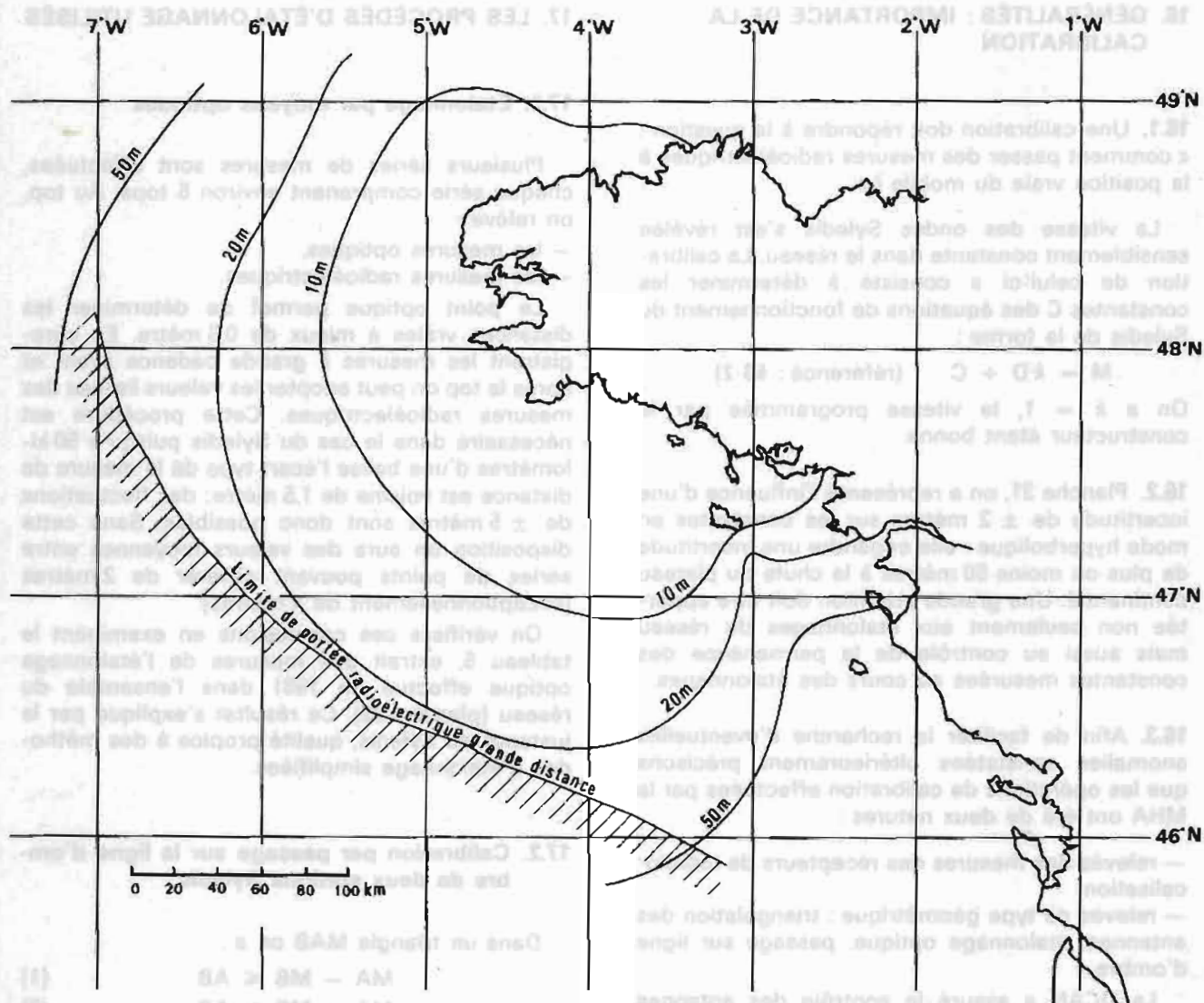
Courbes d'isoprécision pour une probabilité de présence de 95 %.

On a reporté les limites de portée radioélectrique (en hachures) qui définissent la zone utile du système Syledis pour un mobile muni du MH3 (limites à 120 et à 175 km de trois stations Syledis).

Les courbes 50, 100, 200 mètres sont tracées en admettant une dégradation des performances théoriques dans le rapport 2,5. Les courbes 10, 20 mètres sont tracées en admettant une dégradation dans le rapport 1,2.

CINQUIÈME PARTIE

CALIBRATION DU RÉSEAU SYLEDIS BRETAGNE : MÉTHODES DE CALIBRATION ET DE CONTRÔLE



PL. 30. — Syledis type MR3 circulaire : fidélité.

Courbes d'isoprécision pour une probabilité de présence à 95 %.

On a admis une dégradation des performances théoriques de 2,5 après observation de l'appareil et étude des mesures.

CINQUIÈME PARTIE

CALIBRATION DU RÉSEAU SYLEDIS-BRETAGNE : MÉTHODES DE CALIBRATION ET DE CONTRÔLE

16. GÉNÉRALITÉS : IMPORTANCE DE LA CALIBRATION

16.1. Une calibration doit répondre à la question : « comment passer des mesures radioélectriques à la position vraie du mobile ? ».

La vitesse des ondes Syledis s'est révélée sensiblement constante dans le réseau. La calibration de celui-ci a consisté à déterminer les constantes C des équations de fonctionnement du Syledis de la forme :

$$M = kD + C \quad (\text{référence : 53-2})$$

On a $k = 1$, la vitesse programmée par le constructeur étant bonne.

16.2. Planche 31, on a représenté l'influence d'une incertitude de ± 2 mètres sur les constantes en mode hyperbolique : elle engendre une incertitude de plus ou moins 50 mètres à la chute du plateau continental. Une grande attention doit être apportée non seulement aux étalonnages du réseau mais aussi au contrôle de la permanence des constantes mesurées au cours des étalonnages.

16.3. Afin de faciliter la recherche d'éventuelles anomalies constatées ultérieurement précisons que les opérations de calibration effectuées par la MHA ont été de deux natures :

- relevés des mesures des récepteurs de radiolocalisation,
- relevés de type géométrique : triangulation des antennes, étalonnage optique, passage sur ligne d'ombre.

La DCAN a assuré le contrôle des antennes d'émission. La mesure de l'indice de réfraction n'a jamais été effectuée au cours des campagnes. Cette mesure est cependant souhaitée par le constructeur. M. Nard a écrit :

« Au niveau du sol, des variations (de l'indice) de l'ordre de 10^{-5} sont courantes; elles peuvent quelquefois atteindre $\pm 10^{-4}$ ce qui correspond à des erreurs possibles de quelques mètres sur 100 kilomètres, si on ne procède pas à des mesures de l'indice et aux corrections appropriées; de telles corrections sont significatives et s'avèrent efficaces tant que le trajet direct est supposé non occulté par l'horizon déterminé par les hauteurs des deux antennes ».

17. LES PROCÉDÉS D'ÉTALONNAGE UTILISÉS

17.1. Etalonnage par moyens optiques

Plusieurs séries de mesures sont effectuées, chaque série comprenant environ 5 tops. Au top, on relève :

- les mesures optiques,
- les mesures radioélectriques.

Le point optique permet de déterminer les distances vraies à mieux de 0,5 mètre. En enregistrant les mesures à grande cadence avant et après le top on peut adopter les valeurs lissées des mesures radioélectriques. Cette procédure est nécessaire dans le cas du Syledis puisqu'à 50 kilomètres d'une balise l'écart type de la mesure de distance est voisine de 1,5 mètre; des fluctuations de ± 5 mètres sont donc possibles. Sans cette disposition on aura des valeurs moyennes entre séries de points pouvant différer de 2 mètres (exceptionnellement de 4 mètres).

On vérifiera ces conclusions en examinant le tableau 5, extrait des mesures de l'étalonnage optique effectué en 1981 dans l'ensemble du réseau (planche 32). Ce résultat s'explique par la justesse du Syledis, qualité propice à des méthodes d'étalonnage simplifiées.

17.2. Calibration par passage sur la ligne d'ombre de deux stations Syledis

Dans un triangle MAB on a :

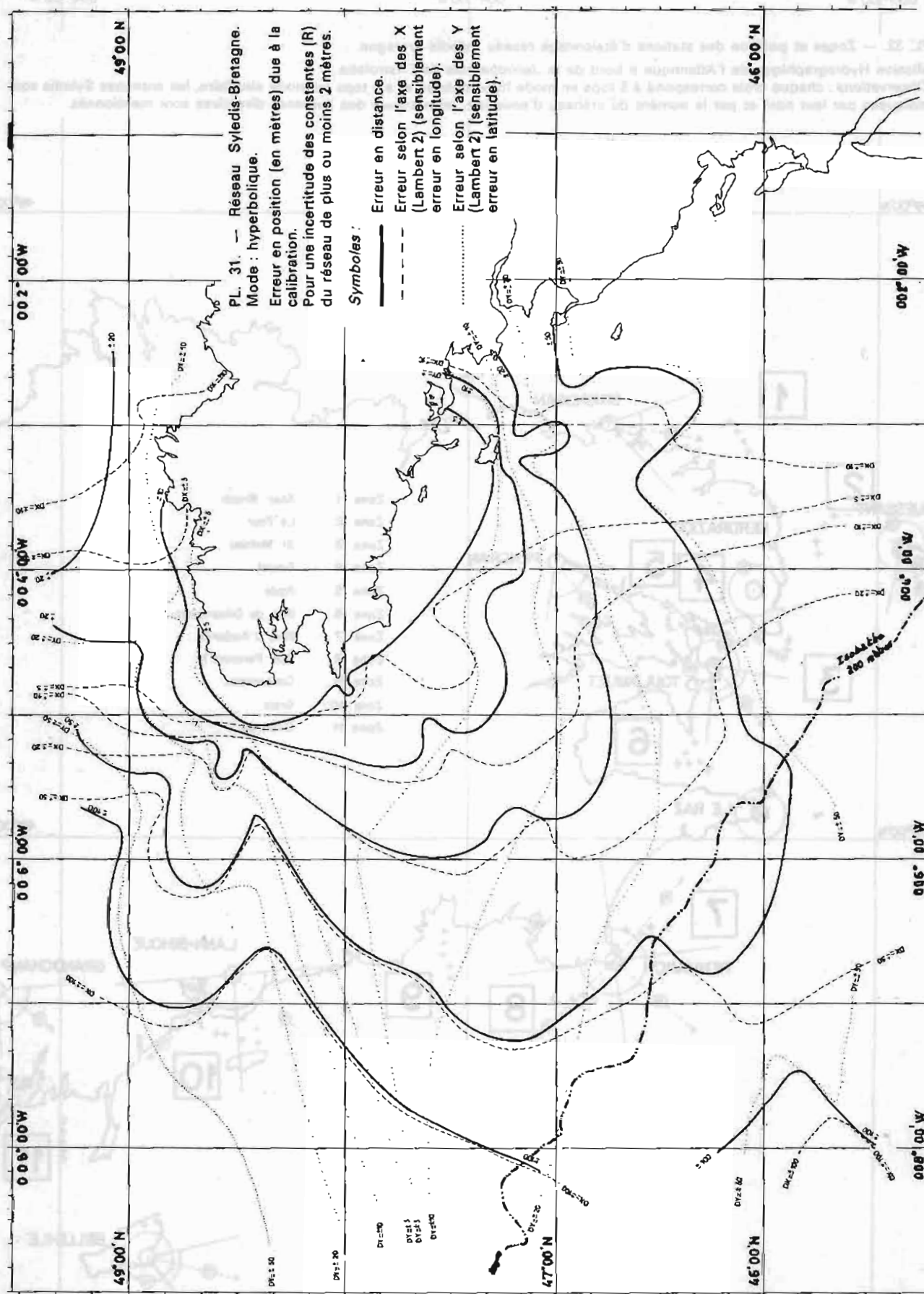
$$MA - MB \leq AB \quad (1)$$

$$MA + MB \geq AB \quad (2)$$

En mode hyperbolique on observe des différences de distances : on observe le maximum ($MA - MB = AB$) en passant sur le prolongement du segment AB (ligne d'ombre) (planche 33).

En mode circulaire on peut observer le minimum $MA + MB = AB$ si le fonctionnement du réseau s'y prête en passant entre A et B.

On a fait surtout appel aux passages sur les lignes d'ombre. En 1982, on a vérifié que les résultats concordaient avec ceux des étalonnages optiques. En 1983 seule la méthode des lignes d'ombre a été utilisée; les résultats, exposés au tableau 4 sont satisfaisants.



005°00'W

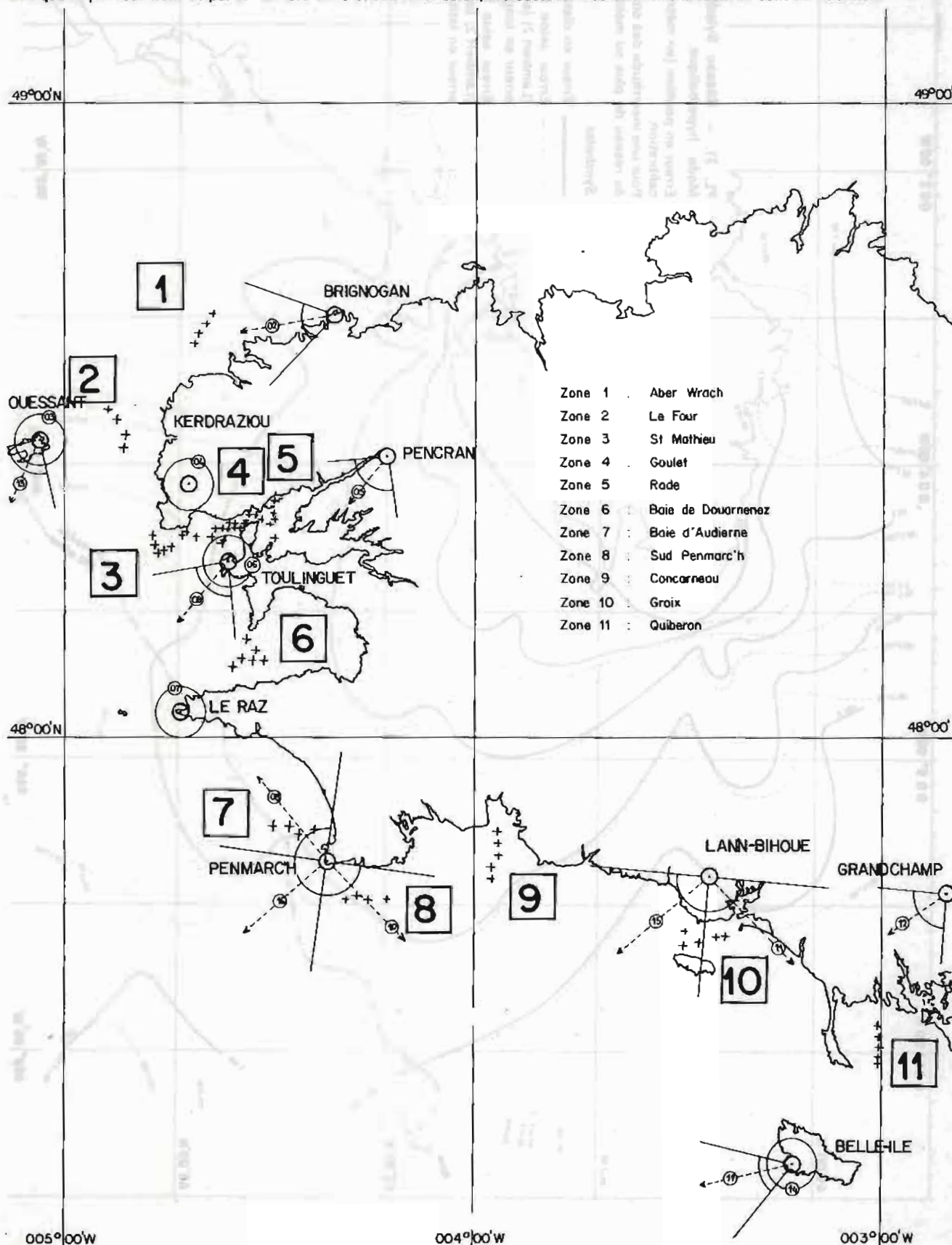
004°00'W

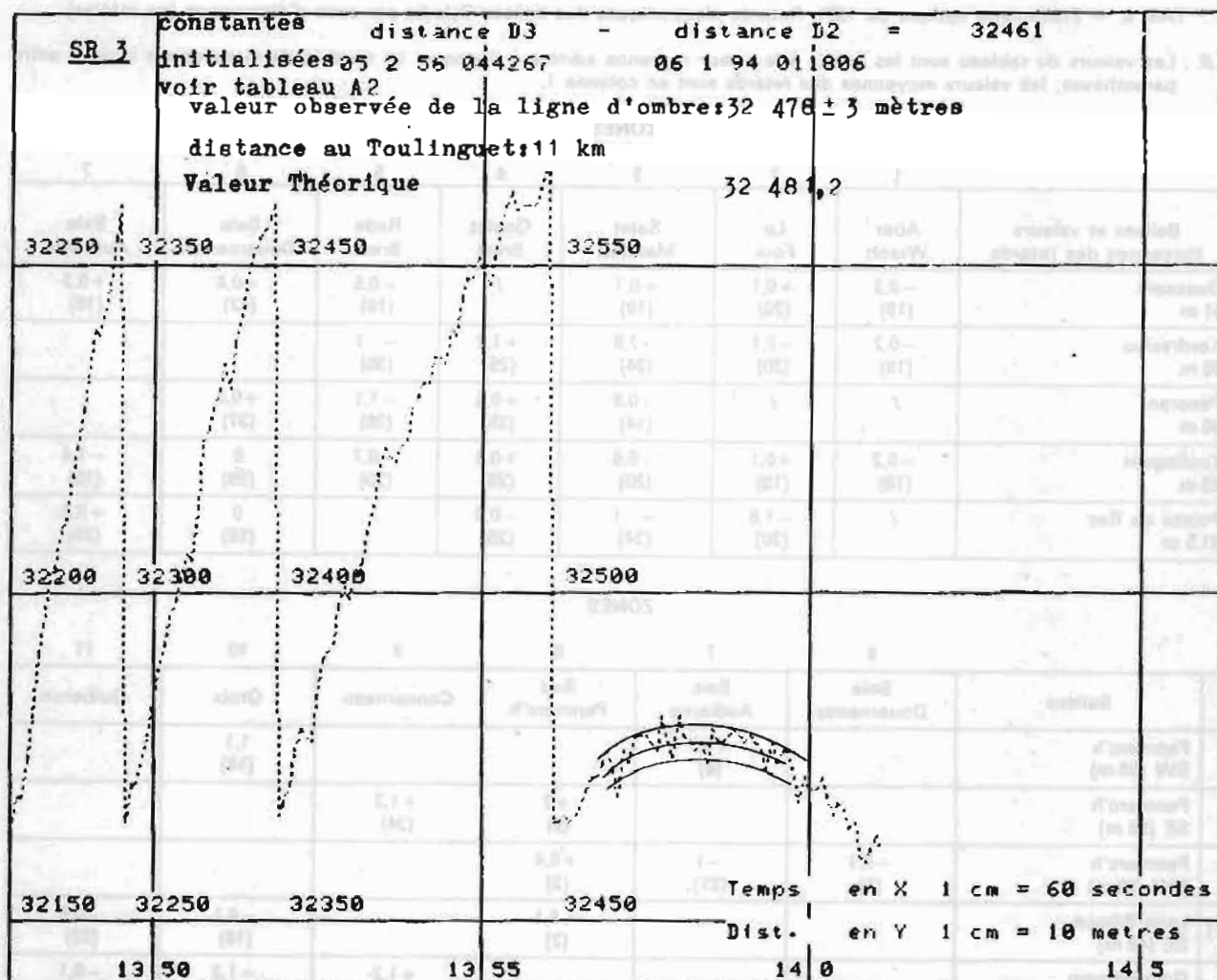
003°00'W

PL. 32. — Zones et position des stations d'étalonnage réseau Syledis-Bretagne.

Mission Hydrographique de l'Atlantique à bord de la *Jacinthe* puis de l'*Astrolabe*.

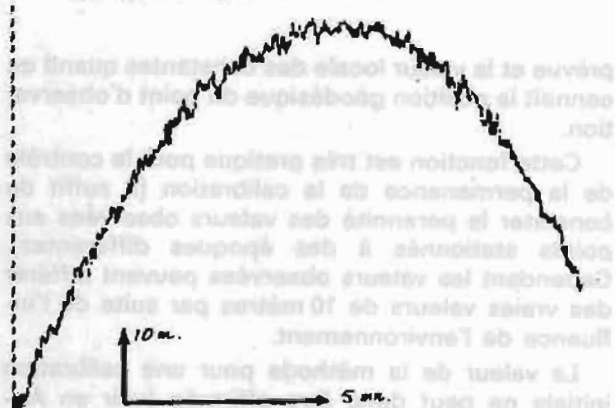
Observations : chaque croix correspond à 5 tops en mode hyperbolique et à 5 tops en mode circulaire, les antennes Syledis sont indiquées par leur nom et par le numéro du créneau d'émission, les secteurs des antennes directives sont mentionnés.





075H140115 X+0073634.1 Y+0381591.6 180V0098 Q3001003 F000
 03152R035970 06195R011831 05156R044290 07183R020191
 04188R023062 08122R054840 13163R035971 09199R011831

1e 22-1-1982 à 07h00



MH 3

fluctuations: ± 2 mètres

distance au Toulinguet: 11 km.

PL 33. — Visualisation du passage d'une ligne d'ombre. Passage de la ligne d'ombre Pancran-Toulinguet (T3).

TAB. 5. — Etalonnage optique de 1981. Retards électroniques des balises Syledis par zone d'étalonnage (en mètres).

N.B. : Les valeurs du tableau sont les écarts à la valeur moyenne admise à l'époque. Le nombre de mesures est indiqué entre parenthèses; les valeurs moyennes des retards sont en colonne 1.

ZONES							
	1	2	3	4	5	6	7
Balises et valeurs moyennes des retards	Aber Wrach	Le Four	Saint Mathieu	Goulet Brest	Rade Brest	Baie Douarnenez	Baie Audierne
Ouessant 51 m	-0,2 (18)	+0,1 (20)	+0,1 (10)	/	-0,5 (16)	+0,4 (42)	+0,3 (16)
Kerdraziou 30 m	-0,2 (18)	-0,1 (20)	-7,6 (24)	+1,2 (25)	- 1 (36)		
Pencran 30 m	/	/	-0,8 (14)	+0,5 (25)	-1,1 (36)	+0,8 (37)	
Toulinguet 63 m	-0,2 (18)	+0,1 (19)	-0,6 (20)	+0,4 (25)	-0,7 (20)	0 (29)	-1,4 (10)
Pointe du Raz 91,5 m	/	-1,8 (20)	- 1 (24)	-0,2 (25)	/	0 (56)	+0,5 (26)

ZONES						
	6	7	8	9	10	11
Balises	Baie Douarnenez	Baie Audierne	Sud Penmarc'h	Concarneau	Groix	Quiberon
Penmarc'h SW (56 m)		-0,7 (8)			1,1 (14)	
Penmarc'h SE (56 m)			+2 (9)	+1,2 (24)		
Penmarc'h NW (56 m)	-5,1 (1)	-1 (21)	+0,4 (2)			
11 Lann-Bihoué SE (49 m)			-8,1 (2)		-4,1 (18)	-0,6 (22)
Grandchamp (52 m)				+1,2 (22)	-1,3 (43)	-0,1 (22)
Belle-Ile Omni (73 m)			-3,2 (7)	+1,7 (22)	-0,4 (30)	-0,1 (22)
Belle-Ile W (73 m)			+0,1 (4)		-2,1 (13)	
15 Lann-Bihoué SW (49 m)			-1,3 (9)	+2,9 (22)		

L'intérêt de la méthode est de ne pas exiger une localisation de référence. Son inconvénient est de déterminer une calibration en dehors de la zone éventuellement à contrôler. Cet inconvénient est mineur comme le système est juste. Il convient bien sûr d'utiliser les lignes d'ombre favorables : (pas d'obstacles sur la ligne d'ombre, émetteurs aussi proches que possible du mobile).

17.3. Un procédé de contrôle de la calibration : l'autocalibration

— le récepteur SR3 possède une fonction « autocalibration » qui donne l'écart entre la valeur

prévue et la valeur locale des constantes quand on connaît la position géodésique du point d'observation.

Cette fonction est très pratique pour le contrôle de la permanence de la calibration (il suffit de constater la pérennité des valeurs observées aux points stationnés à des époques différentes). Cependant les valeurs observées peuvent différer des vraies valeurs de 10 mètres par suite de l'influence de l'environnement.

La valeur de la méthode pour une calibration initiale ne peut donc être affirmée (voir en Annexe A les mesures effectuées), la stabilité des biais sur une longue période n'ayant pas été vérifiée.

17.4 Une dernière méthode : observation simultanée en mode circulaire et en mode hyperbolique de deux stations Syledis

On montre que le relevé en mode hyperbolique (H_{AB}) et les relevés en mode circulaire (C_A , C_B) sont liés par une relation

$$H_{AB} + C_A - C_B = \text{constante}$$

La constante étant une somme algébrique des « retards » des stations on peut aussi contrôler la validité d'une calibration, dans le temps et dans l'espace, par cette méthode si on dispose d'un récepteur du type circulaire et d'un autre du type hyperbolique.

18. VALIDITÉ D'UNE CALIBRATION DANS L'ENSEMBLE DU RÉSEAU

Planches 34 à 38 on a représenté les différences de calibration des antennes d'une même station, les antennes directives étant éventuellement observées en dehors de leur lobe de directivité théorique.

On constatera qu'une telle pratique n'entraîne pas d'erreurs importantes pour les stations du Toulguet, Belle-Ile, et même Penmarc'h (si les deux antennes sont consécutives); l'erreur est moins négligeable pour Ouessant, elle est trop forte pour Lann-Bihoué.

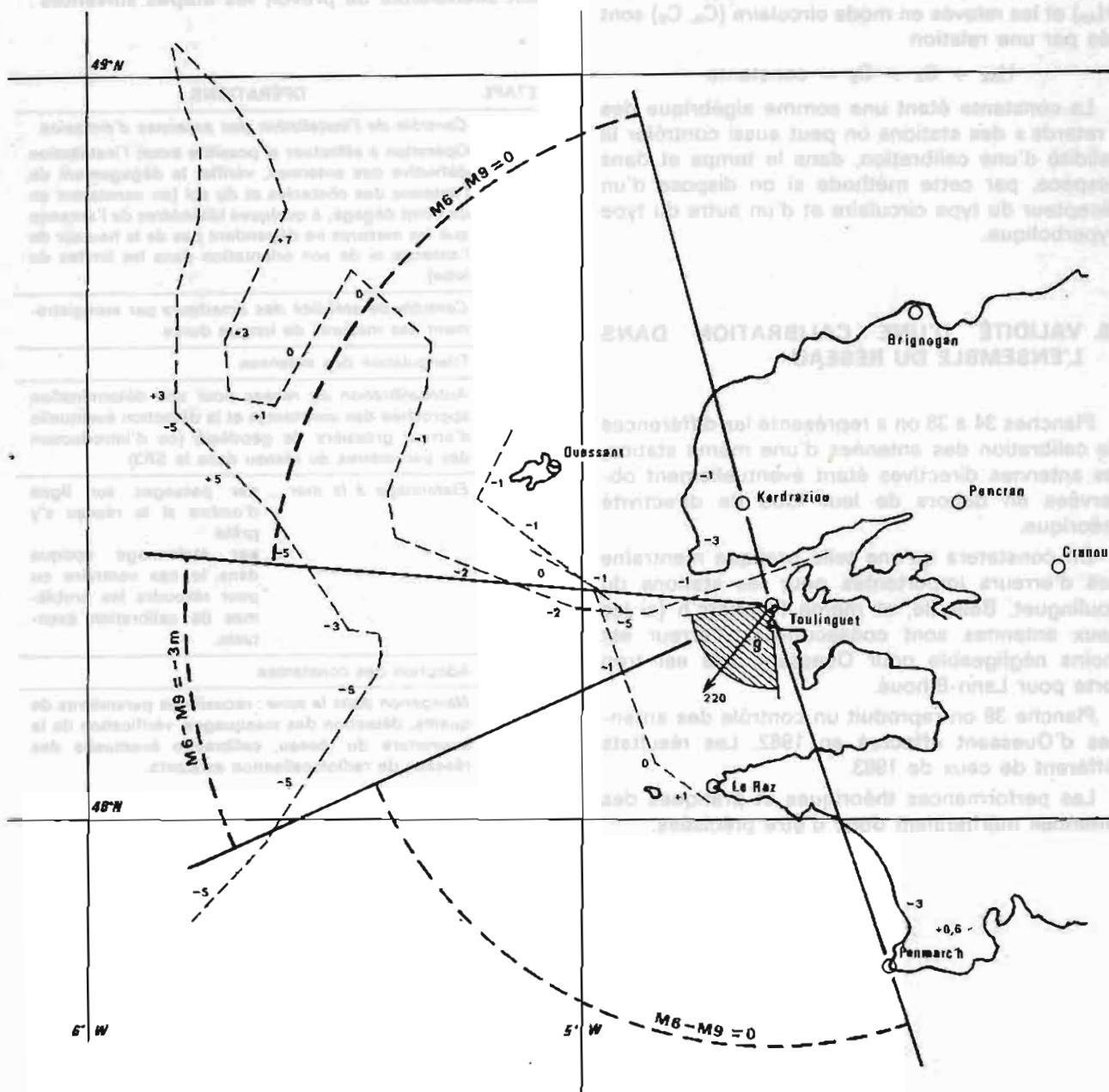
Planche 39 on reproduit un contrôle des antennes d'Ouessant effectué en 1982. Les résultats diffèrent de ceux de 1983.

Les performances théoriques et pratiques des antennes mériteraient donc d'être précisées.

19. ÉTAPES D'UN ÉTALONNAGE

Pour l'étalonnage initial d'un réseau Syledis il est souhaitable de prévoir les étapes suivantes :

ETAPE	OPÉRATIONS
1	<i>Contrôle de l'installation des antennes d'émission</i> Opération à effectuer si possible avant l'installation définitive des antennes; vérifier le dégagement de l'antenne des obstacles et du sol (en constatant en un point dégagé, à quelques kilomètres de l'antenne que les mesures ne dépendent pas de la hauteur de l'antenne ni de son orientation dans les limites du lobe).
2	<i>Contrôle de stabilité des émetteurs</i> par enregistrement des mesures de longue durée
3	Triangulation des antennes
4	<i>Autocalibration du réseau</i> pour une détermination approchée des constantes et la détection éventuelle d'erreur grossière de géodésie (ou d'introduction des paramètres du réseau dans le SR3)
5	<i>Etalonnage à la mer ...</i> par passages sur ligne d'ombre si le réseau s'y prête ... par étalonnage optique dans le cas contraire ou pour résoudre les problèmes de calibration éventuels.
6	Adoption des constantes
7	<i>Navigation dans la zone</i> : recueil des paramètres de qualité, détection des masquages, vérification de la couverture du réseau, calibration éventuelle des réseaux de radiolocalisation existants.



PL. 34. — Comparaison des mesures des distances du mobile aux antennes Syledis du Toulguet (mars 1983).

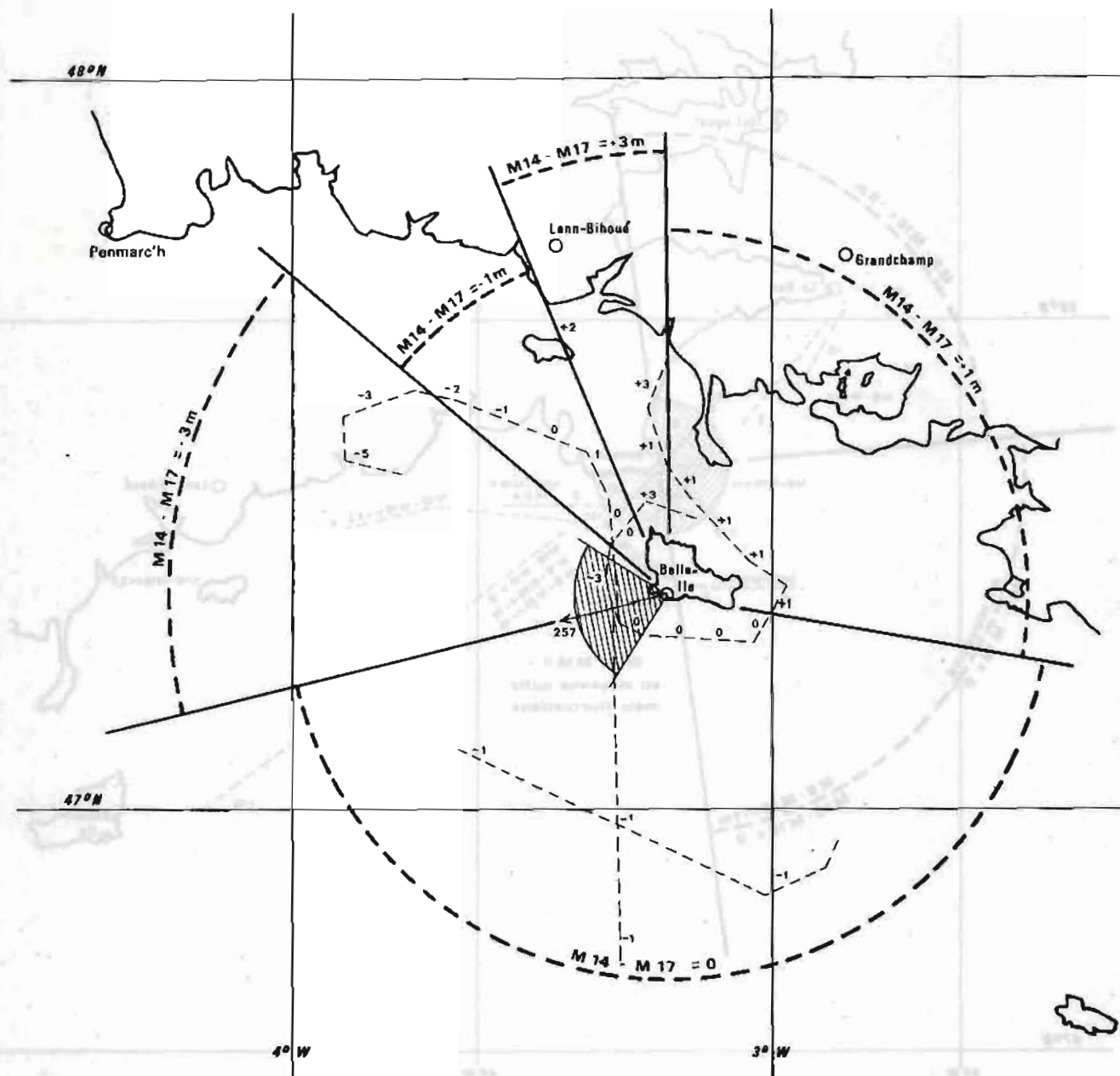
Antennes étudiées :

- l'antenne omnidirectionnelle, observée dans le créneau (06).
- l'antenne directive, observée dans le créneau (09).

Grandeur représentée : la différence des mesures données par le SR3; elle est notée $M6 - M9$, en repérant chaque mesure par le numéro du créneau d'émission.

Mesures effectuées : on a représenté en pointillés les routes suivies par le BH1 *L'Espérance*. Les retards initialisés dans le SR3 sont : $R6 = 0$ mètre, $R9 = -5$ mètres.

Résultats : la différence des mesures aux antennes du Toulguet est faible en adoptant les retards indiqués ci-dessus.



PL. 35. — Comparaison des mesures des distances du mobile aux antennes de Belle-Ile, en fonction du gisement.

Antennes étudiées :

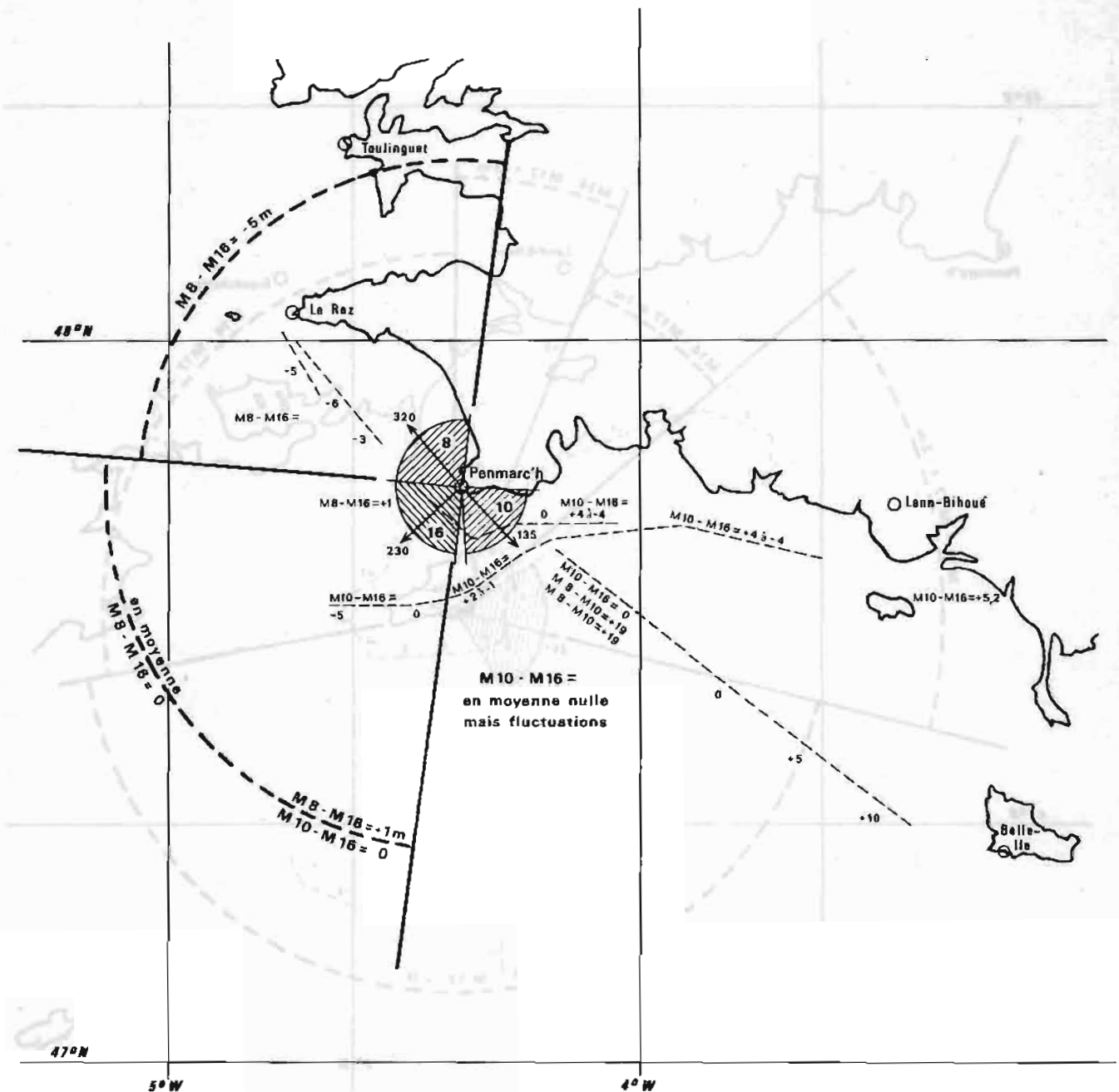
- antenne omnidirectionnelle, observée dans le créneau (14),
- les antennes directives, observées dans le créneau (17).

Grandeur représentée : la différence des mesures de distances donnée par le SR3 à ces deux antennes; elle est notée (M14 - M17) en repérant une mesure par le numéro du créneau d'émission.

Mesures effectuées : les mesures effectuées résultent de la différence des pseudo-distances de L'Espérance aux antennes de Belle-Ile. Cette différence est calculée par HP 9845 à grande cadence. Les retards initialisés dans le SR3 sont : R14 = 190 952,5 m R17 = 190 950,5 m.

Les routes de L'Espérance sont en pointillés.

Résultats : à la période de l'évaluation (mars 1983) l'usage de l'antenne directive, même en dehors du lobe principal, ne provoque pas d'erreur grave.



PL. 36. — Comparaison des mesures des distances du mobile aux antennes de la station de Penmarc'h, en fonction du gisement. (Étalonnage de mars 1983).

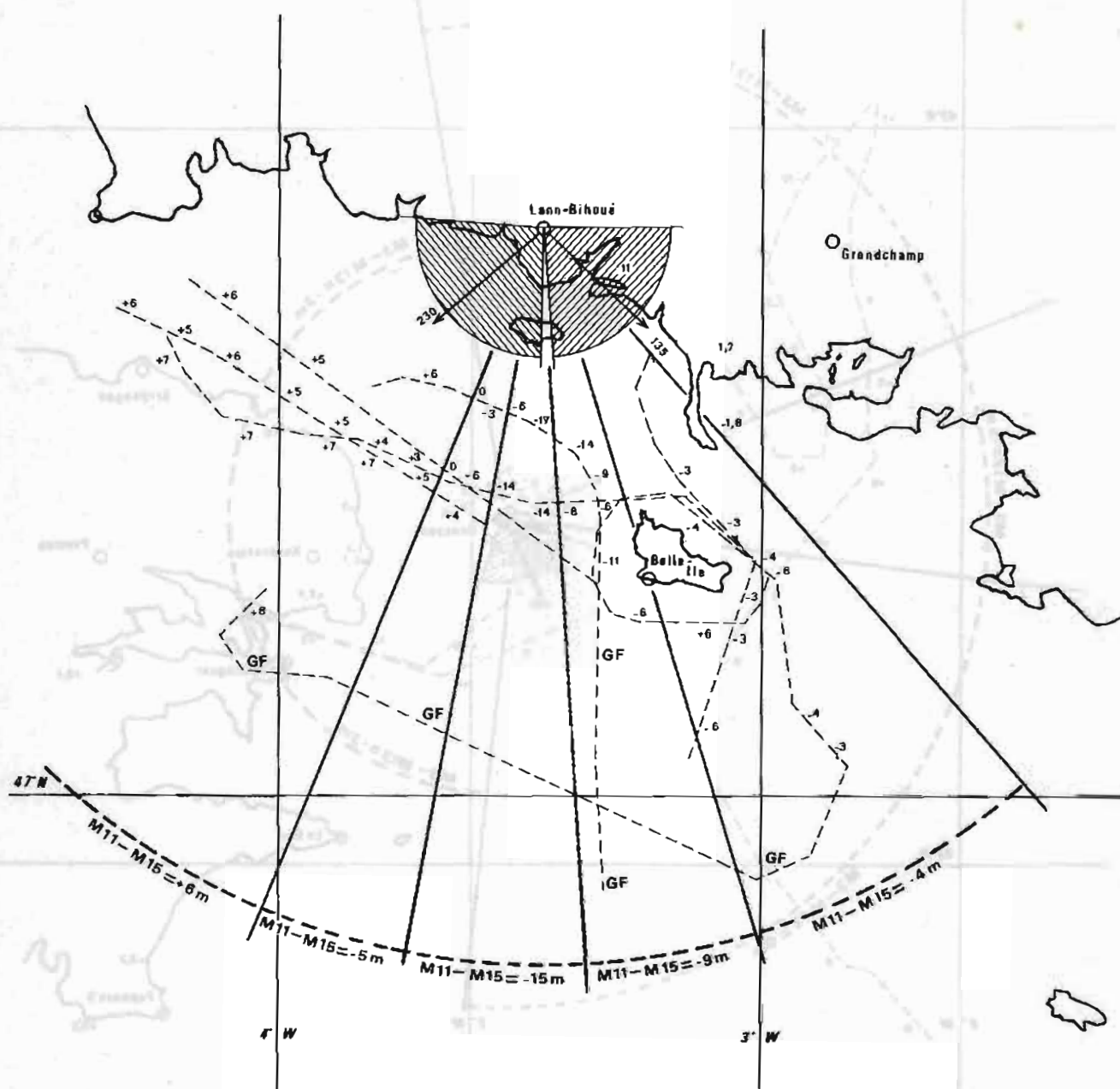
Antennes étudiées : les antennes directives émettant dans le crénneau 8, dans le crénneau 16 et dans le crénneau 10; on repère une mesure par le numéro du crénneau d'émission.

Grandeurs représentées : différences des mesures de distances données par le SR3; elles sont notées $M8 - M16$, $M8 - M10$ selon le cas.

Mesures effectuées : le calcul des différences est fait à grande cadence, L'Espérance étant en transit (routes en pointillés). Les retards des antennes initialisés dans le SR3 sont identiques pour les trois antennes.

Résultats :

- l'usage de l'antenne (8) dans le secteur de la (10) est à proscrire (et vice-versa),
- l'usage des antennes de Penmarc'h doit se faire en fonction de leur lobe principal,
- attention aux fluctuations, observées de temps en temps.



PL. 37. — Comparaison des mesures des distances du mobile aux antennes de Lann-Bihoué, en fonction du gisement.

Antennes étudiées : antennes directives observées dans les créneaux (11) et (15).

Grandeur représentée : la différence des mesures de distances donnée par le SR3 notée $M11 - M15$ en repérant une mesure par le numéro du créneau d'émission.

Mesures effectuées : les routes du BH1 L'Espérance sont représentées en pointillés; les différences de mesures sont calculées à grande cadence sur ces routes; le symbole GF veut dire « grandes fluctuations ». Les retards initialisés dans le récepteur sont identiques ($R11 = R15$).

Conclusions :

- utiliser les antennes directives de Lann-Bihoué dans leur lobe principal,
- veiller à la qualité du paramètre EMLP,
- attention aux anomalies sous Groix.



PL. 38. — Comparaison des mesures de distances du mobile aux antennes Syledis de la station de Ouessant, en fonction du gisement.

Antennes étudiées :

- l'antenne omnidirectionnelle, observée dans le créneau (03),
- l'antenne directive, observée dans le créneau (13).

Grandeur représentée : la différence des mesures de distances donnée par le SR3 à ces deux antennes, elle est notée $(M3 - M13)$ en repérant une mesure par le numéro du créneau d'émission.

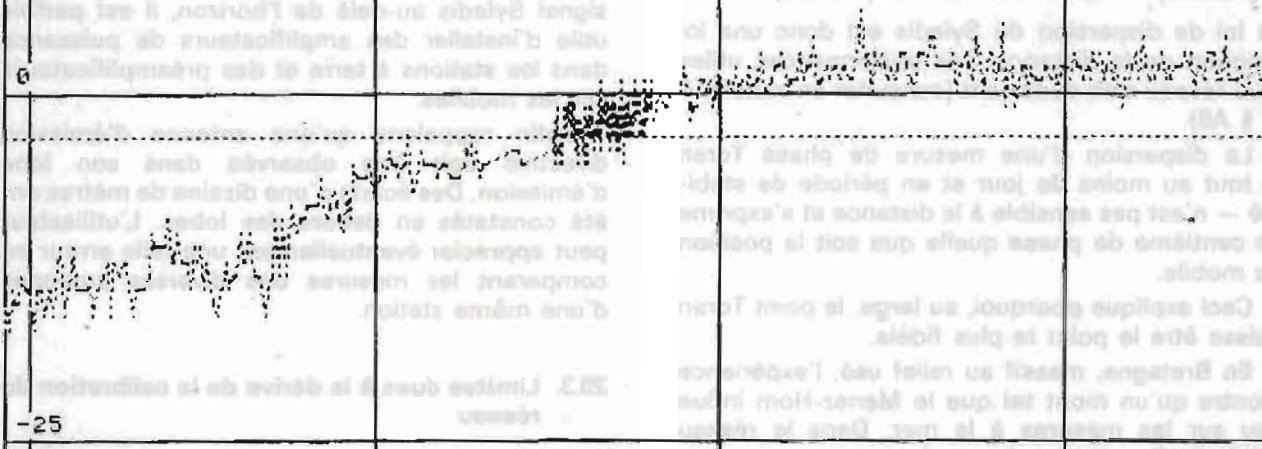
Mesures effectuées : en tiretés, on a tracé la route suivie par L'Espérance, la différence des mesures est calculée en temps réel à grande cadence. Les retards initialisés dans le récepteur SR3 sont : $R3 = R13 = 38\,719,8\text{ m}$.

Résultats : à l'Ouest d'Ouessant, la différence $(M3-M13)$ varie de +5 mètres à -5 mètres. Cependant dans la zone d'utilisation normale du réseau l'usage simultané des antennes (3) et (13) n'expose pas le navigateur à de grosses erreurs.

SIXIÈME PARTIE LIMITES DU RÉSEAU « SYLÉDIS-BRETAGNE » : CONCLUSIONS

OUESSANT 3-13

position géographique
début: à 14 000 mètres dans le 190 d'Ouessant
fin: à 38 000 mètres dans le 115 d'Ouessant

Debut = 078 06 55 59		Fin = 078 10 12 30	
Nombre de mesures = 534		Biais moyen = -3.2	
		Ecart type 5.3	
25			
0			
-25			
7 0	7 53	8 46	9 39
Biais moyen entre pseudo-distances creneaux 3 et 13			

PL. 39. — Différence entre les mesures de distances des antennes.

On constate que la différence des pseudo-distances aux deux antennes d'Ouessant varie de -15 mètres à +3 mètres environ. Une dispersion aussi forte n'a pas été retrouvée en 1983.

SIXIÈME PARTIE

LIMITES DU RÉSEAU « SYLEDIS-BRETAGNE ». CONCLUSIONS

20. LIMITES

Les limites d'utilisation — et l'intérêt — du réseau « Syledis-Bretagne » peuvent être analysés en fonction de la propagation, des liaisons entre stations d'émission, de la permanence de la calibration, du type de récepteur utilisé, du mode d'exploitation des données, enfin en fonction de la géométrie du réseau.

20.1. Limites dues à la propagation et aux obstacles

La dispersion d'une mesure Syledis est donnée par la relation :

$$\sigma \text{ (mètres)} = 0,5 + 2 \times 10^{-5} D \text{ (mètres)}$$

La loi de dispersion du Syledis est donc une loi fonction de la distance. Les performances utiles d'un réseau s'en déduisent (consulter en annexe A le § A6).

La dispersion d'une mesure de phase Toran — tout au moins de jour et en période de stabilité — n'est pas sensible à la distance et s'exprime en centième de phase quelle que soit la position du mobile.

Ceci explique pourquoi, au large, le point Toran puisse être le point le plus fidèle.

En Bretagne, massif au relief usé, l'expérience montre qu'un mont tel que le Menez-Hom influe peu sur les mesures à la mer. Dans le réseau « Syledis-Bretagne » les trajets terrestres sont sans influence sur la vitesse de propagation.

Mais l'influence des obstacles proches des antennes — celle de l'environnement — est difficilement prévisible en ce sens qu'une même antenne installée successivement dans deux sites différents aura des valeurs de calibration différentes de quelques mètres. On s'efforcera d'installer les antennes loin de tout obstacle et d'assurer des liaisons en trajet direct entre les antennes et les mobiles.

Notons que le navigateur peut constater la présence d'un obstacle gênant par la détérioration brutale des paramètres :

- « Signal/Bruit » et « Qualité », attachés à chaque mesure de distance,
- DRMS et EMLP, attachés au calcul du point.

20.2. Limites dues aux liaisons entre les stations d'émission et aux antennes

Une première contrainte est la transmission de station en station du Toulinguet vers Belle-Ile de la synchronisation et du code; si la station du Raz est en panne, toute la partie Sud du réseau est en panne.

Rappelons que les liaisons entre stations ne doivent pas être trop longues. Ainsi la liaison initiale Penmarc'h — Belle-Ile engendrait des distances entre Belle-Ile et le mobile fluctuant de trente mètres. Cette liaison a été modifiée, le code de Belle-Ile est désormais acheminé par Lann-Bihoué.

Une seconde contrainte découle de la puissance d'émission et des capacités de détection du signal par le mobile. Pour une bonne réception du signal Syledis au-delà de l'horizon, il est parfois utile d'installer des amplificateurs de puissance dans les stations à terre et des préamplificateurs sur les mobiles.

Enfin rappelons qu'une antenne d'émission directive doit être observée dans son lobe d'émission. Des écarts d'une dizaine de mètres ont été constatés en dehors des lobes. L'utilisateur peut apprécier éventuellement une telle erreur en comparant les mesures des diverses antennes d'une même station.

20.3. Limites dues à la dérive de la calibration du réseau

La justesse du point Syledis dépend de la permanence des retards électroniques des stations. La valeur de ces « constantes » dépend des réglages, des équipements mis en place (présence ou absence d'amplificateurs), de la modification des caractéristiques électroniques dans le temps (vieillesse des coaxiaux).

Il est nécessaire de contrôler les constantes d'un réseau, soit dans une station fixe, soit par autocalibration, soit par passage sur ligne d'ombre. On a indiqué l'influence d'une incertitude de calibration de ± 2 mètres planche 31.

20.4. Limites dues au type de récepteur utilisé

Au large, lorsque le niveau de réception est faible, la qualité du point dépend du récepteur utilisé et du calculateur associé.

En mode hyperbolique, le récepteur SR3 donnera le meilleur point en raison du nombre de stations observables (jusqu'à 8), de ses qualités de filtrage et de calcul; le récepteur MH3 associé à l'UCM donnera un point de qualité supérieure à celle d'un récepteur MH3 utilisé seul donc sans filtrage.

En mode circulaire, un seul récepteur est actuellement disponible : le MR3. Sa supériorité éventuelle sur les récepteurs de type hyperbolique résulte des facteurs géométriques.

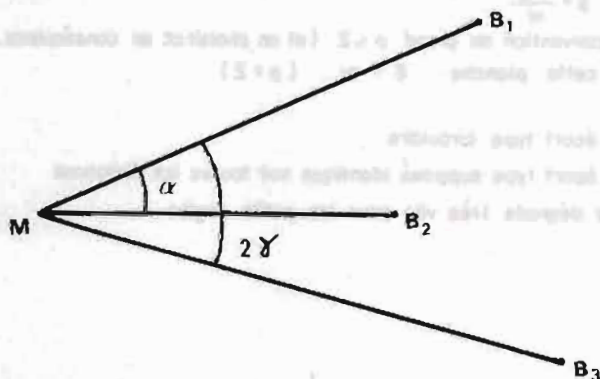
20.5. Limites dues au mode d'exploitation des données

Les mesures seront d'autant plus sûres qu'elles auront été acquises par procédé automatique. Seul un tel mode d'exploitation permet une localisation sûre dès que l'on quitte la zone côtière, seul il permet un enregistrement sérieux de tous les paramètres de contrôle.

20.6. Limites du réseau découlant de la géométrie et du mode de fonctionnement : la précision d'un réseau est liée étroitement à sa géométrie et à son mode de fonctionnement :

- le positionnement de type circulaire est plus précis d'une manière générale que le positionnement hyperbolique pour une même géométrie;
- en mode hyperbolique, quelle que soit la puissance des émetteurs, la limite de portée est atteinte avant que le mobile ne voit les antennes extrêmes sous un angle de 40 degrés; à partir de cet angle la dégradation de la précision est exponentielle;
- en mode circulaire une telle dégradation n'est atteinte que lorsque l'angle considéré vaut 15 degrés.

Illustrons ces résultats et montrons l'intérêt du tracé des ellipses d'incertitude pour l'appréciation de la précision en un point donné. Les notations employées sont celles de la figure ci-dessous : il suffit en effet de considérer un réseau à 3 balises



Etude du positionnement à l'aide de 3 balises B_1 , B_2 , B_3 vues sur les angles 2γ et α du mobile M : notations utilisées.

pour aboutir à ces résultats. L'observation de nombreuses balises n'est pas évidemment sans intérêt : la stabilité du point y gagne quand les mesures sont fluctuantes, mais l'ordre de grandeur de la précision du point n'est pas modifié par rapport à la précision donnée par les 3 balises les mieux placées.

Planche 40 : On vérifie que le positionnement hyperbolique se dégrade très vite pour les petits angles.

Ainsi dans le cas optimal d'un positionnement par 3 balises (balise B_2 sur la bissectrice de B_1 MB3) si l'on voit les balises extrêmes sous un angle de 80° la dégradation du positionnement circulaire et celle du positionnement hyperbolique sont respectivement 1,3 et 4,4 fois plus importantes que dans le positionnement optimal.

Si l'angle entre les balises extrêmes vues du mobile devient 40° les dégradations deviennent 2,2 (en circulaire) et 16 (en hyperbolique) fois plus importantes.

La géométrie d'un réseau est donc essentielle. La planche 41 permet d'apprécier les dégradations des positionnements circulaires et hyperboliques dans des cas quelconques.

La planche 42 (publiée par SERCEL) permet de vérifier que le nombre de balises n'est pas déterminant pour l'amélioration de la précision (les émissions des balises étant supposées stables).

La planche 43 montre l'intérêt du tracé des ellipses d'incertitude quand on veut comparer en un point donné la précision des modes circulaire et hyperbolique pour une même géométrie des émetteurs.

Les planches 45 à 48 sont relatives au tracé des ellipses d'incertitude en 4 points du réseau Syle-dis-Bretagne identifiés planche 44.

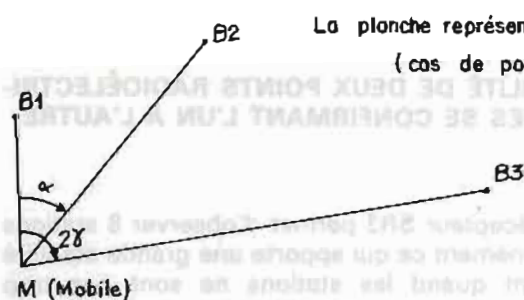
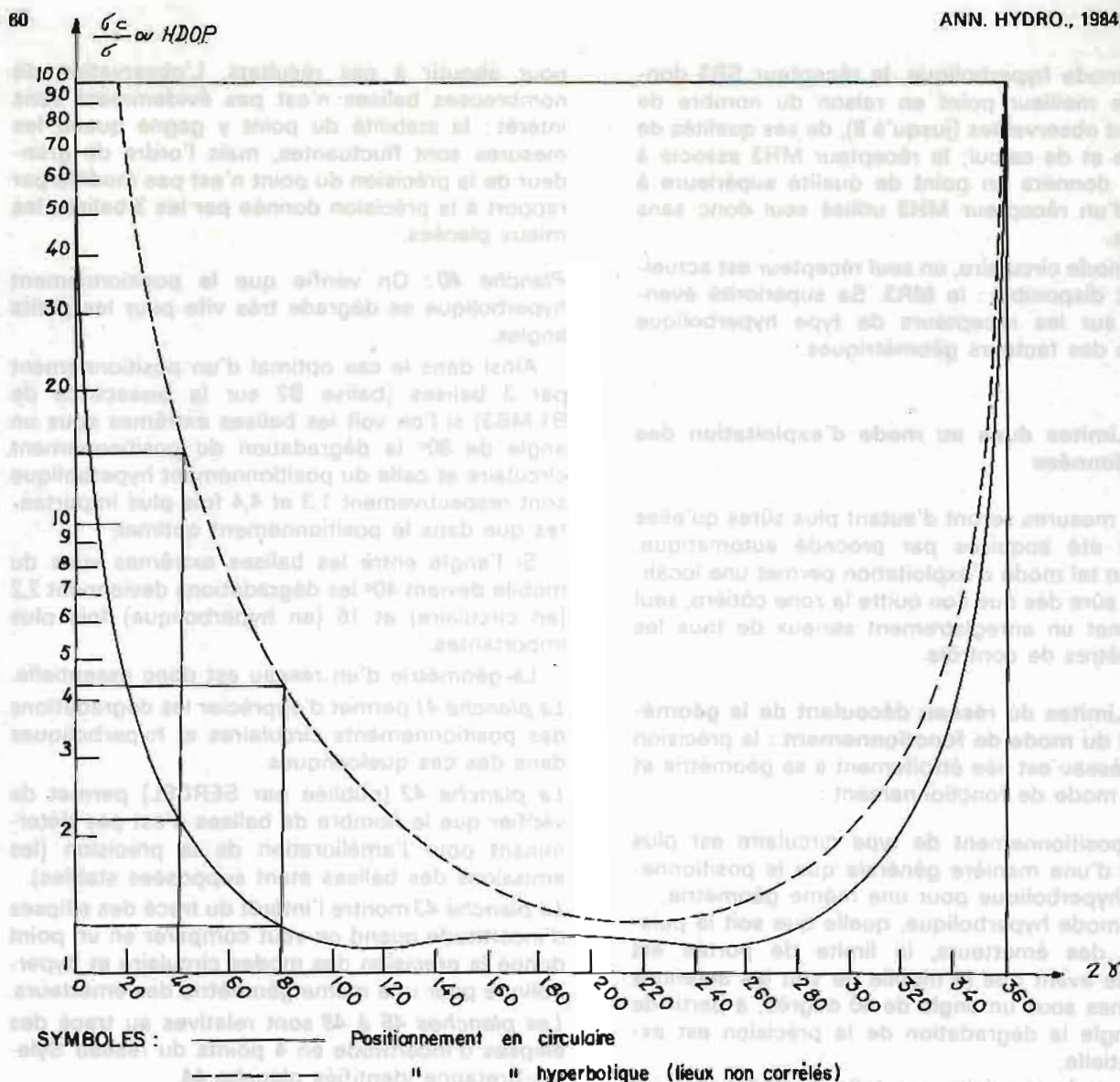
21. UTILITÉ DE DEUX POINTS RADIOÉLECTRIQUES SE CONFIRMANT L'UN A L'AUTRE

Le récepteur SR3 permet d'observer 8 stations simultanément ce qui apporte une grande stabilité au point quand les stations ne sont pas trop éloignées du mobile et qu'elles sont vues sous une géométrie favorable.

Cependant il n'est pas habituel de disposer de tant de lieux simultanément. Il est alors apprécié de disposer d'un second système de positionnement de précision comparable, observé simultanément.

L'observation de deux systèmes permet d'identifier :

- des variations de calibration (l'influence des obstacles n'étant pas la même pour les deux systèmes)



2δ = angle des balises extérieures, vu de M

α = " de deux balises consécutives, vu de M

$$p = \frac{2\delta}{\alpha}$$

Par convention on prend $p \geq 2$ (et on choisit α en conséquence.)

Sur cette planche : $\delta = \alpha$. ($p = 2$)

NOTE :

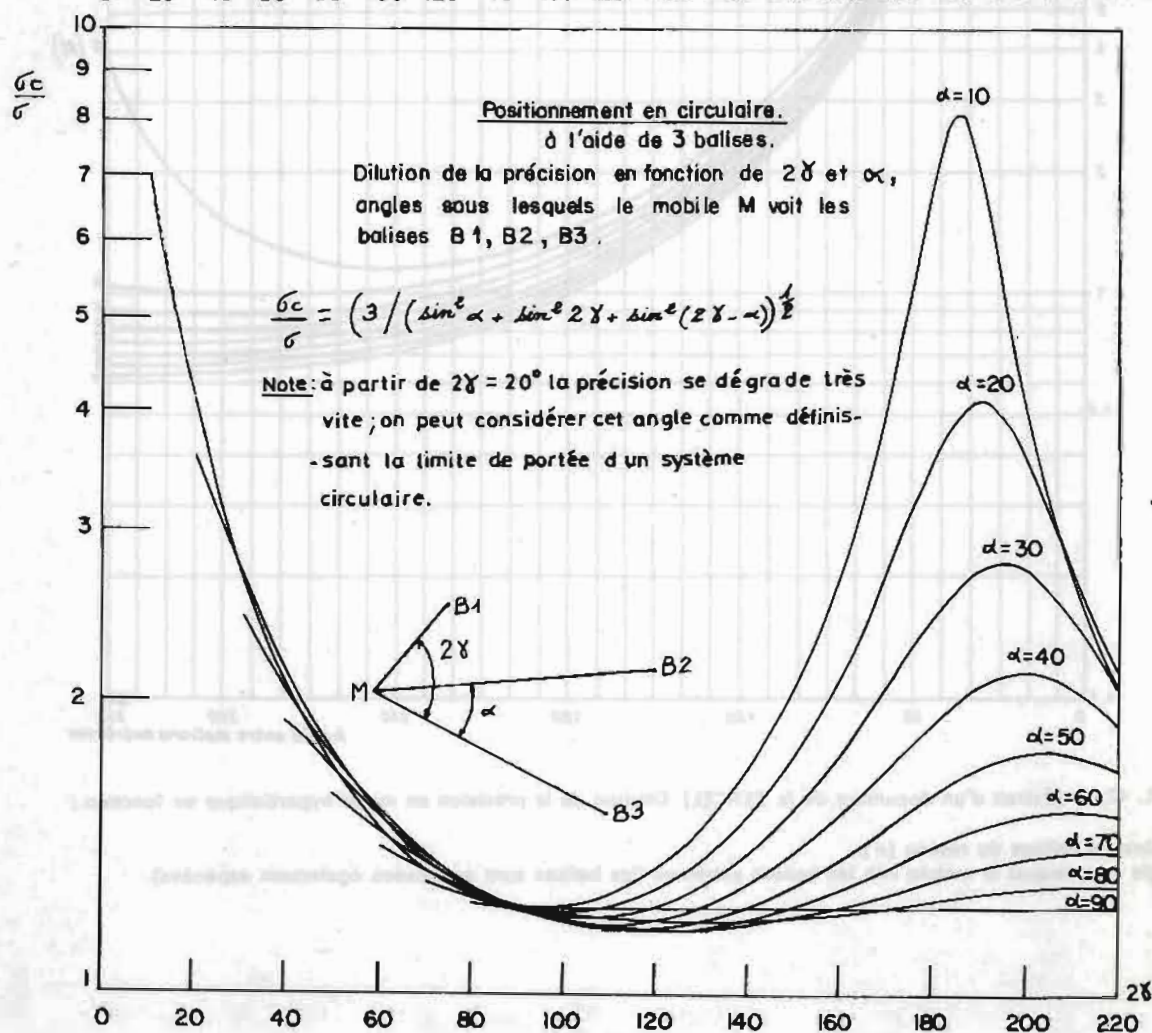
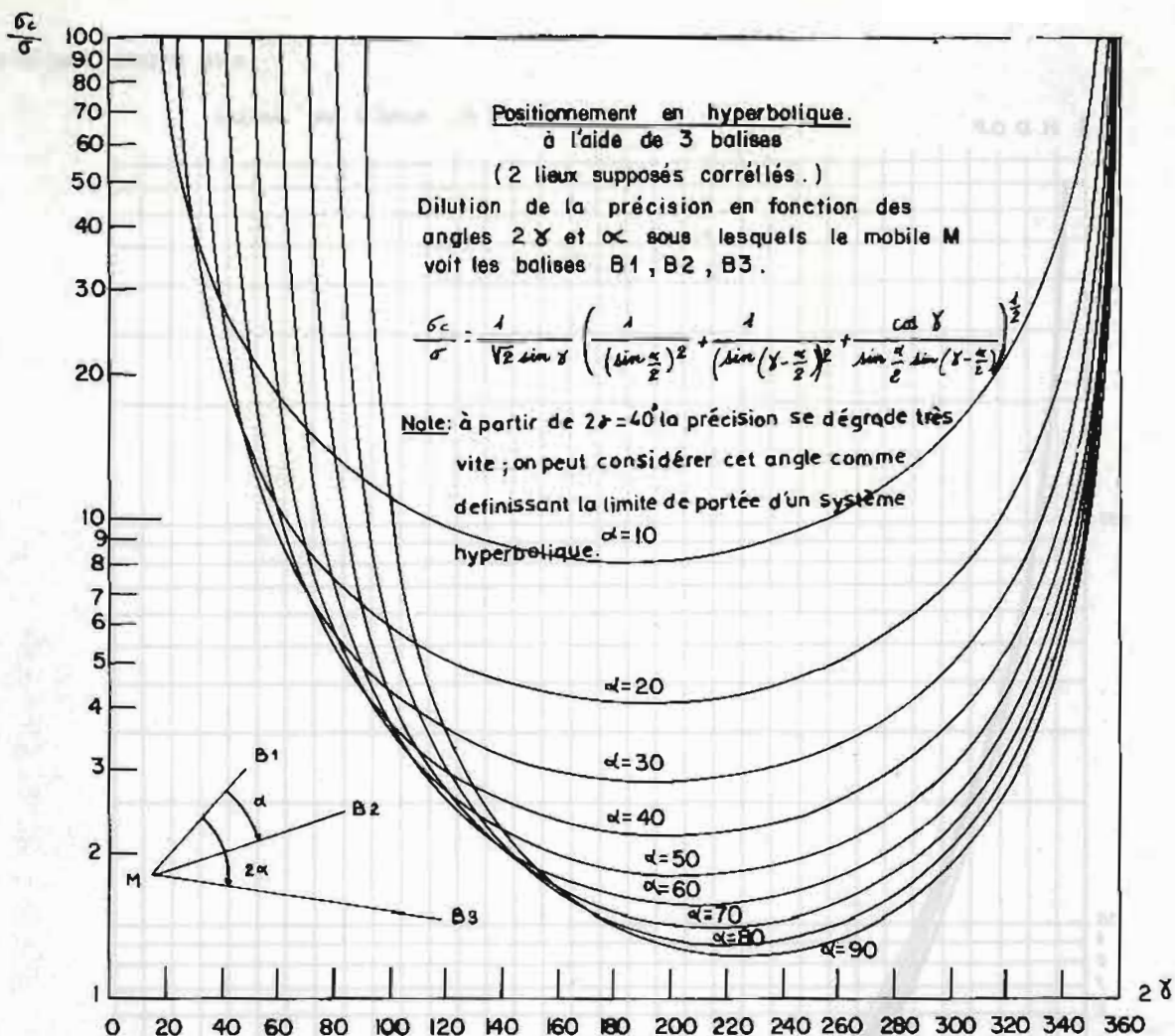
σ_c : écart type circulaire

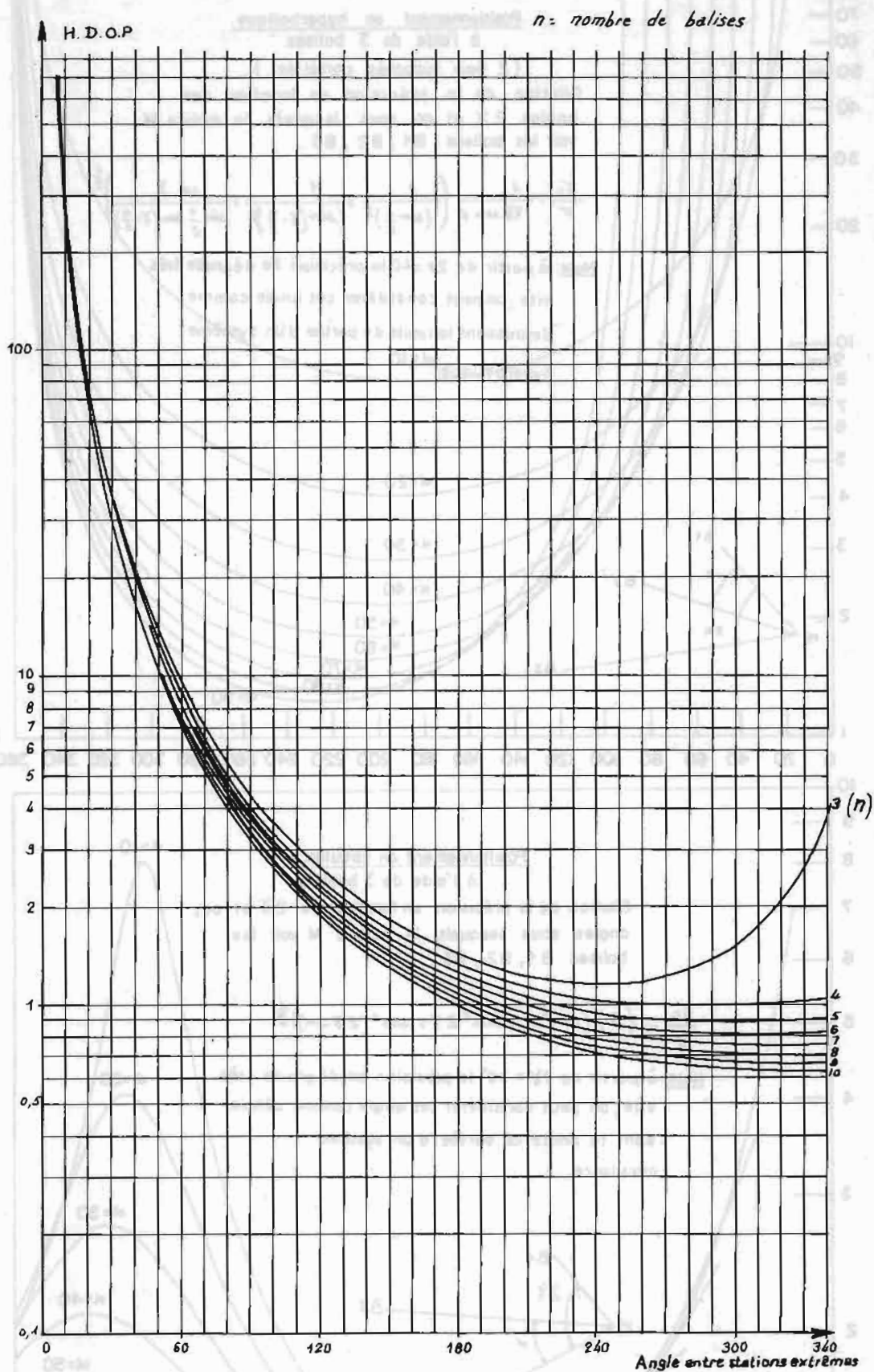
σ : écart type supposé identique sur toutes les distances

Le graphique montre que le positionnement hyperbolique se dégrade très vite pour les petits angles.

	2δ	α	dilution circulaire	dilution hyperbolique
Exemple 1 :	80	40	1,3	4,4
Exemple 2 :	40	20	2,2	16

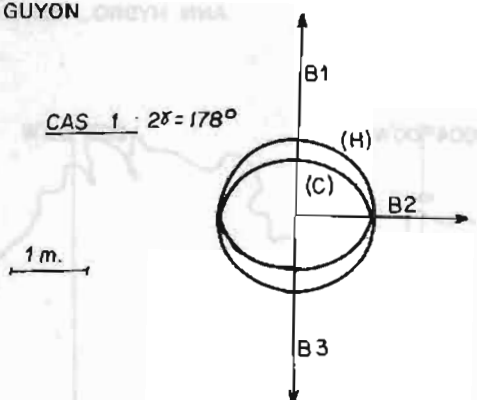
PL. 40. — Supériorité du positionnement en circulaire. (Dilution de la précision du positionnement avec 3 balises en circulaire et en hyperbolique).





PL. 42. — (Extrait d'un document de la SERCEL). Dilution de la précision en mode hyperbolique en fonction :

- du nombre de balises du réseau (n),
- de l'angle sous lequel le mobile voit les balises extrêmes (les balises sont supposées également espacées).



CONVENTIONS :

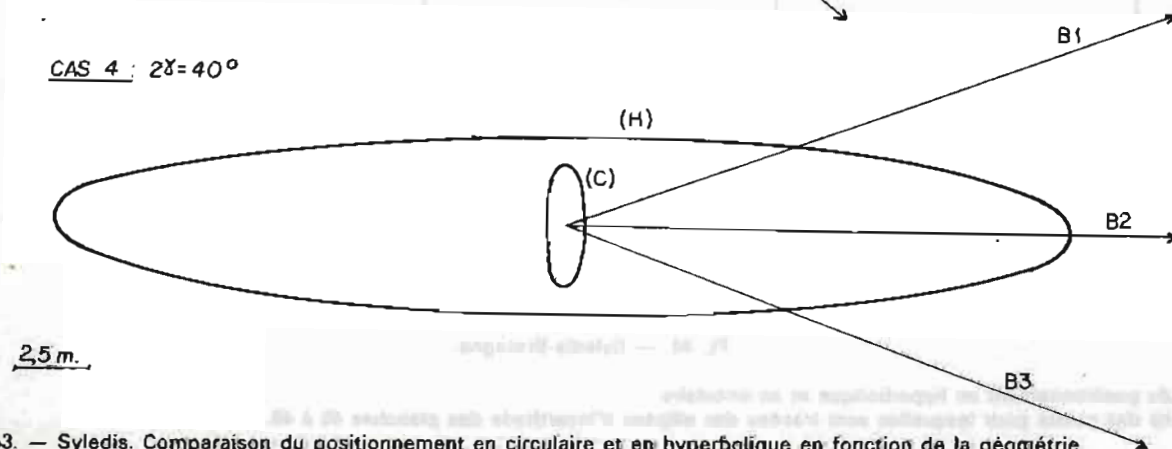
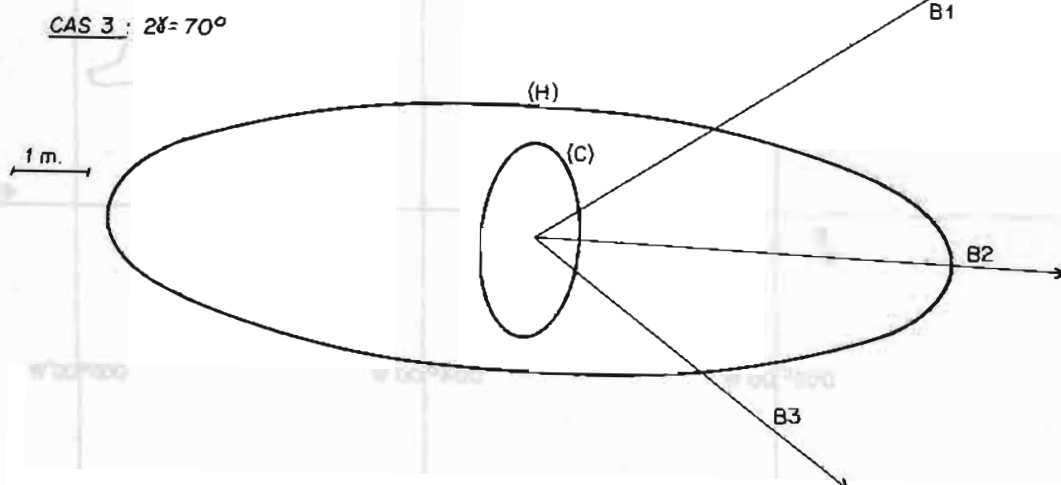
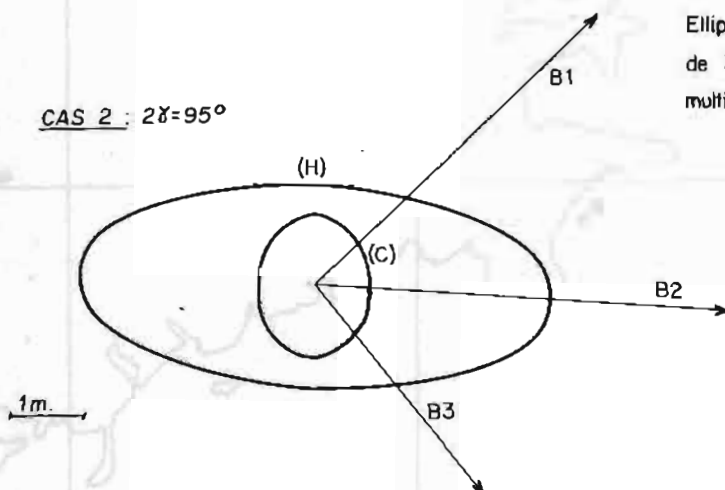
Positionnement à l'aide des 3 balises B1, B2, B3
 2γ : angle sous lequel on voit les balises B1 et B3
 depuis le mobile.

Les balises B1, B2 sont vues sous un angle α
 tel que $\alpha = \gamma$

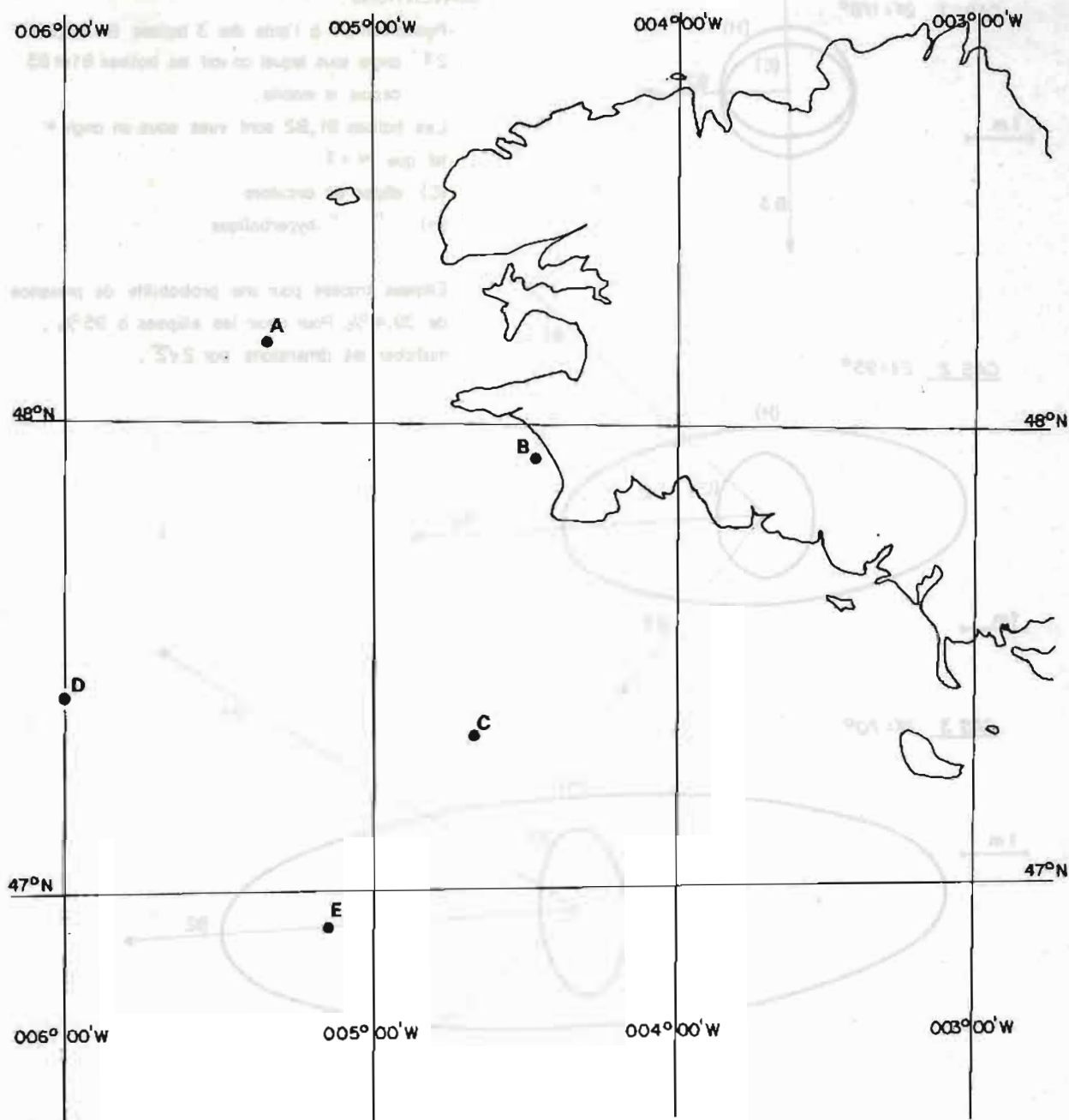
(C) : ellipse en circulaire

(H) : " " hyperbolique

Ellipses tracées pour une probabilité de présence
 de 39,4 %. Pour avoir les ellipses à 95 %, multiplier les dimensions par $2\sqrt{2}$.



PL. 43. — Syledis. Comparaison du positionnement en circulaire et en hyperbolique en fonction de la géométrie.
 Tracé des ellipses d'incertitude pour un écart type sur les mesures de distance égal à 1 mètre.

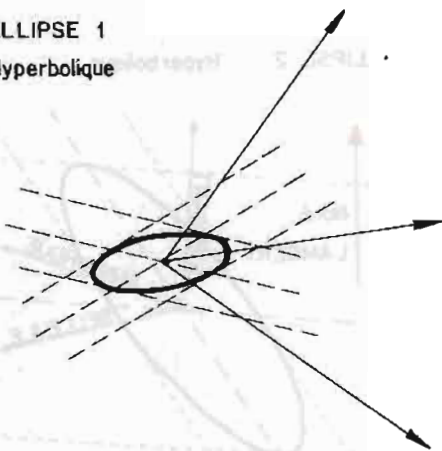
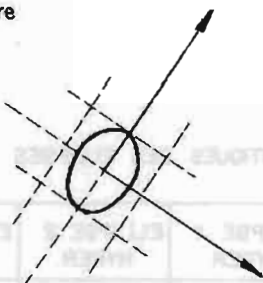


Points	L (N)	G (W)	Voir planches
A	48° 10'	005° 20'	46 (A)
B	47° 55'	004° 28'	47 (B)
C	47° 20'	004° 40'	48 (C)
D	47° 25'	006° 00'	49 (D)
E	46° 40'	005° 10'	50 (E)

PL. 44. — Syledis-Bretagne.

Etude du positionnement en hyperbolique et en circulaire.

Positions des points pour lesquelles sont tracées des ellipses d'incertitude des planches 45 à 48.

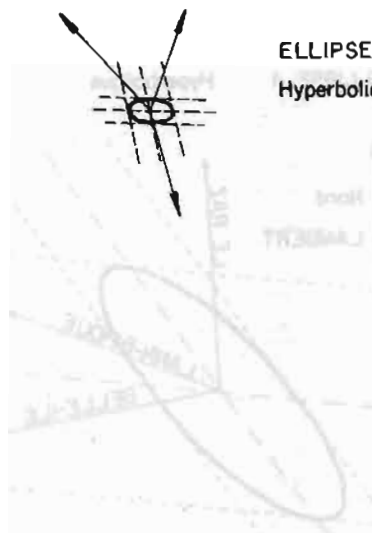
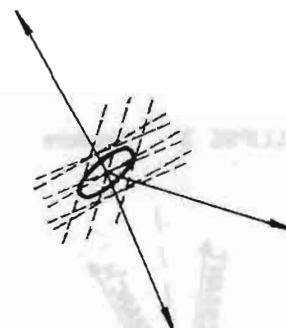
POSITION (A) $L = 48^{\circ}10'N$ $G = 005^{\circ}20'W$ ELLIPSE 1
HyperboliqueELLIPSE 2
Circulaire

Echelle : 1cm pour 5m

5m

CARACTERISTIQUES DES ELLIPSES

	ELLIPSE 1	ELLIPSE 2
Balise 1	OUessant	OUessant
Balise 2	TOULINGUET	PENMARC'H
Balise 3	PENMARC'H	BELLE ILE
a	4,6m	3m
b	1,9m	2,1m
Ga	80°	35°
σ distance	1,3m	3m

POSITION (B) $L = 47^{\circ}55'N$ $G = 004^{\circ}28'W$ ELLIPSE 1
HyperboliqueELLIPSE 2
Circulaire

Echelle : 1cm pour 5m

5m

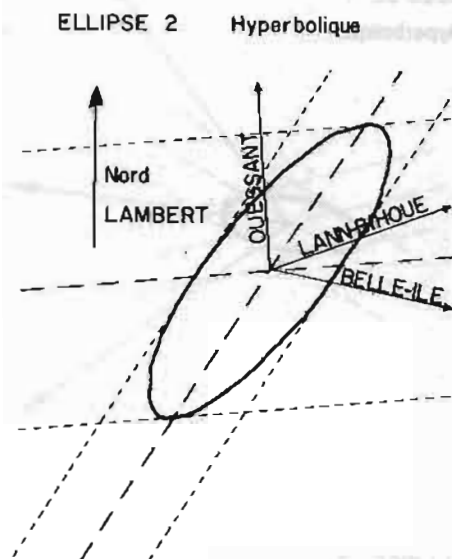
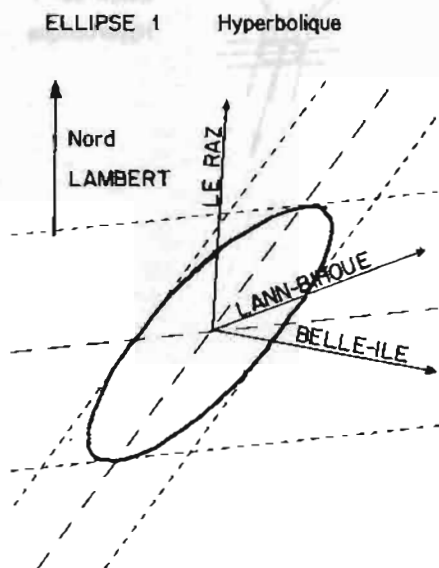
CARACTERISTIQUES DES ELLIPSES

	ELLIPSE 1	ELLIPSE 2
Balise 1	LE RAZ	OUessant
Balise 2	PENCRAN	LANN BIHOUE
Balise 3	PENMARC'H	PENMARC'H
a	1,4m	2,3m
b	0,8m	0,9m
Ga	98°	50°
σ distance	1,1m	1,5m

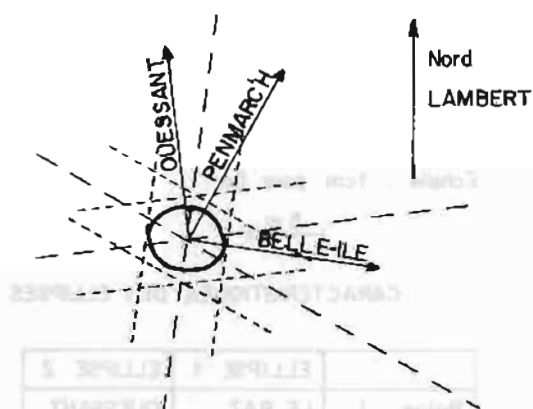
PL. 45. — Syledis.

Positionnement en hyperbolique et en circulaire.

Ellipses d'incertitude pour une probabilité de présence de 39,4 % (multiplier les dimensions par $2\sqrt{2}$ pour avoir les ellipses à 95 %).



ELLIPSE 3 Circulaire



CARACTERISTIQUES DES ELLIPSES

	ELLIPSE 1 HYPER.	ELLIPSE 2 HYPER.	ELLIPSE 3 CIRCUL.
Balise 1	LE RAZ	OUESSANT	OUESSANT
Balise 2	LANN-BIHOUE	LANN-BIHOUE	PENMARCH
Balise 3	BELLE-ILE	BELLE-ILE	BELLE-ILE
a	11m	12m	2,5m
b	3,5m	4m	2 m
Ga	41°	35°	105°
c distance	2,8m	3,3m	2,7m

Echelle : 1 cm pour 5m

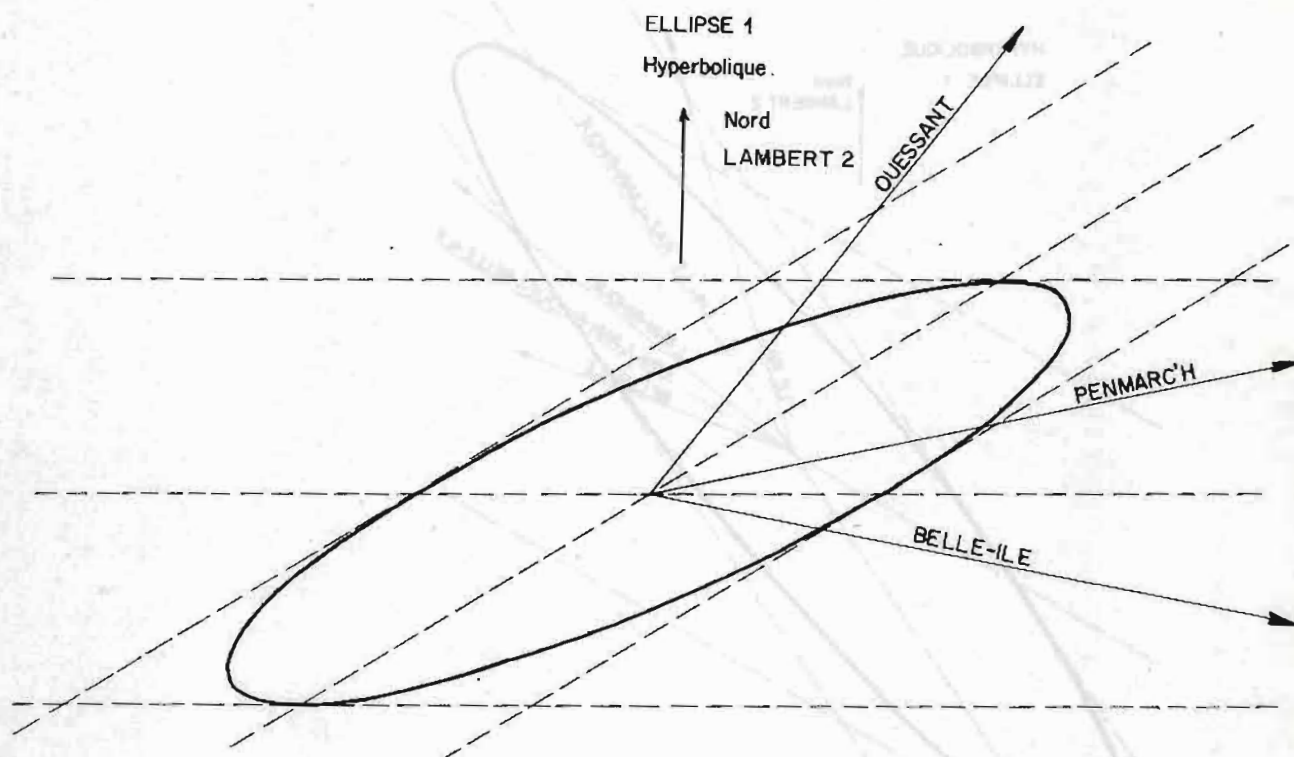
5m

PL. 46. — Syledis.

Positionnement en hyperbolique et en circulaire.

Position (C), L = 47°20' N, G = 004° 40' W.

Tracé des ellipses d'incertitude pour une probabilité de présence de 39,4 %. (Multiplier les dimensions par $2\sqrt{2}$ pour avoir la probabilité à 95 %).



1. ELLIPSE 1	2. ELLIPSE 2	3. ELLIPSE 3	4. ELLIPSE 4
Hyperbolique	Circulaire	Hyperbolique	Hyperbolique
Centre	Centre	Centre	Centre
Direction	Direction	Direction	Direction
Distance	Distance	Distance	Distance
Angle	Angle	Angle	Angle
Angle	Angle	Angle	Angle
Angle	Angle	Angle	Angle
Angle	Angle	Angle	Angle
Angle	Angle	Angle	Angle

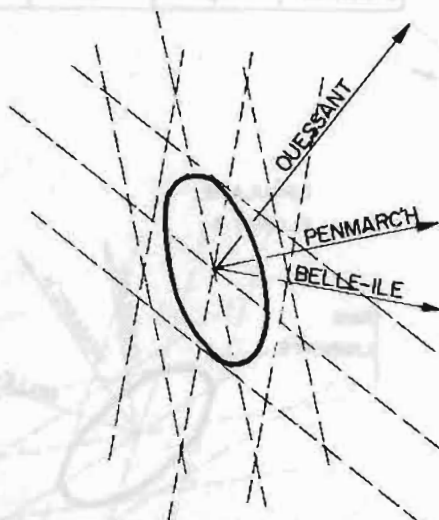
Nord
LAMBERT 2

CARACTERISTIQUES DES ELLIPSES

	ELLIPSE 1 HYPER.	ELLIPSE 2 CIRCUL.
Balise 1	OUESSANT	OUESSANT
Balise 2	PENMARCH	PENMARCH
Balise 3	BELLE-ILE	BELLE-ILE
a	30m	6,5m
b	7m	3m
Ga	64°	162°
G distance	3,8m	4,7m

Echelle : 1cm pour 5m

5m



Positionnement en hyperbolique et en circulaire.

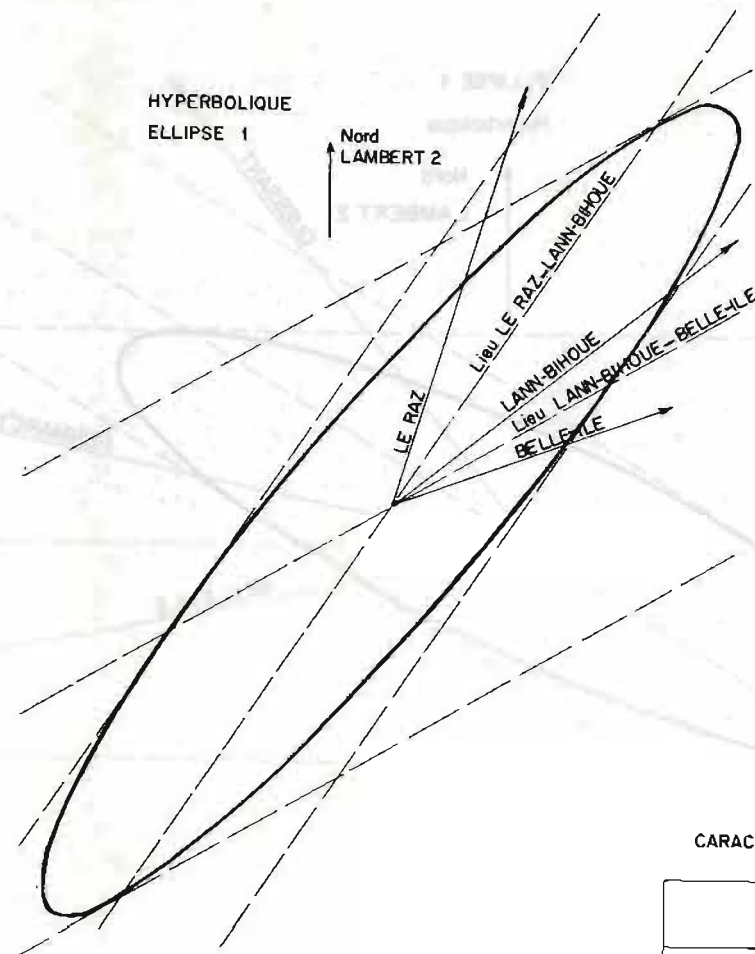
PL. 47. — Syledis.

Position (D), L = 47° 25' N, G = 006° 00' W.

Tracé des ellipses d'incertitude pour une probabilité de présence de 39,4 %. (Multiplier les dimensions par $2\sqrt{2}$ pour avoir les ellipses à 95 %).

HYPERBOLIQUE
ELLIPSE 1

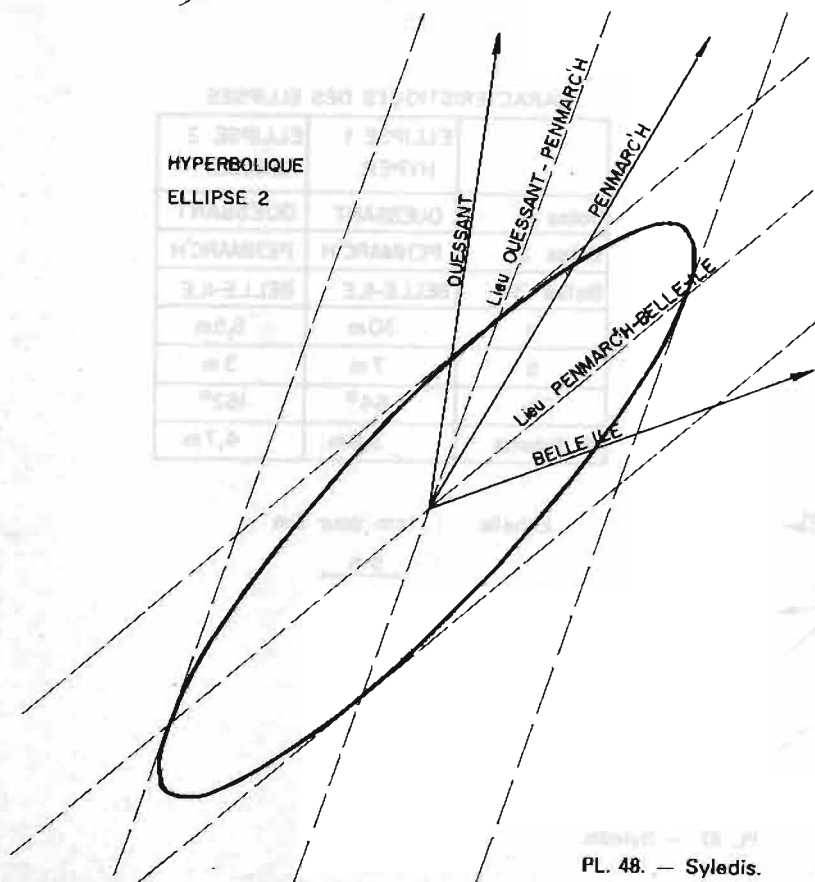
Nord
LAMBERT 2



CARACTERISTIQUES DES ELLIPSES

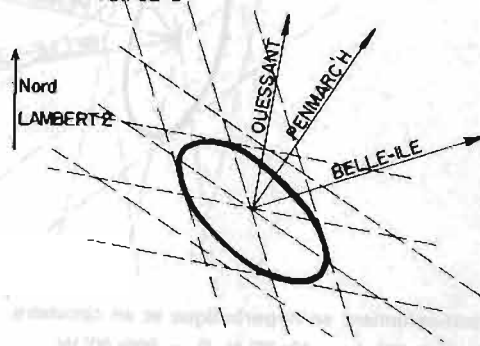
	ELLIPSE 1 HYPER.	ELLIPSE 2 HYPER.	ELLIPSE 3 CIRCUL.
Balise 1	LE RAZ	OUessant	OUessant
Balise 2	LANN-BIHOU	PENMARCH	PENMARCH
Balise 3	BELLE-ÎLE	BELLE-ÎLE	BELLE-ÎLE
a	41m	30m	6,5m
b	8m	7m	3m
G ₀	40°	43°	124°
G distance	3,6m	3,8m	4,8m

HYPERBOLIQUE
ELLIPSE 2



CIRCULAIRE
ELLIPSE 3

Nord
LAMBERT 2



PL. 48. — Syledis.

Positionnement en hyperbolique et en circulaire.

Position (E), L = 46° 40' N, G = 005° 10' W.

Tracé des ellipses d'incertitude pour une probabilité de présence de 39,4 % ($\lambda = 1$). (Multiplier les dimensions par $2\sqrt{2}$ pour avoir la probabilité à 95 %).

— des anomalies de propagation, aucun système n'étant à l'abri de fluctuations métriques momentanées, fluctuations qui ne sont pas simultanées pour les différents systèmes.

L'observation simultanée du Toran et du Syledis a permis d'étalonner partiellement les réseaux Toran « Iroise » et « Sud-Bretagne » (planches 49 et 50).

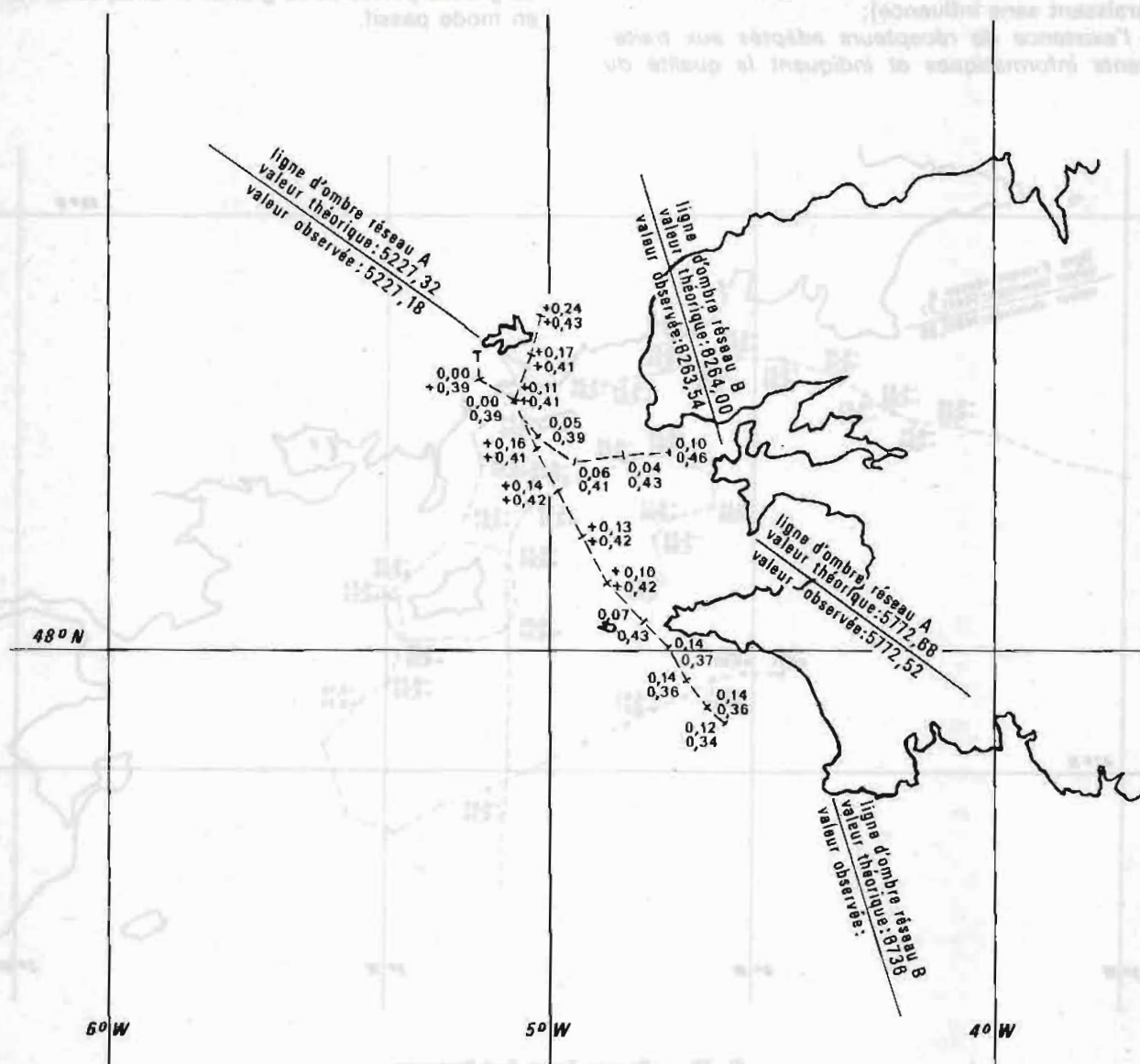
22. CONCLUSIONS

22.1. L'évaluation du réseau « Syledis-Bretagne » a bénéficié de la mise au point d'un système d'acquisition automatique (l'« hydroboucle ») par

l'Etablissement Principal. L'évaluation n'était pas concevable sans moyens informatiques compte tenu du nombre de données à acquérir, des anomalies à analyser, des fluctuations des mesures au-delà de l'horizon.

Peu à peu se généralisent des récepteurs qui traitent le point en temps réel et en donnent la qualité. Ils sont conçus par un traitement informatique; on a tout intérêt à archiver les données à une cadence raisonnable.

Les performances d'un réseau Syledis se déduisent par analyse; il faut cependant vérifier l'absence d'anomalies. Dans le réseau Syledis-Bretagne deux stations sont moins sûres que les au-



PL. 49. — Réseau Toran « Iroise ».

Corrections aux phases Toran observées. (Unité : l'hyperbole).

Chiffre du haut : correction à la phase A.

Chiffre du bas : correction à la phase B.

Corrections déterminées en mars 1983 d'après le point Syledis.

Les corrections à apporter aux phases Toran (sensiblement : +0,12 hyperbole à celle du couple A, +0,40 à celle du couple B) sont cohérentes avec les valeurs déterminées en 1982.

tres : Penmarc'h et Lann-Bihoué. Le chemin du code vers le Sud comprend de nombreuses stations ce qui n'est pas favorable à sa fiabilité.

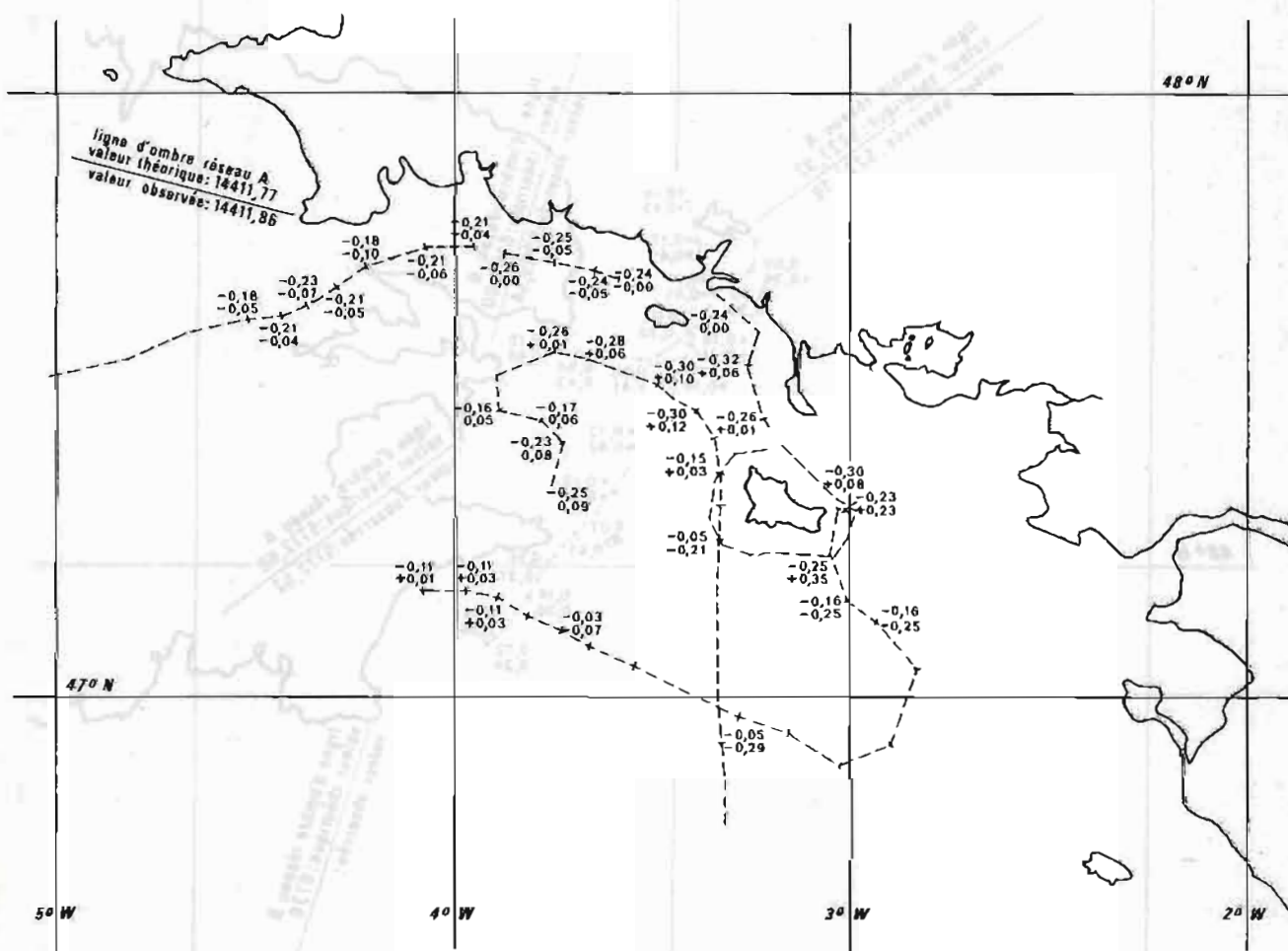
22.2. Les qualités majeures du Syledis sont :

- *sa portée* : la zone couverte dépasse largement la zone optique,
- *sa faible ambiguïté* : (10 000 mètres en mesure de distance),
- *sa justesse* : la vitesse des ondes est la même sur terre et sur mer; cette qualité, pour être sauvegardée, demande cependant la suppression de tout obstacle proche des antennes d'émission et de réception. (Les obstacles plus éloignés paraissent sans influence);
- *l'existence de récepteurs adaptés aux traitements informatiques et indiquant la qualité du*

point, (même si cette évaluation n'est pas toujours rigoureusement exacte).

22.3. La configuration des côtes bretonnes n'est pas favorable à un positionnement hyperbolique au large : la précision du point Syledis varie de 5 mètres dans les eaux côtières à 200 mètres à la chute du plateau continental pour des raisons essentiellement géométriques.

Cette performance pourrait probablement être portée à 50 mètres en dotant le SR3 d'un lieu circulaire; mais il sera aussi possible de l'améliorer en exploitant le point Toran Sud-Bretagne, réseau de grande portée et de grande fidélité, observable en mode passif.



PL. 50. — Réseau Toran Sud-Bretagne.

Corrections aux phases Toran observées. (Unité : l'hyperbole).

Chiffre du haut : correction à la phase A.

Chiffre du bas : correction à la phase B.

Corrections déterminées en mars 1983 d'après le point Syledis.

Ces corrections sont cohérentes à mieux de 10 centièmes avec les valeurs déterminées en 1982.

ANNEXE A

GÉOMETRIE DU SYLEDIS

A1. Le temps de propagation du code Syledis dépend de la longueur du chemin suivi mais aussi du retard apporté par les circuits électroniques d'émission et de réception des balises et des récepteurs.

Evaluons ce temps de propagation en mode circulaire et en mode hyperbolique.

Equation de fonctionnement en mode circulaire; retard propre d'une balise : le « θ »

Le mobile M émet un code à l'instant t ; ce code est reçu par la balise B puis réémis vers le mobile qui le reçoit à l'instant t' . Le temps de propagation ($t' - t$) dépend :

- du retard θ_M , apporté par les circuits de sortie du mobile (circuits électroniques, longueurs des coaxiaux, antenne),
- de la distance MB entre le mobile M et la balise B,

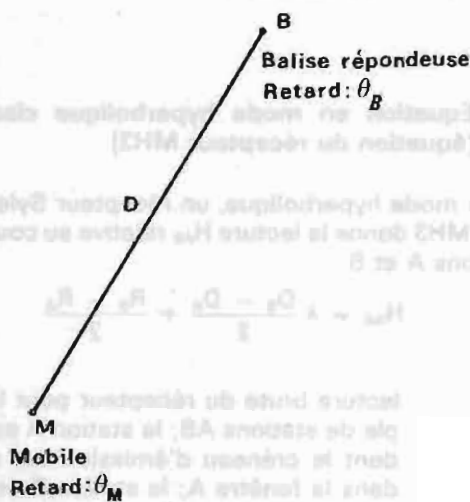


Figure A1

- du retard θ_B apporté par les circuits d'entrée de la balise,
- du retard θ_B apporté par les circuits de sortie, (* voir note),
- de la distance BM,
- du retard θ_M apporté par les circuits d'entrée du mobile.

En exprimant ces grandeurs dans le même système d'unité :

$$t' - t = 2D + 2\theta_M + 2\theta_B$$

Le récepteur MR3 donne la moitié de cette grandeur exprimée en mètres par l'équation :

$$C = D + \theta_M + \theta_B$$

avec :

- C ... indication du récepteur
- θ_M ... retard du mobile
- θ_B ... retard propre de la balise B.

A2. Retard en mode hyperbolique : les « R »

Le raisonnement suivi pour évaluer le retard d'une balise B (i) en mode hyperbolique est le même qu'en mode circulaire. Au lieu d'être émis par le mobile, le code est émis par une balise maîtresse puis reçu par le mobile après avoir été éventuellement acheminé par des balises intermédiaires.

En mode hyperbolique on ne considère pas le retard du mobile (θ_M) ni celui de la balise maîtresse; en effet dans ce mode on considère des différences de chemins de codes, différences dans lesquelles les retards éventuels de la balise maîtresse et du mobile disparaissent puisqu'ils sont communs à tous ces chemins.

(* Note

L'équation proposée suppose que les retards des circuits d'entrée et de sortie sont identiques,

θ_M (circuits d'entrée) = θ_M (circuits de sortie)

θ_B (circuits d'entrée) = θ_B (circuits de sortie).

Elle suppose aussi que la distance radioélectrique suivie par le code est la même, qu'il soit émis par le mobile ou qu'il soit réémis par la balise.

L'analyse des équations de fonctionnement, dans le cas où les retards ne sont pas les mêmes à l'entrée et à la sortie se fait sur le modèle ci-dessus sans difficultés.

Exemple

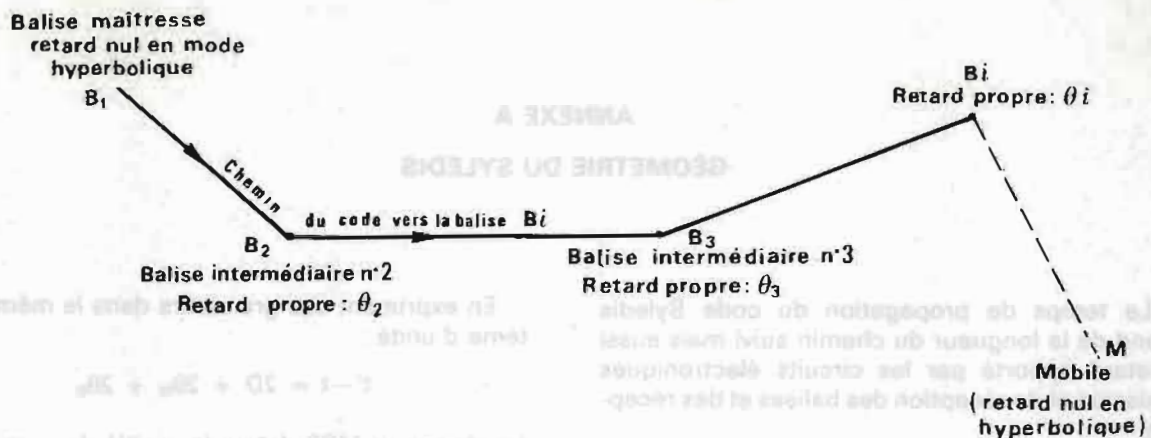


Figure A2. — Analyse du retard d'une balise en mode hyperbolique

$$R_i = L + \sum 2\theta_i = B_1 B_2 + B_2 B_3 + B_3 B_i + 2(\theta_2 + \theta_3 + \theta_i)$$

Dans la figure ci-dessus le mobile M reçoit le code réémis par la balise B_i , code qui sera soustrait de celui d'une autre balise pour former un lieu de position hyperbolique.

Le temps de parcours du code entre la balise maîtresse B_1 et le mobile M comprend :

- le temps de parcours des distances entre balises ($B_1 B_2$, $B_2 B_3$, $B_3 B_i$);
- le temps de parcours entre la balise B_i et le mobile ($B_i M$);
- les retards apportés par les circuits d'entrée et de sortie des balises intermédiaires soit 2 fois leurs retards propres en supposant que les retards à l'entrée soient identiques aux retards à la sortie.

Posons :

$$L = B_1 B_2 + B_2 B_3 + B_3 B_i$$

$$R_i = L + 2(\theta_2 + \theta_3 + \theta_i)$$

$$D_i = B_i M$$

La mesure entre la balise B_i et le mobile s'écrit (en adoptant un système cohérent d'unité)

$$M_i = D_i + R_i$$

R_i , retard hyperbolique de la balise, est égal à la somme des distances vraies entre les balises plus deux fois la somme des retards propres des balises acheminant le code. On note :

$$R_i = L + \sum 2\theta_i$$

A3. Equation en mode circulaire (équation du récepteur MR3)

Un récepteur Syledis de type MR3 donne en mètres la valeur C_i relative à la balise B_i interrogée

en mode circulaire :

$$C_i = k D_i + \theta_M + \theta_i$$

C_i ... lecture brute du récepteur (les retards θ_M et θ_i n'étant pas compensés au niveau du MR3)

θ_M ... retard du mobile

θ_i ... retard propre de la balise i

D_i ... chemin du code entre le mobile et la balise

k ... = 1 si la vitesse des ondes est celle prévue par le constructeur

A4. Equation en mode hyperbolique classique (équation du récepteur MH3)

En mode hyperbolique, un récepteur Syledis du type MH3 donne la lecture H_{AB} relative au couple de stations A et B.

$$H_{AB} = k \frac{D_B - D_A}{2} + \frac{R_B - R_A}{2}$$

H_{AB} ... lecture brute du récepteur pour le couple de stations AB; la station A est celle dont le crâneau d'émission est affiché dans la fenêtre A; la station B est celle dont le crâneau d'émission est affiché dans la fenêtre B.

k = 1 si la vitesse des ondes est celle prévue par le constructeur,

D_A, D_B ... distances vraies du mobile aux balises A et B

R_A, R_B ... retards hyperboliques du code associés aux balises A et B

$$R_A = L_A + \sum 2\theta_A$$

$$R_B = L_B + \sum 2\theta_B$$

A5. Equation de fonctionnement du récepteur SR3 en mode « pseudo-distances »

Au lieu de traiter le point en considérant des couples de stations, le récepteur SR3 traite le point par « pseudo-distances ». Le récepteur possède une horloge de dérive faible, ce qui permet d'améliorer le calcul du point.

L'équation du récepteur SR3 peut s'écrire :

$$M_i = D_i + t + R_i - R_j \text{ (App)}$$

M_i ... mesure du SR3 (la pseudo-distance)
 D_i ... distance vraie du mobile à la balise I
 t ... retard (exprimé en mètres) inconnu et variable de l'horloge du SR3
 R_i ... retard de la balise B;
 $R_j \text{ (App)}$... retard enregistré dans le récepteur SR3 pour la balise B_j (on ne connaît en général qu'une valeur approchée des éléments réels).

A6. Tracé des ellipses d'incertitude, calcul de l'écart type circulaire; formules

On peut supposer les lieux de positions indépendants et les assimiler localement à des droites :

$$x \cos \theta_i + y \sin \theta_i + e_i = 0$$

θ_i ... gisement du lieu assimilé à une droite,

e_i ... écart à la position prise pour origine.

σ_i étant l'écart type du lieu (i) on calcule les coefficients :

$$A = \sum \frac{\cos^2 \theta_i}{\sigma_i^2}, \quad B = \sum \frac{\sin^2 \theta_i}{\sigma_i^2},$$

$$C = \sum \frac{\sin \theta_i \cos \theta_i}{\sigma_i^2}$$

Pour une probabilité de présence égale à 98,2 %, on démontre que les longueurs des axes des ellipses d'incertitude sont données par

$$a = 2\sqrt{2}/\sqrt{t_1}, \quad b = 2\sqrt{2}/\sqrt{t_2}$$

t_1 et t_2 étant racines de

$$t^2 - (A + B)t + AB - C^2 = 0$$

L'écart type circulaire est donné par :

$$\sigma_c^2 = \frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_2} = \frac{A + B}{AB - C^2}$$

Les angles des axes principaux de l'ellipse avec les axes de coordonnées sont solutions de :

$$\varphi = \text{Arc tang } t, \quad \text{avec } t^2 + \left(\frac{A - B}{C}\right)t - 1 = 0$$

Application au Syledis circulaire

Désignons par G le gisement sous lequel le mobile voit la balise Syledis; on a :

$$G_i = \theta_i - \frac{\pi}{2}$$

Il vient :

$$A = \sum \frac{\sin^2 G_i}{\sigma_i^2}, \quad B = \sum \frac{\cos^2 G_i}{\sigma_i^2}$$

$$C = -\frac{1}{2} \sum \frac{\sin 2G_i}{\sigma_i^2}$$

avec $\sigma_i = 0,5 \text{ m} + 2 \times 10^{-5} \times D$.

Application au Syledis hyperbolique

Si on voit les foyers i et j sous les angles G_i et G_j le lieu a pour direction

$$G_{ij} = \frac{G_i + G_j}{2}$$

L'écart type circulaire de ce lieu est :

$$\sigma_{ij} = \frac{\sqrt{\sigma_i^2 + \sigma_j^2}}{\left| 2 \sin \left(\frac{G_j - G_i}{2} \right) \right|}$$

Il vient :

$$A = \sum \frac{\cos^2 G_{ij}}{\sigma_{ij}^2}, \quad B = \sum \frac{\sin^2 G_{ij}}{\sigma_{ij}^2}$$

$$C = \sum \frac{\cos G_{ij} \sin G_{ij}}{\sigma_{ij}^2}$$

Application au Toran mode V (cas du réseau Iroise et Sud-Bretagne)

En appelant 1 le foyer commun aux deux couples, on montre :

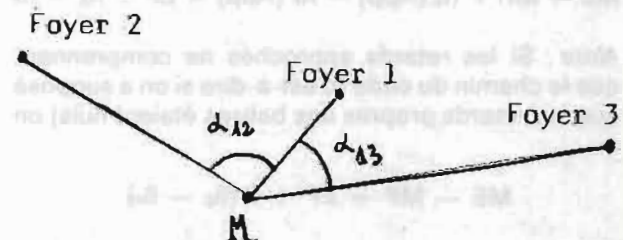
$$A = \frac{\cos^2 G_{12}}{\sigma_{12}^2} + \frac{\cos^2 G_{13}}{\sigma_{13}^2}$$

$$B = \frac{\sin^2 G_{12}}{\sigma_{12}^2} + \frac{\sin^2 G_{13}}{\sigma_{13}^2}$$

$$C = \frac{\sin G_{12} \cos G_{12}}{\sigma_{12}^2} + \frac{\sin G_{13} \cos G_{13}}{\sigma_{13}^2}$$

$$\text{avec } G_{1i} = \frac{1}{2} (G_1 + G_i)$$

$$\sigma_{1i} = \frac{v}{\left| 2F \sin \frac{\alpha_{1i}}{2} \right|} \times \sigma_H \text{ avec } \sigma_H = 0,01 \text{ tour.}$$

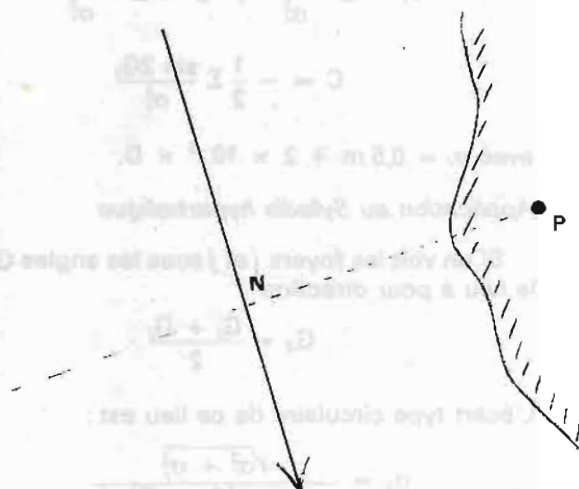


Positionnement au Toran mode V

Premier lieu : couple de foyers 1 et 2

Deuxième lieu : couple de foyers 1 et 3

A7. Calibration par passage sur ligne d'ombre



Premier cas : on dispose d'un récepteur MH3

Le récepteur MH3 délivre une phase fonction de la différence ME - MP (voir notations de la figure)

On a :

$$H_{PE} = \frac{ME - MP}{2} + \frac{R_E - R_P}{2}$$

Cette valeur passe en N, point sur le prolongement de PE (ligne d'ombre) par un maximum facilement observable.

En N :

$$H_{PE} = \frac{EP}{2} + \frac{R_E - R_P}{2}$$

Deuxième cas : on dispose d'un récepteur SR3

Les retards initialisés dans le SR3 pour les balises E et P sont R_E (App) et R_P (App). On a, ME et MP désignant les pseudo-distances du SR3 :

$$ME = D_E + t + R_E - R_E \text{ (App)}$$

$$MP = D_P + t + R_P - R_P \text{ (App)}$$

$$(ME - MP) + (R_E \text{ (App)} - R_P \text{ (App)}) =$$

$$D_E - D_P + R_E - R_P$$

Sur la ligne d'ombre : $D_E - D_P = EP$

$$ME - MP + R_E \text{ (App)} - R_P \text{ (App)} = EP + R_E - R_P$$

Note : Si les retards approchés ne comprennent que le chemin du code (c'est-à-dire si on a supposé que les retards propres des balises étaient nuls) on a :

$$ME - MP = EP + 2(\theta_E - \theta_P)$$

avec :

θ_E ... somme des retards propres des balises entre la balise maîtresse et la balise E

θ_P ... somme des retards propres des balises entre la balise maîtresse et la balise P

A8. Calibration du Syledis par observation simultanée de stations fonctionnant en mode hyperbolique et en mode circulaire

Le fonctionnement de deux stations A et B en mode circulaire et en mode hyperbolique donne une équation entre mesures et retards indépendante du lieu d'observation (en supposant que les retards ne soient pas perturbés par des masques).

On a ainsi une méthode de contrôle des retards.

Premier cas : on dispose de récepteurs MH3 et MR3

Désignons par θ_A , θ_B les retards propres des balises A et B

R_A , R_B leurs retards globaux.

En circulaire, on a :

$$C_A = D_A + \theta_M + \theta_A$$

$$C_B = D_B + \theta_M + \theta_B$$

En hyperbolique :

$$H_{AB} = \frac{D_B - D_A}{2} + \frac{R_B - R_A}{2}$$

Il vient :

$$2H_{AB} + C_A - C_B = R_B - R_A + \theta_A - \theta_B$$

A la mer, l'acquisition automatique de la mesure $2H_{AB} + C_A - C_B$ permet de vérifier la stabilité des retards des antennes A et B en fonction du gisement. Elle permet aussi d'adopter la meilleure valeur lissée pour le deuxième membre de l'équation.

La relation ci-dessus se simplifie en pratique; supposons par exemple que Belle-Ile et Lann-Bihoué fonctionnent en circulaire et en hyperbolique (les retards propres des balises étant supposés identiques dans les deux modes).

On a :

$$2H_{BL} + C_B - C_L + BL + \theta_B + \theta_L = 0$$

H_{BL} phase du MH3 entre Belle-Ile et Lann-Bihoué

C_B lecture du MR3 pour Belle-Ile

C_L lecture du MR3 pour Lann-Bihoué

BL distance vraie entre Belle-Ile et Lann-Bihoué

θ_B, θ_L retards propres de ces balises.

A terre, le relevé de la mesure $2H_{AB} + C_A - C_B$, est aussi intéressant dans des sites dégagés. En effet on peut vérifier ainsi la stabilité, à des époques différentes, des retards des balises A et B. Donnons à titre d'exemple un contrôle fait à Toulbroc'h pour les antennes d'Ouessant et du Cranou.

On a la relation :

$$2H_{OC} + C_O - C_C = R_C - R_O + \theta_O - \theta_C$$

Il vient : $2H_{OC} + C_O - C_C = 4718,1 + \theta_C - \theta_O$

Le 3 février on avait les relevés :

$C_O = 5100,5$ (O observé dans le créneau 20)

$C_C = 3457,5$ (C observé dans le créneau 21)

$H_{OC} = 6540,5$ (O observé dans le créneau 3)
(C observé dans le créneau 18)

Il vient : $\theta_C - \theta_O = 6$ mètres.

Deuxième cas : On dispose de récepteurs SR3 et MR3

On établit l'équation :

$$(M_B - M_A) - (C_B - C_A) = (R_B - R_A) - (R_B - R_A)_{App} - (\theta_B - \theta_A)$$

On est ramené au cas précédent.

A9. Contrôle d'un réseau Syledis par la fonction autocalibration du récepteur SR3.

A9.1. Définition

L'autocalibration consiste à vérifier sur des points de position parfaitement connue la cohérence des données géométriques d'un réseau (coordonnées des antennes, distances vraies entre antennes) et de ses données radioélectriques (retards propres des antennes).

En pratique, l'autocalibration consiste à noter les écarts entre les retards initialisés dans le SR3 et les retards calculés par l'appareil.

Un écart peut être dû :

- à une erreur dans la géométrie du réseau,
- à une erreur dans la position admise pour l'antenne du SR3 en autocalibration,

- à une erreur dans le retard initialisé pour la balise en référence de la mesure
- à des effets locaux.

Les « effets locaux » à craindre sont :

- un dégagement insuffisant du sol et des obstacles de l'antenne de réception,
- un masquage entre l'antenne de réception et les antennes du réseau Syledis,
- des interférences entre les ondes émises par une même station,
- des observations en dehors du lobe d'une antenne directive.

A9.2. Equation de l'autocalibration

L'équation d'une mesure du SR3 est pour une balise B :

$$M = D + t + R - R_{App}$$

Prenons la balise B_0 en référence

$$M_0 = D_0 + t + R_{0App}$$

Le SR3 donne en autocalibration pour la balise B la mesure :

$$\Delta = (D - M) - (D_0 - M_0)$$

C'est l'équation d'autocalibration du SR3.

Lors d'un contrôle on a :

$$R = R_{App} - \Delta + R_0 - R_{0App}$$

retard de la balise B retard approché de la balise B initialisé dans le SR3 Mesure de SR3 en auto-calibration valeur généralement inconnue voisine de 0 dans une situation normale.

Le paragraphe suivant rapporte des contrôles effectués en Bretagne sur des points géodésiques.

Les résultats obtenus par autocalibration sont souvent satisfaisants. Cependant on note des valeurs anormales. L'existence de celles-ci incite à la prudence.

A.10. Contrôles effectués en janvier-février 1983 pour le réseau Syledis — Bretagne par autocalibration sur des points géodésiques

Calibration de la station de Brignogan (créneau 02)

Retard adopté par étalonnage à la mer : 96 872,4 m

Retard propre de la balise : — 0,3 m

Éléments de contrôle par autocalibration :

Point de contrôle	Date	Filtrage	Qualité	S/B	Valeur	Créneau base
Braspart	18.01.83	3	0,9	57	96 871,6	06
Menez Hom	21.01.83	3	0,9	51	96 875,9	06
Clougoury	02.02.83	3	0,8	50	96 871,2	04
Landunvez	02.02.83	3	1,5	17	96 872,8	04

Contrôle du retard des antennes de Kerdrizou (créneau 04)

Contrôle par autocalibration

Retard adopté par étalonnage à la mer : 16 338,5 (mars 1983)

Retard propre de la balise : + 2,3 m.

Station	Date	Filtrage	Qualité	S/B	Valeur	Créneau base
Guilvinec	20.01.83	3	2,2	16	16 347,2	7
La Palue	21.01.83	3	1,1	30	16 350,1	7
Toulbroc'h	18.01.83	3	1,0		16 339,7	6
Braspart	18.01.83	3	0,9	69	16 340,7	6
Menez						
Hom	21.01.83	3	0,8	68	16 344	6

Contrôle du retard des antennes de Pencran (créneau 05)

Retard adopté par étalonnage à la mer (mars 1983) : 32 486,9 m

Retard propre de la balise : 1,6 m

Station	Date	Filtrage	Qualité	S/B	Valeur	Créneau base
La Palue	21.01.83	3	2,3	18	32 480	7
Toulbroc'h	18.01.83	3	0,9	38	32 481	6
Braspart	18.01.83	3	0,8	63	32 482,5	6
Menez						
Hom	21.01.83	3	0,9	80	32 484,7	6
Clougoury	02.02.83	3	0,8	38	32 484,3	4
Porspoder	02.02.83	3	2,7	13	32 488,2	4
Keringar						
Vian	02.02.83	3	0,9	50	32 488,6	4
Landunvez	02.02.83	3	2,5	14	32 487,8	4

Contrôle du retard des antennes d'Ouessant (créneaux 3 et 13)

Retard adopté par étalonnage à la mer : 38 720,0 m

Retard propre de la station : + 0,3 m

Éléments de contrôle par autocalibration :

Point de contrôle	Date	Filtrage	Qualité	S/B	Valeur	Créneau base
Guilvinec	20.01.83	3	1,8	18	38 726,3	7
La Palue	21.01.83	3	0,9	36	38 724	7
Toulbroc'h	18.01.83	3	1,1	60	38 718,7	6
Braspart	18.01.83	3	0,8	77	38 724,3	6
Menez						
Hom	21.01.83	3	0,9	51	38 721,9	6
Clougoury	02.02.83	3	0,9	74	38 718,7	4
Porspoder	02.02.83	3	1,0	82	38 721,4	4
Keringar						
Vian	02.02.83	3	0,8	99	38 721,6	4
Landunvez	02.02.83	3	0,8	77	38 717,9	4

Créneau 13

Retard adopté par étalonnage à la mer : 38 720,0 m

Retard propre à la station : + 0,3 m

Point de contrôle	Date	Filtrage	Qualité	S/B	Valeur	Créneau base
Port						
Haliguen	19.01.83	3	6,5	1	38 769	12
Gavres	10.01.83	3	5,6	7	38 766	12
Guilvinec	20.01.83	3	1,4	25	38 722,8	7
La Palue	21.01.83	3	1,2	39	38 721,7	7
Braspart	18.01.83	3	1,1	62	38 716,3	6
Toulbroc'h	18.01.83	3	0,7	78	38 721,9	6
Menez						
Hom	21.01.83	3	0,9	85	38 718,8	6
Clougoury	02.02.83	3	1,5	75	38 716,9	4
Porspoder	02.02.83	3	0,8	80	38 718,4	4
Keringar						
Vian	02.02.83	3	0,9	99	38 718,9	4
Landunvez	02.02.83	3	1,1	73	38 717,0	4

Contrôle du retard des antennes de Le Raz (créneau 7)

Retard adopté par étalonnage à la mer (mars 1983) : 27 902,6 m

Retard propre de la balise : + 3,8 m

Station	Date	Filtrage	Qualité	S/B	Valeur	Créneau base
Toulbroc'h	18.01.83	3	0,7	60	27 903,7	6
Braspart	18.01.83	3	1,0	50	27 900,5	6
Menez						
Hom	21.01.83	3	0,9	66	27 902,3	6
Clougoury	02.02.83	3	2,9	11	27 900,4	4
Porspoder	02.02.83	3	1,8	23	27 908,8	4
Keringar						
Vian	02.02.83	3	0,9	67	27 901,1	4
Landunvez	02.02.83	3	2,9	12	27 903,7	4

Contrôle du retard des antennes du Toulinguet. Créneau 9 (antenne directionnelle)

Retard adopté par étalonnage à la mer (mars 1983) : - 5 m

Retard propre de la balise : (06) + (09) = - 5,0 m

Contrôle par autocalibration :

Station	Date	Filtrage	Qualité	S/B	Valeur	Créneau base
Guilvinec	20.01.83	3	2,5	13	- 0,1	7
La Palue	21.01.83	3	1,4	27	- 3,1	7
Toulbroc'h	18.01.83	3	1,1	62	+ 0,6	6
Braspart	18.01.83	3	2,3	50	- 0,8	6
Menez Hom	21.01.83	3	0,8	66	- 3,6	6
Porspoder	02.02.83	3	2,8	17	- 4,6	4
Keringar						
Vian	02.02.83	3	1,3	66	- 1	4

Contrôle du retard des antennes de Grandchamp (Créneau 12)

Retard adopté en mars 1983 par étalonnage à la mer : 179 964,8

Station	Date	Filtrage	Qualité	S/B	Valeur	Créneau base
Menez						
Hom	11.01.83	3	6,3	12	179 967,3	6

Contrôle du retard des antennes de Penmarc'h.

Créneaux 8, 10, 16 (antennes directionnelles)

Retard adopté pour les 3 antennes par étalonnage

à la mer en mars 1983 : 65 742,9 m

Retard propre des 3 antennes : - 3,1 m

Contrôle par autocalibration :

Station	Date	Filtrage	(8)	Qualité (10)	(16)	(8)	S/B (10)	(16)	(8)	Valeur (10)	(16)
Le Pouldu	20.01.83	3	2,0	1,0	/	17	50	/	65 734,5	65 737,9	/
Gavres	19.01.83	3	/	1,6	4,5	/	17	06	/	65 744,9	65 739,7
Guilvinec	20.01.83	3	0,8	0,8	7,6	67	93	82	65 758,4	65 745,0	65 754,8
La Palue	21.01.83	3	1,0	1,4	/	38	38	/	65 811,6	65 792,9	/
Toulbroc'h	18.01.83	3	/	/	9,2	/	/	/	/	65 780,7	/
Braspart	18.01.83	3	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Menez Hom	21.01.83	3	/	5,5	7,0	/	08	24	/	65 826,5	65 816,2
Toulbroc'h	18.01.83	3	9,2	/	/	01	/	/	65 780,7	/	/

Contrôle du retard des antennes de Lann-Bihoué.

Créneaux 11 et 15 (antennes directionnelles)

Retard adopté pour les antennes en mars 1983 par

étalonnage à la mer : 135 009,0 m

Retard propre des stations : - 0,2 m

Station	Date	Filtrage	Qualité		S/B		Valeur		Créneau base
			11	15	11	15			
En Sevene	19.01.83	3	1,1	1,0	30	50	135 010,6	135 012,3	12
Port Haliguen	19.01.83	3	1,0	1,0	52	50	135 011,2	135 013,0	12
Gavres	19.01.83	3	0,8	0,8	68	67	135 018,9	135 018,8	12
Le Pouldu	20.01.83	3	0,8	0,9	80	99	135 016,0	135 012	12
Kerpenhir	19.01.83	3	/	1,5	/	30	/	135 018,2	12
Guilvinec	20.01.83	3	/	2,8	/	14	/	135 018,3	7
La Palue	21.01.83	3	/	7,8	/	05	/	135 018,0	7
Braspart	18.01.83	3	/	3,0	/	12	/	135 009,6	6
Menez Hom	21.01.83	3	4,8	2,4	0,8	20	135 015,2	135 014,6	6

Contrôle du retard des antennes de Belle-Ile.

(Créneaux 14 et 17).

Retards adoptés en mars 1983 par étalonnage à la mer

Créneau 14 : 190 952 m

Créneau 17 : 190 954 m

Retard propre des antennes : - 3,9 m (14) et

- 2,9 m (17)

Station	Date	Filtrage	Qualité		S/B		Valeur		Créneau base
			14	17	14	17	14	17	
Port Haliguen	19.01.83	3	4,8	6,0	66	55	190 940,7	190 945,3	12
Gavres	19.01.83	3	4,4	7,4	34	22	190 954,3	190 951,6	12
Le Pouldu	20.01.83	3	1,0	1,7	51	40	190 957,9	190 955,8	12
Braspart	18.01.83	3	2,7	/	16	/	190 959,7	/	6

Contrôle du retard des antennes du Cranou.

(Créneau 18)

Retard adopté en mars 1983 par étalonnage à la

mer : 43 461,8 m

Retard propre de la station : + 12,2 m

Station	Date	Filtrage	Qualité	S/B	Valeur	Créneau base
Gavres	19.01.83	3	3,5	08	43 461,1	12
Le Pouldu	20.01.83	3	2,6	14	43 453,5	12
Guilvinec	20.01.83	3	4,0	10	43 462,5	7
Menez Hom	21.01.83	3	0,8	68	43 467,1	6
Braspart	18.01.83	3	0,8	78	43 453,1	6
La Palue	21.01.83	3	1,3	23	43 465,0	3
Clougoury	02.02.83	3	0,9	41	43 453,0	4
Porspoder	02.02.83	3	2,6	14	43 460,9	4
Landunvez	02.02.83	3	9,2	17	43 455,8	4

ANNEXE B

CONTRÔLE DES PARAMÈTRES DE QUALITÉ DES RÉCEPTEURS SERCEL

B1. Introduction

On sait que le récepteur SR3 — et aussi le récepteur MH3-MR3 relié à l'UCM — calculent la position du mobile en lui associant deux paramètres de qualité :

- le DRMS, paramètre correspondant à l'écart type circulaire,
- l'EMLP, écart moyen des lignes de position, calculé à partir de la formule :

$$\text{EMLP} = \sqrt{\frac{\sum d_i^2}{n}}$$

avec d_i ... distance du point au lieu i .

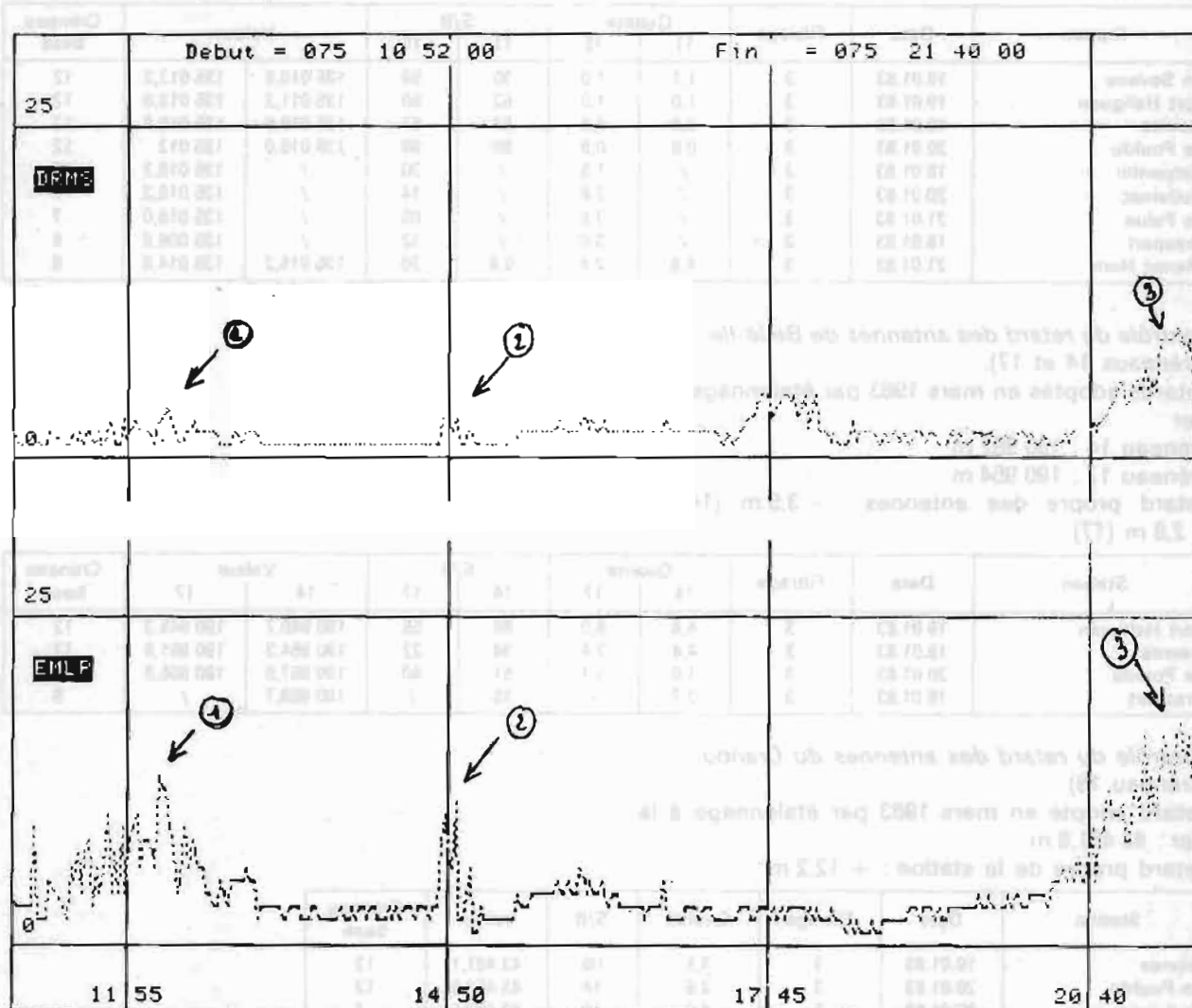
Les contrôles de la valeur donnée par les récepteurs SERCEL pour le paramètre EMLP sont satisfaisants.

Par contre, on a constaté que le calcul du paramètre DRMS était optimiste (dans le rapport 2 par le filtrage 3, dans un rapport encore plus fort pour des filtrages plus sévères) et dépendait aussi des erreurs de calibration.

Commentons ces observations sur des mesures faites à terre et en mer.

B2. Mesures à la mer

En 1982 on a étudié la variation simultanée des paramètres EMLP et DRMS le bâtiment étant en route à dix nœuds à cap constant.



PL. B1. — Etude des paramètres DRMS et EMLP. A la mer, en transit.

Le masquage d'une station Syledis peut expliquer l'augmentation de l'EMLP, paramètre représentatif de la calibration. Par contre l'effet de ce masquage sur le paramètre DRMS est anormal. (Noter les 3 masquages en 1, 2, 3).

Planches B1 et B2, on constate que les variations des paramètres EMLP et DRMS sont semblables. Celles du paramètre EMLP sont dues à des obstacles qui faussent la calibration : le « chapeau » augmente donc; mais cette variation n'aurait pas dû se répercuter sur le paramètre DRMS (en supposant que les mesures conservent la même fidélité malgré les obstacles).

B3. Mesures à terre

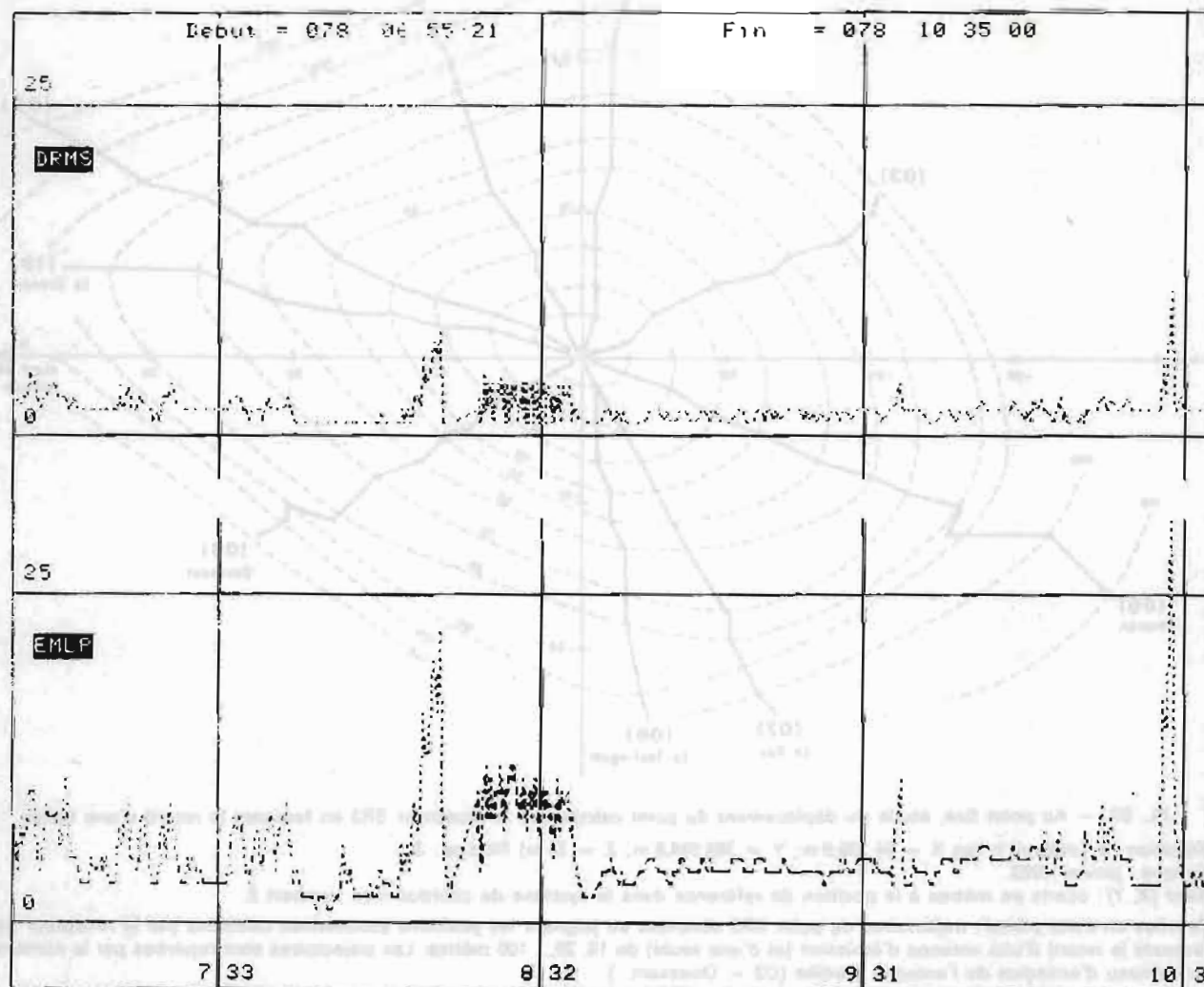
Les mesures à terre, faites dans des cas simples (3 lieux seulement) montrent la qualité du calcul de l'EMLP aussi bien par le récepteur SR3 que par l'UCM. Pour s'en convaincre, il suffit de comparer le paramètre EMLP à la valeur du rayon du cercle inscrit dans le triangle de position, triangle dont la taille pourra être agrandie en faussant les retards des balises associées aux lieux observés.

La supériorité technologique du SR3 (calcul de la position à l'aide de 8 pseudo-distances, existence d'une horloge interne) explique pourquoi à la mer, dans de mêmes conditions, on aura simultanément un EMLP de 99 m sur l'UCM associé au MH3 et un EMLP au maximum de l'ordre de 26 m sur le SR3.

En effet, lorsqu'un lieu de position est trop discordant avec l'ensemble des autres, ce lieu est rejeté par le SR3. Aucune erreur dans le rejet d'une station (rejet d'une bonne station au lieu d'une mauvaise) n'a été constatée dans les essais effectués (calcul du point à l'aide de 6 lieux).

B4. Contrôle du paramètre DRMS

Par définition, le paramètre DRMS est fonction de la dispersion des lieux, dispersion dont l'effet sur la position est plus ou moins amplifiée selon le type de fonctionnement (circulaire, hyperbolique)



PL. B2. — Etude des paramètres DRMS et EMLP. A la mer, en transit.

On fait les mêmes observations que sur la planche B1 : une mauvaise calibration se répercute sur le paramètre EMLP mais aussi sur le DRMS.

le type de calcul du point (hyperbolique classique du MH3, hyperbolique type « pseudo-distance » du SR3), et selon la géométrie du réseau. Il n'est pas lié à la calibration du réseau.

L'étude ci-dessous montre une anomalie du calcul du SR3.

L'étude a été effectuée à Toulbroc'h en utilisant une antenne Syledis de gain 3 décibels, installée sur le toit du laboratoire électronique.

Les coordonnées de l'antenne étaient :

$X = 84\,299,9\text{ m}$ $Y = 394\,389,8\text{ m}$ $Z = 75\text{ m}$

Une situation idéale pour le calcul du point a été définie après avoir adopté les constantes déduites d'une mesure d'autocalibration sur les balises utilisées : Ouessant (créneau 3), Kerdraziou (créneau 4), Pencran (créneau 5), Toulanguet (cré-

neau 6), Le Raz (créneau 7), Le Cranou (créneau 18).

Cette mesure d'autocalibration permet de faire concourir tous les lieux de position, puisque les retards idéaux sont calculés dans ce mode, dans ce but.

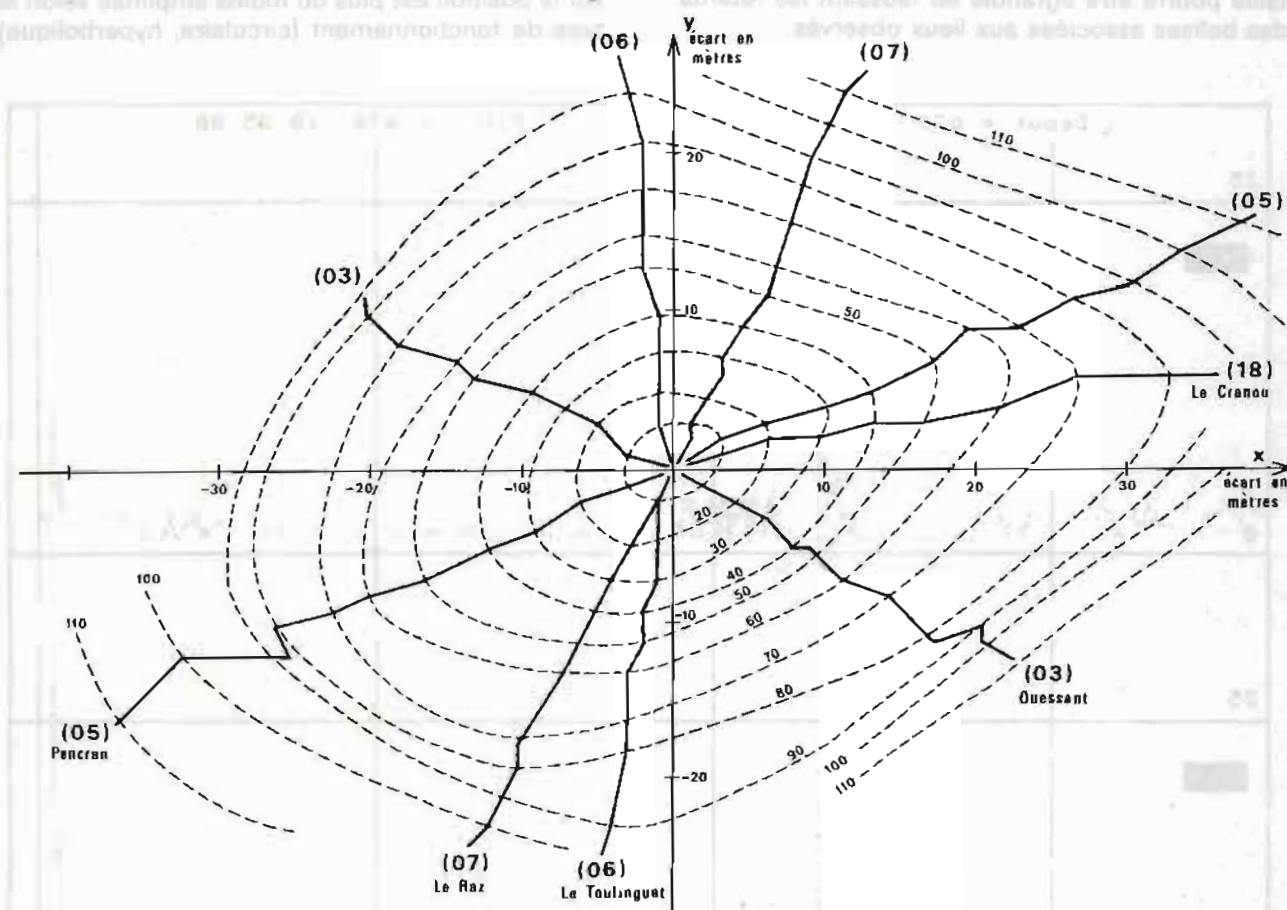
Le filtrage 3 a été choisi.

On a vérifié que le filtrage était sans influence sur la valeur de l'EMLP.

Par contre, la valeur paramètre DRMS est directement fonction du filtrage adopté.

Commentaires des relevés

Planche B3 : Etude de l'écart en position du point SR3 (DX, DY) en fonction de l'erreur sur un retard d'une balise, les autres retards n'étant pas modifiés.



PL. B3. — Au point fixe, étude du déplacement du point calculé par le récepteur SR3 en faussant le retard d'une balise.

Situation : à Toulbroc'h (en $X = 84\,299,9\text{ m}$; $Y = 394\,384,8\text{ m}$; $Z = 75\text{ m}$) filtrage : 3.

Epoque : janvier 1983.

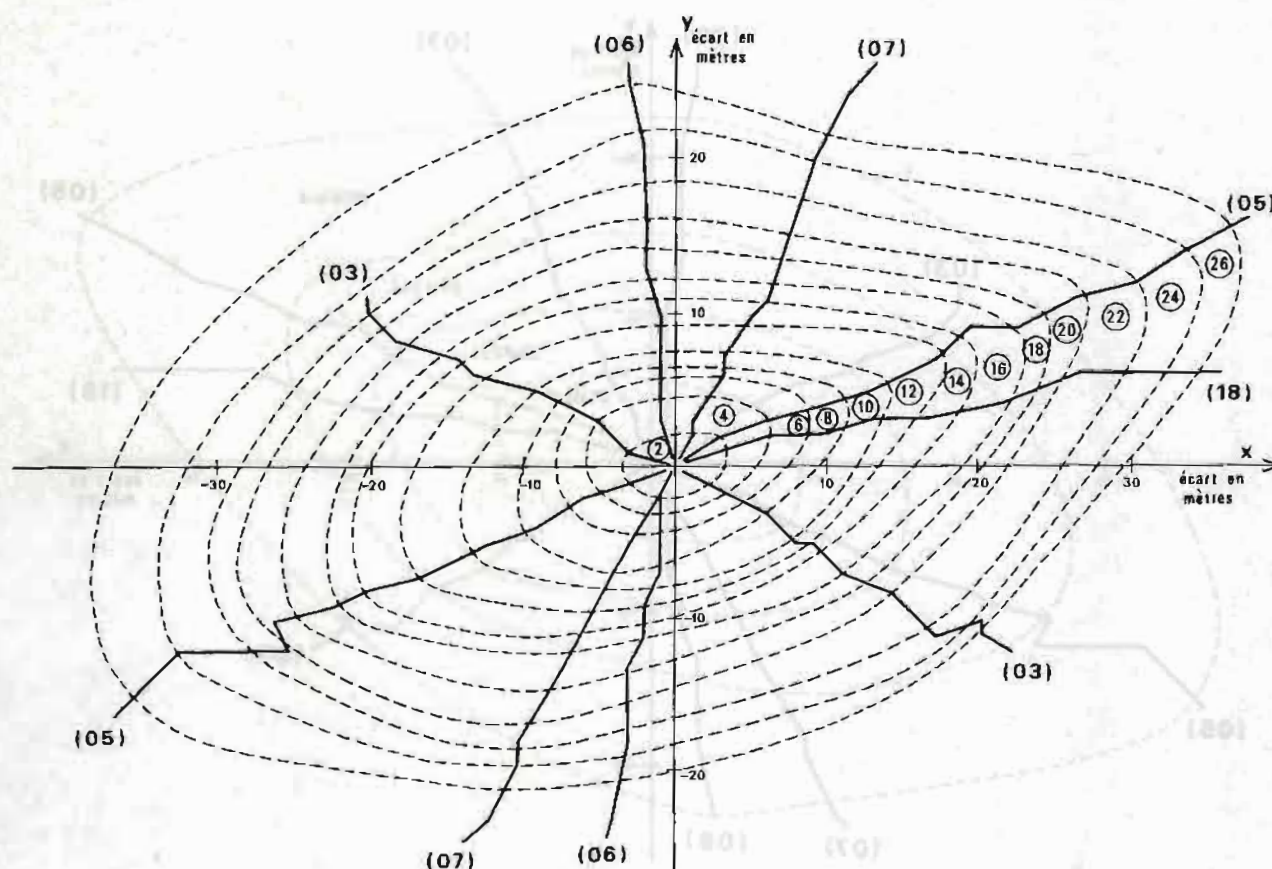
Axes (X, Y) : écarts en mètres à la position de référence dans le système de coordonnées Lambert 2.

Courbes en traits pleins : trajectoires du point SR3 obtenues en joignant les positions successives calculées par le récepteur en faussant le retard d'une antenne d'émission (et d'une seule) de 10, 20, ..., 100 mètres. Les trajectoires sont repérées par le numéro du créneau d'émission de l'antenne étudiée (03 = Ouessant...).

Tirées : courbes d'une erreur donnée sur la calibration d'une balise (et d'une seule).

Notes : Quand on fausse la calibration d'une station d'une valeur trop importante (comprise entre 100 et 150 mètres) cette station est rejetée du calcul; le point SR3 revient alors à la position centrale.

Résultats : Cette expérimentation montre d'une part la cohérence du calcul du point, d'autre part le rejet des stations quand leur calibration n'est pas cohérente avec celle des autres stations.



PL. B4. — Au point fixe, étude du paramètre EMLP visualisé par le récepteur SR3 en fonction de la calibration des antennes d'émission.

Situation : à Toulbroc'h en $X = 84\,299,9$ m, $Y = 394\,384,8$ m, $Z = 75$ m filtrage : 3.

Epoque : janvier 1983.

Axes (X, Y) : écarts en mètres à la position de référence, dans le système Lambert 2.

Courbes en traits pleins : trajectoires du point SR3 obtenues en joignant les positions successives calculées par le récepteur en faussant la calibration d'une antenne d'émission (et d'une seule) de 10, 20, ..., 100 mètres. Les trajectoires sont repérées par le numéro du crêneau d'émission de l'antenne étudiée. (03 = Ouessant...).

Tirés : courbes délimitant les zones d'une valeur donnée de l'EMLP (valeur encerclée).

Résultats : le paramètre EMLP traduit bien les erreurs de calibration.

Pour chaque expérimentation on initialise le SR3 dans une situation idéale (retards nominaux pour les balises sélectionnées). Le point SR3 se trouve alors au point de concours des axes X, Y (au mètre près).

On fausse alors le retard d'une balise (et d'une seule) de 10, 20, 30... 100 mètres et plus en attendant suffisamment (parfois plus de 20 minutes) pour que les paramètres soient stabilisés.

L'expérimentation est conduite jusqu'au rejet de la station, rejet qui se passe en général avant une erreur de 150 mètres (soit une erreur de 75 mètres sur le retard propre d'une balise).

On constate alors, après rejet de la station, que le point SR3 revient à la bonne position.

On a indiqué sur la planche la trajectoire du point SR3 au cours de chaque expérimentation. L'erreur sur la position en fonction de celle sur un retard a une très bonne cohérence : il suffit pour s'en

persuader de tracer les courbes qui correspondent à un biais donné sur les retards des balises.

Planche B4 : Etude de l'influence d'une erreur de calibration sur l'EMLP.

En chaque point SR3 obtenu planche B3 on a indiqué la valeur de l'EMLP lue sur le SR3.

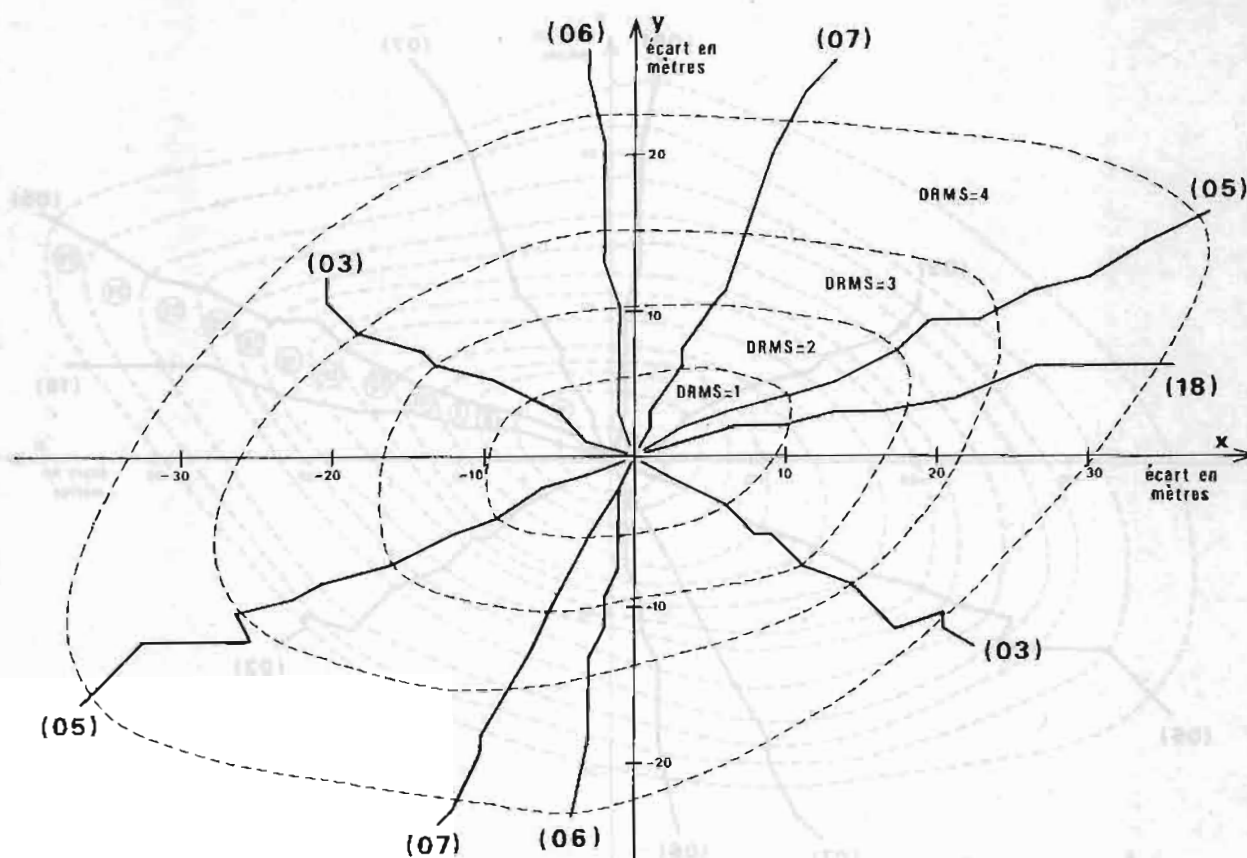
On note encore la cohérence des relevés.

Planche B5 : Etude de l'influence d'une erreur de calibration sur le paramètre DRMS.

En chaque point SR3 obtenu planche B3 on a indiqué la valeur du DRMS lue sur le SR3.

On note encore la cohérence des relevés d'après le tracé des courbes : valeur du DRMS = constante.

Cependant cette valeur n'aurait pas dû varier ; elle est liée à la valeur de l'EMLP.



PL. B5. — Au point fixe, étude du paramètre DRMS visualisé par le récepteur SR3 en fonction de la calibration des antennes d'émission.

Situation : a Toulbroc'h, en ($X = 84\,299,9$ m, $Y = 394\,384,8$ m, $Z = 75$ m) filtrage : 3.

Epoque : janvier 1983.

Axes (X, Y) : écart en mètres à la position de référence, dans le système Lambert 2.

Courbes en traits pleins : trajectoires du point SR3 obtenues en joignant les positions successives calculées par ce récepteur en faussant le retard d'une antenne d'émission (et d'une seule) de 10 mètres, 20 mètres, ...100 mètres. Les trajectoires sont repérées par le numéro du créneau d'émission de l'antenne étudiée (03 : Ouessant etc.).

Tirés : courbes délimitant les zones d'une valeur donnée des relevés du paramètre DRMS; on a délimité les zones : DRMS = 1, 2, 3, 4 mètres.

Commentaires : le calcul du DRMS par le SR3 n'est pas rigoureux puisqu'il se révèle à tort fonction de la calibration, cependant cette inexactitude n'est pas trop gênante puisque l'erreur est de 1 mètre pour une erreur de calibration de 5 mètres sur le retard d'une balise.

ANNEXE C

MESURES SUR CHAMP DE BALISES ACOUSTIQUES

C1. Généralités

Deux champs de balises acoustiques ont été mouillés dans la zone :

$X = 29\,000$ m $Y = 214\,000$ m
(coordonnées Lambert 2)

$X = 19\,410$ m $Y = 304\,000$ m
(coordonnées Lambert 2)

Les fidélités des récepteurs Syledis (en particulier du récepteur SR3) et du Toran ont pu être appréciées sur ces champs.

Elles ont été par la suite admises; cette hypothèse a été justifiée en étudiant un système par rapport à un autre plus précis en raison :

- de la situation du mobile,
- du mode de fonctionnement (circulaire, hyperbolique),
- des lois différentes de dégradation de la précision (Toran, Syledis).

Quand les systèmes avaient des précisions comparables, les orientations différentes des ellip-

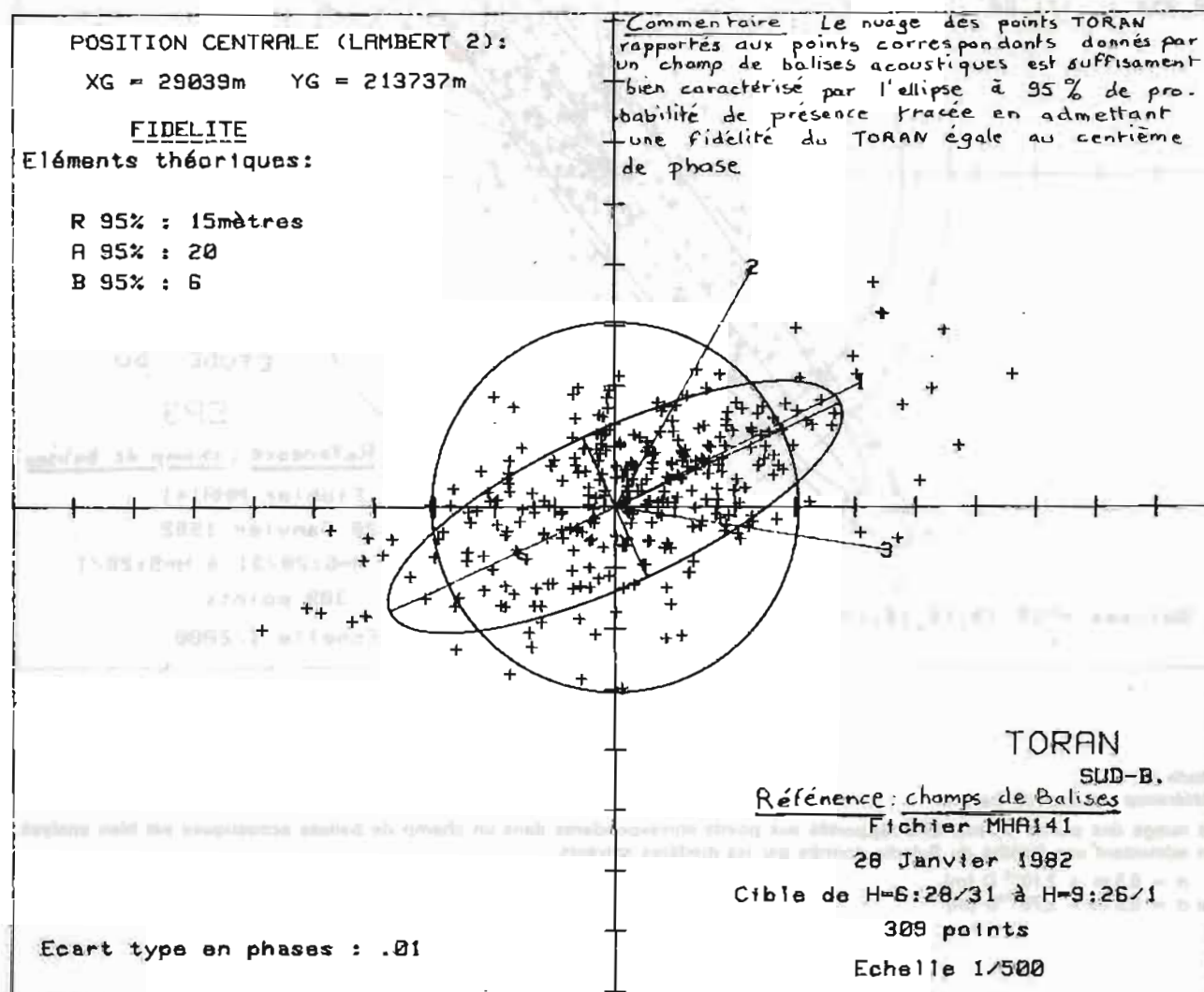
ses d'incertitude permettaient d'identifier l'influence respective des dispersions des deux systèmes.

C2. Présentation des mesures effectuées

La position des champs de balises a été calculée tout d'abord dans un système relatif (positions des balises déterminées les unes par rapport aux autres). Le champ a été ensuite orienté en comparant le point « balises acoustiques » au point Toran (point le plus fidèle). Enfin, le champ a été positionné en absolu en admettant la justesse du point Syledis. (la cible du point Syledis rapporté au point Toran donnait le décalage de ce dernier point.

Une vingtaine de cibles de points Syledis ou Toran ont été tracées. Sept cibles sont présentées ci-après, les autres cibles confirmant les planches présentées.

Planches	Commentaires
C1	La planche C1 montre que l'on peut admettre pour le Toran une fidélité de un centième.
C2	La planche C2 confirme l'équation de dispersion des mesures des distances Syledis : $\sigma = 0,5 \text{ m} + 2,10^{-5} \text{ Dm}$ ou $\sigma = 0,5 \text{ m} + 2,75 \cdot 10^{-5} \text{ Dm}$
C3	Même conclusion qu'en C2 mais en une position plus éloignée (à la chute du plateau continental).
C4	Même conclusion qu'en C1 (mais en une autre position).
C5 et C6	Le récepteur MH3 n'observant que 3 lieux est très sensible à toute instabilité de l'un d'entre eux.
C7	On note la faible taille d'une cible en circulaire. Un coefficient de dégradation des performances doit cependant être adopté, le récepteur de type MH3 (ou MR3) n'ayant pas les qualités de filtrage du SR3.

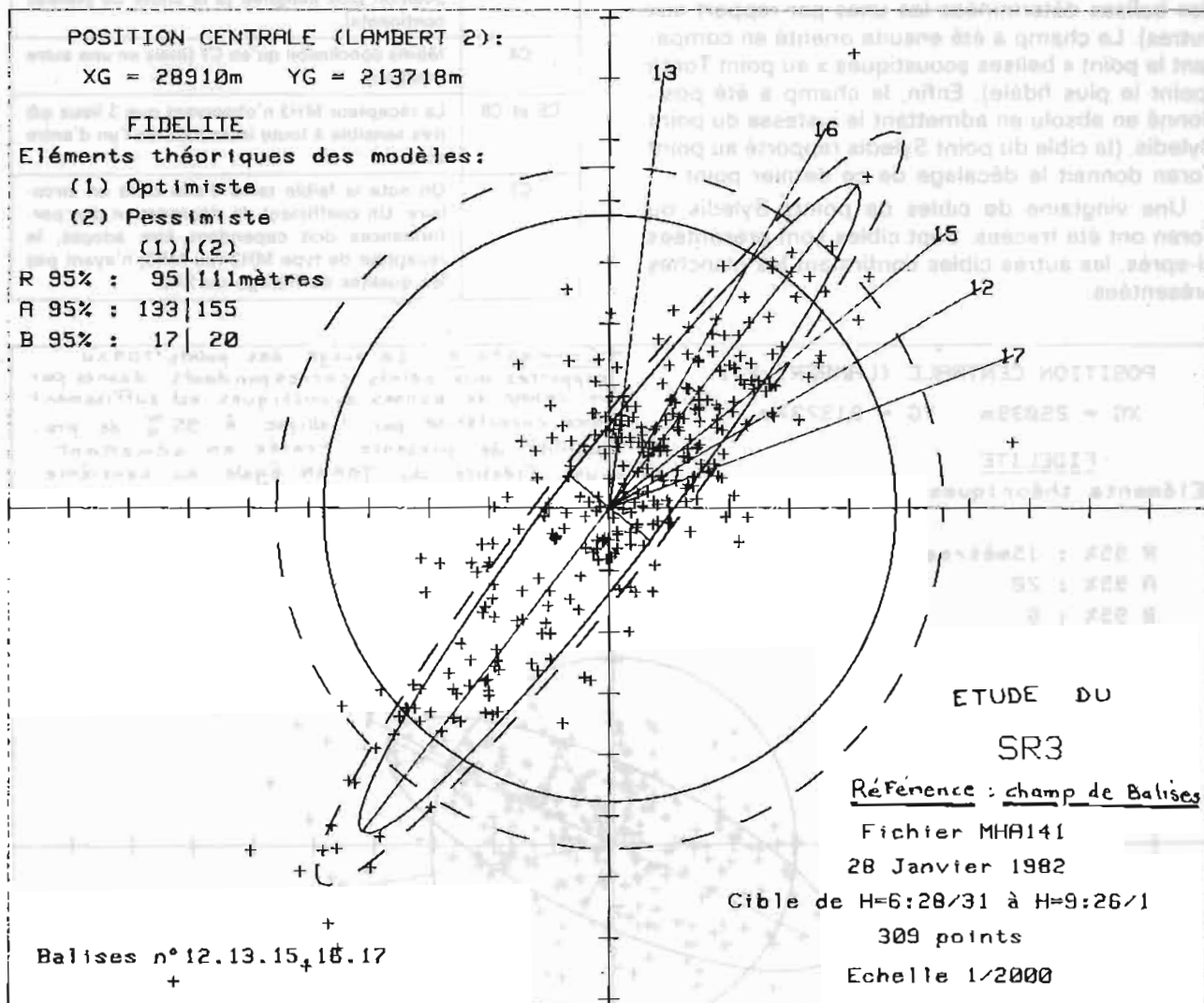


Toran Sud-Bretagne.

PL. C1. — Fidélité du Syledis

Référence: champs de balises.

— *Commentaire*: le nuage des points Toran rapportés aux points correspondants donnés par un champ de balises acoustiques est suffisamment bien caractérisé par l'ellipse à 95 % de probabilité de présence tracée en admettant une fidélité du Toran égale au centième de phase.



PL. C2. — Fidélité du Syledis.

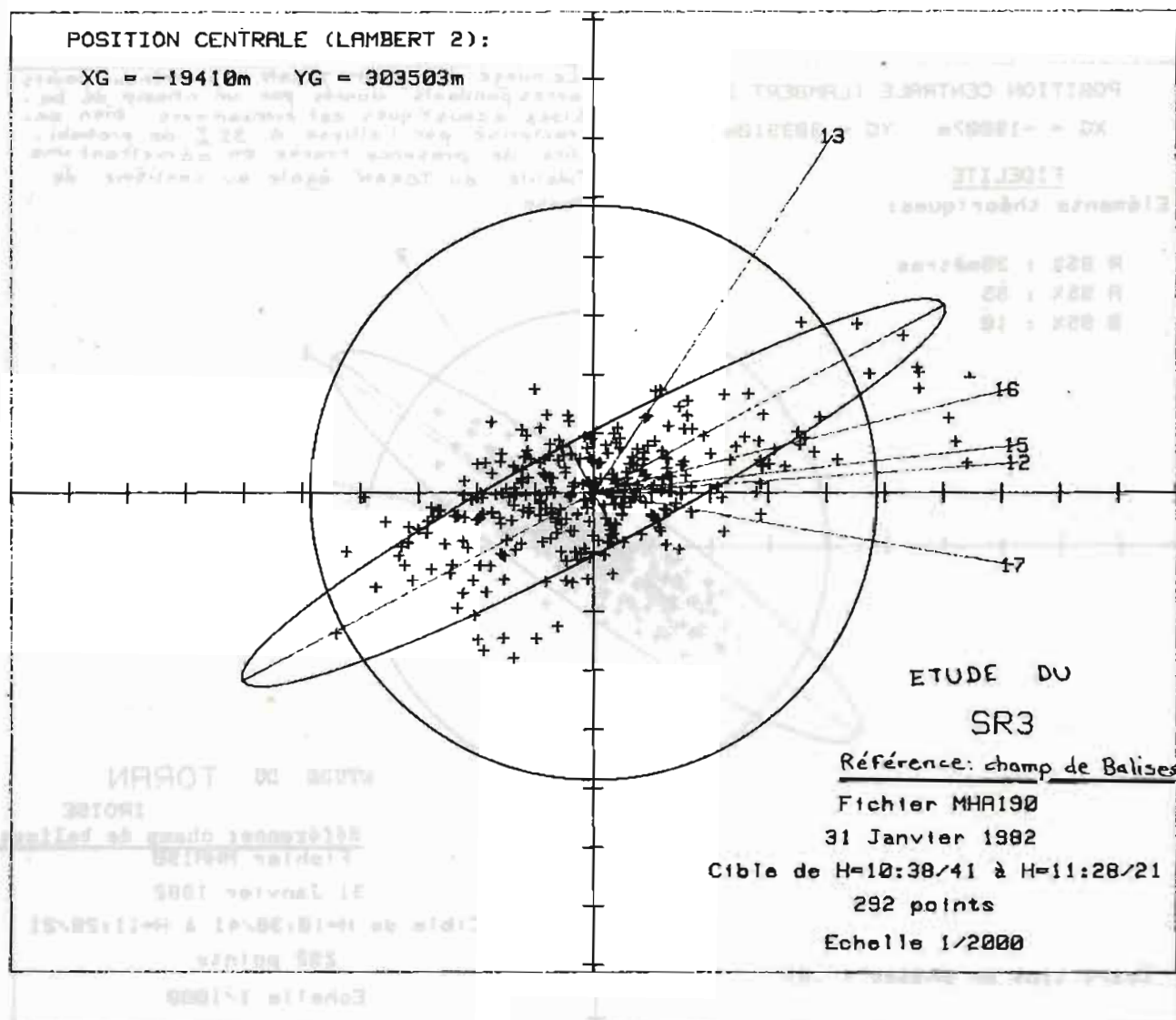
Etude du SR3.

Référence : champ de balises.

Le nuage des points Syledis SR3 rapportés aux points correspondants dans un champ de balises acoustiques est bien analysé en admettant une fidélité du Syledis donnée par les modèles suivants :

$$\sigma = 0,5 \text{ m} + 2,10^{-5} D \text{ (m)}$$

$$\text{ou } \sigma = 0,5 \text{ m} + 2,75^{-10} D \text{ (m)}$$



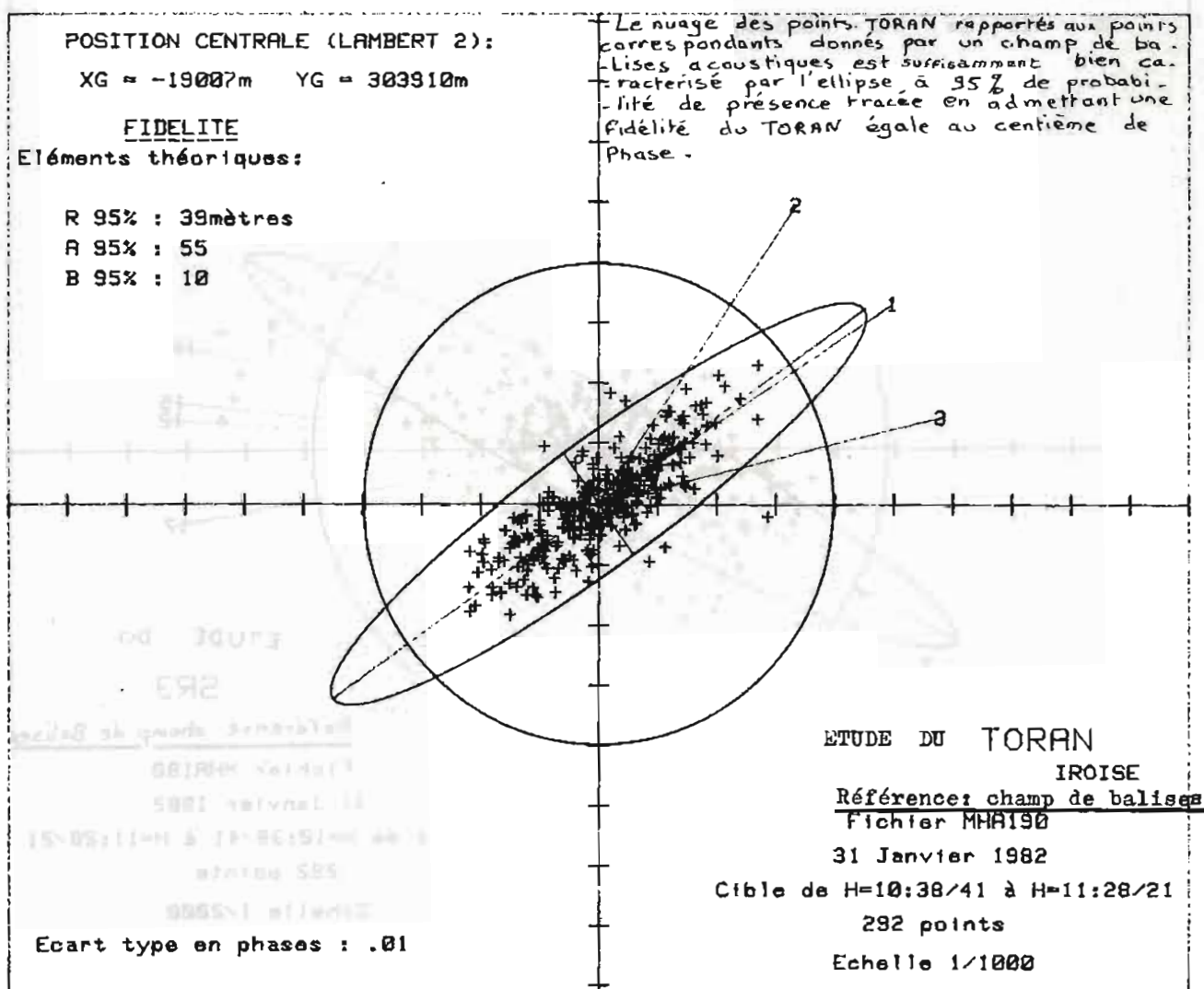
PL. C3. — Fidélité du Syledis

Etude du SR3.

Référence : champ de balises.

Le nuage des points Syledis SR3 rapportés aux points donnés par un champ de balises acoustiques est bien représenté en admettant une fidélité du Syledis donnée par :

$$\sigma = 0,5m + 2,10^{-5} Dm$$

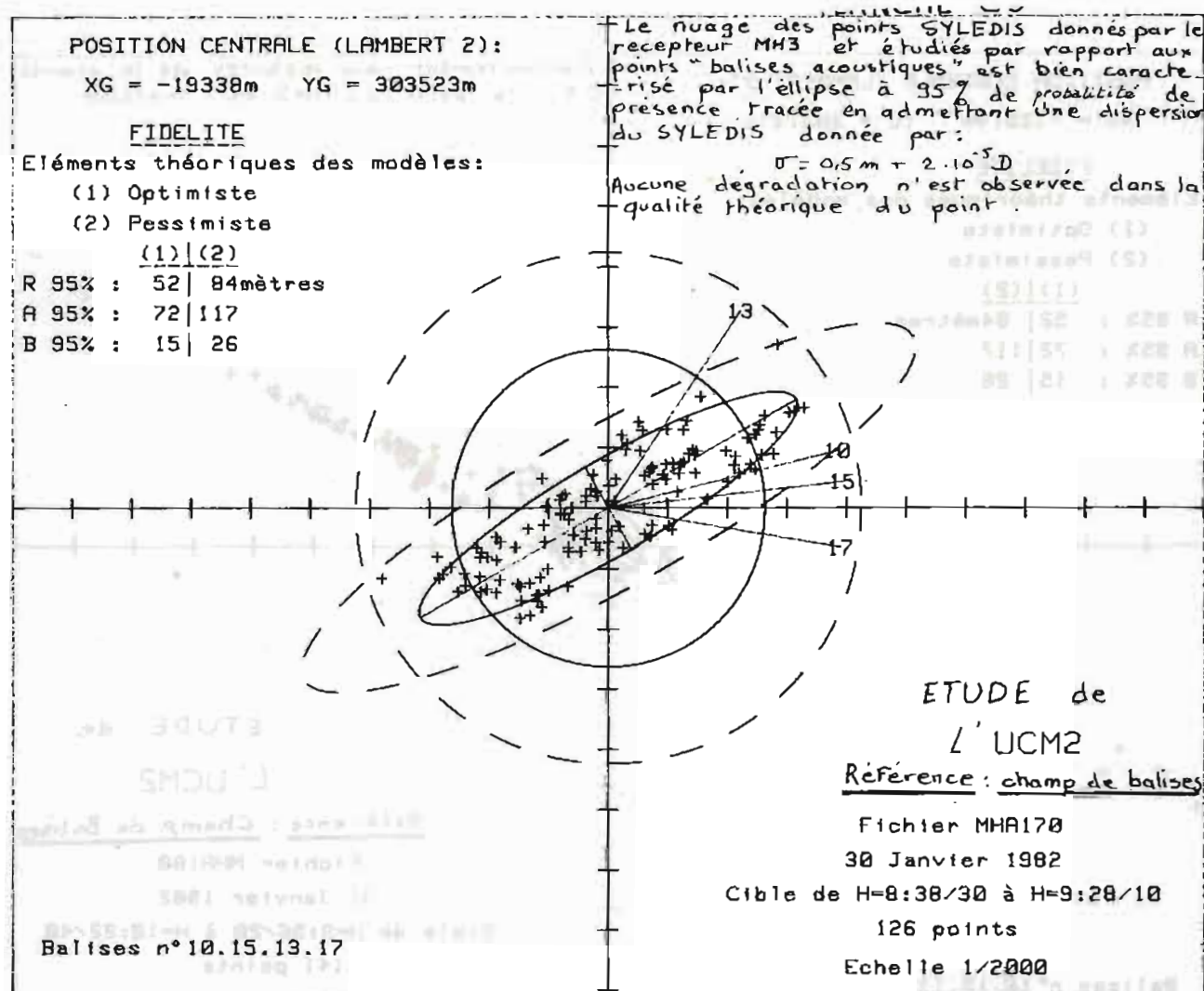


PL. C4. — Fidélité du Toran.

Etude du Toran Iroise.

Référence : champ de balises.

Le nuage des points Toran rapportés aux points correspondants donnés par un champ de balises acoustiques est suffisamment bien caractérisé par l'ellipse, à 95 % de probabilité de présence tracée en admettant une fidélité du Toran égale au centième de phase.



PL. C5. — Fidélité du Syledis. Récepteur MH3.

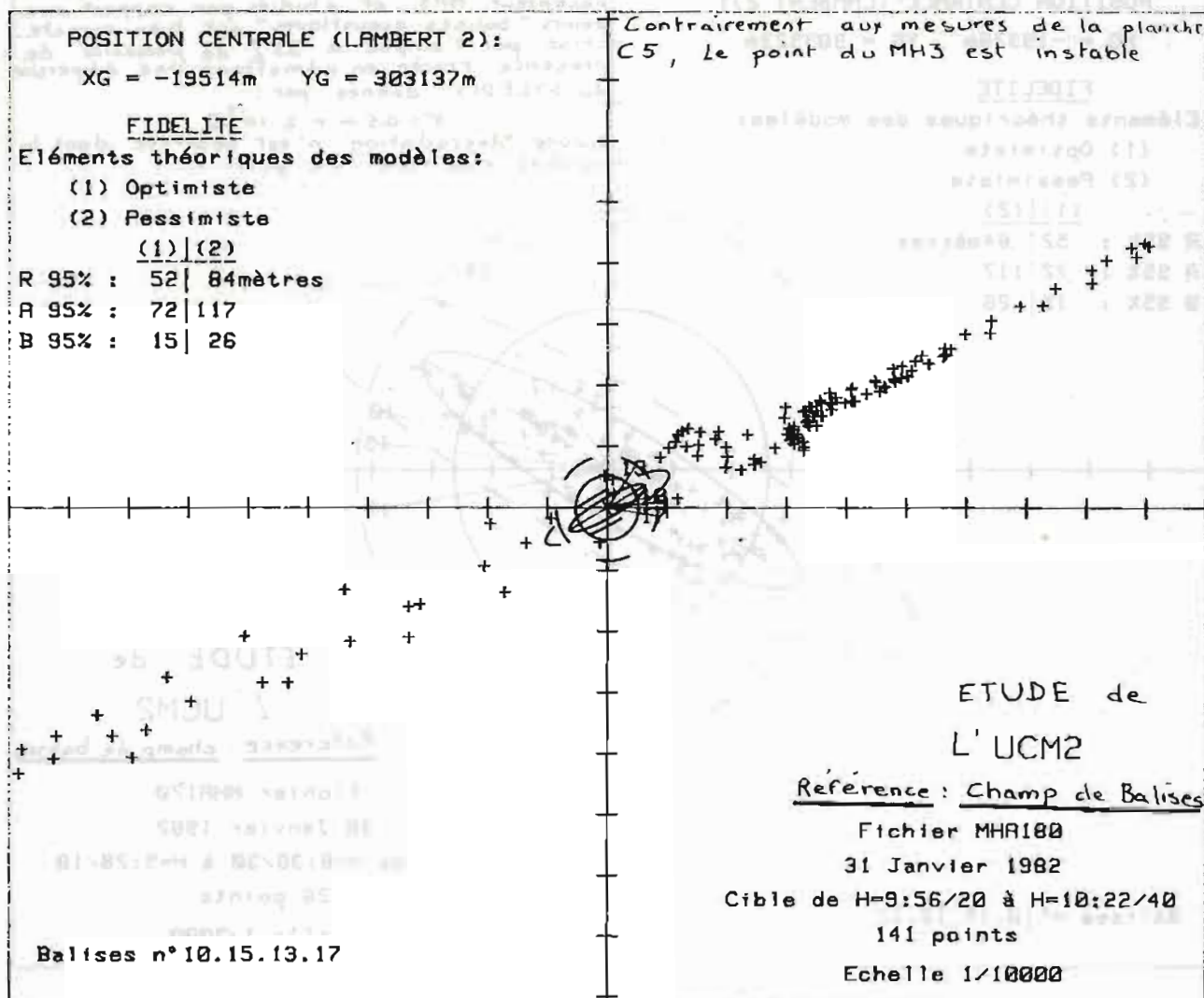
Etude de l'UCM2.

Référence : champ de balises.

Le nuage des points Syledis donnés par le récepteur MH3 et étudiés par rapport aux points « balises acoustiques » est bien caractérisé par l'ellipse à 95 % de probabilité de présence, tracée en admettant une dispersion du Syledis donnée par :

$$\sigma = 0,5m + 2,10^{-5} D$$

Aucune dégradation n'est observée dans la qualité théorique du point.



PL. C6. — Fidélité du Syledis. Récepteur MH3.

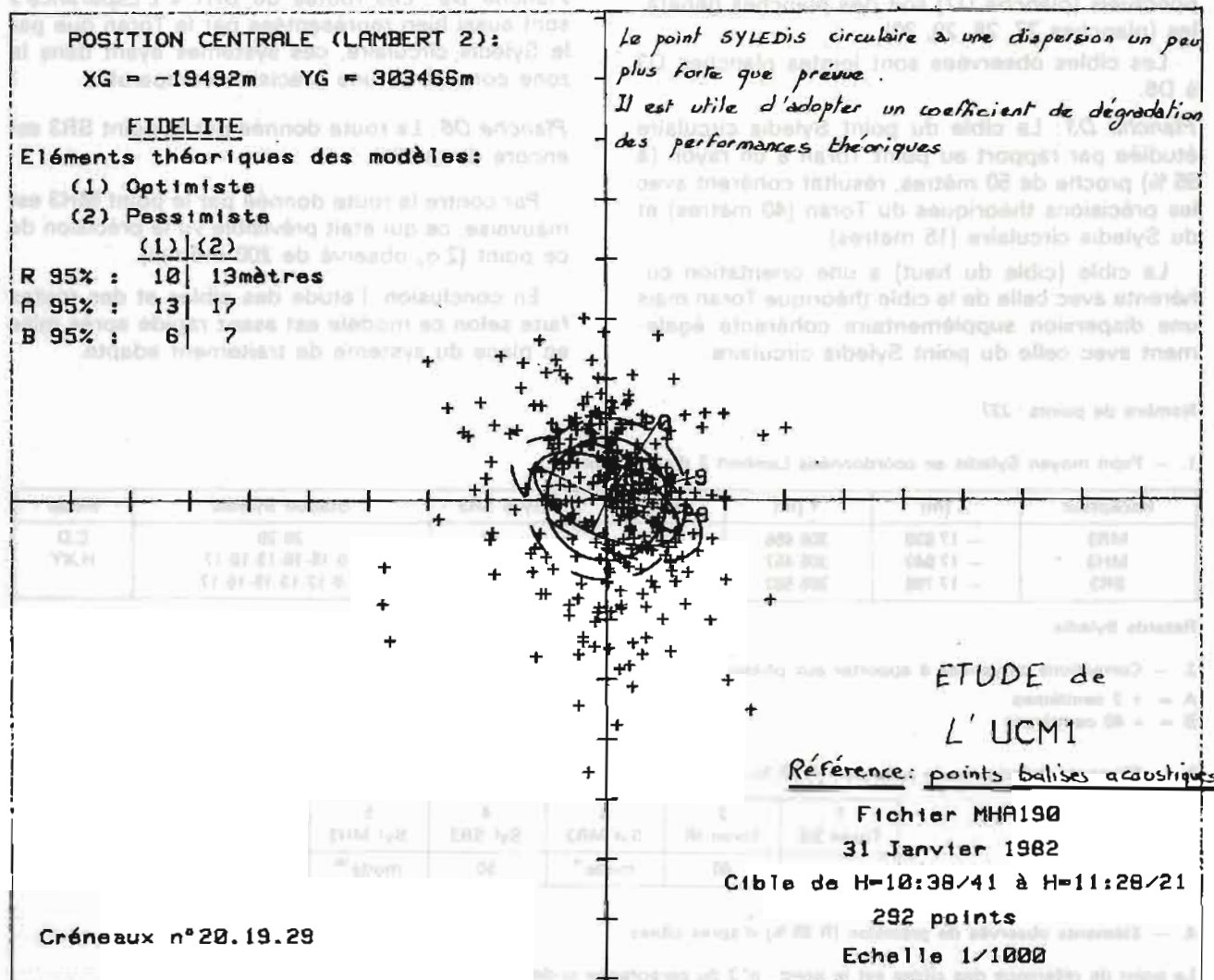
Etude de l'UCM2.

Référence : champ de balises.

Contrairement aux mesures de la planche C5, le point du MH3 est instable.

ANNEXE D

EXEMPLE DE TRAITEMENT DES DOSSIERS D'ETUDES DES MESURES SYLEDIS



PL. C7. — Fidélité du Syledis. Circulaire MR3.

Etude de l'UCM1.

Référence : points balises acoustiques.

Le point Syledis circulaire a une dispersion un peu plus forte que prévue.

Il est utile d'adopter, un coefficient de dégradation des performances théoriques.

ANNEXE D

EXEMPLE DE TRAITEMENT DES DOSSIERS D'ÉTUDES DES MESURES SYLEDIS

A titre documentaire, indiquons la méthode d'analyse des dossiers sur le fichier 201.

La fiche-type de la planche D1 résume les éléments théoriques de précision (taille des cibles), éléments qui sont issus soit de calculs ponctuels (planche D2) soit des planches générales (planches 27, 28, 29, 30).

Les cibles observées sont jointes planches D3 à D6.

Planche D3: La cible du point Syledis circulaire étudiée par rapport au point Toran a un rayon (à 95 %) proche de 50 mètres, résultat cohérent avec les précisions théoriques du Toran (40 mètres) et du Syledis circulaire (15 mètres).

La cible (cible du haut) a une orientation cohérente avec celle de la cible théorique Toran mais une dispersion supplémentaire cohérente également avec celle du point Syledis circulaire.

Planche D4: L'étude du point Syledis hyperbolique peut se faire soit par rapport au point Syledis circulaire soit par rapport au point Toran sans que les conclusions en soient faussées.

Planche D5: Les routes du BH1 « L'Espérance » sont aussi bien représentées par le Toran que par le Syledis circulaire, ces systèmes ayant dans la zone considérée une précision comparable.

Planche D6: La route donnée par le point SR3 est encore de qualité.

Par contre la route donnée par le point MH3 est mauvaise, ce qui était prévisible vu la précision de ce point ($2\sigma_c$ observé de 200 mètres).

En conclusion, l'étude des cibles et des routes faite selon ce modèle est assez rapide après mise en place du système de traitement adapté.

Nombre de points : 227.

1. — Point moyen Syledis en coordonnées Lambert 2 d'après cibles

Récepteur	X (m)	Y (m)	Δx % SR3	Δy % SR3	Station Syledis	mode
MR3	- 17 830	305 456	- 32	- 46	20-29	C,D
MH3	- 17 840	305 457	- 42	- 45	10-15-10-13-10-17	H,XY
SR3	- 17 798	305 502			7-9-12-13-15-16-17	

Retards Syledis :

2. — Corrections moyennes à apporter aux phases Toran du réseau Iroise

A = + 2 centièmes

B = + 40 centièmes

3. — Éléments théoriques de précision (R 95 %)

1	2	3	4	5
Toran SB	Toran IR	Syl MR3	Syl SR3	Syl MH3
	40	mode ¹⁵	50	mode ¹⁷⁵

4. — Éléments observés de précision (R 95 %) d'après cibles.

Le point de référence des cibles est le point : n° 2 du paragraphe ci-dessus.

1	2	3	4	5
Toran SB	Toran IR	Syl MR3	Syl SR3	Syl MH3
		mode ⁵⁰	100	mode ²⁰⁰

5. — Éléments de contrôle (DRMS, EMLP) des récepteurs Syledis.

	MR3	SR3	MH3
DRMS	5	10	30
EMLP	10	15	30

6. — Observations (décalage entre points UCM1..., filtrage, qualité du dossier,...).

PL. D1. — Fichier n° 201.

FIDELITE

Eléments théoriques des modèles:

(1) Optimiste

(2) Pessimiste

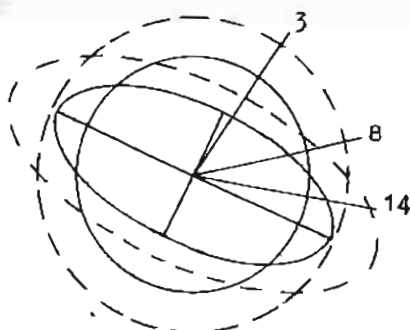
	(1)	(2)
R 95%:	9	13 mètres
R 95%:	12	16
R 95%:	5	7

Position:

X=17830 Y= 305456

Balise: Ouessant, Penmarc'h, Belle-Ile

Echelle: 1/500

A) SYLEDIS CIRCULAIREFIDELITE

Eléments théoriques:

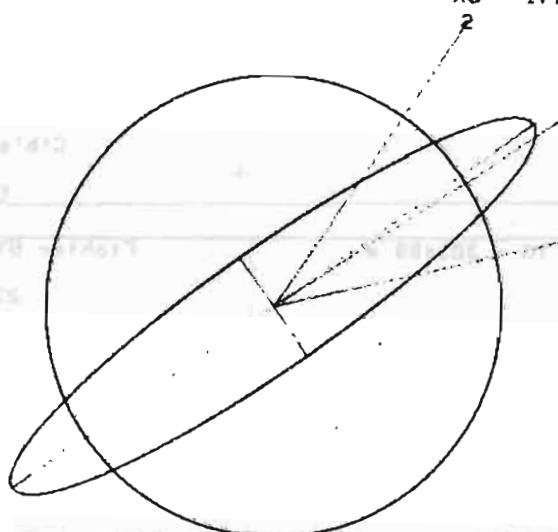
R 95% : 38 mètres

R 95% : 53

B 95% : 10

par un écart-type en
phase de un centième

échelle : 1/1000



B)

TORAN Iroise

XG = -17776 m YG = 305490 m

FIDELITE

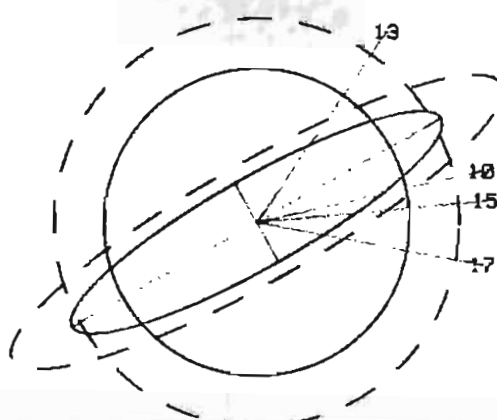
Eléments théoriques des modèles:

(1) Optimiste

(2) Pessimiste

	(1)	(2)
R 95% :	51	68 mètres
R 95% :	71	94
B 95% :	15	19

BALISES: 10, 15, B, 17



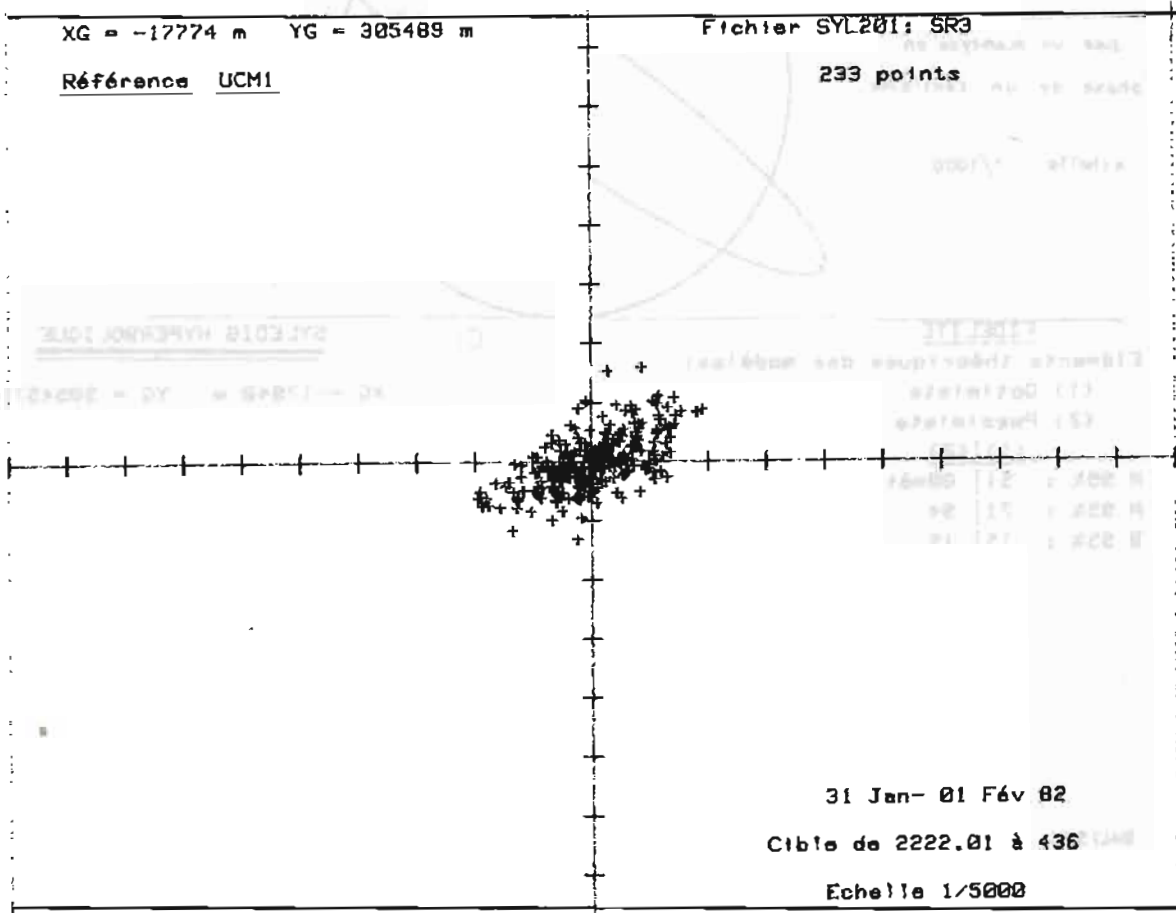
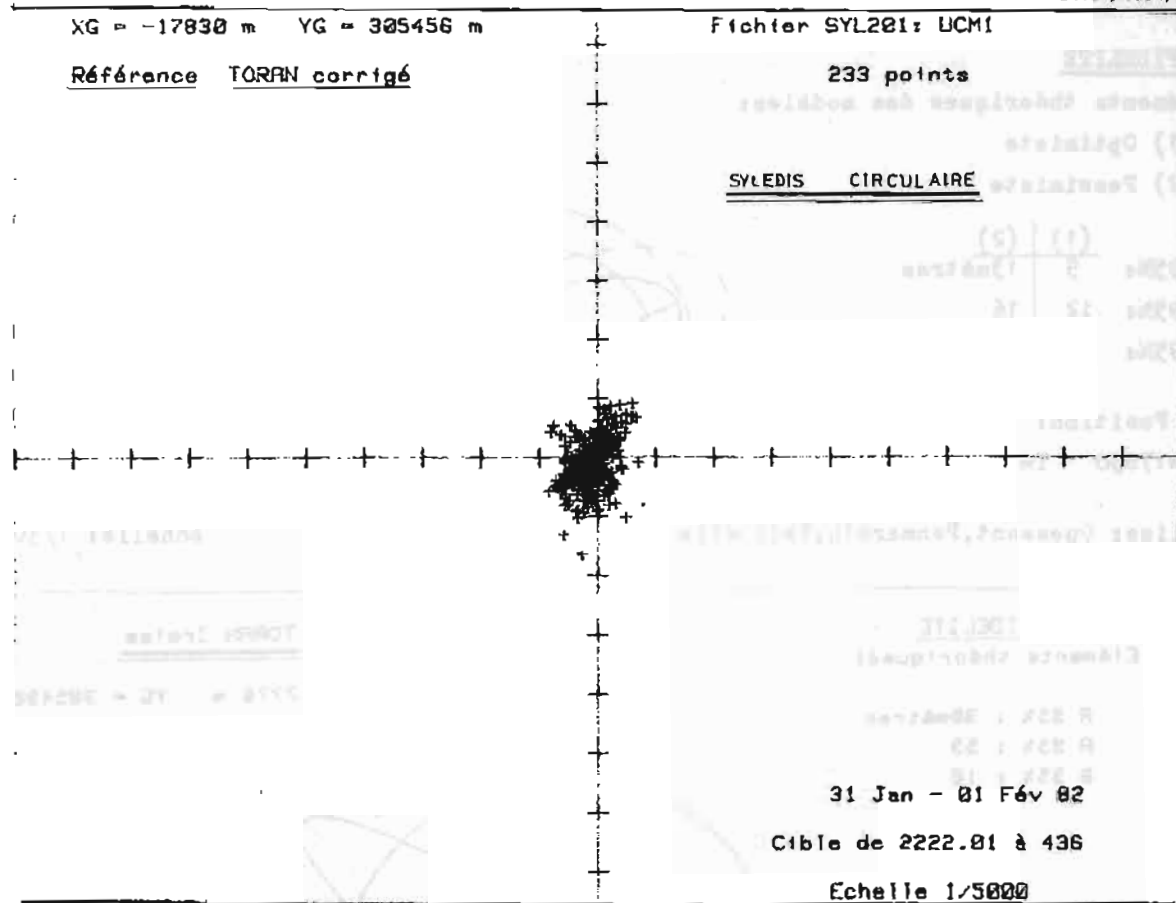
C)

SYLEDIS HYPERBOLIQUE

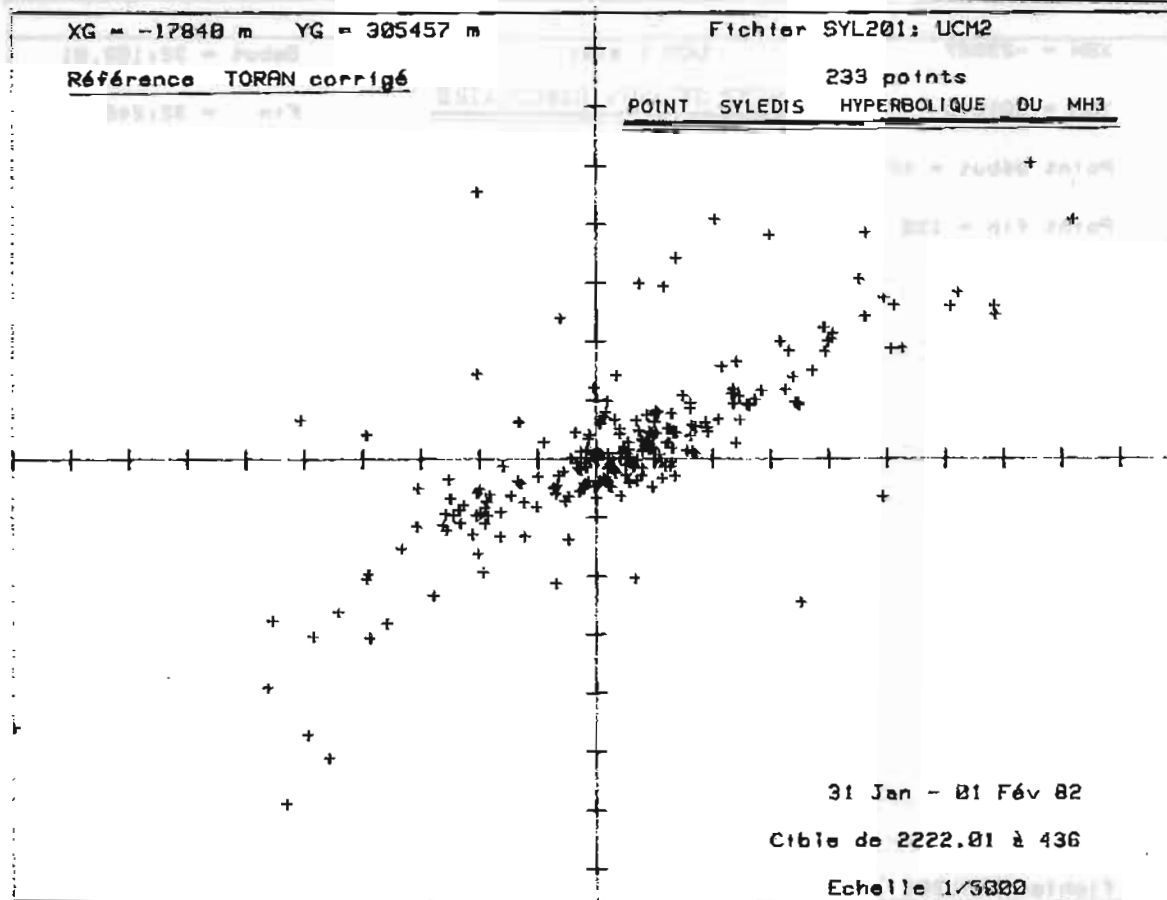
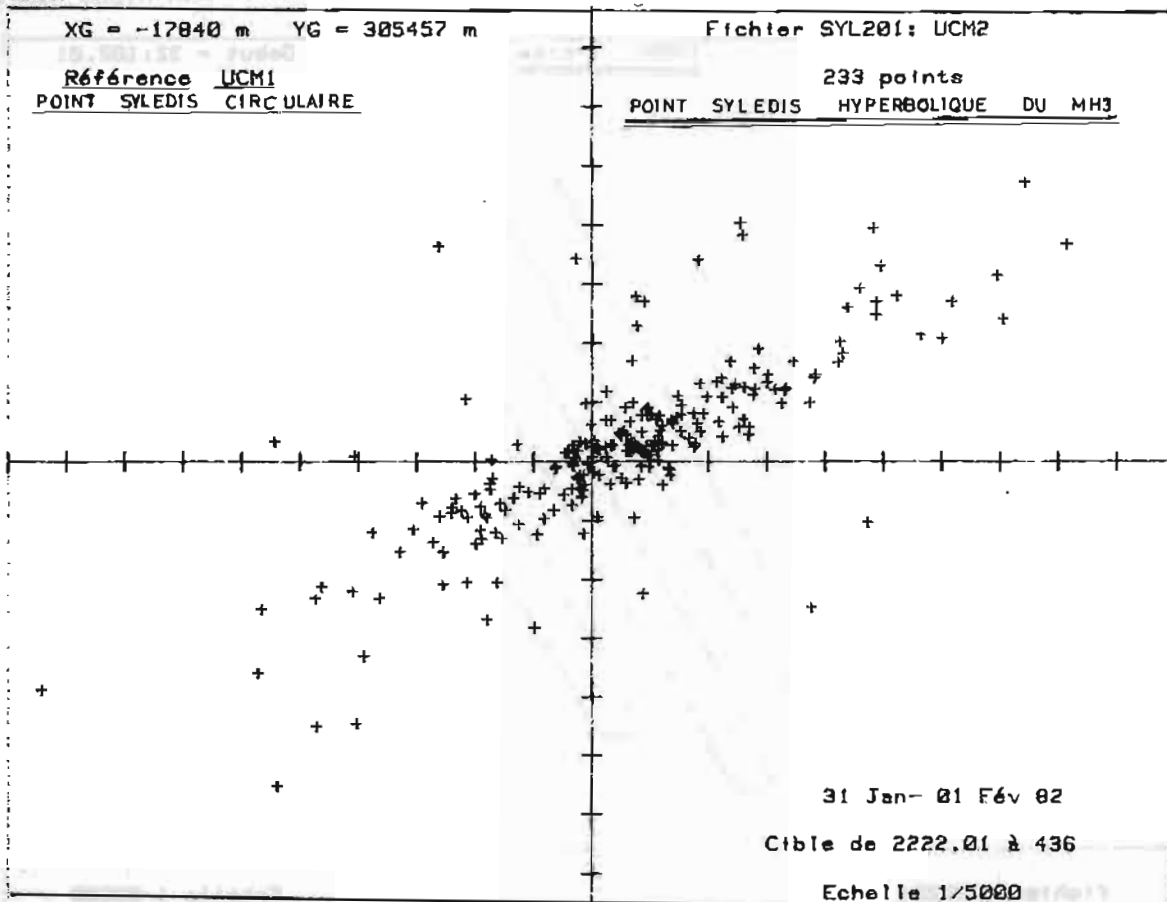
XG = -17840 m YG = 305457 m

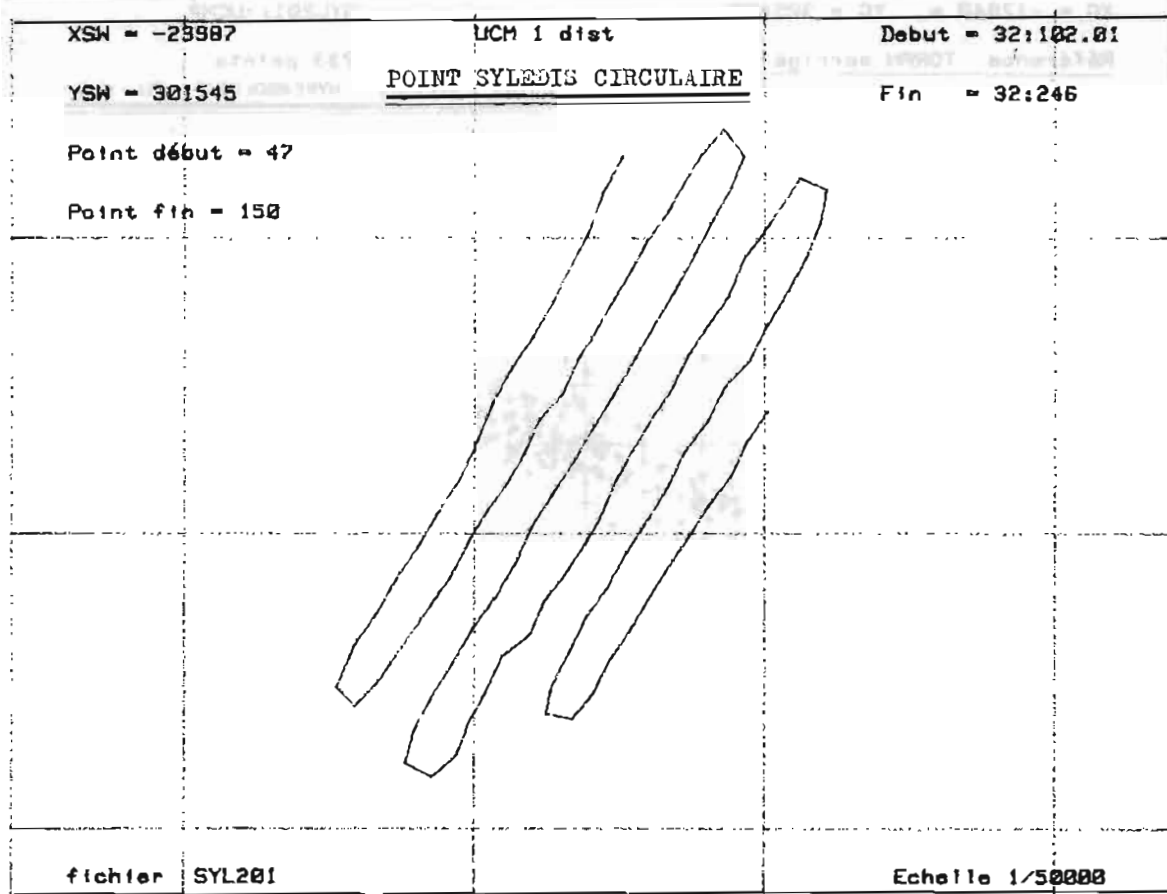
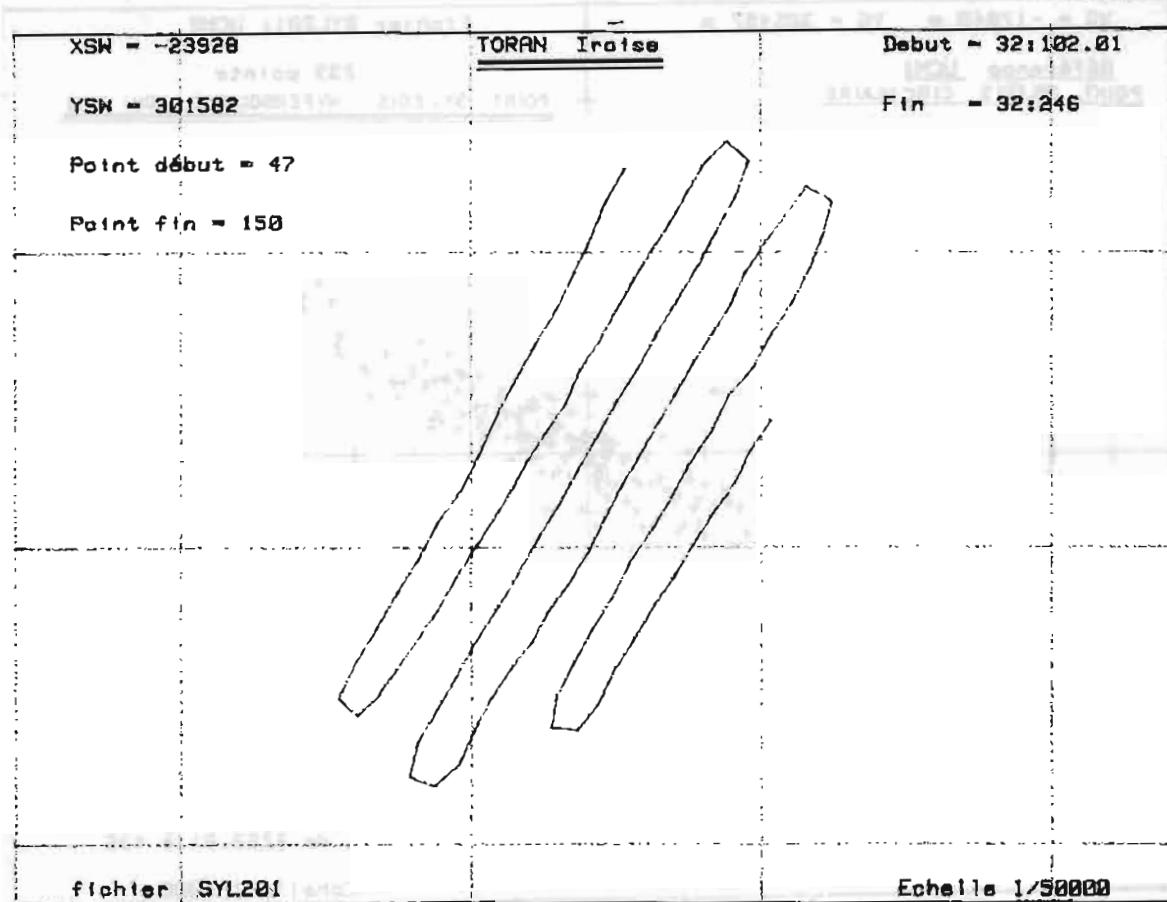
échelle : 1/1000

PL. D2. — Eléments théoriques.

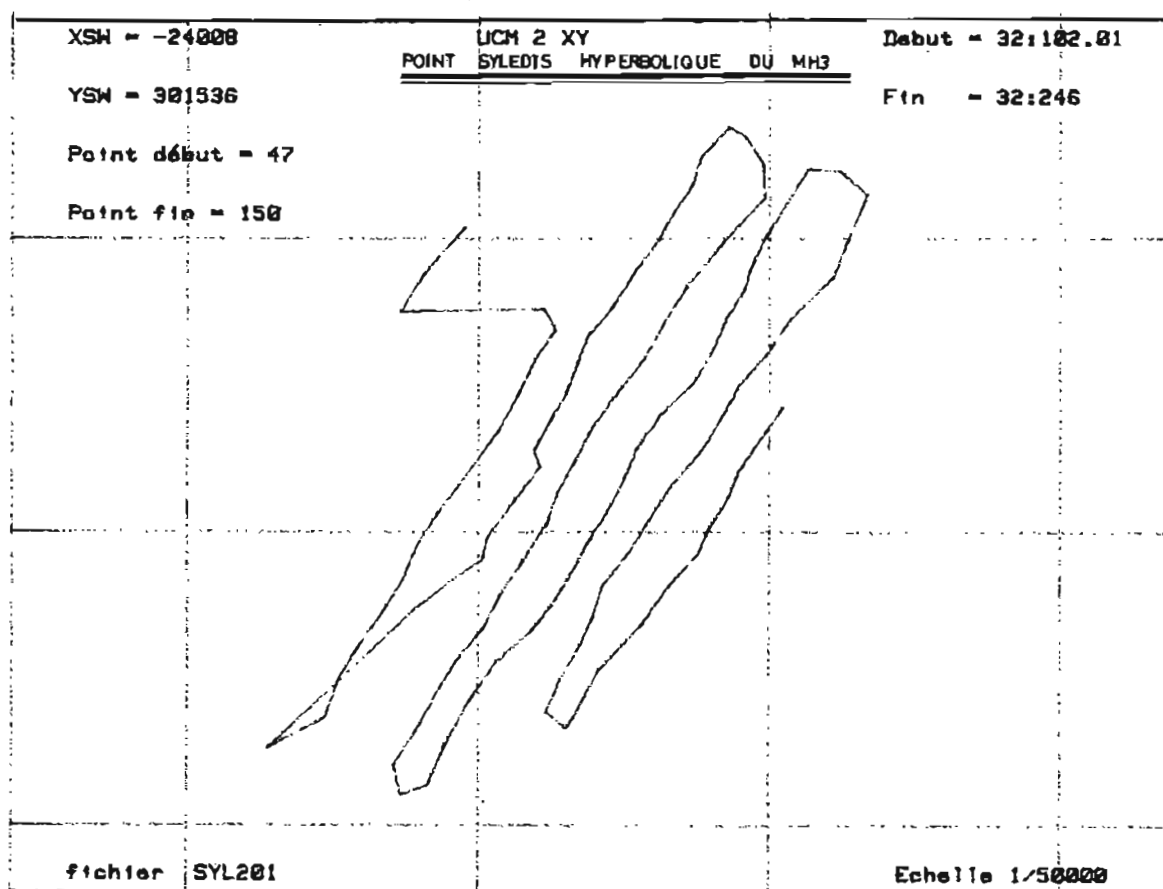
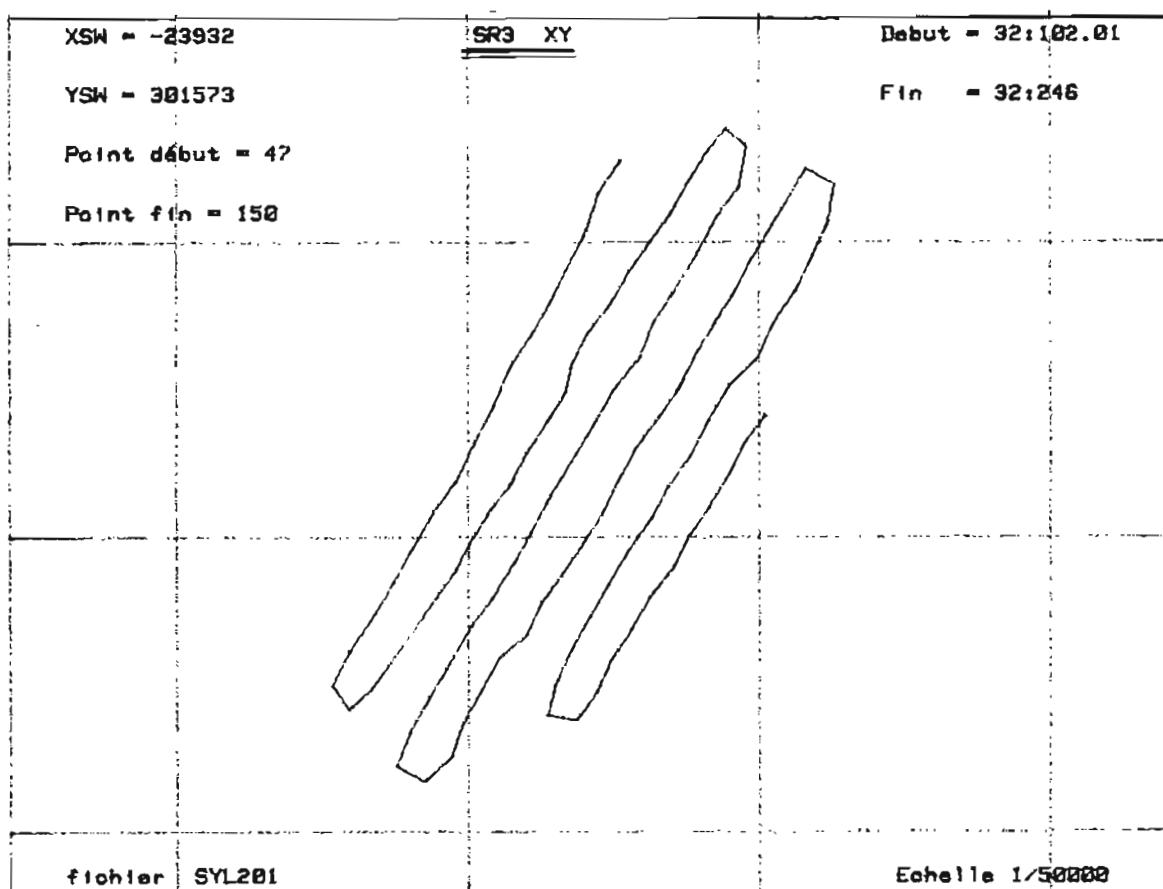


PL. D3. — Cibles.





PL. D5



DEUXIÈME PARTIE

MISSION OCÉANOGRAPHIQUE DE MEDITERRANÉE (juin 1981 — octobre 1983)

par

M. François HABERT
Ingénieur en Chef de l'Armement (hydrographe)

SOMMAIRE

Chapitre I. — LA MISSION OCÉANOGRAPHIQUE DE MÉDITERRANÉE

1. Origny.
2. La Recherche.
3. Gazelle.
4. La Base de la Mission.
5. Le laboratoire d'électronique.
6. Personnel.
7. Véhicules.
8. Administration.

Annexe A : calendrier global de l'activité des bâtiments,
Annexe B : liste des ingénieurs et des commandants d'unité,
Annexe C : signification des sigles rencontrés dans le texte.

Chapitre II. — MÉTHODES ET ÉQUIPEMENTS

1. Géodésie et topographie.
2. Détection sous-marine.
3. Le système de radiolocalisation Trident.
4. Les systèmes informatiques.
5. Photographie.
6. Les transmissions.
7. Marée et courants.

Chapitre III. — GOLFE DU LION; CÔTES DE CAMARGUE, DU LANGUEDOC ET DU ROUSSILLON

1. Le contexte géographique.
2. Activité des bâtiments.
3. Géodésie et localisation à la mer.

4. Le levé bathymétrique régulier.
5. Le levé complémentaire.
6. Le levé topographique.
7. L'actualisation des amers.
8. L'acquisition et le traitement des données.
9. Autres activités.
10. Les documents de la rédaction.

Annexe A : les stations Trident,
Annexe B : l'étang de Thau,
Annexe C : l'accès à Port-la-Nouvelle,
Annexe D : liste des documents définitifs de la rédaction.

Chapitre IV. — CÔTE OCCIDENTALE DE CORSE

1. Eléments de géographie.
2. Géodésie et localisation des embarcations.
3. Le levé bathymétrique.
4. Le levé topographique.
5. Les documents de la rédaction.

Annexe : liste des documents définitifs de la rédaction.

Chapitre V. — CONCOURS ET TRAVAUX DIVERS

1. Actualisation des amers de la rade de Toulon.
2. Observation de la marée.
3. Observations de courant au point fixe.
4. Concours occasionnels.
5. Recherche d'épaves en Egypte.
6. Rédaction des travaux de la MHCI.

Annexe : liste des fiches d'amers et des feuillets de prises de vues photographiques de la rade de Toulon.

Chapitre I

LA MISSION OCÉANOGRAPHIQUE DE MÉDITERRANÉE

Ce rapport, le quatrième depuis la fondation de la Mission en 1972, porte sur la période du 1^{er} juin 1981 au 15 octobre 1983, pendant laquelle l'essentiel de l'activité a été la poursuite du levé des côtes de Corse, entrepris en 1977, et de celui du golfe du Lion et des côtes de Camargue, du Languedoc et du Roussillon, entrepris en 1979 (1).

Cette période a été marquée par :

- le désarmement de l'*Origny*, le 1^{er} juillet 1982; depuis cette date, *La Recherche* est restée le seul bâtiment hydrographique en Méditerranée.
- la mise en service de systèmes informatiques d'acquisition et de traitement des données recueillies à la mer; cela a profondément transformé les méthodes traditionnelles.

Le commandement opérationnel était exercé par l'Etat-major de la Marine, le contrôle opérationnel par le Commandant en Chef pour la Méditerranée (CECMED) et le commandement organique par le Commandant de la Flottille de Méditerranée. Au Directeur de la Mission incombait l'exécution du programme et l'emploi des moyens.

L'activité annuelle des bâtiments était organisée, selon les directives du Département, de façon que chacun passe cent soixante jours à la mer par an. Un complément d'équipage leur était attribué, depuis 1978, à cette intention.

Le schéma d'activité comprenait :

- une période de pleine activité (PPA) du 15 mai au 15 novembre, coupée d'une indisponibilité pour entretien (IE) de trois semaines.
- une IPER ou IE étoffée de huit à dix semaines.
- en dehors de la PPA et de l'IPER, une activité fractionnée répartie sur huit ou neuf semaines et deux IE de trois ou quatre semaines placées avant et après la PPA.

Toujours selon les directives du Département, le BSR *Gazelle* apportait un concours annuel dont le potentiel était de deux mille heures de fonctionnement. Pratiquement, la *Gazelle* s'est jointe à la Mission, pendant les PPA, 85 jours en 1981, 81 en 1982 et 28 en 1983.

Le calendrier global de l'activité des bâtiments, la liste des ingénieurs et des commandants d'unité, ainsi que les sigles rencontrés dans le texte sont joints en annexes.

1. — L'ORIGNY

L'année 1981 a marqué la fin de son aptitude à l'océanographie, après une dernière prestation en juin 1981 au profit de l'Ecole des hydrographes. L'activité de l'*Origny*, a été perturbée par de nombreuses avaries dont certaines portaient sur des organes importants : commande de pas d'hélice en septembre 1981, changement de cinq culasses de moteurs principaux en octobre, avarie d'un des deux groupes électrogènes en novembre, importante fuite d'huile sur une pale d'hélice en février 1982, avaries chroniques des auxiliaires, du bouilleur, du radar... Ces avaries étaient réparées à la mer et au cours d'indisponibilités.

La remise en état du groupe électrogène aurait entraîné un échange standard ou une longue indisponibilité. Amputé de ce groupe, l'*Origny* a vu son champ d'action limité à cinquante nautiques des côtes. L'usage des portiques et des treuils d'océanographie a été interdit.

Ce bâtiment, déclassé vis-à-vis de l'océanographie, a néanmoins conservé son aptitude à la bathymétrie jusqu'à son désarmement, le 1^{er} juillet 1982, et c'est grâce à son action que le levé bathymétrique du large, dans le golfe du Lion, a été terminé à cette date.

2. — LA RECHERCHE

A l'exception de trois séances au large totalisant une dizaine de jours, *La Recherche* a été employée à des levés côtiers en Corse et sur les côtes de Camargue, du Languedoc et du Roussillon. Transiter entre Toulon et les zones de levés, hisser et mettre à l'eau les vedettes, séjourner au mouillage forain et progresser de point en point de mouillage pour suivre les travaux, a constitué l'essentiel de son activité à la mer.

Les événements suivants méritent d'être signalés :

- en avril 1982, au cours d'une manœuvre de mise à l'eau d'une vedette au mouillage forain en Corse, une sécurité de fin de course n'a pas fonctionné, entraînant la rupture du bossoir tribord et son indisponibilité pendant trois mois, ainsi que le débarquement d'une vedette pendant cette période.

(1) *Annales Hydrographiques* (1981) n° 756, p. 49.
Annales Hydrographiques (1983) n° 758, p. 113.

- un groupe électrogène a été changé en 1981, un autre en 1983.
- l'étanchéité a été reprise en 1983 en posant des panneaux étanches dans certains compartiments.
- une machine Océ à tirer les plans a été installée en salle de rédaction en 1983.

a) Les équipements hydrographiques et informatiques

Pendant l'IE 1982-1983, *La Recherche* a perdu trois sondeurs modernes et a été aménagée pour mettre en œuvre les systèmes informatiques Hydrac et Hytrai. Les deux baies du sonar DUBA 1, les sondeurs NUBS 12 A et NUBS 13 A, situés dans la chambre des cartes, ont été débarqués et remis à la DCAN Toulon. Dans l'espace libéré par le débarquement du sonar, deux baies standard de 19 pouces ont été installées. Y ont pris place un sondeur NUBS 15 A avec compensateur de houle et un NUBS 15 B avec supplément pour grands fonds, approvisionnés par l'EPSHOM.

Les composants du compensateur de houle⁽²⁾ ont été répartis dans le local du compas gyroscopique. Ce compensateur est alimenté sous 115 V/60 Hz distribué par l'un ou l'autre des groupes 8 kVA, 115 V/60 Hz du sonar.

Le boîtier du supplément pour grands fonds a été monté dans le local « équipements », dans l'axe du navire et aussi près que possible de la base.

Le sondeur Raytheon, en provenance de l'*Originy*, a été installé dans un carlingage à la place du NUBS 13 A. Il a été complété par un corrélateur et un numériseur. Le Raytheon est alimenté sous 115 V/60 Hz délivré par les groupes du sonar.

Les bases des nouveaux sondeurs occupent les places libérées par celles des anciens sondeurs. Toutefois, des travaux de tôlerie ont été entrepris pour loger dans son puits la base 33 kHz du Raytheon.

Les récepteurs Toran et Loran C, l'interrogateur Trident et deux alimentations 24 V⁽³⁾, l'une pour les sondeurs, l'autre pour la radiolocalisation, ont également pris place dans les baies standard. Quelques postes restent disponibles, dans l'éventualité d'une extension Syledis, Omega ou Transit.

Le coffret de l'hydroboucle a été installé au-dessus du bureau de l'opérateur Hydrac, sur lequel reposent le calculateur et l'imprimante.

Avec cette présentation très compacte des appareils, la partie tribord de la chambre des cartes a été aménagée en PC hydrographique assez commode, sinon spacieux.

Le local annexe situé à l'avant de la salle de rédaction a été transformé pour recevoir le sys-

tème Hytrai. Il a été climatisé, vitré, éclairé et muni des carlingages et du mobilier nécessaires pour accueillir les composants de l'Hytrai⁽⁴⁾ ainsi qu'un opérateur.

Le réseau 220 V/50 Hz ne répondant pas aux normes requises pour alimenter des équipements informatiques, une alimentation spécifique a été montée dans le local « équipements » pour distribuer au PC hydrographique et dans le local Hytrai un courant stabilisé de 220 V/50 Hz.

Un convertisseur, connecté sur l'un ou l'autre des groupes du sonar, alimente sous 50 V un onduleur et des batteries d'une capacité de 500 Ah en parallèle. Une puissance de 2,5 kW sous 220 V/50 Hz stabilisé est disponible à la sortie de l'onduleur. Le bilan de puissance de l'Hytrai est de 1,4 kW (Fig. 1).

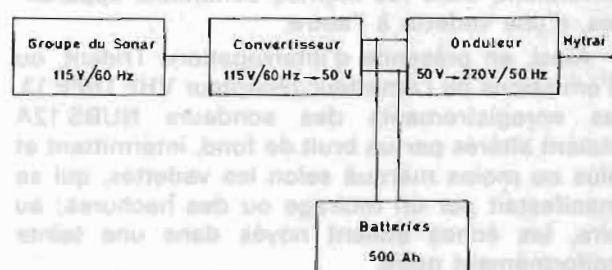


FIG. 1. — L'alimentation du Système Hytrai à bord de *La Recherche*.

La DCAN Toulon a réalisé l'ensemble des travaux nécessaires pour recevoir les nouveaux sondeurs et les systèmes informatiques.

b) La drôme

La drôme de *La Recherche* comprend trois vedettes VH8 MP⁽⁵⁾ livrées au début de 1981 et trois zodiacs de six places avec deux moteurs hors-bord de 20 CV, les vedettes ont été très sollicitées en levé côtier⁽⁶⁾ où *La Recherche* était organisée pour en armer deux en permanence. Au terme de leur troisième année d'utilisation intensive en bathymétrie côtière, elles étaient en excellent état et soigneusement entretenues.

Le niveau de bruit dans l'habitacle était, à la livraison, supérieur à celui qui est toléré par la Marine dans ses locaux opérationnels. A partir d'un régime de 2 000 tours/minute, le seuil de surdité était atteint et dépassé pour certaines fréquences. A l'occasion des indisponibilités, les vedettes ont été partiellement insonorisées à l'aide de capots disposés sur les blocs moteur.

Il faut signaler, après 200 à 250 heures de fonctionnement, la rupture du mécanisme de manœuvre des câbles Téléforce qui agissent sur

⁽²⁾ Capteur, convertisseur, amplificateur et démarrage.

⁽³⁾ Ces alimentations sont connectées sur le réseau 220 V/50 Hz du bord.

⁽⁴⁾ Un calculateur, une table traçante, une imprimante, un dérouleur de bandes magnétiques, un driver de disquettes, un driver de cassettes et une table à numériser.

⁽⁵⁾ Ces vedettes sont présentées dans les AH 1982, vol. 757.

⁽⁶⁾ Plus de 400 heures par an et par vedette.

la coquille. Les chemins de roulement des billes s'usent et cassent; sur chaque vedette, les boîtiers de commande et les câbles Téléforce ont été changés au moins une fois par an.

Enfin la ligne de mouillage, de 10 mètres seulement, dont est dotée chaque embarcation paraît anormalement courte.

Les trois vedettes étaient équipées de sondeurs NUBS 12A, dont le remplacement par des NUBS 15A est prévu en 1984. Leur aptitude aux investigations au sondeur latéral et au magnétomètre a été confirmée.

Toutefois, les séances à la mer ont souvent été perturbées par des couplages parasites entre les différents capteurs, d'autant plus difficiles à éliminer que leur apparition était aléatoire et qu'ils différaient, dans les mêmes conditions apparentes, d'une vedette à l'autre.

Ainsi, en présence d'interrogations Trident, ou d'émissions de l'émetteur-récepteur VHF TRPP 13, les enregistrements des sondeurs NUBS 12A étaient altérés par un bruit de fond, intermittent et plus ou moins marqué selon les vedettes, qui se manifestait par un moirage ou des hachures; au pire, les échos étaient noyés dans une teinte uniformément noire.

En janvier 1982, *La Recherche* étant en IPER, une vedette a été armée en rade de Toulon pour étudier les parasites induits par le Trident et le TRPP 13 sur le sondeur.

L'examen à l'oscilloscope des signaux enregistrés par le sondeur a montré qu'aux échos étaient superposés des impulsions parasites à 256 kHz, fréquence qui est précisément celle de la cadence des émissions de l'interrogateur.

A bord de la vedette, l'antenne Trident a été déplacée et approchée du sondeur, entraînant une saturation de l'enregistrement et perturbant le déroulement du papier, au point de l'arrêter et même de le réenrouler.

Les parasites ont été complètement éliminés en :

- remplaçant l'antenne et son coaxial par une charge non rayonnante de $50\ \Omega$ directement connectée à la sortie de l'interrogateur,
- remplaçant l'antenne par la même charge, connectée cette fois à l'extrémité du coaxial,
- atténuant de 30 dB la puissance émise.

La source du bruit était donc l'élément rayonnant, d'autant plus actif qu'il était près du sondeur.

Le brouillage a ensuite été reconstitué et examiné en laboratoire.

Les impulsions parasites étaient induites à l'entrée des amplificateurs à 30 et 210 kHz du sondeur, avec un effet très marqué à 30 kHz.

Il est rappelé que ces amplificateurs sont couplés aux bases par des transformateurs à secondaires accordés sur 30 et 210 kHz donnant, du fait de cette sélectivité, un gain maximum à ces

fréquences. De tels circuits oscillants parallèles sont très instables et, excités par des impulsions, génèrent des oscillations amorties à leur fréquence d'accord. Celles-ci sont perçues et enregistrées comme des échos.

Il faut bien noter la faiblesse de ces signaux parasites qui disparaissaient en atténuant le niveau d'émission de l'interrogateur.

Le blindage des circuits actifs, la modification des amplificateurs⁽¹⁾, ou la recherche d'une autre répartition des appareils embarqués, de leur câblage et de leurs aériens, dépassaient la compétence de la Mission. Atténuer le niveau d'émission des interrogations restait le moyen le plus commode et le plus efficace, d'autant plus qu'une atténuation de 30 dB restait négligeable devant la dynamique du Trident qui est d'environ 140 dB/kW.

La solution sera sans doute apportée avec le remplacement des NUBS 12A par des NUBS 15A, d'une technologie plus récente. Les précautions prises par le constructeur montrent qu'il a été saisi du problème :

- utilisation de circuits CMOS, très immunisés contre les bruits et dont la consommation est faible,
- protection électrostatique de l'alimentation,
- entrées-sorties numériques par systèmes opto-électroniques.

Les essais de compatibilité entre le Trident et le Toran, en vue d'utiliser la chaîne Toran des Phares et Balises pendant le levé côtier du golfe du Lion, n'ont pas été concluants. Bien que l'antenne Toran ait été dégagée en la saisissant sur le balcon tribord arrière des vedettes, l'antenne Trident ayant été érigée à l'avant, le récepteur Toran se décalait de façon intermittente.

Enfin, en attendant la mise en service du système Hydrac à bord des vedettes, un topeur a été imaginé et réalisé en vue d'améliorer la saisie des données délivrées par le Trident, le sondeur, le sondeur latéral, le magnétomètre... L'appareil délivre, sur quatre voies de mesure, des tops dont la durée, à la discrétion de l'opérateur, dépend du capteur à gérer.

Trois exemplaires ont été fabriqués et sont opérationnels depuis 1983 à bord des vedettes de *La Recherche*.

3. — GAZELLE

Pendant les trois campagnes 1981, 1982 et 1983, le BSR *Gazelle* a été affecté au levé du golfe du Lion.

⁽¹⁾ Remplacement des transformateurs accordés par des filtres actifs.

Armée par deux équipages qui permutent chaque mois ⁽⁸⁾, cette unité est caractérisée par l'automatisation de sa conduite et un taux élevé de disponibilité. Puissante et rapide, très manœuvrante, bien équipée en moyens de levage, apte au remorquage de poissons, la *Gazelle* est à la fois remorqueur et gabare ⁽⁹⁾. Par contre, ses capacités d'accueil sont limitées : deux places en poste et trois dans le « salon ». Il n'y a ni magasin ni soute et les lots de rechange sont arrimés soit sur la plage arrière, inondée par mer 3, soit dans le conteneur hydrographique ⁽¹⁰⁾ lui-même déjà très encombré.

Situé au-dessus de la machine, à proximité des ventilateurs et de l'échappement des moteurs, ce conteneur repose sur quatre cylindres-bloc en caoutchouc installés par la DCAN Toulon. Les vibrations mécaniques sont ainsi atténuées mais le niveau de bruit y reste assez élevé.

Il est exposé aux embruns et mis en œuvre dans les conditions sévères de l'environnement marin. Après quatre campagnes, l'huissier, en particulier, est très oxydée et il est rappelé que les contacts acier sur bronze, qui favorisent la corrosion électrolytique, sont à proscrire. Une huissier en bronze apporterait à la porte et au hublot l'étanchéité requise.

Le conteneur est alimenté à partir du tableau principal sous 380 V abaissés à 220 V par un transformateur; sont disponibles dans le local; 220 V/50 Hz et 24 V/30 A.

Tous les récepteurs sont alimentés sous 24 V, sauf le sondeur Elac et le climatiseur. La puissance délivrée sous 24 V était insuffisante et, jusqu'en 1981, les impulsions émises par le magnétomètre faisaient disjoncter l'alimentation générale. La qualité de la masse était par ailleurs insuffisante. Une alimentation spécifique a donc été attribuée au magnétomètre, en reliant le 24 V à la masse et en dissociant l'alimentation 24 V de l'enregistreur de celle, 50 V, du poisson.

A la mise en service du conteneur, le climatiseur aspirait directement à l'air libre. Une manche, fabriquée par la DCAN de Toulon, a été disposée verticalement sur la cloison extérieure avant, de façon à éviter l'aspiration d'embruns. Malgré cela, l'air vicié était mal refoulé, tandis que des embruns étaient aspirés en même temps que l'air frais, entraînant la détérioration du climatiseur Airwell. En 1982 une nouvelle manche à air en AG5 laminante, aspirante et refoulante, a été livrée par la DCAN de Toulon et le climatiseur a été remplacé.

⁽⁸⁾ Effectif de neuf officiers-mariniers, y compris le Commandant.

⁽⁹⁾ Déplacement : 400 tonnes, tirant d'eau : 3,2 m, longueur : 41,5 m, largeur : 7,5 m, vitesse : 13 nœuds. Une grue hydraulique de 5,6 tonnes à 5 mètres, à l'arrière, un portique de 50 tonnes; un propulseur d'étrave, deux gouvernails et deux hélices à pas variable.

⁽¹⁰⁾ Conteneur ISO de 10 pieds, largeur : 2,21 m, longueur : 2,71 m, hauteur : 2,08 m, surface au sol : 6 m².

Le climatiseur fonctionne bien depuis cette époque et la température n'excède pas 18°C en été.

Dans un local dont les dimensions sont réduites au plus juste, la présentation des appareils et de leurs auxiliaires ne peut être que compacte. Le meilleur parti doit être tiré de toutes les surfaces disponibles, y compris celle du plafond où peuvent prendre place certains périphériques et des équipements auxiliaires.

Jusqu'à la campagne 1983, les appareils étaient répartis au mieux dans une armoire transrack, les cloisons, le mobilier et le plafond ⁽¹¹⁾.

Avec l'arrivée en 1983 du système Hydrac, composé d'un calculateur HP 85, d'un coffret d'hydroboucle et d'un écran à plasma, l'installation d'un deuxième rack au standard 19" s'est avérée nécessaire. En recherchant un compromis, l'émetteur-récepteur du sondeur Elac a été déposé et débarqué, au prix d'une indisponibilité temporaire de la *Gazelle* à la bathymétrie par grands fonds.

L'armoire transrack a été adaptée, à l'aide d'un kit, au standard 19" en vue d'utiliser au maximum sa capacité. Ainsi, pendant la campagne 1983, tous les capteurs étaient disposés en rack, tandis que le calculateur conservait sa place sur le bureau de l'opérateur Hydrac.

Pendant l'inter-campagne 1982-1983, la nappe de câbles distributeurs de l'énergie et des signaux, en très mauvais état après trois ans de service, a été remise en état par la Mission.

A l'occasion des essais à la mer préliminaires à la campagne 1983, un fort brouillage du Toran par l'interrogateur Trident a été constaté; des signaux parasites induits dans l'alimentation en étaient probablement à l'origine. Toujours est-il que les effets sinon les causes ont été supprimés en dissociant complètement l'alimentation du Trident de celle de Toran. Ces parasites n'existaient pas en 1981, quand la *Gazelle* était encore équipée du Trident II.

Avec l'antenne dans la mâture, près de l'aérien du Trident, le récepteur Toran était également parasité; son antenne a été déplacée et érigée sur le conteneur.

En présence d'interrogations Trident, les enregistrements du sondeur DESO 10 étaient brouillés, avec un niveau acceptable.

Le treuil Klein à contacteur tournant de l'*Origny* a été installé en 1983 par la DCAN Toulon sur la plage arrière de la *Gazelle*. Alimenté en

⁽¹¹⁾ — en rack : un sondeur DESO 10, un magnétomètre, un topeur, une alimentation 24 V.

— sur les cloisons : un sondeur Elac, comprenant huit modules et leur câblage, un climatiseur Airwell, un répéteur de cap, un interphone avec la passerelle, des prises 220 V.

— sur la table à dessin et les meubles : un enregistreur multivoies Curken, un récepteur Toran, un interrogateur Trident.

— au plafond : un émetteur-récepteur VHF TRPP 13.

— au sol : un transformateur 380/220 et un disjoncteur.

380 V/50 Hz, il est monté de façon semi-fixe et embarqué pendant les campagnes SHOM.

Renforcée par un complément de personnel hydrographe, avec l'embarquement du conteneur et du treuil à contacteur tournant, la *Gazelle* constitue, malgré son tonnage modeste, une unité hydrographique performante.

4. — LA BASE DE LA MISSION

La MOM disposait de locaux dans l'enceinte de l'arsenal de Toulon⁽¹²⁾ :

- au rez-de-chaussée de l'immeuble du laboratoire de chimie analytique, de bureaux, d'une salle de rédaction, d'un laboratoire d'électronique, d'un atelier et d'un magasin.

La Recherche disposant d'une salle de rédaction autonome, celle de la Base était principalement affectée à la rédaction des travaux effectués par l'*Origny* et la *Gazelle*, et de la topographie. Son éclairage, qui ne répondait pas aux normes réglementaires, a été amélioré par les Travaux Maritimes en 1982; les locaux ont été partiellement repeints en 1982.

Une grande table à dessin de 2,20 × 1,50 m, fabriquée par l'AMF Toulon et sur laquelle peuvent être déployés plusieurs documents de grand format, une photocopieuse Gestetner et une table lumineuse Luminosa 1,25 × 0,80 m ont été acquises en 1981-1982. Deux bureaux ont été meublés de neuf en 1982 et les locaux ont été partiellement repeints en 1983.

- à la Base de la Flottille de Méditerranée, d'un magasin et d'un box, attribués en remplacement de locaux dans les baraques vétustes du quai Noël⁽¹²⁾.

- enfin, à la pointe de la Badine, la Mission avait accès, de façon occasionnelle, à un local utilisé pendant les séances d'étalonnage du système de radiolocalisation Trident.

Ces locaux étaient affectés à la Base de la MOM, unité à terre, commandée par un officier et dont le plan d'armement, en plus de cet officier, comprenait deux aspirants de la branche Recherche Scientifique et quatre matelots du contingent.

Cette Base n'est pas une unité inscrite sur la liste des commandements et l'autorité maritime locale la considérait, bien qu'elle fut directement rattachée au Commandant de la Flottille de Méditerranée, comme un service relevant du Directeur de la MOM. Le personnel de la Base était en fait intégré à celui de la Mission, si ce n'est qu'il n'embarquait qu'occasionnellement.

⁽¹²⁾ Voir le rapport sur la MOM, *Annales Hydrographiques* (1978), n° 750, p. 83.

Il faut bien noter qu'elle n'était pas une Base-vie et que cette charge était répartie entre le Dépôt des équipages, la Base de la Flottille et le restaurant de l'Horloge.

5. — LE LABORATOIRE D'ÉLECTRONIQUE

Il avait pour missions :

- la maintenance des équipements électroniques du SHOM, en particulier ceux de radiolocalisation, de géophysique et de détection sous-marine⁽¹³⁾.

- des essais et des études; ainsi, l'alimentation de balises Trident à partir de panneaux solaires, l'examen des interférences entre les capteurs embarqués, la réception de signaux météorologiques en fac-similé sur l'enregistreur du sondeur Raytheon...

- la réalisation, en liaison avec l'EPSHOM, de prototypes destinés à améliorer la saisie des données à la mer; ainsi, une alimentation pour balises Trident, un topeur de données, une visualisation déportée pour récepteur Toran, un programmeur pour alimentation de balise Trident, un ampli haut-parleur intégré pour émetteur-récepteur TRPP 13...

Sa tâche essentielle restait la maintenance du système de radiolocalisation Trident III qui comprenait en 1983 quatre interrogateurs et huit balises. Les opérations portaient sur :

- les dépannages à la demande.
- des contrôles et des tests occasionnels.
- pendant l'inter-campagne annuelle, la révision et l'étalonnage sur une base géodésique.

En dehors de ces périodes très chargées, la disponibilité du personnel et des moyens était mise à profit pour entreprendre les essais et les études signalés ci-dessus, qui venaient en seconde priorité.

Pour remplir sa tâche, le laboratoire disposait d'appareils très spécifiques parmi lesquels il faut citer un simulateur Trident, un oscilloscope, un milliwattmètre, un enregistreur Curken, une série d'adaptateurs, d'atténuateurs fixes et variables, de coupleurs, un ondemètre à absorption, des sondes, un duplexeur, des lots de coaxiaux, des charges variables... En 1983, ont été reçus un pont d'impédances, un analyseur de spectre et un analyseur logique.

Opérant en amont de toute action à la mer et à terre, et en liaison étroite avec les hydrographes, le laboratoire d'électronique a joué un rôle de premier plan vis-à-vis des travaux confiés à la Mission.

⁽¹³⁾ Système de radiolocalisation Trident, magnétomètres Geometrics puis Barringer, sondeur latéral Edgerton, sondeur Raytheon. Il est rappelé que les sondeurs Atlas et Elac étaient attribués aux bâtiments.

6. — PERSONNEL

a) Ingénieurs

Les ingénieurs, IA et IETA ⁽¹⁴⁾, furent assistés par deux aspirants de la branche « recherche scientifique », ingénieurs diplômés de grandes écoles orientées vers l'électronique, l'informatique et les télécommunications.

b) Officiers-mariniers

La plupart de ceux affectés en propre à la Mission ⁽¹⁵⁾ relevaient de la spécialité d'hydrographie. Ils en constituaient la cheville ouvrière et le succès des opérations à la mer et de leur rédaction dépendait pour une grande part de leur compétence, de leur allant et de leur entraînement.

Tandis que les officiers-mariniers supérieurs provenaient pratiquement tous de la Mission Océanographique du Pacifique, la MOM était pour les maîtres leur première affectation dans la spécialité à la sortie de l'Ecole des hydrographes. Ainsi, les maîtres les plus anciens n'avaient que moins de trois ans de pratique des travaux à la mer et de leur rédaction. Il s'ensuivait que la Mission consentait un effort continu pour former de jeunes hydrographes, et tout particulièrement ceux qui sortaient de l'Ecole des hydrographes.

Les officiers mariniers des spécialités de manœuvrier, radio et détecteur ASM prenaient part directement aux travaux de la Mission; ceux de la spécialité de mécanicien étaient mis pour emploi à bord de *La Recherche*.

Un maître secrétaire féminin, en service à terre, dirigeait le secrétariat.

c) Quartiers maîtres et matelots

La spécialité de transmetteur concourait aux travaux à la mer et à leur rédaction; manœuvriers et mécaniciens étaient mis pour emploi à bord de *La Recherche*.

Le personnel du contingent, très mobile avec un taux annuel de rotation de 123 %, après avoir reçu sur le tas une formation d'opérateur, était employé comme chauffeur, secrétaire, dessinateur, porteur, aide-rédacteur, aide-topographe...

d) Personnel civil

Jusqu'en février 1982, un chef de travaux électronique a animé le laboratoire d'électronique.

Les travaux de topographie étaient confiés à un technicien à statut ouvrier qui opérait en liaison étroite avec les hydrographes.

⁽¹⁴⁾ Deux, puis trois à partir de septembre 1982, puis quatre à partir d'octobre 1983.

⁽¹⁵⁾ Leur effectif a varié entre 16 et 20 selon les époques.

e) Stagiaires

Chaque année, de septembre à la fin de décembre, la Mission a accueilli des stagiaires, élèves de première année à l'Ecole des hydrographes; parmi eux, deux malgaches, un algérien et un tunisien.

En juin 1981, l'*Origny* a effectué, au profit de l'Ecole des hydrographes, une campagne d'hydrologie d'une semaine au large de Toulon.

En juillet 1982, deux élèves ingénieurs malgaches en première année à l'ENSIETA (branche hydrographie), ont suivi un stage d'une semaine à la Mission.

7. — VÉHICULES

Le parc automobile de la Mission comprenait, en 1981, un break Peugeot 404, une Renault 4L, un HY Citroën et un break Peugeot 504, ainsi qu'une jeep attribuée pour les travaux en Corse.

Ces véhicules ont été utilisés en Corse et sur les côtes du Languedoc-Roussillon pour les reconnaissances, l'implantation et la maintenance des chaînes de radiolocalisation Trident et des observatoires de marée, la géodésie et la topographie etc. De leur disponibilité, dépendait en grande partie la réussite des opérations à la mer et un effort méritoire a été consenti par le Centre Auto Principal de Toulon pour les maintenir en état.

Le break Peugeot 404, continuellement en panne, a été ramené deux fois en avarie du Languedoc par une dépanneuse. Interventions multiples sur la carrosserie, le système de freinage, la direction, le moteur, la suspension, l'embrayage... Le véhicule a été remis en octobre 1981 et remplacé par un break Peugeot 504 diesel.

Le break Peugeot 504 diesel, reçu en 1981, a aussi été ramené deux fois en avarie du Languedoc par une dépanneuse. Le moteur a été refait, travaux sur le circuit électrique, le démarreur, le pont avant.

Le break Peugeot 504 à essence était le meilleur véhicule, après une remise en état général, l'échange standard du moteur et des travaux sur le pont arrière. Ramené une fois en avarie du Languedoc par une dépanneuse.

Le HY Citroën était le seul véhicule utilitaire en état. Deux interventions sur le circuit de freinage.

La jeep est restée immobilisée pendant de longues périodes par manque de pièces de rechange difficiles à trouver. Après bien des déboires, son rayon d'action a été limité à la région toulonnaise.

Le parc automobile représentait un des points faibles de la Mission et la progression des travaux s'en est ressentie.

8. — ADMINISTRATION

La MOM et ses bâtiments étaient dotés d'un budget de vie courante (BVC) destiné à suivre les ressources qui leur étaient attribuées sous forme de crédits budgétaires. Ce budget était réparti en quatre postes : commissariat (trois sous-poste : AF, MGP, HCC), travaux maritimes, DCAN, transmissions.

Le Commandant de la Flottille de Méditerranée gérant le budget de vie courante des Forces et le CABLEM était l'organisme administratif. La Mission jouait le rôle de centre de responsabilité pour la MOM proprement dite, l'*Origny* (jusqu'à son désarmement), la *Recherche* et la Base. Elle tenait la comptabilité mensuelle, semestrielle et annuelle, et proposait en fin d'année le montant des

droits de chaque poste, ainsi que la révision, en hausse ou à la baisse, au 1^{er} juillet.

Jusqu'en 1983, les unités de la Troisième Région Maritime, parmi lesquelles la MOM, puisaient selon leurs besoins, pour faire face à leurs dépenses de déplacements temporaires de personnel militaire et civil, dans l'enveloppe attribuée au Préfet Maritime. A partir de 1983, le montant de cette enveloppe a été réparti entre les unités. La somme attribuée à la MOM s'est avérée insuffisante et, à partir de juillet 1983, certains travaux à terre ont été suspendus.

Toujours à partir de 1983, la Mission a été dotée d'une allocation, gérée par l'EPSHOM, réservée à ses dépenses de fournitures de bureau.

Enfin, la Mission disposait de fonds de prévoyance.

La pour automobile de la Mission comprenait, en 1981, un Peugot 404, une Renault 4L, un HY Citron et un Peugot 504, ainsi qu'une jeep attribuée pour les travaux en Côte.

Ces véhicules ont été utilisés en Côte et sur les côtes du Languebat-Rouillon pour les reconstructions, l'implantation et la maintenance des chaînes de radiocastation. L'intérêt et des opérations de maintenance de mener la géodésie et la topographie ont été leur spécialité, dépendant en grande partie la réussite des opérations à la mer et un effort méritoire a été consenti par le Centre Auto Principal de Toulon pour les maintenir en état.

La jauge Peugot 404, continuellement en panne, a été remplacée deux fois en avril et en septembre par une dépanneur intervention multiples sur la carrosserie, le système de freinage, la direction, le moteur, la suspension, l'embrayage. Le véhicule a été remis en octobre 1987 et remplacé par un Peugot 504 diesel.

La jauge Peugot 504 diesel, reçu en 1981, a aussi été remplacé deux fois en avril et en septembre par une dépanneur. Le moteur a été réparé, les travaux sur le circuit électrique, le démontage, le tout avant.

La jauge Peugot 504 à essence était le meilleur véhicule pour les travaux en état général, l'échange standard du moteur et des travaux sur le pont arrière. Remplacé une fois en avril et en septembre par une dépanneur.

La HY Citron était le seul véhicule utilisé en état. Deux interventions sur le circuit de freinage ont été effectuées pendant la période. La jauge est restée immobilisée pendant de longues périodes par manque de pièces de rechange difficile à trouver. Après deux des réparations, son type d'action a été limité à la région rouennaise.

La pour automobile représentait un des points faibles de la Mission et la progression des travaux s'en est ressentie.

Tandis que les officiers maritimes supérieurs travaillaient principalement pour la Mission, l'océanographe du Peugot, la MOM était pour les travaux sur première affectation dans la spécialité à la sortie de l'école des hydrographes. Ainsi, les maritimes les plus jeunes n'avaient pas moins de trois ans de pratique des travaux à la mer et de leur rédaction. Il s'ensuivait que la Mission consacrait un effort continu pour former de jeunes hydrographes et tout particulièrement ceux qui sortaient de l'école des hydrographes.

Les officiers maritimes des spécialités du métier, radio et détecteur, ASM travaillant pour directement aux travaux de la Mission, ceux de la spécialité de mécanicien étaient mis pour emploi à bord de la Recherche.

Un maître mécanicien était en service à terre, dirigeait le secrétariat.

Les spécialistes de transmission travaillaient sur travaux à la mer et à leur rédaction, manœuvraient et mécaniciens étaient mis pour emploi à bord de la Recherche.

Le personnel du contingent, très mobile avec un tour annuel de rotation de 123 jours, après avoir reçu sur la base une formation d'opérateur, était employé comme chauffeur, secrétaire, dessinateur, portier, aide-rédacteur, aide-topographe.

a) Personnel civil

Jusqu'en janvier 1983, un chef de travaux était responsable ainsi que les laboratoires d'électronique. Les travaux de topographie étaient confiés à un technicien à statut civilier qui travaillait en liaison étroite avec les hydrographes.

Le chef de travaux à terre du contingent 1983, pour l'année 1983, avait effectué 10 et 20 selon les années.

ANNEXE « A »

Calendrier global de l'activité des bâtiments de la MOM du 1^{er} juin 1981 au 15 octobre 1983

1. — *Origny*

du 01.06.81 au 05.07.81 : Golfe du Lion ⁽¹⁶⁾
 du 06.07.81 au 04.08.81 : IE
 du 05.08.81 au 30.09.81 : Golfe du Lion
 du 01.10.81 au 19.10.81 : IA puis IE
 du 20.10.81 au 27.12.81 : Golfe du Lion
 du 28.12.81 au 08.03.82 : IE, entraînement puis IA
 du 09.03.82 au 28.03.82 : Golfe du Lion
 du 29.03.82 au 03.05.82 : IA puis IE
 du 04.05.82 au 30.06.82 : Golfe du Lion ⁽¹⁷⁾
 01.07.82 : Désarmement

2. — *La Recherche*

du 01.06.81 au 30.07.81 : Corse
 du 31.07.81 au 24.08.81 : IE
 du 25.08.81 au 04.11.81 : Corse
 du 05.11.81 au 14.02.82 : IPER
 du 15.02.82 au 25.02.82 : Corse
 du 26.02.82 au 15.03.82 : IE

⁽¹⁶⁾ En juin 1981, une semaine d'hydrologie au profit de l'Ecole des hydrographes.

⁽¹⁷⁾ En juin 1982, une escale à Barcelone.

du 16.03.82 au 23.04.82 : Corse ⁽¹⁸⁾
 du 24.04.82 au 18.05.82 : IE
 du 19.05.82 au 29.07.82 : Camargue, Languedoc ⁽¹⁹⁾
 du 30.07.82 au 24.08.82 : IE
 du 25.08.82 au 30.09.82 : Languedoc
 du 01.10.82 au 17.10.82 : IE
 du 18.10.82 au 09.12.82 : Languedoc ⁽²⁰⁾
 du 10.12.82 au 29.03.83 : IE, IA ⁽²¹⁾
 du 30.03.83 au 28.07.83 : Languedoc ⁽²²⁾
 du 29.07.83 au 24.08.83 : IE
 du 25.08.83 au 15.10.83 : Corse

3. — *Gazelle*

du 16.06.81 au 09.09.81 : Golfe du Lion
 du 28.06.82 au 17.09.82 : Golfe du Lion
 du 19.08.83 au 16.09.83 : Golfe du Lion

⁽¹⁸⁾ En avril 1982, une escale à Civita Vecchia et une journée au profit de la préparation militaire.

⁽¹⁹⁾ Le 14 juillet 1982, revue navale à Toulon par le Président de la République.

⁽²⁰⁾ En décembre 1982, une escale à Palma.

⁽²¹⁾ En mars 1983, deux journées au profit de la Préparation militaire et une escale à Bizerte; une Gebco B 1000⁶² pendant le transit de Toulon à Bizerte.

⁽²²⁾ En juillet 1983, un levé bathymétrique d'une semaine au large de l'île du Levant et de 4 jours dans le Golfe du Lion.

ANNEXE « A »

ANNEXE « B »

Liste des ingénieurs et des commandants d'unité

1. — *Mission*

ICA Habert,
IETA AIRAUDO jusqu'en septembre 1982, puis
IETA LE VISAGE,
IETA PELLE à partir de septembre 1982,
IPA ROUDAUT à partir d'octobre 1983.

2. — *Origny*

Capitaine de Corvette ELIE-LEFEBVRE jusqu'en
juillet 1981, puis LACOSTE jusqu'au désarmement
le 1^{er} juillet 1982.

3. — *La Recherche*

Officier Principal des Equipages MARTIN jusqu'en
septembre 1982 puis Lieutenant de Vaisseau (S)
LATIL.

4. — *Gazelle*

Majors VOLEAU et GUICHARD en 1981 et 1982,
Majors LAURENT et BOUCHER en 1983.

5. — *Base de la mission*

Officier en Chef des Equipages GOUDE jusqu'en
janvier 1982,
Enseigne de Vaisseau (S) CECCHINI de janvier à
mai 1982,
Officier Technicien de 1^{re} classe BERDER à partir
de mai 1982.

ANNEXE « C »

Signification des sigles rencontrés dans le texte

AF	: approvisionnements de la Flotte
AH	: annales hydrographiques
AMF	: atelier militaire de la Flotte
BSR	: bâtiment de soutien de région, type <i>Gazelle</i>
BVC	: budget de vie courante
CABLEM	: centre administratif des bâtiments légers de la Méditerranée
CAG	: contrôle automatique de gain
CM	: chasseur de mines, type <i>Vinh Long</i>
CEM	: centre d'essais de la Méditerranée
CEPMAN	: centre d'études pratiques du matériel naval
DCAN	: direction des constructions et armes navales
ECAN	: établissement des constructions et armes navales
EPSHOM	: établissement principal du service hydrographique et océanographique de la Marine
GISMER	: groupe d'intervention sous la mer
HCC	: habillement couchage casernement
IA	: ingénieur de l'Armement
IA	: indisponibilité accidentelle
ICA	: ingénieur en chef de l'Armement
IDG	: indicateur droite-gauche
IE	: indisponibilité pour entretien

IETA	: ingénieur des études et techniques d'armement
IGN	: institut géographique national
IPA	: ingénieur principal de l'Armement
IPER	: indisponibilité périodique
NTF	: nouvelle triangulation française
MGP	: moyens généraux et parcs
MHA	: mission hydrographique amphibie
MHD	: mission hydrographique de dragage
MHCI	: mission hydrographique de circonscription de l'Océan Indien
MOA	: mission océanographique de l'Atlantique
MOM	: mission océanographique de Méditerranée
NUBS 12A	: sondeur de petits fonds Atlas ou DESO 10
NUBS 12C	: sondeur de petits fonds Atlas, avec base hors-bord
NUBS 13A	: sondeur de grands fonds Elac
NUBS 15A	: sondeur Atlas, portée 1 500 m ou DESO 20
NUBS 15B	: sondeur Atlas avec supplément ou DESO 20 grands fonds
PPA	: pleine période d'activité
TRPP 11	: émetteur-récepteur VHF
TRPP 13	: émetteur-récepteur VHF
TRMM 3A	: émetteur-récepteur HF

Chapitre II

MÉTHODES ET ÉQUIPEMENTS

L'activité de la Mission, pendant la période 1981-1983, était essentiellement orientée vers la bathymétrie et la topographie. La MOM disposait des équipements et employait les méthodes en usage au SHOM. A partir de la fin de 1983, elle a pris part, en liaison avec l'EPSHOM, au développement des méthodes informatiques appliquées à l'acquisition et au traitement des données de localisation à la mer et de bathymétrie. Elle a également porté une attention particulière à la maintenance et à la mise en œuvre du système de radiolocalisation Trident.

1. — GÉODÉSIE ET TOPOGRAPHIE

L'objet essentiel des travaux de géodésie était le rattachement à la NTF de stations de radiolocalisation ou de visées optiques, d'amers et, exceptionnellement, de points complémentaires d'extension à la côte du réseau géodésique.

Les méthodes classiques de la géodésie expédiée ont été largement utilisées et le couple théodolite Wild T2 — géodimètre AGA 14 a fait preuve de sa souplesse d'emploi. Les points déterminés sur le terrain répondaient aux normes du cinquième ordre. Les altitudes ont été déterminées au mètre près.

Toutefois, les coordonnées de quelques amers, dont le rattachement aurait requis de laborieuses opérations, ont été déterminées à partir de la restitution des couvertures photographiques de l'IGN à l'aide d'un restituteur SOM Stéréoflex, ou encore par simple piquage des feuilles au 1/25 000 de cet institut. L'ordre 7 leur a été attribué.

Les travaux de topographie ont porté sur la partie côtière qui constitue l'interface entre la zone maritime, relevant de la bathymétrie, et la terre proprement dite, dont l'étude n'est pas du ressort de l'hydrographe.

Ilots, roches côtières, bancs et récifs découverts ou faiblement immergés, plages, avancées rocheuses, éboulis, marécages, dunes, ouvrages portuaires, épis, balisage et, bien entendu, le trait de côte ont fait l'objet du levé topographique.

Les minutes de topographie ont été dessinées en restituant, à l'aide du restituteur Stéréoflex, les couvertures aériennes de l'IGN. La méthode sans photos a été parfois employée pour combler les insuffisances locales des photos aériennes.

Les précautions suivantes ont été prises pour conserver à la restitution sa valeur planimétrique :
— le plan d'eau a été adopté comme « plan neutre »,

— les points de calage ont été choisis au bord de la mer, d'altitude faible ou nulle, répartis de façon homogène et en nombre redondant. Le recouvrement des calques de restitution témoignait de la qualité du tracé et il n'a jamais été recouru au procédé du cheminement photogrammétrique.

Dans les cas où, localement, l'examen du modèle plastique était insuffisant pour interpréter certaines zones un peu complexes, les calques de restitution ont été complétés, à l'aide d'un restituteur optique Bausch et Lomb, de tous les détails intéressants sur les roches, le trait de côte, la nature du terrain...

Un soin tout particulier a été apporté à l'examen des roches côtières au stéréoscope.

Les minutes ont été complétées sur le terrain en cotant, au cours de séances de topographie de roches, les hauts fonds issus des photos aériennes et en mettant à jour la représentation des ouvrages portuaires.

Pour tirer le meilleur parti de l'information portée sur les photos et comparer les levés bathymétriques et topographiques à leur jonction, les minutes de topographie ont été rédigées à l'échelle du 1/10 000.

Enfin l'altitude d'ilots et d'amers, quand elle n'avait pas été déterminée sur le terrain, l'a été à partir de l'examen du modèle plastique en se limitant à une précision du mètre.

2. — DÉTECTION SOUS-MARINE

La répartition des sondeurs entre les unités de la Mission est résumée ci-dessous.

— A bord de l'*Originy*; un DESO 10, un Raytheon et un Elac; au désarmement de ce bâtiment, le DESO 10 et l'Elac ont été remis à la DCAN de Toulon, le Raytheon a été destiné à *La Recherche*.

— A bord de *La Recherche*; six DESO 10 (un par vedette, un dans la chambre des cartes, deux en rechange), un Elac. Pendant l'IE 1982-1983, le sonar DUBA 1 a été débarqué, ainsi que le DESO 10 de la chambre des cartes et l'Elac. Un NUBS 15A avec compensateur de houle, un NUBS 15B et un Raytheon ont été installés.

— Dans le conteneur; un DESO 10, un Elac.

— A la base de la Mission; un DESO 10 avec base hors-bord, deux sondeurs latéraux Edgerton avec un câble de 150 mètres connecté sur prise jupiter et deux câbles de 50 mètres.

Un poisson de sondeur latéral a été perdu en juin 1981 au cours d'une séance d'entraînement avec l'*Originy* au large de La Ciotat, par 80 mètres

de fond. Des recherches entreprises en novembre avec le concours du GISMER sont restées infructueuses.

A l'occasion d'un levé au Sud du Levant avec *La Recherche*, en juillet 1983, il est apparu que la vitesse de déroulement du papier du sondeur Raytheon ne pouvait pas être réglée à la valeur compatible avec l'échelle de la rédaction, en l'occurrence du 1/10 000 et un top toutes les minutes. Un boîtier d'interface a été réalisé par le laboratoire d'électronique, en vue de :

- régler à la demande la vitesse de déroulement du papier entre 2 et 45 cm/min, indépendamment du programme affiché.

- recevoir et visualiser des signaux en fac-similé, en particulier les bulletins météorologiques

- a) vitesse de déroulement du papier. Elle dépend, dans la configuration standard, de l'enregistreur, du programme et de la gamme choisis, et elle est insuffisante dans le cas des levés à grande échelle.

Un oscillateur extérieur bâti autour d'un circuit intégré délivre, après adaptation, des impulsions dont la fréquence est comprise entre 8 et 180 Hz, correspondant à une vitesse de déroulement du papier comprise entre 2 et 45 cm/min. Sa variation est continue et commandée à l'aide d'un potentiomètre et d'un commutateur.

- b) réception en fac-similé. Associé à un récepteur de bonne qualité et à un démodulateur, l'enregistreur universel LSR 1811 Raytheon accepte, avec une haute définition, les signaux en fac-similé.

Le récepteur était un RRTM 2 en service dans la Marine. La fréquence intermédiaire (FI) était dirigée, après adaptation, vers un circuit démodulateur utilisant le principe de la boucle à verrouillage de phase. Les signaux démodulés de faible amplitude étaient amplifiés, filtrés, mis en forme et adaptés à l'enregistreur.

Les commandes de l'enregistreur sont :

- « Depth check » et « manual phase », pour la mise en phase du signal en accélérant ou en ralentissant la vitesse de balayage.

- « lines in » pour l'indice de coopération.

« lines in » sur 50 pour un indice de 288 et sur 100 pour un indice de 576.

- « sec/scan » sur 0,5 soient 120 balayages par minute.

Le graphisme, sur l'enregistrement brut, est renversé du fait que, en configuration standard, les styles défilent de gauche à droite. Le constructeur a prévu une option avec défilement de droite à gauche.

Le circuit a été monté dans un coffret de dimensions 15 x 8 x 6 cm connecté sur l'embase J2 de l'enregistreur. Trois commandes sont disponibles sur ce boîtier :

- un inverseur pour le choix entre les fonctions sondeur et fac-similé.

- un potentiomètre et un commutateur pour la vitesse de déroulement du papier.

Tous les signaux entrent par la prise J2, si bien que le mécanisme interne de l'enregistreur n'a pas été modifié.

Signalons enfin qu'une réglette de dépouillement des enregistrements Raytheon a été fabriquée sur demande de la Mission. Elle porte trois échelles de graduations. Les unes se superposent aux marques de temps des bandes; avec les deux autres, la lecture est directe pour les gammes 0-375 m et 0-750 m, la célébrité du son étant de 1 500 m/s.

3. — LE SYSTÈME DE RADIOLOCALISATION TRIDENT

En juin 1981, le parc Trident comprenait :

- huit balises Trident III, en service depuis 1980-1981. L'une d'entre elles, perdue par fortune de mer en juillet 1981 à la pointe Senino, en Corse occidentale, a été remplacée en février 1982.

- trois interrogateurs Trident III, en service depuis 1980. Un quatrième interrogateur a été livré en mai 1983.

- trois interrogateurs Trident II, en service depuis 1977. Ces interrogateurs Trident II ont été maintenus en service à bord de l'*Origny* jusqu'à son désarmement en juillet 1982, et à bord de la *Gazelle* jusqu'à la campagne SHOM 1982 incluse.

La mise en œuvre d'une chaîne de radiolocalisation Trident comprend plusieurs phases :

- le choix de sites favorables du point de vue de la propagation des ondes électromagnétiques et de la géométrie des réseaux.

- l'implantation de station en milieu hertzien.

- leur alimentation.

- la maintenance de la chaîne

Quand, après avoir étudié au bureau l'installation d'une chaîne, les équipes de reconnaissance se rendaient sur le terrain, elles n'étaient pas surprises de constater que les sites hauts et bien dégagés, et donc retenus a priori, étaient déjà occupés par des stations d'émission et de réception; ainsi, sur la côte du Languedoc-Roussillon, les Alpilles, Força Réal, Torre Blanc, la Madeloc...

Il fallait donc, avant toute tentative d'installation provisoire d'une balise, observer son comportement dans le milieu hertzien du site. Cela était réalisé en deux phases.

La première avait pour objet de rechercher si des installations en place perturbaient la réception de la balise, ou déclenchaient des émissions de code intempestives. L'antenne, érigée avec son coaxial, était connectée sur un analyseur spectral comprenant :

- une fenêtre donnant du spectre radioélectrique
- une fenêtre entre 1 MHz et 1,8 GHz. Ainsi, un

émetteur sur la fréquence de réception de la balise était rapidement décelé.

— une loupe à travers laquelle le spectre était analysé de façon très fine, avec une définition de 30 Hz.

Si ces deux premiers tests n'étaient pas défavorables à l'installation envisagée, la balise était connectée sur son antenne et son comportement dans le bruit généré par les émetteurs voisins était observé. A des signaux aléatoires issus de ce bruit et reconstituant son code, la balise aurait répondu avec les mêmes aléas.

Pendant la deuxième phase, la balise, excitée par un simulateur, rayonnait normalement. Les usagers du site, invités pour la circonstance, observaient leurs équipements pour s'assurer qu'ils n'étaient pas perturbés.

Ces deux phases étaient indispensables et, en les négligeant, le risque aurait été grand de ne pas avoir de réception dans la zone du levé, ou encore d'être prié de « dégager » dans les meilleurs délais.

Les balises Trident III sont alimentées sous 24 V

— soit sur le secteur, directement à travers une boîte d'alimentation qui délivre 24 V régulés, ou, si le secteur n'est pas fiable, à travers un chargeur et des batteries en tampon.

— soit sur deux batteries en série de 100 Ah/12 V, à recharger toutes les quarante huit heures.

Cette servitude a incité la Mission à réaliser une alimentation conçue pour qu'une balise prélève l'énergie nécessaire à son fonctionnement :

— soit sur le secteur, directement ou à travers des batteries.

— soit sur le soleil, à l'aide de panneaux solaires connectés sur des batteries.

Cette alimentation se présente sous la forme d'un boîtier en métal léger, résistant à la corrosion, étanche et refroidi par convection naturelle. Sa manipulation est commode et elle s'insère dans le conteneur de la balise.

Elle délivre, à partir du secteur 220 V $\pm$ 20 %, une tension régulée de 24 V. Les batteries sont chargées à courant constant et leur charge est régulée automatiquement de façon que la capacité et la tension soient maintenues entre des limites acceptables. Six exemplaires ont été construits avec concours de l'AMF de Toulon.

Ayant reçu deux panneaux solaires Motorola ⁽²³⁾, la Mission a procédé, de mars à mai 1983, à l'évaluation de leur bilan énergétique. Montés en parallèle et installés face au sud sur une terrasse ensoleillée de l'arsenal de Toulon, ils alimentaient, sous une tension nominale de 12 V et à travers une batterie de 100 Ah/12 V, une charge résistive équivalente à une balise et parcourue par un courant voisin de 2 A.

⁽²³⁾ Puissance nominale 40 W, dimensions 120 x 34 cm, poids 5,8 kg.

Il est rappelé qu'une balise Trident est alimentée sous 24 V et consomme environ 2 A en émission, 1,75 A en veille.

Fonctionnant douze heures par jour et stoppée pendant la nuit, elle requiert une énergie de 576 Wh par jour.

Pendant les essais, au début du printemps de 1983, la moyenne journalière de la capacité délivrée par les panneaux a été légèrement inférieure à 20 Ah. Une capacité de 24 Ah correspond à un bilan nul des batteries.

Dans le tableau ci-dessous, est indiqué le bilan énergétique, pour une batterie de 100 Ah, avec des durées d'émissions de 24 et 12 h par jour et des capacités de 20, 15 et 25 Ah délivrées par les panneaux.

Durée d'émission en heure par jour	Consommation de la balise en Ah	Déficit de la batterie en Ah	Période d'autonomie en j	Débit des panneaux en Ah
24	48	- 28	3,5	20
12	24	- 4	25	20
12	24	- 9	11	15
12	24	+ 1	illimitée	25

Ces chiffres ont été confirmés par les essais, comme le montre le tableau ci-dessous des résultats de trois semaines.

Alimentation d'une balise Trident à partir de panneaux solaires Bilan de trois semaines d'évaluation

Date	Conditions météo	Charge journalière débitée par les panneaux en Ah	Energie fournie sous 12 V en Wh
22 fév. 83	Couvert	8,5	102
23	Bruine	4,2	51
24	Pluie	2,1	25
25	Pluie	1,3	16
26	Couvert	2,5	30
27	Clair	30,9	371
28	Peu nuageux	28,1	337
1 ^{re} semaine		11,1 Ah/jour	133 Wh
1 ^{er} mars	Clair	21,5	258
2	Clair	26,4	317
3	Clair	28,9	347
4	Peu nuageux	21,7	261
5	Peu nuageux	16,9	203
6	Clair	28,5	342
7	Clair	24,7	297
2 ^e semaine		24,1 Ah/jour	289 Wh
8	Passages nuageux	14,3	171
9	Passages nuageux	24,6	295
10	Couvert	14,0	168
11	Couvert	19,8	237
12	Couvert	20,9	250
13	Peu nuageux	28,2	338
14	Couvert	8,3	99
3 ^e semaine		18,6 Ah/jour	223 Wh
Moyenne journalière sur trois semaines		17,9 Ah/jour	215 Wh

A partir de juin 1983, une station Trident alimentée par quatre panneaux solaires Motorola a été installée dans le massif de la Clape près de Narbonne. Les panneaux, montés en série-parallèle, alimentaient sous 24 V une balise à travers deux batteries de 100 Ah/12 V, elles-mêmes chargées à travers une alimentation. Les embarcations en levé côtier n'opérant que de jour, le circuit de décharge des batteries était coupé pendant la nuit à l'aide d'une horloge. Deux batteries, couplées en parallèle sur les deux premières, jouaient le rôle de volant d'énergie, en se rechargeant par temps ensoleillé, et se déchargeant par ciel couvert.

Par la suite, l'horloge et le capteur solaire ont été remplacés par un programmeur qui, inséré dans le circuit d'alimentation de la balise, était réglé, à l'intérieur d'un cycle d'une semaine, de façon que la balise n'émette que pendant les heures d'utilisation. Ce programmeur a été conçu et réalisé en trois exemplaires par le laboratoire d'électronique de la Mission; ses fonctions et

sa technologie s'inspirent de ceux qui équipent les magnétoscopes du commerce.

La station solaire de la Clape a fonctionné pendant quatre mois, jusqu'à la fin de septembre 1983, en autonomie complète et sans incident.

Enfin, pour faire face aux problèmes d'alimentation rencontrés en Corse, où les balises étaient souvent installées sur des pointes ou des pitons d'accès difficile, le laboratoire d'électronique de la Mission a réalisé un convertisseur 12/24 V. La manipulation de batteries lourdes et fragiles a ainsi été limitée au minimum; une station Trident pouvait être armée par une seule batterie de 100 Ah/12 V, avec une autonomie d'une journée et demi, très suffisante sur une côte aussi découpée que celle de la Corse occidentale où une station ne restait jamais longtemps en activité.

Une fois par an, pendant l'IE hivernale des bâtiments, les chaînes Trident étaient désarmées et l'ensemble des interrogateurs et des balises était rassemblé en vue d'une visite complète au

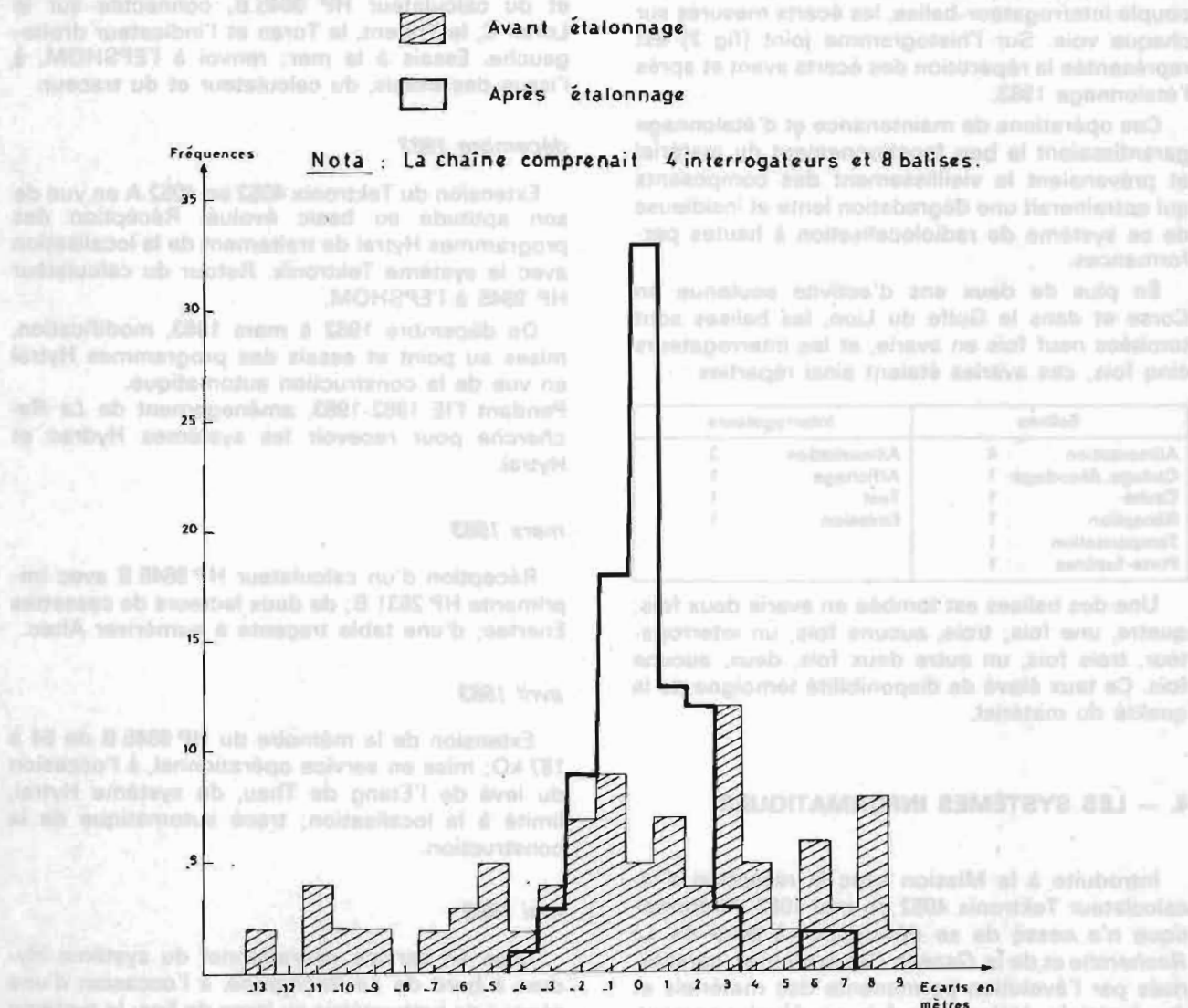


FIG. 2. — Etalonnage de la chaîne Trident III. 1983. Répartition des erreurs avant et après étalonnage.

laboratoire et d'une séance d'étalonnage sur base géodésique.

La maintenance au laboratoire portait sur :

- les aériens et les câbles axiaux examen et réparation des coaxiaux, fragiles et éprouvés par de nombreuses manipulations et un environnement climatique sévère; vérification du taux d'ondes stationnaires (TOS).

- les interrogateurs et balises mesure de la durée des impulsions; de la puissance de crête; de la fréquence d'émission à l'aide d'un ondemètre à absorption; bilan de la liaison; mesure du TOS d'alarme; réglage des impulsions à l'aide d'un analyseur spectral.

- l'examen et la réfection des prises et du câblage, toujours en mauvais état après de nombreuses manipulations.

Au cours de la séance d'étalonnage sur une base géodésique de 17 km entre le Sémaphore du Cap Bénat et la pointe de la Badine, les réglages étaient repris de façon à minimiser, pour chaque couple interrogateur-balise, les écarts mesurés sur chaque voie. Sur l'histogramme joint (fig. 2) est représentée la répartition des écarts avant et après l'étalonnage 1983.

Ces opérations de maintenance et d'étalonnage garantissaient le bon fonctionnement du matériel et prévenaient le vieillissement des composants qui entraînerait une dégradation lente et insidieuse de ce système de radiolocalisation à hautes performances.

En plus de deux ans d'activité soutenue en Corse et dans le Golfe du Lion, les balises sont tombées neuf fois en avarie, et les interrogateurs cinq fois; ces avaries étaient ainsi réparties :

Balises	Interrogateurs
Alimentation : 4	Alimentation : 2
Codage, décodage : 1	Affichage : 1
Cavité : 1	Test : 1
Réception : 1	Emission : 1
Temporisation : 1	
Porte-fusibles : 1	

Une des balises est tombée en avarie deux fois; quatre, une fois; trois, aucune fois; un interrogateur, trois fois, un autre deux fois, deux, aucune fois. Ce taux élevé de disponibilité témoigne de la qualité du matériel.

4. — LES SYSTÈMES INFORMATIQUES

Introduite à la Mission avec la réception d'un ordinateur Tektronix 4052 en mai 1982, l'informatique n'a cessé de se développer à bord de *La Recherche* et de la *Gazelle*. Ces systèmes, caractérisés par l'évolution permanente des matériels et des logiciels, étaient à la fois en développement, en essais et en usage opérationnel, comme en témoigne le calendrier suivant :

mai 1982

Réception d'un ordinateur Tektronix 4052, d'une imprimante Tektronix 4641, d'une unité de disquettes 4907. Prise en charge des calculs de routine.

octobre 1982

Réception d'une table traçante Benson 1313 et d'un dérouleur de bandes magnétiques Pertec. Tracé des carroyages et des réseaux de radiolocalisation sur les projections.

novembre 1982

Réception d'un ordinateur HP 9845 B, d'un traceur HP 9872, d'un coffret d'hydroboucle et d'un indicateur droite-gauche (IDG). Installation provisoire à bord de *La Recherche* du système Hydrac organisé autour de l'hydroboucle et du calculateur HP 9845 B, connectée sur le Loran C, le Trident, le Toran et l'indicateur droite-gauche. Essais à la mer; renvoi à l'EPSHOM, à l'issue des essais, du calculateur et du traceur.

décembre 1982

Extension du Tektronix 4052 en 4052 A en vue de son aptitude au basic évolué. Réception des programmes Hytrai de traitement de la localisation avec le système Tektronix. Retour du calculateur HP 9845 à l'EPSHOM.

De décembre 1982 à mars 1983, modification, mises au point et essais des programmes Hytrai en vue de la construction automatique.

Pendant l'IE 1982-1983, aménagement de *La Recherche* pour recevoir les systèmes Hydrac et Hytrai.

mars 1983

Réception d'un ordinateur HP 9845 B avec imprimante HP 2631 B; de deux lecteurs de cassettes Enertec; d'une table traçante à numériser Altec.

avril 1983

Extension de la mémoire du HP 9845 B de 64 à 187 kO; mise en service opérationnel, à l'occasion du levé de l'Etang de Thau, du système Hytrai, limité à la localisation; tracé automatique de la construction.

mai 1983

Mise en service opérationnel du système Hydrac à bord de *La Recherche*, à l'occasion d'une séance de bathymétrie au large de Fos; le système était connecté sur le Trident et le Toran, avec calculateur HP 9845.

juin 1983

Aménagement du conteneur du SHOM pour recevoir le système Hydrac.

juillet 1983

Réception de l'Hydrac du conteneur, comprenant un ordinateur HP 85, une imprimante Epson, un coffret d'hydroboucle, un IDG, une centrale Hydest et une station d'affichage.

Réception d'un deuxième ordinateur Tektronix 4052, d'une unité de disquettes 4907 et d'une imprimante 4641.

août 1983

Mise en service opérationnel du système Hydrac de la *Gazelle* pendant la campagne SHOM 1983.

Mise au point d'un programme de traitement, sur Tektronix 4052, des données de courantométrie Suber.

Sur ordinateur Tektronix, numérisation de la sonde et de la marée; acquisition de la sonde réduite; fusion des chaînes de traitement de la localisation et de la sonde; essais d'automatisation de l'écriture.

septembre 1983

Mise en service du système Hytraï, limité à la localisation, sur ordinateur Tektronix. Retour à l'EPHOM du système HP 9845 B. La Mission est reconvertie en Tektronix.

Les systèmes Hydrac et Hytraï, dans leur version 1982-1983, sont présentés ci-dessous.

a) le système Hytraï

Le système Hytraï organisé autour de deux ordinateurs, un HP 9845 et un Tektronix 4052, et limité au traitement de la localisation, a été, à partir du levé de l'Etang de Thau en avril 1983, mis en service opérationnel et utilisé depuis cette époque.

Les données de localisation recueillies en embarcation avec la méthode traditionnelle étaient acquises, en temps différé et en suivant l'avancement des travaux, sur HP 9845. L'ensemble du levé était ainsi acquis, séance par séance, profil par profil et top par top. Les valeurs introduites dans le ordinateur étaient contrôlées, top par top, au cours de l'acquisition et l'opérateur disposait des éléments suivants pour valider ou invalider les tops :

- visualisation à grande échelle du chapeau sur l'écran,
- impression des résidus de chaque station et de la vitesse entre deux tops successifs,
- visualisation à petite échelle de la séance sur l'écran.

Les fichiers de localisation ainsi constitués à bord sur cassettes HP étaient alors, après validation, transcrits sur cassettes Enertec, celles-ci jouant un rôle d'interface entre les deux calculateurs. A terre, à la base de la Mission, les cassettes Enertec étaient ensuite transcrites sur disquettes Tektronix, elles-mêmes lues par le ordinateur Tektronix, dernière étape avant le tracé des projections de construction à l'aide de la table traçante Benson. Enfin, les disquettes Tektronix étaient transcrites, par l'intermédiaire d'un dérouleur Pertec, sur bandes magnétiques Pertec pour archivage.

Cette méthode, qui comprenait plusieurs manipulations et pouvait paraître quelque peu laborieuse, a apporté une amélioration considérable par rapport aux procédés antérieurs. Elle n'est pas figée et évolue avec les systèmes informatiques dont est dotée la Mission qui, à partir de septembre 1983, a été reconvertie en matériel Tektronix. Il n'y avait plus dès lors à transférer les données du ordinateur HP 9845 vers le Tektronix 4052; plus de transcodage, ni de report des cassettes HP vers l'Enertec et les disquettes; acquisition directe sur les disquettes, au lieu des cassettes.

b) Le système Hydrac

Le système Hydrac embarqué à bord de *La Recherche* en mai 1983 comprenait :

- l'hydroboucle proprement dite, composée de deux modules. Elle acquérait l'heure, les valeurs délivrées par des récepteurs de radiolocalisation⁽²⁴⁾ et commandait un indicateur droite-gauche (IDG),
- un ordinateur HP 9845 B, chargé en temps réel :
 - du calcul des coordonnées des stations,
 - de l'archivage des tops,
 - de la visualisation sur écran de la séance en cours,
- une imprimante HP 2634, à l'aide de laquelle était édité un journal de bord.

Lors d'une séance hydrobouclée, la mise en œuvre du système comprenait deux phases :

a) l'initialisation du programme :

L'hydroboucle était calée en heure; les stations Trident et Toran en service étaient mises en mémoire, à partir d'un fichier de radiolocalisation conservé sur cassettes; un numéro d'ordre, une précision et des corrections éventuelles (étalonnage...) étaient affectés à chaque lieu. Il était possible d'acquérir jusqu'à six lieux dans l'ordre de leur numérotage.

L'opérateur répondait ensuite à une série d'ordres et de questions posées par le ordinateur :

- un tracé est-il demandé sur traceur HP 9872 ?

⁽²⁴⁾ Un récepteur Loran C, un interrogateur Trident, deux récepteurs Toran.

- définir le fichier d'archivage sur cassette
- quelle est la cadence d'acquisition des valeurs ? (> 10 s avec quatre lieux Trident et trois lieux Toran)
- quelle est la cadence des tops ?
- quelles sont les coordonnées du point approché pour démarrer le calcul ?
- définir le premier profil à suivre par ses coordonnées de début et de fin.

L'archivage, la visualisation et le tracé étaient alors entrepris.

b) l'exécution de la séance :

La localisation était acquise et traitée en temps réel tandis que le déroulement de la séance était suivi en permanence sur l'écran qui était régénéré à la cadence de l'acquisition des valeurs. Étaient ainsi affichés en haut de gauche à droite : (fig. 3)

- la valeur, gauche ou droite, par rapport au profil ou à la route nominale à suivre; la distance restant à parcourir avant le début du profil ou, sur profil, la distance restant à courir avant la fin. La valeur de l'écart est répétée sur l'IDG de l'homme de barre.
- l'heure
- la valeur corrigée des lieux, dans l'ordre de leur numérotage, avec les résidus par rapport au point adopté
- les coordonnées rectangulaires de la station acquise.

Sur fond de carroyage rectangulaire, le profil ordonné était représenté en pointillé, la route de chasse en tireté et la route suivie en trait plein; le

point de début de profil marqué par une croix clignotante.

Sur profil, l'échelle pouvait varier, au gré de l'opérateur, de façon à représenter la position et le tronçon de profil en cours et le carroyage glissait automatiquement pour que l'action reste en permanence représentée à l'intérieur des limites de l'écran.

En chasse, l'échelle était déterminée automatiquement en sorte que le spot bâtiment et le point à chasser soient vus en même temps.

En cours de séance, l'opérateur avait toute latitude pour introduire un nouveau réseau, en répéter un ancien, changer la numérotation des lieux, modifier leur précision, apporter des corrections, répéter des tops, changer la cadence d'acquisition et la fréquence des tops, interrompre un profil, en ordonner un autre...

En fin de profil, l'archivage et le tracé étaient interrompus et la route du bâtiment conservée sur l'écran.

Le calculateur était manipulé, en séance hydro-bouclée, uniquement à partir des claviers numériques et alphabétiques ainsi que des touches « key », génératrices d'interruption de programme.

Après la séance, les cassettes étaient relues, certaines valeurs éventuellement corrigées, des corrections d'étalonnage adoptées, des points recalculés, entraînant la création d'un fichier corrigé. C'est à cette phase de la rédaction qu'entrait en scène le système Hytrai, avec en final le tracé de projections de construction et l'archivage

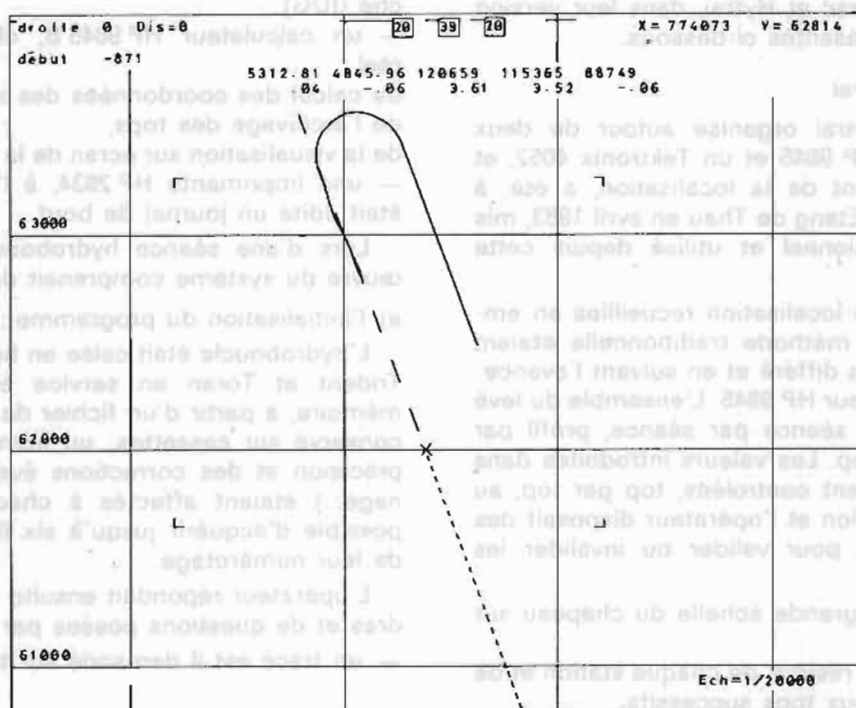


FIG. 3. — Le Système Hydrac. 1983. Suivi de la séance sur l'écran du calculateur HP 9845.

définitif sur bandes magnétiques Pertec.

Pendant une séance de bathymétrie du 19 au 21 mai 1982 avec *La Recherche*, la zone sondée, sur la chute du plateau continental au large de Fos, était recouverte par trois lieux Trident à des distances de 70 à 130 km, et les deux réseaux de la chaîne Toran de Méditerranée.

Pendant la majeure partie de la séance, quatre de ces cinq lieux ont été acquis en même temps. A l'occasion de cette courte séance, les utilisateurs ont pu se convaincre de la souplesse et de la puissance du système Hytraï avec lequel :

- la radiolocalisation était acquise et contrôlée automatiquement et en temps réel,
- les profils à suivre, segments de droite définis par le directeur technique, étaient affranchis de la géométrie des réseaux de radiolocalisation,
- affranchi du tracé préalable des cartes, l'hydrographe pouvait faire appel comme il le désirait à tous les réseaux qui recouvraient la zone de recherches,
- la séance n'était pas interrompue lorsqu'un réseau décrochait, en particulier le guide,
- l'action en cours était contrôlée en permanence sur l'écran du calculateur. A bord de *La Recherche*, l'officier de quart pouvait observer cet écran, situé en retrait de l'abri de navigation. Les prises de profils étaient faciles,
- le calage d'un réseau Toran, quasi automatique, était très commode etc.

Le système Hydrac de la *Gazelle*, plus simple que celui de *La Recherche*, comprenait une hydroboucle dans laquelle s'insérait un calculateur HP 85, un IDG, le Trident et le Toran. Sur un écran à plasma distinct de celui du calculateur étaient affichés la valeur du prochain profil, le cap moyen et la distance à parcourir avant la fin du profil en cours.

Le programme Hydrac prenait en charge l'acquisition et le traitement en temps réel des valeurs Trident et Toran ainsi que la gestion des capteurs à partir d'une centrale de topage Hydest.

5. — PHOTOGRAPHIE

Pour photographier les amers et les observatoires de marée, prendre des vues de côtes et alimenter sa photothèque, ouverte en 1981, la Mission disposait de deux appareils réflex 24 x 36, un Minolta SRT 101 et un Minolta X 700, accompagnés d'une gamme d'objectifs, d'un doubleur de focale et d'un zoom 80-200 mm, suffisants pour

faire face à tous les cas d'espèce. Les films à haute sensibilité de 400 ASA, qui donnaient de bons résultats avec un éclairage médiocre, ont été largement employés.

6. — LES TRANSMISSIONS

La Mission était dotée, pour les liaisons entre les bâtiments à la mer et les équipes à terre, et entre les vedettes et leurs stations de visées optiques, de huit émetteurs-récepteurs VHF TRPP 13, de quatre TRVP 13 (un dans le conteneur, un par vedette), de six TRPP 11 et de trois émetteurs-récepteurs HF TRMM 3A⁽²⁵⁾ (un par bâtiment et un à terre).

A partir de 1982, le TRMM 3A installé de façon semi-fixe à terre a été remplacé par un TCR 340, émetteur-récepteur HF portable, et dont l'emploi a considérablement amélioré les liaisons entre *La Recherche*, la *Gazelle*, et leurs équipes à terre. Cet appareil étant installé dans une voiture, les liaisons pouvaient être prises de n'importe quel site et des portées de trois cents kilomètres étaient courantes.

Les équipements standards qui accompagnent les TRPP 13 ne sont pas prévus pour une réception sur haut-parleur, mode de réception commode aussi bien à bord des vedettes qu'en station de visées optiques à terre. Un amplificateur modulaire BF pour TRPP 13 a été conçu et réalisé en huit exemplaires par le laboratoire d'électronique de la Mission. De faibles dimensions (58 x 58 x 16 mm), il s'insère dans le boîtier de piles de l'appareil, et est alimenté par ces mêmes piles. Ainsi ont disparu les inconvénients liés au transport d'un boîtier et de son câblage, aux connexions, à la corrosion, à l'étanchéité. Cet amplificateur est en service depuis 1982.

7. — MARÉE ET COURANTS

La marée était observée à l'aide du marégraphe OTT R16, l'échelle des hauteurs étant de 1/5 et la vitesse de rotation du tambour de un tour par semaine, soit 2 millimètres par heure.

Deux courantomètres Mécaboli ont été employés jusqu'en juin 1983, date à laquelle ils ont été remplacés par deux Suber. Des schémas de lignes de mouillage utilisées en diverses occasions sont insérés dans le chapitre V.

⁽²⁵⁾ Quatre, puis trois après le désarmement de l'*Origny*.

Chapitre III

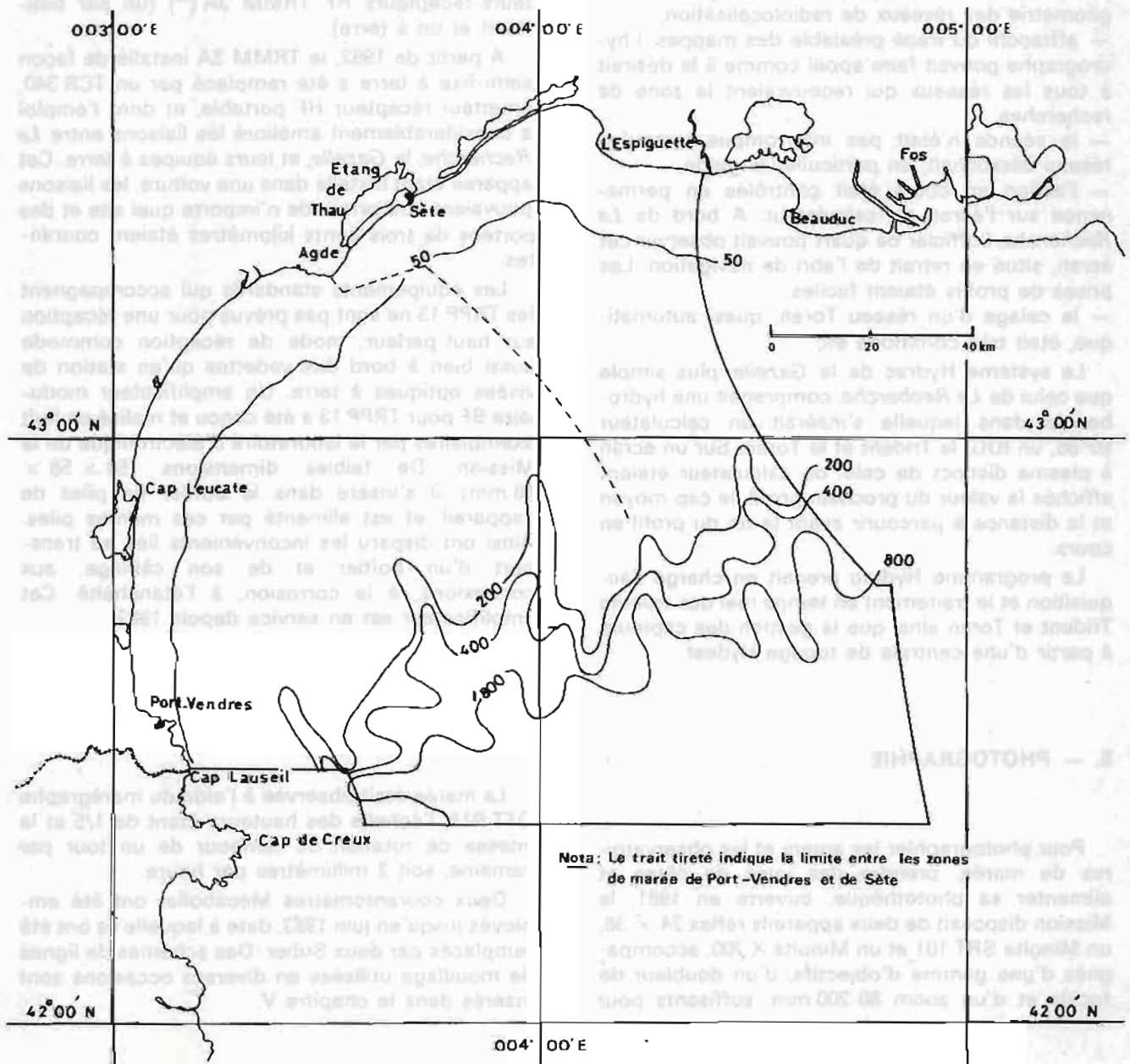
GOLFE DU LION; CÔTES DE CAMARGUE, DU LANGUEDOC ET DU ROUSSILLON

Au programme de la Mission Océanographique de Méditerranée a été inscrit en 1978 le levé du golfe du Lion dont les limites sont les suivantes (Pl. 1) :

- A l'Est, la limite occidentale du levé MOM 1974,
- Au Sud, le parallèle du cap Lauseil jusqu'à l'isobathe 100 m, l'isobathe 100 m elle-même, puis le parallèle 42° 20'.

— A terre, les côtes de Camargue, du Languedoc et du Roussillon, depuis l'embouchure du petit Rhône jusqu'à la frontière espagnole.

Les travaux réalisés entre juin 1981 et juillet 1983, présentés ci-dessous, ont porté essentiellement sur la bathymétrie. Ils ont été complétés par un levé topographique de la bande côtière et une actualisation des amers.



PL 1. — Côtes de Camargue et du Languedoc-Roussillon-Golfe du Lion.

Limites du levé.

1. — LE CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE

Le golfe du Lion est caractérisé par un plateau continental très étendu au large de la Camargue et du Languedoc. A partir du cap Leucate, il se restreint le long du Roussillon et, au pied des Pyrénées, la côte est plus accore. Le talus continental, amorcé à partir des fonds de 120 à 150 mètres, est entaillé par de profonds canyons. Il présente une très forte pente jusqu'aux fonds de 7 à 800 mètres, à partir desquels commencent les fonds abyssaux.

L'ensemble du plateau, jusqu'aux fonds de 400 mètres, est le siège d'une pêche intensive. Tandis que les étangs sont davantage voués à la conchyliculture, ce sont par dizaines que de puissants chalutiers modernes sillonnent en permanence le plateau continental jusqu'à sa chute. La bande côtière de trois milles retient l'attention des pouvoirs publics et, dans la région d'Agde et de Gruissan, des récifs artificiels, protégés du chalutage par des planches enfoncées dans le sol marin, ont été mis en place.

Les côtes de Camargue, du Languedoc et du Roussillon se présentent, jusqu'à Argelès, comme une longue plage de sable qui s'étend sur près de deux cents kilomètres. Elle est seulement interrompue par deux promontoires rocheux, le cap d'Agde et le cap Leucate, deux éminences, les monts Saint-Clair et Saint-Loup, deux ports importants, Sète et Port-la-Nouvelle, et des graus (le Grau-du-Roi, Palavas, le Grau d'Agde, le Grau de Vendres...) qui sont des ports naturels autour desquels se sont développées de petites villes.

De la Camargue au pied des Pyrénées, la côte marque la limite maritime de la grande plaine du Languedoc-Roussillon. Cette côte est basse et les étangs qui la bordent n'en sont séparés que par de minces et fragiles cordons littoraux. Le levé topographique du trait de côte, suivi de la comparaison avec les couvertures aérienne et cartographique de l'IGN et les levés SHOM 1957-1960, a fait ressortir des phénomènes d'amaigrissement et d'engraissement, assez bien connus du Service Maritime et de la navigation du Languedoc-Roussillon, qui les contrarie tant bien que mal en mettant en place des séries d'épis.

Jusque dans les années 1965, la côte du Languedoc-Roussillon était déserte, avec un arrière pays marécageux et envahi par les moustiques. A partir de cette époque, un ambitieux programme d'urbanisme, lié au développement du tourisme et à l'engouement pour les côtes ensoleillées, a été réalisé, et les marais asséchés. De petits ports traditionnellement voués à la pêche sont devenus des villes moyennes dont la population, de quelques milliers d'habitants en hiver, dépasse les cent mille en été. De grands ensembles urbains, la Grande-Motte, Port-Camargue, le Barcarès, Argelès ont été bâtis sur le sable, et reliés par des

autoroutes à grande circulation, dont les vieux bourgs viticoles de l'intérieur restent à l'écart. Ces cités sont désertes en hiver, surpeuplées en été.

Pour abriter les milliers d'unités de la flotte de plaisance, des ports artificiels ont été construits, parmi lesquels Port-Camargue, le cap d'Agde, Valras, Gruissan, le Barcarès...

De juin à septembre, la foule se répand sur les plages et une multitude d'engins flottants est éparpillée le long de la côte. Il est alors exclu d'entreprendre un levé bathymétrique à moins de mille mètres de la terre et, en été, les séances de bathymétrie côtière ont parfois dû être interrompues.

A partir d'Argelès, le paysage change complètement d'aspect et la côte, au pied des Pyrénées, devient accore et rocheuse, avec des baies profondes qui abritent les ports de Collioure, Port-Vendres, Banyuls et Cerbère.

Il faut enfin rappeler que, entre Fos et l'Espagne, trois ports seulement sont accessibles aux grands bâtiments : Sète, Port-la-Nouvelle et Port-Vendres.

Les conditions météorologiques sont caractérisées par une instabilité et de brusques variations, en toutes saisons. Les périodes de beau temps ne sont jamais longues, ni celles de mauvais temps. Il peut faire beau à Sète, avec des rafales de plus de soixante nœuds au cap Béar. La tramontane, vent de terre, autorise les travaux côtiers tandis que par vent de Sud-Est, de forts rouleaux déferlent sur les plages. Au large, des mers de force 3 à 4 ne sont pas rares.

Ces indications, qui relèvent davantage de la géographie que de l'hydrographie, peuvent aider à comprendre les conditions dans lesquelles ont été effectués les travaux.

2. — ACTIVITÉ DES BÂTIMENTS

Les travaux à la mer ont été répartis entre l'*Origny*, la *Recherche* et la *Gazelle*. A la *Recherche*, avec ses vedettes, a été attribuée la zone côtière, à la *Gazelle* l'extension du levé côtier jusqu'à l'isobathe 50 mètres, à l'*Origny*, le large du plateau continental, le talus et les grands fonds. Le calendrier de l'activité de ces bâtiments a été le suivant :

l'Origny : du 1^{er} juin 1981 au 1^{er} juillet 1982, date de son désarmement,

La Recherche : du 18 mai 1982 au 26 juillet 1983,

la Gazelle : du 16 juin au 9 septembre 1981,
du 28 juin au 17 septembre 1982,
du 19 août au 16 septembre 1983.

Jusqu'à son désarmement, l'*Origny* a poursuivi et terminé le levé bathymétrique régulier du large,

sur le plateau continental, le talus et les grands fonds jusqu'à l'isobathe 2 000 mètres.

La Recherche a entrepris en mai 1982 le levé côtier à partir du petit Rhône, à la limite occidentale du levé MOM 1974. Deux vedettes étant armées en permanence, elle a progressé vers la frontière espagnole, atteinte en juillet 1983. Ce levé ayant été postérieur aux travaux de la *Gazelle* et de l'*Origny*, les vedettes ont recouvert, selon le cas, les isobathes 10, 15 ou 20 mètres qui marquaient la limite à terre atteinte par ces bâtiments.

Enfin, la *Gazelle* a opéré pendant les campagnes 1981 et 1982 depuis Narbonne jusqu'au petit Rhône entre les isobathes 10 ou 15 mètres, et 50 mètres. La campagne 1983 a été réservée au levé complémentaire et à la recherche d'épaves et d'obstructions sur le plateau.

3. — GÉODÉSIE ET LOCALISATION À LA MER

Toutes les positions dans le golfe du Lion, à terre et à la mer, ont été rattachées au système NTF, et les documents de la rédaction établis en projection Lambert III.

Les bâtiments à la mer, ont été localisés à l'aide d'une chaîne de radiolocalisation Trident dont les balises étaient réparties sur les points culminants de la côte ou de l'arrière-pays et déplacées au fur et à mesure de la progression des travaux (PL. 2).

Les stations énumérées en annexe A, les unes principales et les autres occasionnelles, ont recouvert l'ensemble du golfe du Lion et des côtes de la Camargue, du Languedoc et du Roussillon. La chaîne Toran des Phares et Balises (Sète Béar, Sète Porquerolles) a été également utilisée en complément, si bien qu'un bâtiment à la mer disposait en permanence d'au moins trois lieux, et en général quatre ou cinq⁽²⁶⁾. Toutefois, au voisinage de la côte, la réception du Toran à bord des vedettes a été rapidement abandonnée, à cause des perturbations induites par les trajets terrestres et surtout de l'incompatibilité entre l'interrogateur Trident et le récepteur Toran très brouillé par les émissions du Trident.

Il n'a pas été recouru à la localisation optique, sauf entre Collioure et la frontière espagnole pour combler les lacunes de la radiolocalisation au fond des baies et à l'aplomb des falaises.

Enfin, la réception de la chaîne Loran XZ a été régulièrement enregistrée au large, dans l'intention de concourir à son évaluation par référence au système Trident-Toran.

⁽²⁶⁾ A l'exception du Sud-Est de la zone, au-delà de la portée des balises Trident, recouverte seulement par les deux réseaux de la chaîne Toran.

4. — LE LEVÉ BATHYMÉTRIQUE RÉGULIER (PL. 3)

Le levé bathymétrique régulier a été développé, selon les instructions techniques, en suivant des profils :

Tous les cent mètres entre le rivage et l'isobathe 50 mètres,

Tous les deux cents mètres entre les isobathes 50 et 200 mètres,

Tous les quatre cents mètres entre les isobathes 200 et 1 000 mètres,

Tous les huit cents mètres au-delà.

Ces normes ont toujours été suivies, sauf entre Valras et Port-la-Nouvelle, entre le rivage et l'isobathe 20 mètres, où l'EDF⁽²⁷⁾ avait exprimé son intérêt pour la bathymétrie et les études de site. Une convention a été passée entre le SHOM et l'EDF et, localement, les profils ont été resserrés tous les cinquante mètres jusqu'à l'isobathe cinquante mètres. Aux termes de la convention, des minutes de bathymétrie sur lesquelles les isobathes ont été tracées tous les mètres, ont été remises à l'EDF (PL. 4).

Pour apporter de la redondance à la bathymétrie, les réseaux de profils réguliers ont toujours été complétés par des séries de transversaux.

Jusqu'à l'amorce de la chute du plateau continental, les sondes ont été réduites de la marée observée dans leur zone de marée, celle de Port-Vendres ou de Sète, la ligne les départageant étant issue du Cap d'Agde. La marée a été enregistrée à Sète du 24 août 1981 au 16 septembre 1982 et du 7 mars au 16 septembre 1983.

A Port-Vendres, l'observatoire permanent du Service Maritime a été mis à contribution et des photocopies des enregistrements correspondants aux périodes des sondages étaient communiqués à la Mission sur sa demande.

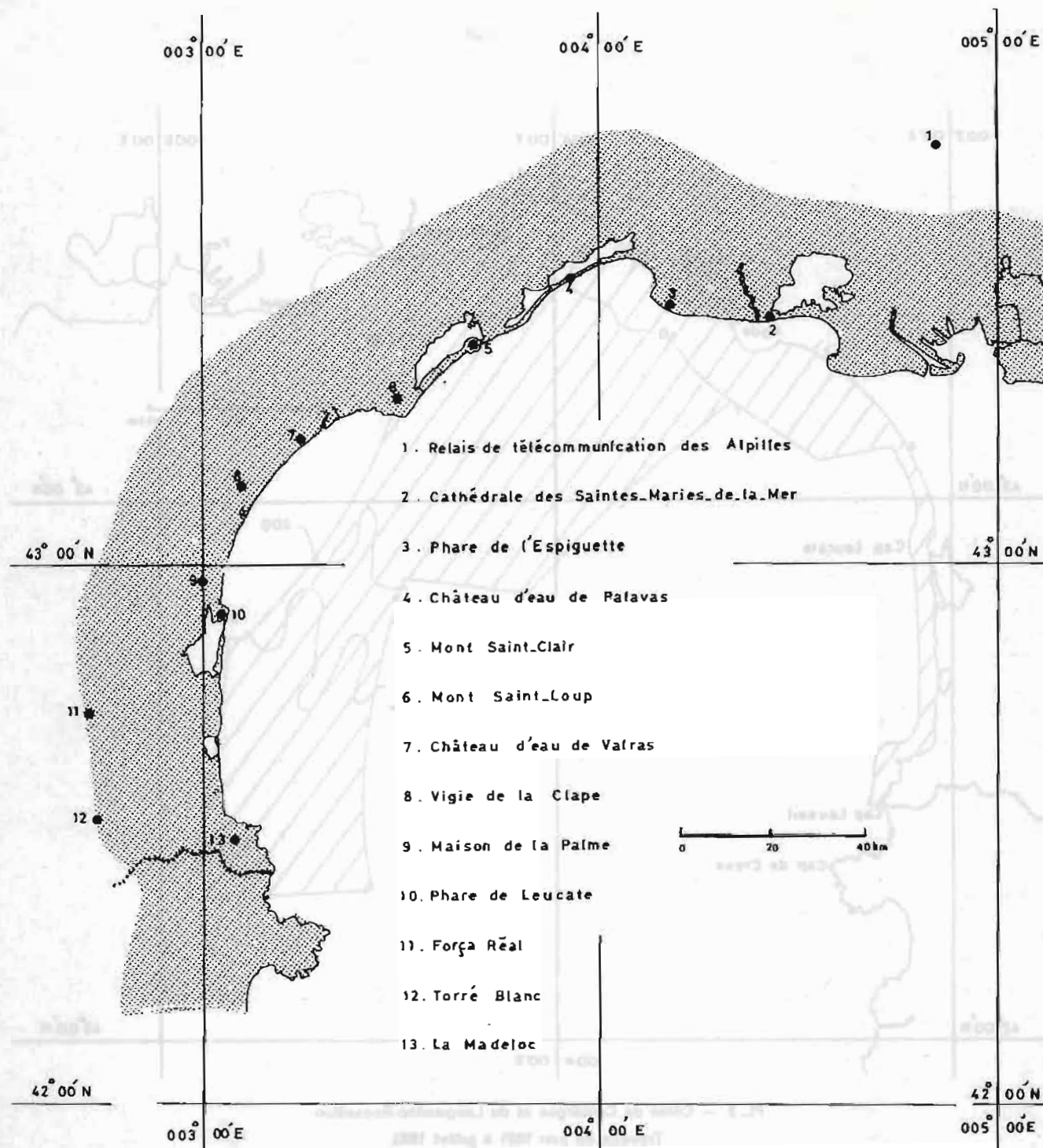
Les zéros des sondes sont :

— à Sète, à 2,27 m sous le repère fondamental, repère du NGF scellé dans le soubassement du transformateur situé à l'angle des quais d'Alger et du commandant Samary.

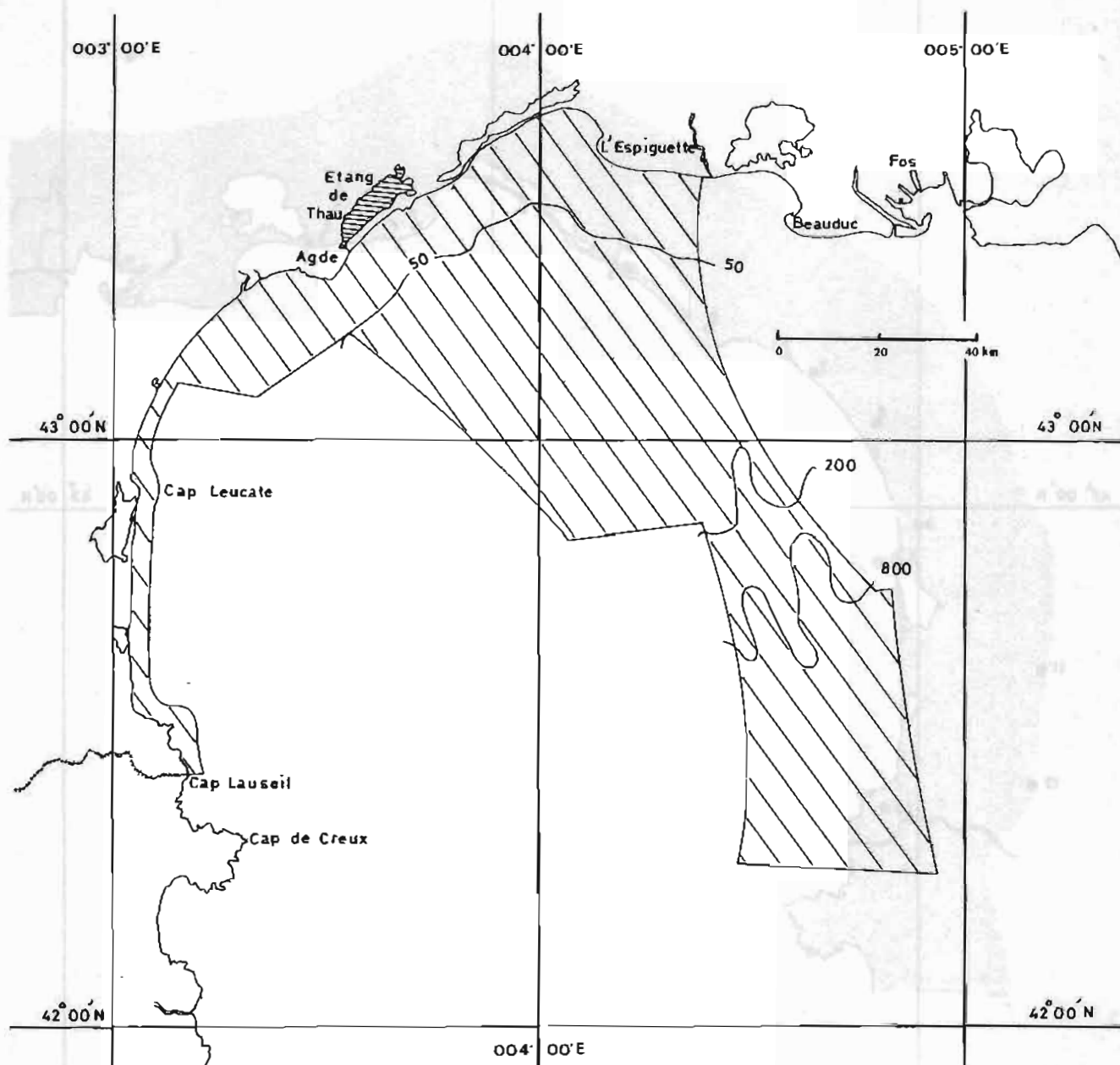
— à Port-Vendres, à 2,58 m sous le repère fondamental, repère du NGF scellé dans le mur du quai de la Santé, à l'entrée du local du marégraphe.

Par fonds inférieurs à cinquante mètres, elles ont également été réduites de la correction d'étalonnage des sondeurs. Au-delà, jusqu'à la chute du plateau continental, ceux-ci étaient réglés pour la célérité moyenne dans le golfe du Lion à l'époque des travaux et, par grands fonds, pour 1 500 m/s. Quelques dérogations ont été apportées à ces principes. Ainsi, la *Gazelle*, qui opérait habituellement à terre de l'isobathe cinquante

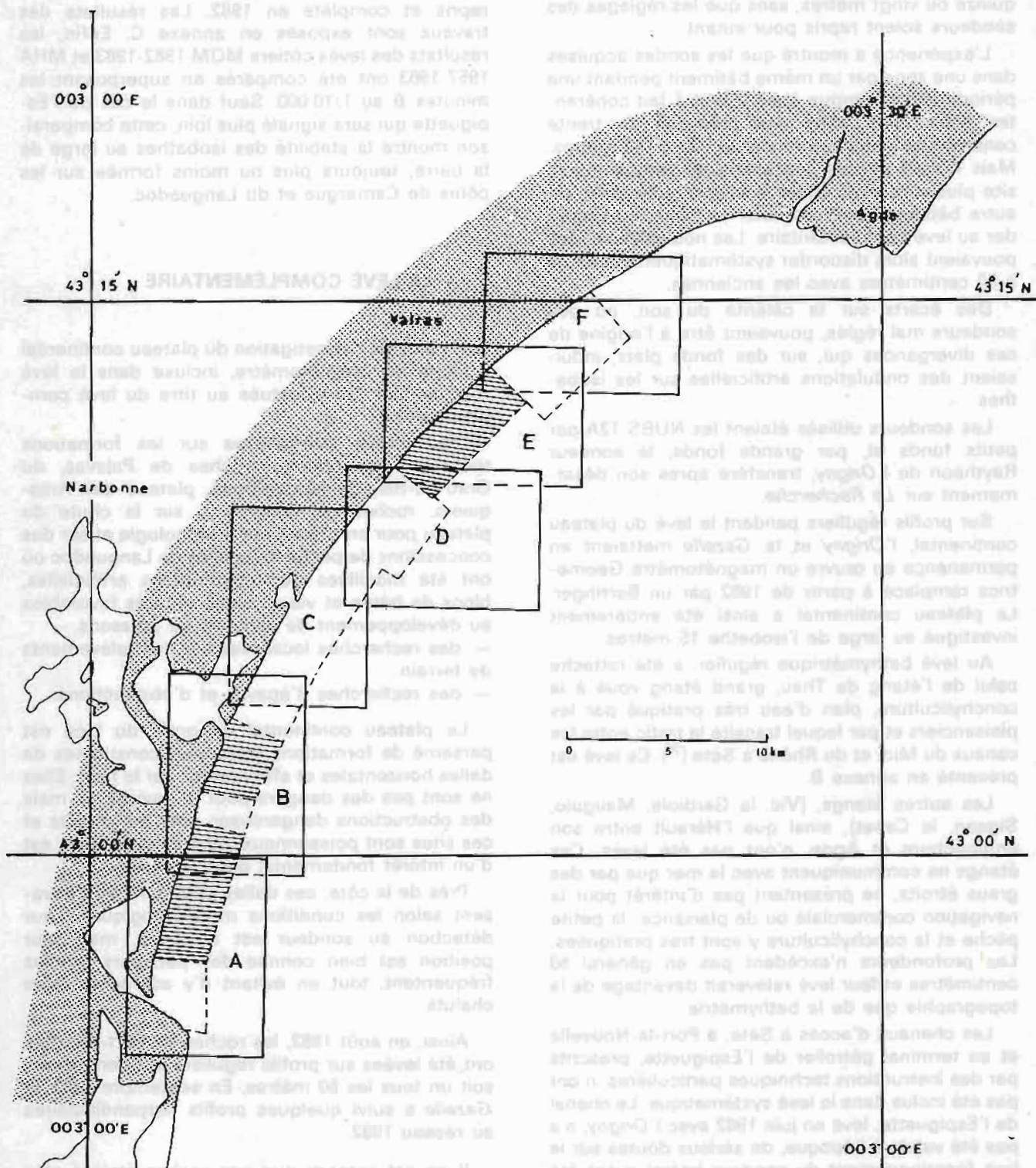
⁽²⁷⁾ Région d'équipement Alpes-Marseille.



PL. 2. — Côtes de Camargue et du Languedoc-Roussillon-Golfe du Lion (1981-1983).
Implantation des balises Trident.



PL. 3. — Côtes de Camargue et du Languedoc-Roussillon.
Travaux de juin 1981 à juillet 1983.



PL. 4. — Côtes du Languedoc. 1982-1983.

Travaux effectués au titre de la convention 1983 SHOM-EDF.

Limites des coupures au 1/10 000 de la bathymétrie remises à l'EDF. En tireté, limites de la zone EDF et hachurées, zones où les profils ont été resserrés tous les cinquante mètres.

mètres, la franchissait parfois et l'*Origny*, qui son-
dait au large, poursuivait jusqu'aux isobathes
quinze ou vingt mètres, sans que les réglages des
sondeurs soient repris pour autant.

L'expérience a montré que les sondes acquises
dans une zone par un même bâtiment pendant une
période ininterrompue étaient tout à fait cohéren-
tes entre elles, avec une précision de trente
centimètres jusqu'aux fonds de 130 à 150 mètres.
Mais il était parfois nécessaire de revenir sur le
site plusieurs mois après le levé régulier avec un
autre bâtiment, pour combler un blanc ou procé-
der au levé complémentaire. Les nouvelles sondes
pouvaient alors discorder systématiquement de 30
à 50 centimètres avec les anciennes.

Des écarts sur la célérité du son, ou des
sondeurs mal réglés, pouvaient être à l'origine de
ces divergences qui, sur des fonds plats, indui-
saient des ondulations artificielles sur les isoba-
thes.

Les sondeurs utilisés étaient les NUBS 12A par
petits fonds et, par grands fonds, le sondeur
Raytheon de l'*Origny*, transféré après son désar-
mement sur *La Recherche*.

Sur profils réguliers pendant le levé du plateau
continental, l'*Origny* et la *Gazelle* mettaient en
permanence en œuvre un magnétomètre Geome-
trics remplacé à partir de 1982 par un Barringer.
Le plateau continental a ainsi été entièrement
investigé au large de l'isobathe 15 mètres.

Au levé bathymétrique régulier, a été rattaché
celui de l'étang de Thau, grand étang voué à la
conchyliculture, plan d'eau très pratiqué par les
plaisanciers et par lequel transite le trafic entre les
canaux du Midi et du Rhône à Sète⁽²⁸⁾. Ce levé est
présenté en annexe B.

Les autres étangs, (Vic, la Gardiole, Mauguio,
Sigean, le Canet), ainsi que l'Hérault entre son
embouchure et Agde, n'ont pas été levés. Ces
étangs ne communiquent avec la mer que par des
graus étroits, ne présentent pas d'intérêt pour la
navigation commerciale ou de plaisance; la petite
pêche et la conchyliculture y sont très pratiquées.
Les profondeurs n'excèdent pas en général 50
centimètres et leur levé relèverait davantage de la
topographie que de la bathymétrie.

Les chenaux d'accès à Sète, à Port-la-Nouvelle
et au terminal pétrolier de l'Espiguette, prescrits
par des instructions techniques particulières, n'ont
pas été inclus dans le levé systématique. Le chenal
de l'Espiguette, levé en juin 1982 avec l'*Origny*, n'a
pas été validé à l'époque, de sérieux doutes sur le
bon fonctionnement du sondeur latéral ayant été
émis a posteriori.

Le levé du chenal d'accès à Sète, effectué en
1981 et invalidé par la Direction, reste à reprendre

(28) Entre Port-Saint-Louis et Sète, les grandes péniches
modernes optent de plus en plus pour la voie maritime, tandis
que les yachts qui transitent entre l'Atlantique et la Méditerranée
empruntent volontiers le canal du Midi.

avec l'isobathe 50 mètres comme limite au large.
Celui de Port-la-Nouvelle, entrepris en 1979, a été
repris et complété en 1982. Les résultats des
travaux sont exposés en annexe C. Enfin, les
résultats des levés côtiers MOM 1982-1983 et MHA
1957-1963 ont été comparés en superposant les
minutes B au 1/10 000. Sauf dans le cas de l'E-
spiguette qui sera signalé plus loin, cette compari-
son montre la stabilité des isobathes au large de
la barre, toujours plus ou moins formée sur les
côtes de Camargue et du Languedoc.

5. — LE LEVÉ COMPLÉMENTAIRE

En plus de l'investigation du plateau continental
à l'aide du magnétomètre, incluse dans le levé
régulier, ont été effectués au titre du levé com-
plémentaire :

- des profils intercalaires sur les formations
rocheuses du plateau (roches de Palavas, du
Grau-du-Roi, de Maguelonne, plateau des Ares-
quiers, roches de Vendres...), sur la chute du
plateau pour en préciser la morphologie et sur des
concessions de pêche de la côte du Languedoc où
ont été mouillées des obstructions artificielles,
blocs de béton et vieux pneus réputés favorables
au développement de colonies de poissons.
- des recherches localisées sur des relèvements
de terrain.
- des recherches d'épaves et d'obstructions.

Le plateau continental du golfe du Lion est
parsemé de formations rocheuses constituées de
dalles horizontales et affleurantes sur le fond. Elles
ne sont pas des dangers pour la navigation, mais
des obstructions dangereuses pour les chaluts et
ces sites sont poissonneux. Leur connaissance est
d'un intérêt fondamental pour la pêche.

Près de la côte, ces dalles affleurent ou s'en-
vasent selon les conditions météorologiques. Leur
détection au sondeur est aléatoire, mais leur
position est bien connue des pêcheurs qui les
fréquentent, tout en évitant d'y accrocher leurs
chaluts.

Ainsi, en août 1982, les roches de Port-Vendres
ont été levées sur profils réguliers et intercalaires,
soit un tous les 50 mètres. En septembre 1983, la
Gazelle a suivi quelques profils perpendiculaires
au réseau 1982.

Il en est ressorti que ces roches étaient plus
envasées en 1983 qu'en 1982, les sondes 1983
étant supérieures d'environ 50 centimètres aux
sondes 1982. Des plongeurs, en 1983, ont investi-
gué le banc et, en fouillant la vase, ont mis la roche
à nu.

Les sondes 1983, pas homogènes avec leurs
homologues 1982, n'ont pas été reportées sur les

documents de rédaction 1982⁽²⁸⁾. Une minute R10^{51 bis} a été rédigée et les discordances ressortent bien par superposition avec B10⁵¹. Seules les sondes 1982 ont été retenues, par homogénéité avec l'ensemble du levé.

Les épaves répertoriées dans le fichier du SHOM ainsi que celles signalées par les pratiques, ont été recherchées, parfois localisées et, le cas échéant, investiguées par plongeurs.

Les épaves côtières ont été recherchées par les vedettes de *La Recherche* au fur et à mesure de la progression du levé régulier et une importante part de la campagne 1983 de la *Gazelle* a été réservée aux épaves au large. Le magnétomètre Barringer, dont le potentiel de détection a été, à l'expérience, jugé supérieur à celui du sondeur latéral Edgerton a été mis en œuvre à bord de la *Gazelle* tandis que les vedettes, en 1981 et 1982, ont davantage opéré au sondeur latéral.

Trente neuf épaves ont été recherchées entre le petit Rhône et le cap Béar : trente deux anciennes dont quinze retrouvées (une à la côte)⁽³⁰⁾, dix-sept non retrouvées (trois à la côte), trois nouvelles et deux découvertes.

Il faut noter que les positions issues du fichier ou portées sur les cartes marines ne sont souvent que très approchées et que les explorations a priori au sondeur latéral ou au magnétomètre restaient en général infructueuses. En fait, une épave bien localisée était détectée dès les premiers profils et il était aléatoire de poursuivre des recherches d'épaves ou d'obstructions, dont l'existence n'était pas contestée par ailleurs, à partir de positions grossièrement approchées. Celles qui avaient le plus de chance d'aboutir étaient centrées sur des positions communiquées par les pratiques et une enquête préalable auprès des pêcheurs et des clubs de plongée était toujours intéressante. Ils révélaient volontiers des épaves ou des roches isolées qui n'auraient guère eu de chance d'être détectées au cours du levé régulier.

Les pêcheurs, en particulier les patrons des chalutiers, dont la plupart sont équipés du Toran, ont une connaissance pratique et approfondie du fond marin, de sa nature et des obstructions qui s'y trouvent, que ce soient des formations rocheuses, des épaves de bâtiments ou d'avions, des ancrs, des voitures, des crapauds de mines...

Les poches des chaluts ne retiennent pas que le poisson mais aussi des échantillons significatifs de la nature du fond.

Enfin, toujours au titre du levé complémentaire, ont été comblées certaines lacunes laissées au cours des travaux 1979-1981. Il est rappelé que des documents de la rédaction des travaux effectués

entre 1979 et 1981 n'avaient pas été validés par la Direction du SHOM à qui ils avaient été remis à la fin de 1981⁽³¹⁾. La rédaction de ces documents a dû être reprise, en totalité ou en partie, et des retours à la mer ont été nécessaires. Ces travaux ont été insérés dans le levé complémentaire.

6. — LE LEVÉ TOPOGRAPHIQUE

Limité à la bande côtière, il avait pour objectif la détermination précise du trait de côte, le levé des ouvrages maritimes, en particulier les nouveaux ports et les épis de protection du littoral, ainsi que celui des roches et des bancs affleurants ou faiblement immergés. Les opérations sur le terrain ont eu lieu en 1982 à partir du petit Rhône et, pour des raisons budgétaires, ont été suspendues à Valras.

Les couvertures aériennes récentes de l'IGN⁽³²⁾, 1978-1979 au 1/14 500 du petit Rhône à Valras, 1980 au 1/10 000 de Sète à Valras, 1980 au 1/30 000 du cap d'Agde à Valras, ont été utilisées pour réaliser les documents, à partir de points de calage déterminés sur le terrain et à l'aide d'un restituteur de 3^e ordre SOM stéréoflex. Les côtes de Camargue et du Languedoc-Roussillon sont soumises à des phénomènes d'engraissement et d'amaigrissement, les cordons littoraux sont fragiles et, dans certains cas, la représentation du trait de côte issu des seules couvertures de l'IGN a paru insuffisante. La méthode sans photos a donc été employée concurremment, en effectuant des stations classiques de topographie sur le rivage.

Dans leurs parties les plus évolutives, en particulier en Camargue et dans le golfe d'Aigues-Mortes, les traits de côte issus des cartes au 1/25 000 de l'IGN et des levés MHA 1957-1963 ont été reportés sur les minutes pour faire ressortir les gains ou les pertes de la mer sur la terre.

En résumé, la couverture IGN 1978-1979 au 1/14 500 a servi de référence, actualisée par des levés locaux sans photos ainsi que des couvertures 1980 au 1/10 000 et au 1/30 000 de l'IGN et 1982 au 1/10 000 de l'Aéronautique Navale. L'ensemble des documents de la rédaction, complété sur le terrain, représente la situation en 1982.

Entre le petit Rhône et le Grau-du-Roi, côte très travaillée et évolutive, et qui ne pouvait plus être rendue à partir du 1/14 500 de l'IGN 1978, l'Aéronautique Navale (escadrille 3S) a réalisé en octobre 1982, sur demande de la Mission, une cou-

⁽²⁸⁾ B10⁵¹, R10⁵¹ de 1982.

⁽³⁰⁾ Les épaves des bâtiments à la côte se disloquent, ou sont partiellement renflouées, et il n'en reste généralement plus que quelques tôles après dix ou vingt ans.

⁽³¹⁾ Pendant le deuxième semestre de 1981, la Mission a contribué, avec le renfort de deux officiers-mariniers de l'EPHOM mis pour emploi à Toulon, à combler un retard de deux ans dans la rédaction du golfe du Lion.

⁽³²⁾ 78 FR 9068/145, F79 145 3 165, F 80 100 6052C, F 80 300 2346 2456.

verture au 1/10 000. Malgré leur qualité, ces photos, dont le recouvrement ne répondait pas aux normes exigées par la photogrammétrie, n'ont pas été restituées et le trait de côte, ainsi que le port de l'Espiguette, ont été levés sans photos. Toutefois, ces excellentes photos, agrandies dans un redresseur optique Bausch et Lomb, ont contribué à préciser les épis et des détails topographiques. En reportant sur les minutes de topographie les traits de côte issus d'anciens documents (MHA 1961, cartes au 1/25 000 de l'IGN, photos 1978 au 1/14 500 de l'IGN), il ressort que la côte de l'Espiguette engraisse, tandis que la Camargue maigrit, sans qu'Aigues-Mortes soit prête pour autant de retrouver sa vocation portuaire. La comparaison entre les levés MOM 1982 et MHA 1958-1961 montre que cet engraissement est sensible jusqu'à l'isobathe 20 mètres. En comparant les minutes B et T récentes, il apparaît que, aux abords des Saintes-Maries, quelques sondes mordent à terre du trait de côte. La position du rivage, très influencée par les effets hydrauliques dus au vent, est indéterminée d'environ trente à quarante mètres. Le recouvrement des minutes B et T fait bien ressortir l'interpénétration de la terre et de la mer en Camargue (PL. 5).

Sauf au cap d'Agde et dans la partie pyrénéenne de la côte du Roussillon, il n'y a pas eu de topographie de roches. Toutefois, pour tenter de combler le « blanc » laissé entre le rivage et la barre, ou l'isobathe 1 mètre, inaccessible avec les vedettes dans une mer sans marée, des séances de sonde à la côte, en zodiac et à la perche, ont été organisées en Camargue. En présence des rouleaux qui, en dehors des périodes de beau temps ou de tramontane, déferlaient en permanence sur les plages en édifiant une barre, le procédé a été abandonné. Cette barre de lévigation, bourrelet de sable parallèle au rivage, en est située à cent ou deux cents mètres, est profonde de 1 à 1,5 mètre et ne saurait, par endroits, être franchie sans risques d'échouage. A terre de cette barre, les fosses de lévigation sont profondes de trois à six mètres, puis le fond remonte en pente douce jusqu'au rivage.

Elle est partout présente devant les plages et est particulièrement marquée dans le golfe d'Aigues-Mortes.

Il faut souligner au passage que la conduite des embarcations sur profil à l'approche de cette barre s'adressait à des armements entraînés et animés par la volonté de réussir.

La position de la barre, de sa fosse et sa cote dépendent des conditions météorologiques. Cela est bien connu des pratiques, la comparaison entre les levés MHA 1960 et MOM 1982 l'a fait ressortir et la bathymétrie à l'approche et à terre de la barre n'a qu'une valeur relative.

Les résultats globaux du levé topographique sont indiqués ci-dessous :

- La Camargue maigrit et l'Espiguette engraisse,
- De 1977 à 1982, la stabilité de la côte entre le Grau-du-Roi et Palavas a été observée. Mais le report du trait de côte issu des cartes au 1/25 000 de l'IGN et des minutes de la MHA sur les minutes T au 1/10 000 a fait ressortir localement un gain de la mer d'environ 30 à 40 mètres en 25 ans. Les cordons littoraux sont menacés,
- Le rôle stabilisateur des épis de protection est indiscutable, mais limité localement. De nouveaux épis sont construits et il est rappelé que la situation représentée sur les minutes T est celle de 1982.

7. — L'ACTUALISATION DES AMERS

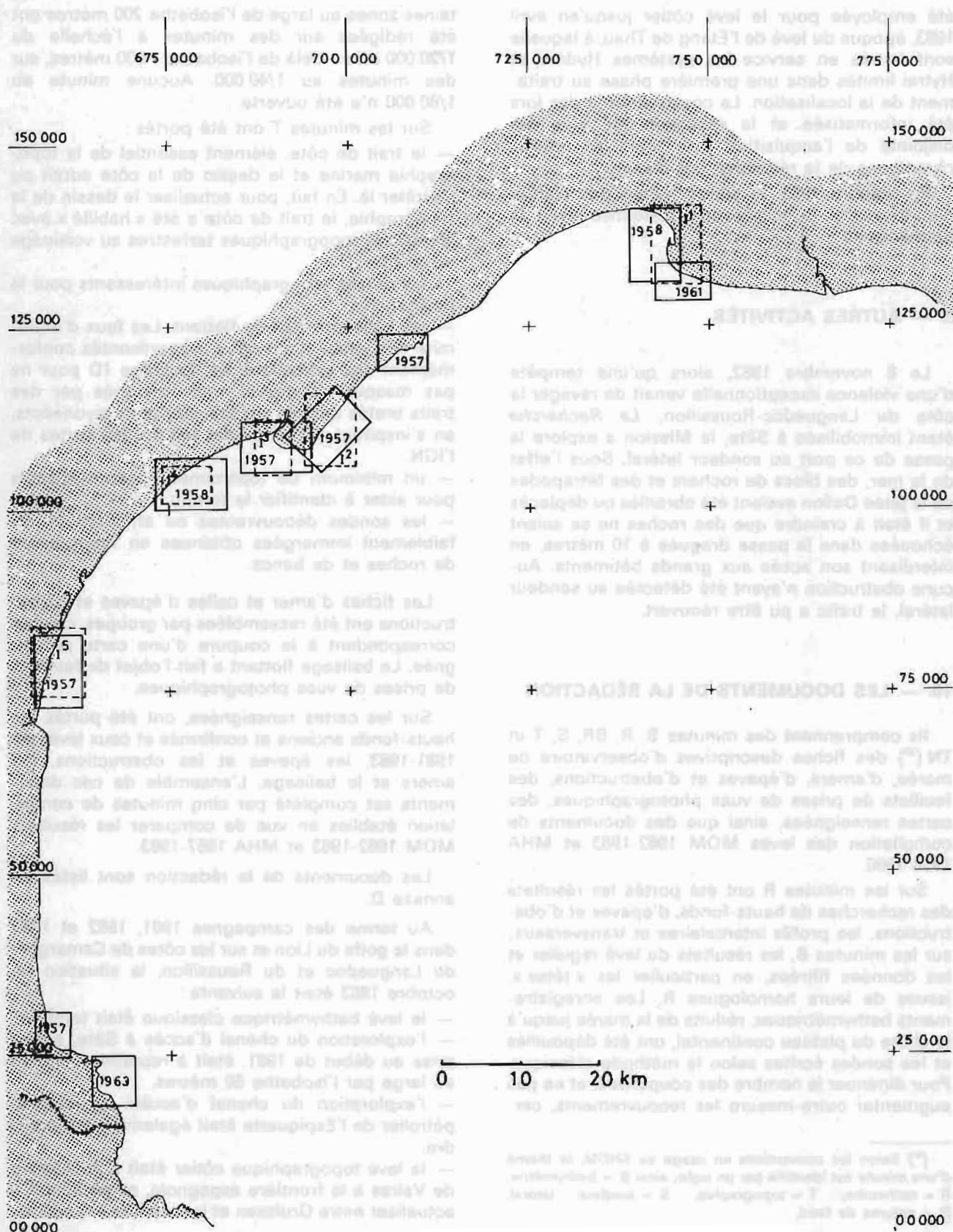
Les amers de la côte de Camargue et du Languedoc, ainsi que les balisages fixe et flottant, ont été actualisés entre le petit Rhône et Gruissan. La dernière actualisation d'ensemble de la côte avait été effectuée par la MHA en 1958-1960, et complétée localement par le BEO en 1969 et 1972.

Au fur et à mesure de la progression du levé côtier avec *La Recherche*, ont été désignés les amers à conserver, ceux à introduire, d'autres à radier. Des missions à terre ont par ailleurs recueilli les informations nécessaires pour la rédaction des fiches descriptives. La plupart de ces amers ont été rattachés au réseau géodésique comme des points complémentaires, dits de cinquième ordre, avec la précision planimétrique correspondante. Les altitudes ont été déterminées au mètre près.

Pour des raisons budgétaires, ces missions ont été suspendues en avril 1983 à Gruissan et la frontière espagnole n'a pas été atteinte.

8. — L'ACQUISITION ET LE TRAITEMENT DES DONNÉES

Jusqu'à la fin de 1982, les projections de construction des levés bathymétriques effectués par l'*Origny* et la *Gazelle* ont été établies avec le concours du centre de calcul de l'EPSHOM, en traitant les données de localisation hybride selon les prescriptions de l'IP 751 SHOM/EM du 17 septembre 1981. Avec une validation du traitement en quatre phases, entraînant autant d'échanges de documents avec l'EPSHOM ainsi que de multiples communications téléphoniques, la puissance de l'informatique n'a pas compensé la lourdeur du procédé et il est apparu a posteriori qu'une construction graphique traditionnelle n'aurait pas été plus lente. C'est cette dernière méthode qui a



PL 5. — Côtes de Camargue et du Languedoc-Roussillon. 1982-1983.

Comparaison entre les levés MHA 1957-1963 et MOM 1982-1983.

En trait plein : coupures MHA au 1/10 000.

En tireté : coupures des documents au 1/10 000 de compilation.

été employée pour le levé côtier jusqu'en avril 1983, époque du levé de l'Etang de Thau, à laquelle sont entrés en service les systèmes Hydrac et Hytrai limités dans une première phase au traitement de la localisation. La construction a dès lors été informatisée et la rédaction n'a plus été disjointe de l'acquisition à la mer; les retards chroniques de la rédaction ont disparu.

En octobre 1983, la sonde n'était pas encore numérisée, ni la localisation fusionnée avec la bathymétrie.

9. — AUTRES ACTIVITÉS

Le 8 novembre 1982, alors qu'une tempête d'une violence exceptionnelle venait de ravager la côte du Languedoc-Roussillon, *La Recherche* étant immobilisée à Sète, la Mission a exploré la passe de ce port au sondeur latéral. Sous l'effet de la mer, des blocs de rochers et des tétrapodes de la jetée Dellon avaient été ébranlés ou déplacés et il était à craindre que des roches ne se soient échouées dans la passe draguée à 10 mètres, en interdisant son accès aux grands bâtiments. Aucune obstruction n'ayant été détectée au sondeur latéral, le trafic a pu être réouvert.

10. — LES DOCUMENTS DE LA RÉDACTION

Ils comprennent des minutes B, R, BR, S, T et TN⁽³⁾ des fiches descriptives d'observatoire de marée, d'amers, d'épaves et d'obstructions, des feuillets de prises de vues photographiques, des cartes renseignées, ainsi que des documents de compilation des levés MOM 1982-1983 et MHA 1958-1960.

Sur les minutes R ont été portés les résultats des recherches de hauts-fonds, d'épaves et d'obstructions, les profils intercalaires et transversaux; sur les minutes B, les résultats du levé régulier et les données filtrées, en particulier les « têtes », issues de leurs homologues R. Les enregistrements bathymétriques, réduits de la marée jusqu'à la chute du plateau continental, ont été dépouillés et les sondes écrites selon la méthode classique. Pour diminuer le nombre des coupures B et ne pas augmenter outre-mesure les recouvrements, cer-

taines zones au large de l'isobathe 200 mètres ont été rédigées sur des minutes à l'échelle du 1/20 000 et, au-delà de l'isobathe 1 000 mètres, sur des minutes au 1/40 000. Aucune minute au 1/80 000 n'a été ouverte.

Sur les minutes T ont été portés :

- le trait de côte, élément essentiel de la topographie marine et le dessin de la côte aurait pu s'arrêter là. En fait, pour actualiser le dessin de la topographie, le trait de côte a été « habillé » avec les détails topographiques terrestres au voisinage du rivage.
- les détails topographiques intéressants pour la navigation.
- les balisages fixe ou flottant. Les feux d'extrémité des jetées n'ont pas été représentés conformément aux indications de l'ouvrage 1D pour ne pas masquer le dessin, mais marqués par des traits tiretés centrés sur la lanterne et rayonnants, en s'inspirant de ce qui est fait sur les cartes de l'IGN.
- un minimum de toponymes, jugés suffisants pour aider à identifier le terrain.
- les sondes découverantes ou affleurantes, ou faiblement immergées obtenues en topographie de roches et de bancs.

Les fiches d'amer et celles d'épaves et d'obstructions ont été rassemblées par groupes, chacun correspondant à la coupure d'une carte renseignée. Le balisage flottant a fait l'objet de feuillets de prises de vues photographiques.

Sur les cartes renseignées, ont été portés les hauts-fonds anciens et confirmés et ceux levés en 1981-1983, les épaves et les obstructions, les amers et le balisage. L'ensemble de ces documents est complété par cinq minutes de compilation établies en vue de comparer les résultats MOM 1982-1983 et MHA 1957-1963.

Les documents de la rédaction sont listés en annexe D.

Au terme des campagnes 1981, 1982 et 1983 dans le golfe du Lion et sur les côtes de Camargue, du Languedoc et du Roussillon, la situation en octobre 1983 était la suivante :

- le levé bathymétrique classique était terminé.
- l'exploration du chenal d'accès à Sète, entreprise au début de 1981, était à reprendre, limitée au large par l'isobathe 50 mètres.
- l'exploration du chenal d'accès au terminal pétrolier de l'Espiquette était également à reprendre.
- le levé topographique côtier était à poursuivre de Valras à la frontière espagnole, et les amers à actualiser entre Gruissan et la frontière espagnole.

⁽³⁾ Selon les conventions en usage au SHOM, le thème d'une minute est identifié par un sigle; ainsi B = bathymétrie, R = recherche, T = topographie, S = sondeur latéral, N = natures de fond.

ANNEXE « A »

Les stations Trident du Golfe du Lion et des côtes de Camargue, du Languedoc et du Roussillon

La Sainte Baume	station principale	Mont Saint-Loup	station principale
Relais de télécommunications des Alpilles	station principale	Château d'eau de Valras	station principale
Cathédrale des Saintes-Maries-de-la-Mer	station principale	Vigie de la Clape	station principale
Phare de l'Espiguette	station principale	Feu de la jetée de Port-la-Nouvelle	station secondaire
Château d'eau de Palavas	station principale	Maison de la Palme (Le Ficalou)	station principale
Maison de Mireval	station secondaire	Phare de Leucate	station principale
Mont Saint-Clair	station principale	Força Réal	station principale
Château de Villeroy	station secondaire	Torre Blanc	station principale
Eglise de Mèze	station secondaire	La Madeloc	station principale
Eglise de Pomerols	station secondaire	Phare du Cap Béar	station secondaire

ANNEXE « B »

Levé de l'étang de Thau

Ce grand étang est le siège d'une activité intense liée directement à la pêche et à la conchyliculture, dont plusieurs centaines de familles tirent leurs revenus (PL. 6).

Il a été levé en un mois, du 7 avril au 6 mai 1983, avec les vedettes de *La Recherche*, celle-ci étant accostée dans le canal maritime de Sète. La progression des travaux a été contrariée par de mauvaises conditions météorologiques et par des circonstances purement conjoncturelles telles que les horaires d'ouverture, liés à ceux de la SNCF, des ponts tournants qui franchissent le canal maritime et supportent la voie ferrée. Ce sont des points de passage obligés pour accéder à l'étang et le tirant d'air des vedettes était trop fort pour les franchir en position fermée.

La présence de nombreux filets et de flotilles de pêcheurs a également perturbé l'action des embarcations et le levé de l'étang de Thau, qui se présentait initialement comme une simple promenade hydrographique, s'est avérée techniquement assez difficile.

L'étang a été recouvert par une chaîne Trident dont les balises ont été installées sur les points hauts de la région : le mont Saint-Clair, le mont Saint-Loup, l'église de Pomerols et le château de Villeroy. Toutefois, dans les baies de Bouzigues et de Balaruc, mal servies par cette chaîne, des stations de visées optiques ont été mises en place.

Le levé bathymétrique régulier a été réalisé en suivant des profils tous les cent mètres. Le levé complémentaire a porté sur les hauts fonds signalés sur la carte en service, et sur quelques relèvements détectés pendant le levé régulier. A l'entrée de la baie de Balaruc, une formation rocheuse comprenant de nombreuses roches cotées à 3 mètres dans des fonds de 8 mètres, a été investiguée en suivant un profil tous les 25 mètres. Des routes sondées ont été suivies entre les tables de conchyliculture, bien que les champs de tables soient exclusivement réservés à cette industrie,

afin de nourrir la bathymétrie et d'éviter la présence de « blancs » dans le levé.

Les extrémités de l'étang, à Marseillan et à Balaruc, très envasé et recouvert de moins de 1,5 mètre d'eau, ont été attribuées au levé topographique, en dinghy et à la perche.

Enfin, la lagune comprise entre le cordon littoral et le « marchepied », qui ne communique pas avec l'étang, est recouverte de très peu d'eau, et a été sondée en topographie, en dinghy et à la perche.

Il y a lieu de signaler ici le procédé employé pour localiser le dinghy de topographie. Un interrogateur Trident était en station à terre, et une balise embarquée dans le dinghy. Deux théodolites complétaient la chaîne.

Le zéro hydrographique adopté pour le levé Favé de 1895 n'a pas été retrouvé et est perdu. Le zéro de l'étang de Thau a donc été adopté à la même cote sous le NGF que celui du port de référence de sa zone de marée, Sète en l'occurrence, où il est à 0,31 m sous le NGF Lallemant.

Les sondes dans l'étang de Thau ont été réduites de la marée observée à Mèze où la marée a été enregistrée du 22 mars au 25 avril 1983. Le zéro des sondes, le même qu'à Sète, est à 6,69 m sous le repère fondamental, repère du NGF scellé sur la façade, donnant sur le marché de la mairie de Mèze.

Le levé topographique a été réalisé à partir de la couverture de l'IGN au 1/14 500 de 1978, puis complété sur le terrain.

Des échantillons de fond, un tous les cent mètres, ont été prélevés avec le concours de plongeurs.

Il faut enfin citer Monsieur le Vourch, géomètre-expert des Affaires Maritimes et spécialiste de l'étang de Thau, qui s'est mis spontanément à la disposition de la Mission, et dont les conseils et la documentation personnelle ont été très précieux.



PL. 6. — Etang de Thau. 1983.

ANNEXE « C »

L'accès à Port-la-Nouvelle

L'accès à Port-la-Nouvelle, investigué une première fois en 1979-1980 et invalidé par le SHOM, a été repris en novembre 1982 en suivant des profils espacés de cent mètres entre la côte et l'isobathe 20 mètres. Le levé 1979-1980 était interrompu à terre des fonds de 4 mètres et les blancs signalés sur B10⁴⁰ ont été comblés. L'exploration au sondeur latéral, dont les limites 1979-1980 portées sur B10⁴⁰ ne s'appuyaient sur aucun document de construction connu, a été

également reprise. Quatre obstructions ponctuelles de 1 mètre dans des fonds de 12 mètres, amas de cailloux déposés par des barges, ont été détectés et reconnus par plongeurs.

La rédaction de 1982 recouvre celle de 1980; elle comprend une minute B10^{40 bis}, une minute d'intercalaires BR10⁴⁰, une S10⁴⁰ et une N20' sur laquelle ont été portés les résultats de prises d'échantillons de fonds à l'aide d'une benne Mécaboliér.



ANNEXE « D »

Côtes de Camargue et du Languedoc-Roussillon Golfe du Lion

Liste des documents définitifs de la rédaction

1. — Minutes de bathymétrie

a) De la Camargue à la frontière espagnole; minutes au 1/10 000

B10 ⁸³ et RS10 ⁸³	1982
comprend des sondes topographiques à la côte	
B10 ⁸²	1982
B10 ⁸¹	1982
B10 ⁸⁰ et RS10 ⁸⁰	1982
comprend des sondes topographiques à la côte	
B10 ⁷⁹	1982
B10 ⁷⁸	1982
B10 ⁷⁷ et R10 ⁷⁷	1982
B10 ⁷⁶ et RS10 ⁷⁶	1982
B10 ⁷⁵	1982
B10 ⁷⁴	1982
B10 ⁷³ et R10 ⁷³	1982
B10 ⁷²	1981-1982
B10 ⁷⁵	1981-1982
B10 ⁷¹ et R10 ⁷¹	1981-1982
B10 ⁷⁰ et R10 ⁷⁰	1981-1982
B10 ⁶⁹	1981
noter quelques ondulations des isobathes qui n'ont pas pu être réduites	
B10 ⁶⁸	1981-1982
B10 ⁶⁷ et R10 ⁶⁷ : le banc des Aresquiers	1981-1982
B10 ⁶⁶ et R10 ⁶⁶ : poursuite et fin des intercalaires sur les Aresquiers	1981-1982
B10 ⁶⁵	1981-1982
B10 ⁶⁴	1981-1982
B10 ⁶³ et R10 ⁶³	1981-1982
adjacente aux B5 ² , B5 ³ et B5 ⁴	
MOM	1981
B10 ⁶² et R10 ⁶²	1981-1982
adjacente aux B5 ³ et B5 ⁴	
MOM	1981
B10 ⁶¹	1981
B10 ⁶⁰	1981
B10 ⁵⁹ et RS10 ⁵⁹	1981-1982
B10 ⁵⁸ et RS10 ⁵⁸	1981-1982
B10 ⁵⁷	1981
n'a pas été recouverte avec B20 ³⁹ , déjà acquise par le SHOM.	
Les sondes des profils transversaux sont supérieures de 3 à 4 dm à celles des profils réguliers.	
B10 ²⁴	1981
n'a pas été recouverte avec B20 ³⁹ , déjà acquise par le SHOM	
B10 ⁵⁶ et R10 ⁵⁶	1981-1982

B10 ⁵⁵ et R10 ⁵⁵	1981-1982
B10 ⁵⁴	1981
n'a pas été recouverte avec B20 ⁶ et B20 ³⁹ , déjà acquise par le SHOM.	
B10 ⁵³	1981
B10 ⁵²	1981
B10 ⁵¹ , R10 ⁵¹ et BR10 ⁵¹	1981 à 1983
étude des roches de Vendres	
B10 ⁵⁰ et R10 ⁵⁰	1981-1982
B10 ²⁶	1981
n'a pas été recouverte avec B20 ⁶ , déjà acquise par le SHOM	
B10 ⁴⁹	1981
n'a pas été recouverte avec B20 ⁶ , déjà acquise par le SHOM	
B10 ⁴⁸	1981
B10 ⁴⁷ et R10 ⁴⁷	1981-1982
B10 ⁴⁶	1979 à 1981
n'a pas été recouverte avec B20 ⁶ , déjà acquise par le SHOM	
B10 ⁴⁵	1979 à 1981
B10 ⁴⁴ et R10 ⁴⁴	1979 à 1982
B10 ⁴²	1979 et 1983
invalidée par le SHOM et retournée pour compléments	
B10 ⁴¹	1979 et 1983
invalidée par le SHOM et retournée pour compléments	
B10 ⁴⁰ , B10 ⁴⁰ bis, S10 ⁴⁰ , BR10 ⁴⁰ et N20 ¹	1979 à 1982
Accès à Port-la-Nouvelle invalidée par le SHOM et retournée pour compléments	
B10 ³⁹	1979-1983
invalidée par le SHOM et retournée pour compléments	
B10 ³⁸	1979
invalidée par le SHOM et retournée pour compléments	
B10 ³⁸ et R10 ³⁸	1982-1983
noter une ondulation, qui n'a pu être réduite, sur les profils qui comblent le trou laissé en 1979 sur B10 ³⁹	
Etude d'un récif artificiel; les obstructions, relevements ponctuels d'environ 1 m, ressortent mal sur les enregistrements et ce bruit de fond n'a pas été dépouillé. Les obstructions n'ont donc pas été portées.	
B10 ³⁶ et R10 ³⁶	1983
B10 ³⁴ et R10 ³⁴	1983
B10 ³² et R10 ³²	1983
B10 ³⁰ et R10 ³⁰	1983
B10 ²⁸ et R10 ²⁸	1983
B10 ²⁷ et R10 ²⁷	1983

b) Etang de Thau; minutes au 1/10 000

B10 ⁸⁴	1983
B10 ⁸⁵ et R10 ⁸⁵	1983
B10 ⁸⁶ et R10 ⁸⁶	1983
Un relief sous-marin accidenté et rocheux conduit à resserrer les profils tous les 50 puis tous les 25 mètres. La B10 ⁸⁶ est en fait un choix de sondes serré.	
B10 ⁸⁷ et R10 ⁸⁷	1983
La sonde 25,8 dans l'anse de Balaruc-le-Vieux marque la source sous-marine de la Bise.	

c) Golfe du Lion; minutes au 1/20 000

B20 ⁴⁸	1982
B20 ¹	1982
B20 ⁴	1981-1982
B20 ⁷	1981-1982
B20 ⁸	1981-1982
B20 ⁹ et R20 ⁹	1982-1983
B20 ⁴⁷	1982
B20 ¹¹	1982
B20 ¹⁶	1981
B20 ²¹ et R20 ²¹	1981 et 1983
B20 ²⁷ et R20 ²⁷	1982-1983
B20 ²⁶ et R20 ²⁶	1980 à 1983
B20 ³⁸	1982
B20 ¹⁰	1982
B20 ⁴⁶	1982
B20 ⁴¹	1982
B20 ¹⁵	1980-1981
B20 ⁴⁵	1982
B20 ⁴⁰	1981
B20 ³⁷	1981
B20 ³⁹	1980-1981
invalidée par le SHOM et retournée pour compléments	

d) Golfe du Lion; minutes au 1/40 000

B40 ⁸	1981
B40 ⁶	1981
B40 ⁷	1980-1981
B40 ⁵	1980-1981
B40 ³	1980

2. — Minutes de topographie au 1/10 000

T10 ¹ abords Ouest des Saintes-Marie-de-la-Mer	1982
T10 ² du petit Rhône au Rhône vif	1982
sur T10 ¹ et T10 ² quelques sondes découvrantes mordent à terre du trait de côte, traduisant l'instabilité du rivage.	
T10 ³ l'Espiguette	1982
à partir de T10 ³ apparaissent les séries d'épis qui protègent le rivage de l'érosion marine.	
T10 ⁴ Le Grau-du-Roi, Port-Camargue	1982

la position des feux de Port-Camargue et du Grau-du-Roi coïncide avec celles portées sur la minute MHA 1958; elle discord de 30 à 40 m avec celles portées sur la carte IGN au 1/25 000 Est Aigues-Mortes.

Noter l'effet stabilisateur des épis de Port-Camargue et l'effet d'ensablement du côté au courant de ces épis.

Le Grau-du-Roi et Port-Camargue sont à jour en 1982.

T10⁵ La Grande-Motte 1982
La Grande-Motte est à jour en 1982

T10⁶ Carnon 1982
Les épis portés sur la carte IGN au 1/25 000 discordent d'environ 30 m avec ceux placés par la MOM. La Mission a complété la série d'épis postérieurs à 1978, date de la couverture aérienne de l'IGN. Noter là encore l'effet stabilisateur des séries d'épis.

T10⁷ Palavas-les-flots, Maguelonne 1982
De Palavas à Maguelonne, bonne coïncidence des traits de côte IGN et MOM. Palavas est représenté à jour en 1982.

T10⁸ Etang de Vic 1982
La mer a gagné 20 m sur le cordon littoral de l'étang de Vic, celui de l'étang d'Ingril est bien soutenu par une série d'épis anciens.

T10⁹ Frontignan
La position IGN des anciens épis devant Frontignan discord avec celle de la MOM. Entre deux points du littoral où la coïncidence IGN/SHOM est bonne, la discordance croît, passe par un maximum puis diminue. Le cheminement photogramétrique à partir duquel sont réalisées les cartes de l'IGN introduit probablement cette discordance, sur le quatrième épi à l'Ouest de la jetée du Grau d'Ingril, il y a une sonde 2,2 issue de la B5¹ 1981, époque à laquelle cet épi n'était pas encore en place.

TN10¹⁰ Sète
Les travaux portuaires en cours à Sète depuis 1979 sont souvent postérieurs aux sondes de B5² 1981, dont certaines sont périmées avec l'avancement de ces travaux. Le port de Sète, en extension depuis 1979, est représenté à jour en 1982.

TN10¹¹ Mèze, Bouzigues, Balaruc 1982

TN10¹² Etang de Thau : cordon littoral 1982
L'étang de Thau est représenté sur les quatre minutes TN à jour en 1982. A partir de TN10¹⁰, les points de calage ont été maintenus sur les minutes.

TN10¹³ Marseillan 1982

T10¹⁴ Agde, le cap d'Agde 1982
Agde est à jour en 1982

T10¹⁵ le Grau d'Agde, embouchure de l'Hérault 1982

T10¹⁶ Valras 1983
Valras est à jour en 1982

3. — Cartes renseignées

5150	de Palavas aux Saintes-Maries; golfe d'Aigues-Mortes	1/50 000	1982
5041	le Grau-du-Roi et canal d'Aigues-Mortes	1/14 400	1982
5172	du cap d'Agde à Palavas, abords de Sète, étang de Thau	1/50 000	1982
5729	étang de Thau	1/25 000	1982
6428	port de Sète	1/10 000	1982
5098	rade du Brescou, embouchure de l'Hérault	1/14 400	1982
1167	de Gruissan au cap d'Agde, embouchure de l'Hérault	1/50 000	1982-1983
2474	de Sète à Marseille	1/150 000	1982

4. — Fiches d'amer

a) Carte 5150, de Palavas aux Saintes-Maries

Château d'eau de Villeneuve les Maguelonne
Eglise de Villeneuve les Maguelonne
Mairie de Villeneuve les Maguelonne
Montpellier : église Sainte-Anne
Cathédrale de Villeneuve les Maguelonne
Château d'eau de Lattès
Eglise de Palavas-les-flots
Château d'eau de Palavas-les-flots
Palavas-les-flots : feu rouge
Palavas-les-flots : feu vert
Palavas-les-flots : Notre-Dame de la route
Eglise de Perols
Aéroport de Montpellier : tour de contrôle
Port-Carnon : feu vert
Port-Carnon : feu rouge
Réservoir de Port-Carnon
La Grande-Motte : grand immeuble
La Grande-Motte : feu rouge
La Grande-Motte : feu vert
Château d'eau d'Aigues-Mortes
Abords des Saintes-Maries : mas du Grau du Fer
Hameau de Montcalm : château d'eau
Cathédrale des Saintes-Maries

Feuillets de prises de vues photographiques

Port-Carnon : bouée blanche et noire
Port-Carnon : appareil de mesure
Le Grand Travers : bouée blanche et noire
Pointe de l'Espiguette : bouée cardinale Ouest
Pointe de l'Espiguette : bouée cardinale Sud
Pointe de l'Espiguette : bouée cardinale Nord
Sea-line de l'Espiguette : quatre tonnes

b) Carte 5041, le Grau-du-Roi et canal d'Aigues-Mortes

Port de l'Espiguette : feu du mûsoir
Le Grau-du-Roi : cheminée du Boucanet
Port de l'Espiguette : feu vert
Port de l'Espiguette : feu rouge
Port-Camargue : feu vert de la jetée Sud
Port-Camargue : feu vert de la jetée Ouest
Port-Camargue : feu rouge de la jetée Est

Port-Camargue : statue
Port-Camargue : capitainerie
Le Grau-du-Roi : château d'eau du Boucanet
Le Grau-du-Roi : feu rouge
Le Grau-du-Roi : feu vert
Le Grau-du-Roi : ancien phare
Sémaphore de l'Espiguette
Phare de l'Espiguette
Le Grau-du-Roi : château d'eau de Montplaisir

c) Carte 5172, du cap d'Agde à Palavas

Agde : cheminée de Parquet
Eglise de Pomerols
Réservoir de Marseillan
Château d'eau de Pinet
Montagne de la Gardiole : vigie du Pioch de Camiele
Mairie de Frontignan
Frontignan : petite torchère de la raffinerie
Frontignan : grande cheminée Sud de la raffinerie
Frontignan : grande cheminée Nord de la raffinerie
Frontignan : tour de craquage
Eglise de Frontignan
Frontignan : cheminée en briques rouges
Frontignan : feu rouge
Frontignan : feu vert
Château d'eau de Vic la Gardiole
Eglise de Vic la Gardiole
Eglise de Mireval
Tour de Vic la Gardiole
Maison remarquable de Mireval
Chapelle du mont Bouzille

Feuille de prises de vues photographiques

Sète : bouée du terminal pétrolier

d) Carte 5729, étang de Thau

Château d'eau de Marseillan
Eglise de Marseillan
Feu vert de Marseillan
Ancien feu rouge de Marseillan
Marseillan : feu de la digue médiane
Pomerols : domaine de la Rouquette
Phare des Onglous
Marseillan-Plage : tour carrée
Tourelle de Montpénèdre
Tour du Castelas
Mèze : éolienne de la pointe des Amoutous
Supermarché Listel
Château d'eau de Mèze
Mèze : tourelle
Marseillan-Plage : maison de capite
Mèze : feu rouge
Mèze : feu vert
Eglise de Mèze
Mèze : moulin en ruines
Grande église de Loupian
Eglise de Loupian
Château d'eau de Loupian
Mèze : éolienne du Bourbou
Château de Villeroi

Bouzigues : restaurant « le Panorama »
 Bouzigues : ancien moulin restauré
 Bouzigues : silo de la mine de bauxite
 Eglise de Bouzigues
 Rocher de Roquerols : phare
 Tourelle de l'homme noir
 Eglise de Balaruc-les-Bains
 Tourelle de Balaruc-les-Bains
 Balaruc-les-Bains : cheminée rouge
 Eglise de Balaruc-le-Vieux
 Réservoir de Balaruc
 Alignement Nord du chenal
 Canal du Rhône à Sète : tourelle
 Signal Sud du chenal
 Balaruc-les-usines : grande cheminée noire de Saint-Gobain
 Balaruc-les-usines : grande cheminée rouge de Saint-Gobain
 Frontignan : cheminée Nord des cimenteries Lafarge
 Alignement Est du chenal
 Frontignan : cheminée Sud des cimenteries Lafarge

e) Carte 6428, port de Sète

Etang de Thau : cheminée de la pointe du Barrou
 Chapelle de la pointe du Lazaret
 Notre-Dame de la Salette
 Mont Saint-Clair : maison du chapelain
 Pylône du mont Saint-Clair
 Calvaire du mont Saint-Clair
 Etang de Thau : signal Ouest du chenal maritime
 Etang de Thau : feu de la pointe longue
 Phare du mont Saint-Clair
 Etang de Thau : feu de la pointe courte de la Bordigue
 Sémaphore de Sète
 Sète : église Saint-Louis
 Sète : tour du poste de pilotage
 Sète : feu vert de l'épi de l'Ouest
 Sète : feu de la capitainerie
 Sète : phare Saint-Louis
 Sète : feu rouge de la passe Ouest
 Sète : feu Est du chenal maritime
 Sète : feu du môle Masselin
 Sète : feu du duc d'albe
 Sète : feu rouge Ouest de l'épi Dellon
 Abords de Sète : tour carrée de l'usine Cofaz
 Sète : feu Ouest du port de service
 Sète : feu Est du port de service
 Sète : feu rouge Est de l'épi Dellon
 Sète : feu vert de la jetée Est
 Sète : feu provisoire du nouvel épi Dellon

feuille de prises de vues photographiques

Les trois coffres du poste des pétroliers

f) Carte 5098, rade du Brescou, embouchure de l'Hérault

Eglise de Vias
 Château d'eau de Vias

Le Grau d'Agde : château d'eau de la Tamarissière
 Le Grau d'Agde : feu rouge
 Le Grau d'Agde : feu vert
 Cathédrale d'Agde
 Eglise du Grau d'Agde : n'est plus un amer
 Eglise de Notre-Dame du Grau : n'est plus un amer
 Mont Saint-Loup : relais de télécommunications
 Phare du Brescou
 Ancien phare du mont Saint-Loup
 Mont Saint-Loup : tour ruinée
 Le Cap d'Agde : feu rouge
 Le Cap d'Agde : feu vert
 Le Cap d'Agde : tourelle de la Lauze
 Mont Saint-Loup : maison Maraval
 Mont Saint-Loup : cheminée
 Le Cap d'Agde : immeuble remarquable
 Château d'eau de la Roquille : n'existe plus
 Port-Ambonne : feu rouge
 Marseillan-Plage : feu vert
 Marseillan-Plage : feu rouge

feuilles de prises de vues photographiques

Le Cap d'Agde : bouée jaune Nord
 Le Cap d'Agde : bouée jaune Sud
 Ile du Brescou : bouée jaune

g) Carte 1167, de Gruissan au Cap d'Agde

Chapelle des Auxils
 Massif de la Clape : vigie, n'est pas un amer
 Radomes du massif de la Clape
 Le Pech rouge : cheminée
 Karantès-le-haut : blockhaus
 Narbonne-Plage : balise bâbord d'entrée du port
 Narbonne-Plage : balise tribord d'entrée du port
 Cathédrale de Béziers
 Eglise de Vendres
 Les cabanes de Fleury : château d'eau
 Les cabanes de Fleury : pylône rouge et blanc
 Les cabanes de Fleury : réservoir
 Grau de Vendres : donjon
 La Yole : réservoir
 Château de la Vistoule
 Réservoir de la Vistoule
 Valras : immeuble remarquable
 Eglise de Sérignan
 Château d'eau de Sérignan
 Château d'eau de Valras
 Valras : belvédère
 Valras : feu vert
 Valras : feu rouge
 Château d'eau de Portiragnes
 Eglise de Portiragnes
 Château d'eau de la Redoute

h) Carte 2474, de Sète à Marseille

Montpellier : relais de télécommunications de Celleneuve
 Montpellier : station radiogoniométrique de la Colombière

Montpellier : château d'eau de la Colombière
 Montpellier : réservoir de Castelnau-le-Lez
 Château d'eau du Crès

Montpellier : château d'eau du Lech Saint-Pierre
 Château d'eau de Mauguio
 Aigues-Mortes : château d'eau du Mas Bourrie

5. — Fiches d'épave et d'obstruction

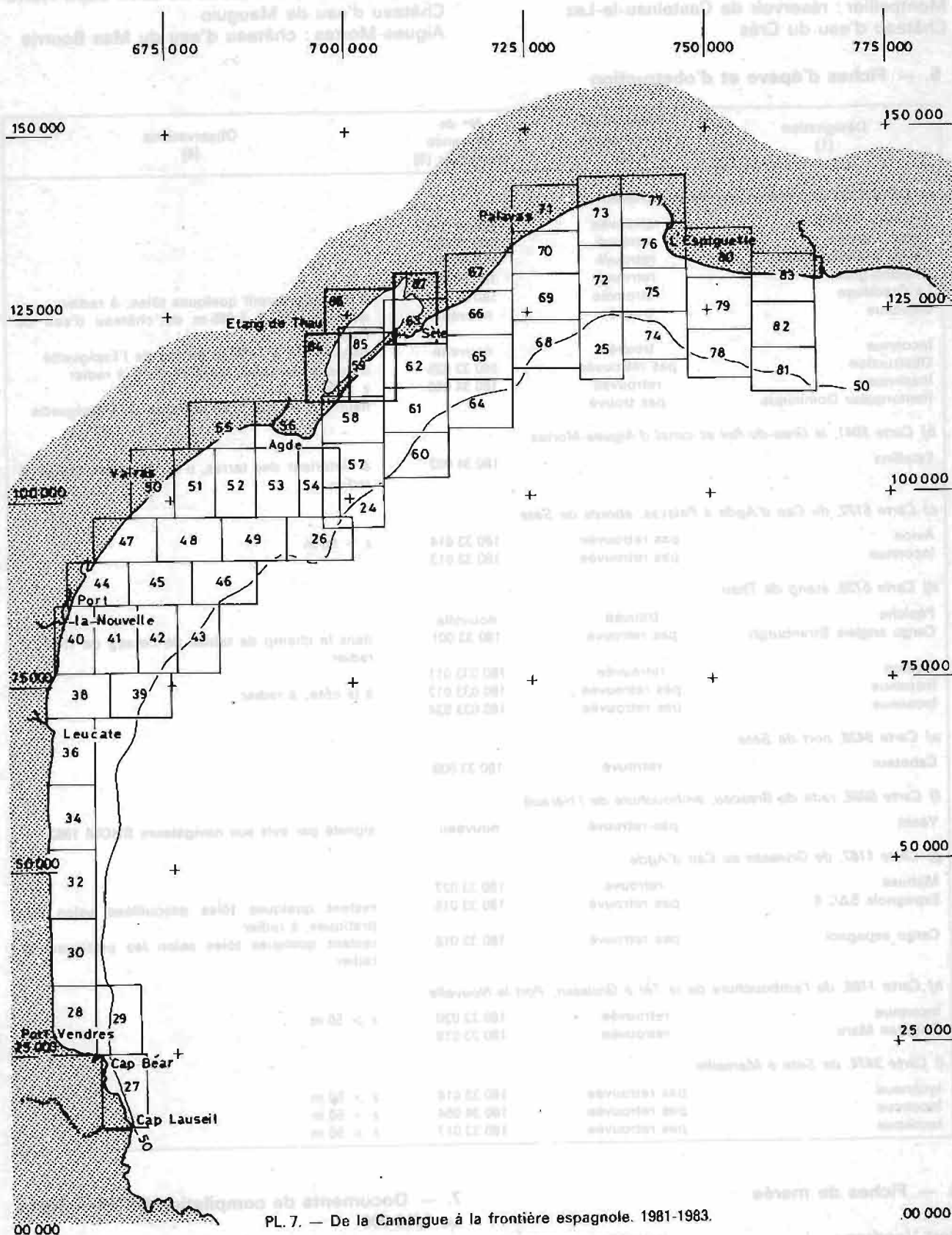
Désignation (1)	Résultat de la recherche (2)	N° de référence du fichier (3)	Observations (4)
<i>a) Carte 5150, de Palavas aux Saintes-Maries</i>			
Goëlette Vahine	retrouvée	180 34 014	
Cargo Derna	retrouvé	180 34 013	
Cargo suédois Embla	retrouvé	180 34 001	
Chaland-grue	retrouvé	180 34 004	
La Gracieuse	retrouvée	180 34 003	à la côte, restent quelques tôles; à radier
Inconnue	trouvée	nouvelle	dans le 136 à 5 385 m du château d'eau de Palavas
Inconnue	trouvée	nouvelle	dans le 116 à 7 000 m du feu de l'Espiguette
Obstruction	pas retrouvée	180 33 025	n'existe pas selon les pratiques; à radier
Inconnue	retrouvée	180 34 040	z > 50 m
Remorqueur Dominique	pas trouvé		naufage en mai 1983 au large de l'Espiguette
<i>b) Carte 5041, le Grau-du-Roi et canal d'Aigues-Mortes</i>			
Estellina		180 34 002	à l'intérieur des terres, n'est plus une épave; à radier
<i>c) Carte 5172, du Cap d'Agde à Palavas, abords de Sète</i>			
Avion	pas retrouvée	180 33 014	z > 50 m
Inconnue	pas retrouvée	180 33 013	
<i>d) Carte 5729, étang de Thau</i>			
Péniche	trouvée	nouvelle	
Cargo anglais Stranburgh	pas retrouvé	180 33 001	dans le champ de tables de l'étang de Thau; à radier
Obéron	retrouvée	180 033 011	
Inconnue	pas retrouvée	180 033 012	à la côte; à radier
Inconnue	pas retrouvée	180 033 024	
<i>e) Carte 6428, port de Sète</i>			
Caboteur	retrouvé	180 33 009	
<i>f) Carte 5098, rade du Brescou, embouchure de l'Hérault</i>			
Yacht	pas retrouvé	nouveau	signalé par avis aux navigateurs SHOM 1982
<i>g) Carte 1167, de Gruissan au Cap d'Agde</i>			
Mimosa	retrouvé	180 33 027	
Espagnols SAC 6	pas retrouvé	180 33 015	restent quelques tôles ensouillées selon les pratiques; à radier
Cargo espagnol	pas retrouvé	180 33 018	restent quelques tôles selon les pratiques; à radier
<i>h) Carte 1166, de l'embouchure de la Têt à Gruissan; Port-la-Nouvelle</i>			
Inconnue	retrouvée	180 23 020	z > 50 m
Shigizan Maru	retrouvée	180 23 019	
<i>i) Carte 2474, de Sète à Marseille</i>			
Inconnue	pas retrouvée	180 33 016	z > 50 m
Inconnue	pas retrouvée	180 34 054	z > 50 m
Inconnue	pas retrouvée	180 33 017	z > 50 m

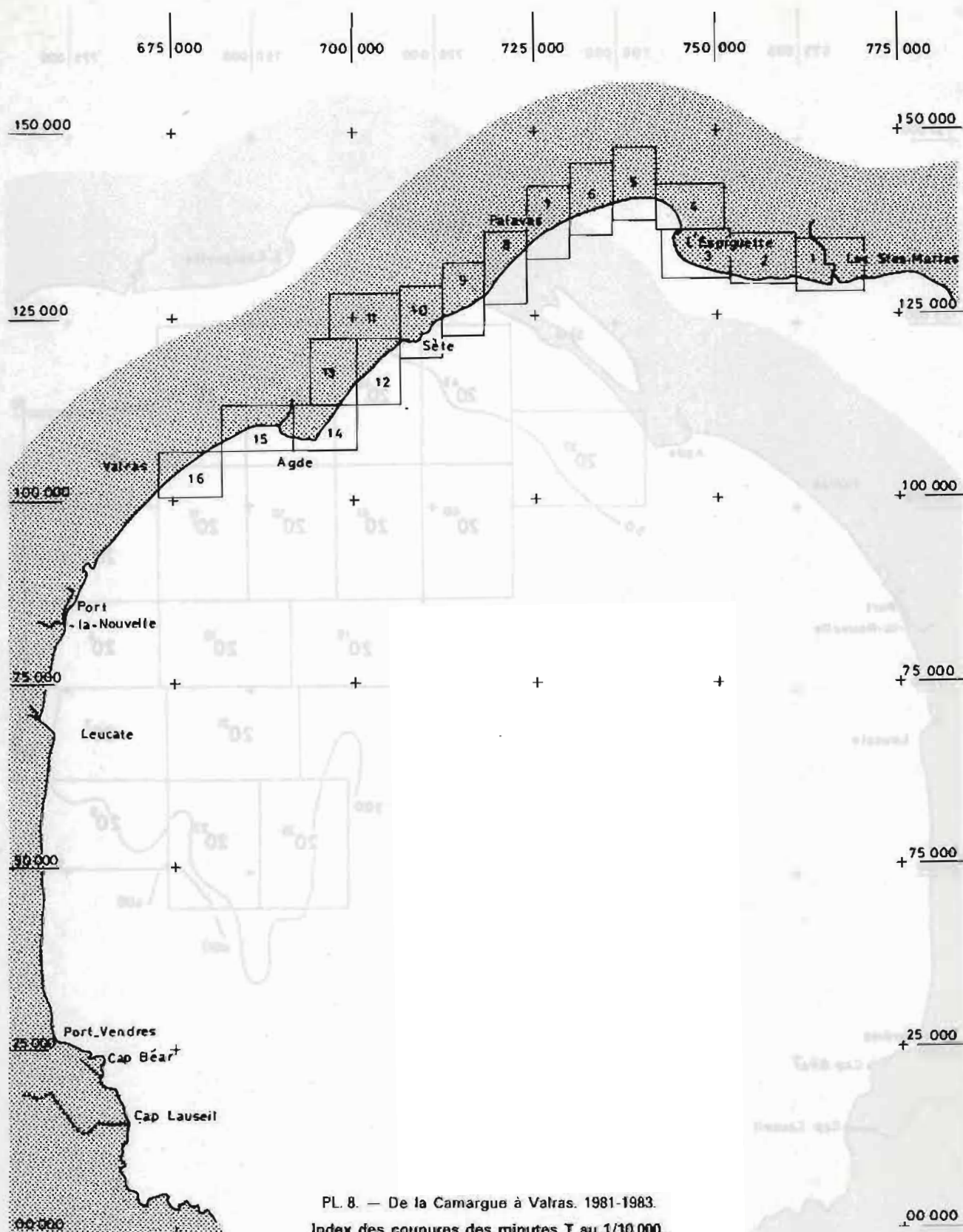
6. — Fiches de marée

Port-Vendres : permanent
 Sète : 1981-1983
 Mèze : 1983

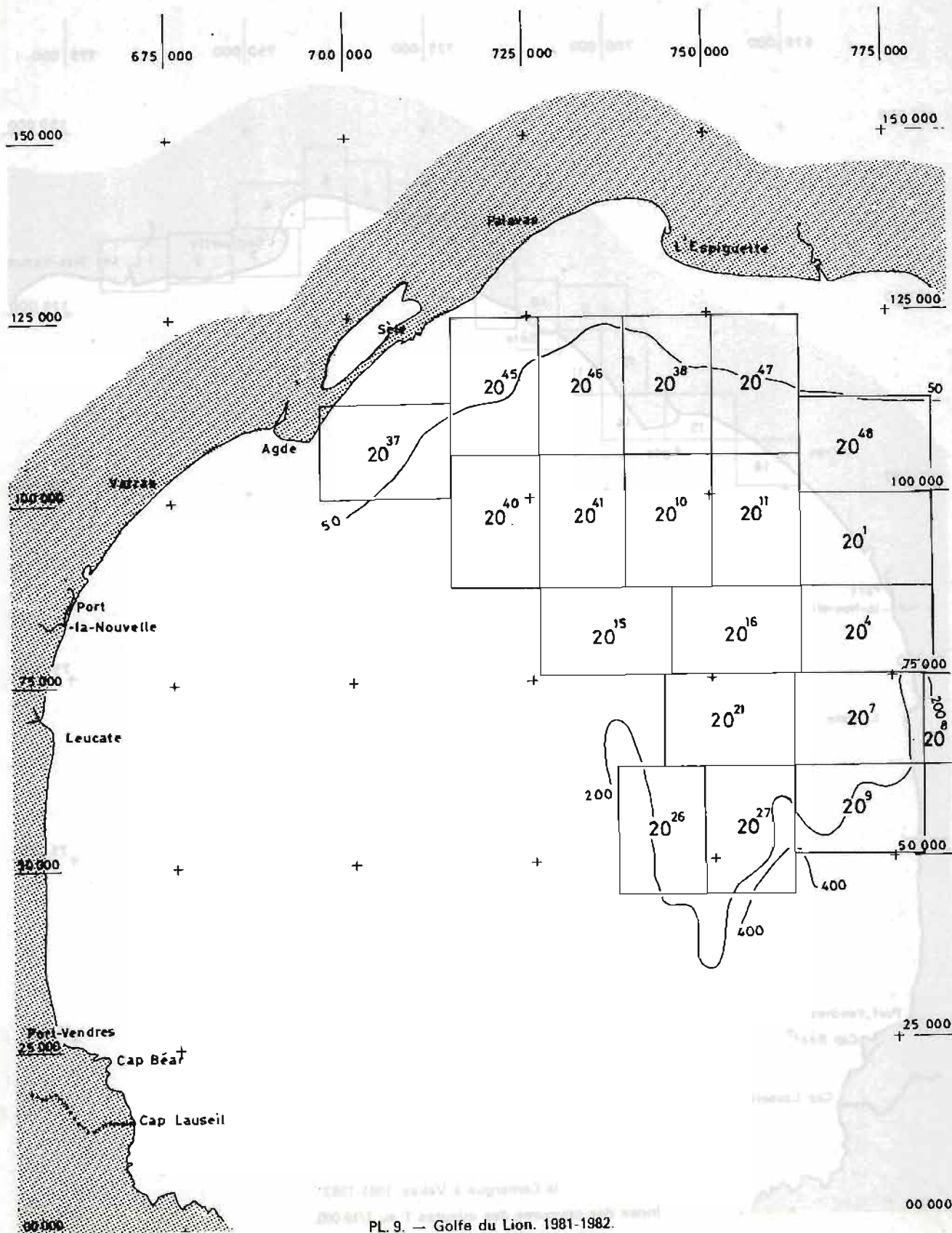
7. — Documents de compilation MOM — MHA au 1/10 000

11 Le Grau-du-Roi, pointe de l'Espiguette
 12 Le Cap d'Agde 14 Valras
 13 Le Grau d'Agde 15 Port-la-Nouvelle

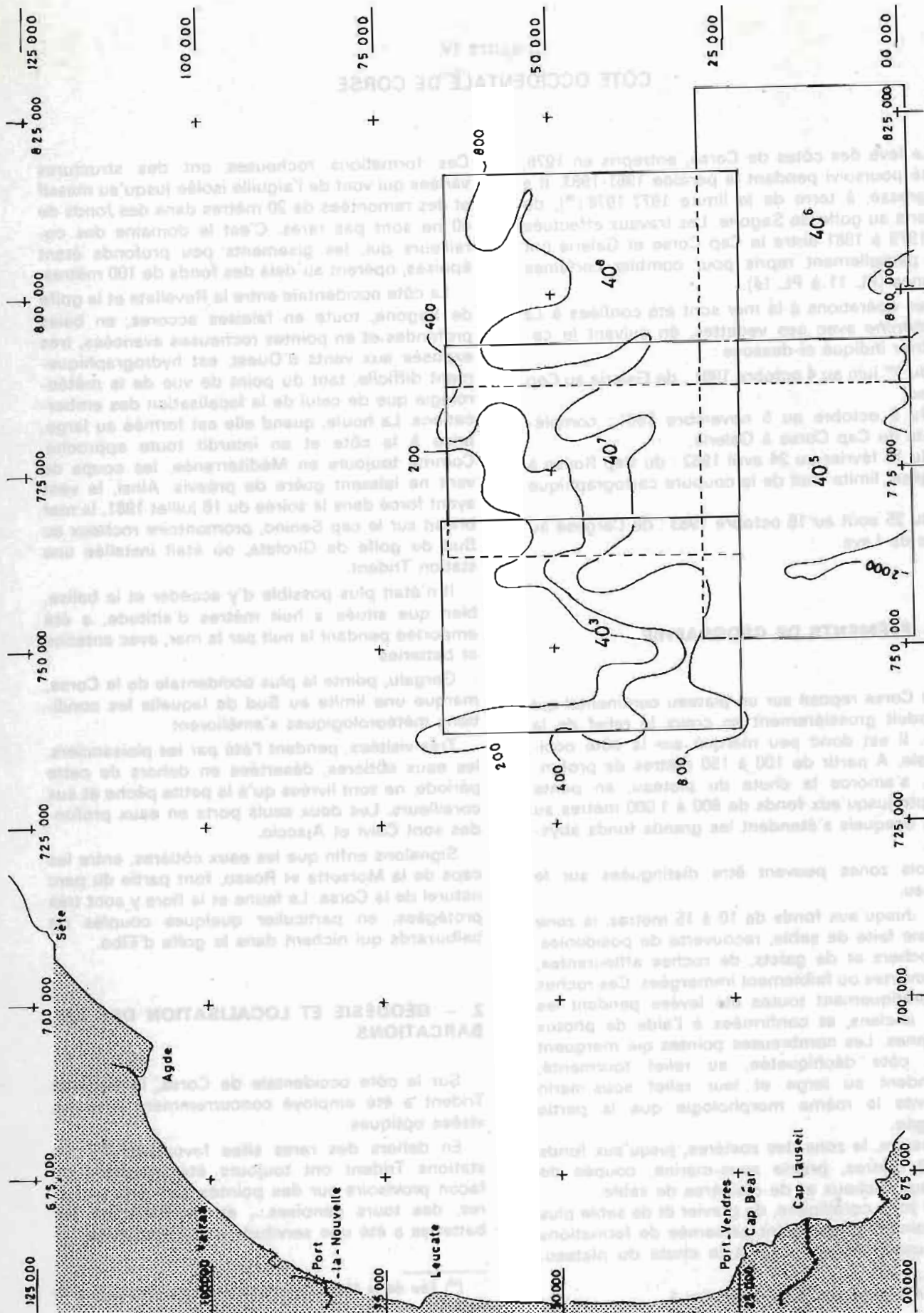




PL. 8. — De la Camargue à Valras. 1981-1983.
Index des coupures des minutes T au 1/10 000.



PL. 9. — Golfe du Lion. 1981-1982.
Index des coupures des minutes B au 1/20 000.



PL. 10. — Golfe du Lion. 1981-1982.

Index des coupures des minutes B au 1/40 000.

Chapitre IV

CÔTE OCCIDENTALE DE CORSE

Le levé des côtes de Corse, entrepris en 1976, a été poursuivi pendant la période 1981-1983. Il a progressé, à terre de la limite 1977-1978⁽³⁴⁾, de Galeria au golfe de Sagone. Les travaux effectués de 1979 à 1981 entre le Cap Corse et Galeria ont été partiellement repris pour combler certaines lacunes (PL. 11 à PL. 14).

Les opérations à la mer sont été confiées à *La Recherche* avec ses vedettes, en suivant le calendrier indiqué ci-dessous :

- du 1^{er} juin au 4 octobre 1981 : de Galeria au Cap Rosso,
- du 5 octobre au 5 novembre 1981 : compléments du Cap Corse à Galeria,
- du 15 février au 24 avril 1982 : du Cap Rosso à Cargèse, limite Sud de la coupure cartographique 50^e,
- du 25 août au 15 octobre 1983 : de Cargèse au golfe de Lava.

1. — ÉLÉMENTS DE GÉOGRAPHIE

La Corse repose sur un plateau continental qui reproduit grossièrement en creux le relief de la terre. Il est donc peu marqué sur la côte occidentale. A partir de 100 à 150 mètres de profondeur, s'amorce la chute du plateau, en pente abrupte jusqu'aux fonds de 800 à 1 000 mètres au large desquels s'étendent les grands fonds abyssaux.

Trois zones peuvent être distinguées sur le plateau.

— Jusqu'aux fonds de 10 à 15 mètres, la zone littorale faite de sable, recouverte de posidonies, de rochers et de galets, de roches affleurantes, découvertes ou faiblement immergées. Ces roches ont pratiquement toutes été levées pendant les levés anciens, et confirmées à l'aide de photos aériennes. Les nombreuses pointes qui marquent cette côte déchiquetée, au relief tourmenté, s'étendent au large et leur relief sous-marin présente la même morphologie que la partie émergée.

— Ensuite, la zone des zostères, jusqu'aux fonds de 40 mètres, prairie sous-marine, coupée de plateaux rocheux et de clairières de sable.

— La zone coralligène, de gravier et de sable plus ou moins fin, également parsemée de formations rocheuses, s'étend jusqu'à la chute du plateau.

Ces formations rocheuses ont des structures variées qui vont de l'aiguille isolée jusqu'au massif et des remontées de 20 mètres dans des fonds de 40 ne sont pas rares. C'est le domaine des coralliers qui, les gisements peu profonds étant épuisés, opèrent au-delà des fonds de 100 mètres.

La côte occidentale entre la Revellata et le golfe de Sagone, toute en falaises accores, en baies profondes et en pointes rocheuses avancées, très exposée aux vents d'Ouest, est hydrographiquement difficile, tant du point de vue de la météorologie que de celui de la localisation des embarcations. La houle, quand elle est formée au large, brise à la côte et en interdit toute approche. Comme toujours en Méditerranée, les coups de vent ne laissent guère de préavis. Ainsi, le vent ayant forcé dans la soirée du 18 juillet 1981, la mer brisait sur le cap Senino, promontoire rocheux au Sud du golfe de Girolata, où était installée une station Trident.

Il n'était plus possible d'y accéder et la balise, bien que située à huit mètres d'altitude, a été emportée pendant la nuit par la mer, avec antenne et batteries.

Gargalu, pointe la plus occidentale de la Corse, marque une limite au Sud de laquelle les conditions météorologiques s'améliorent.

Très visitées, pendant l'été par les plaisanciers, les eaux côtières, désertées en dehors de cette période, ne sont livrées qu'à la petite pêche et aux coralliers. Les deux seuls ports en eaux profondes sont Calvi et Ajaccio.

Signalons enfin que les eaux côtières, entre les caps de la Morsetta et Rosso, font partie du parc naturel de la Corse. La faune et la flore y sont très protégées, en particulier quelques couples de balbuzards qui nichent dans le golfe d'Elbo.

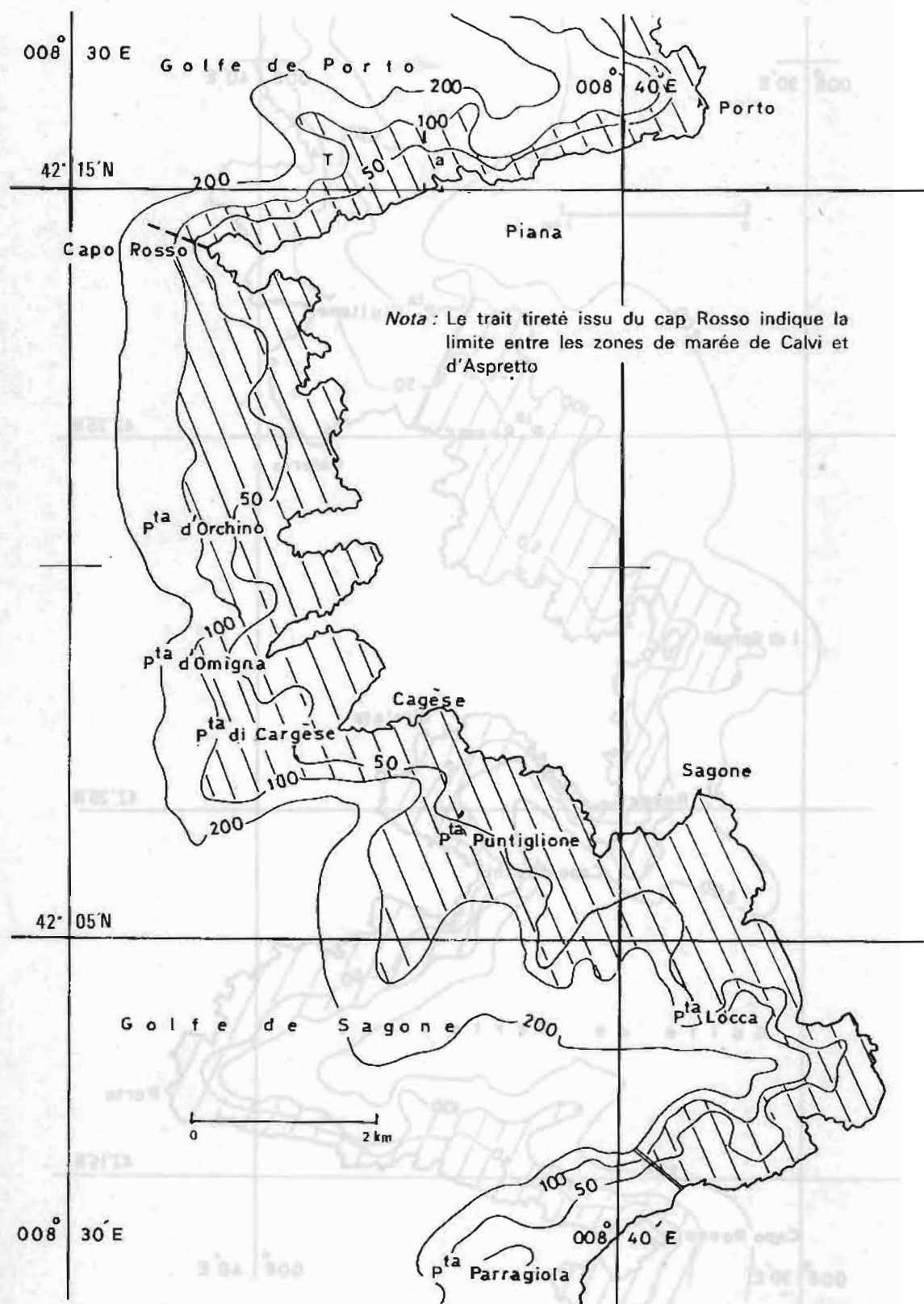
2. — GÉODÉSIE ET LOCALISATION DES EMBARCATIONS

Sur la côte occidentale de Corse, le système Trident a été employé concurremment avec les visées optiques.

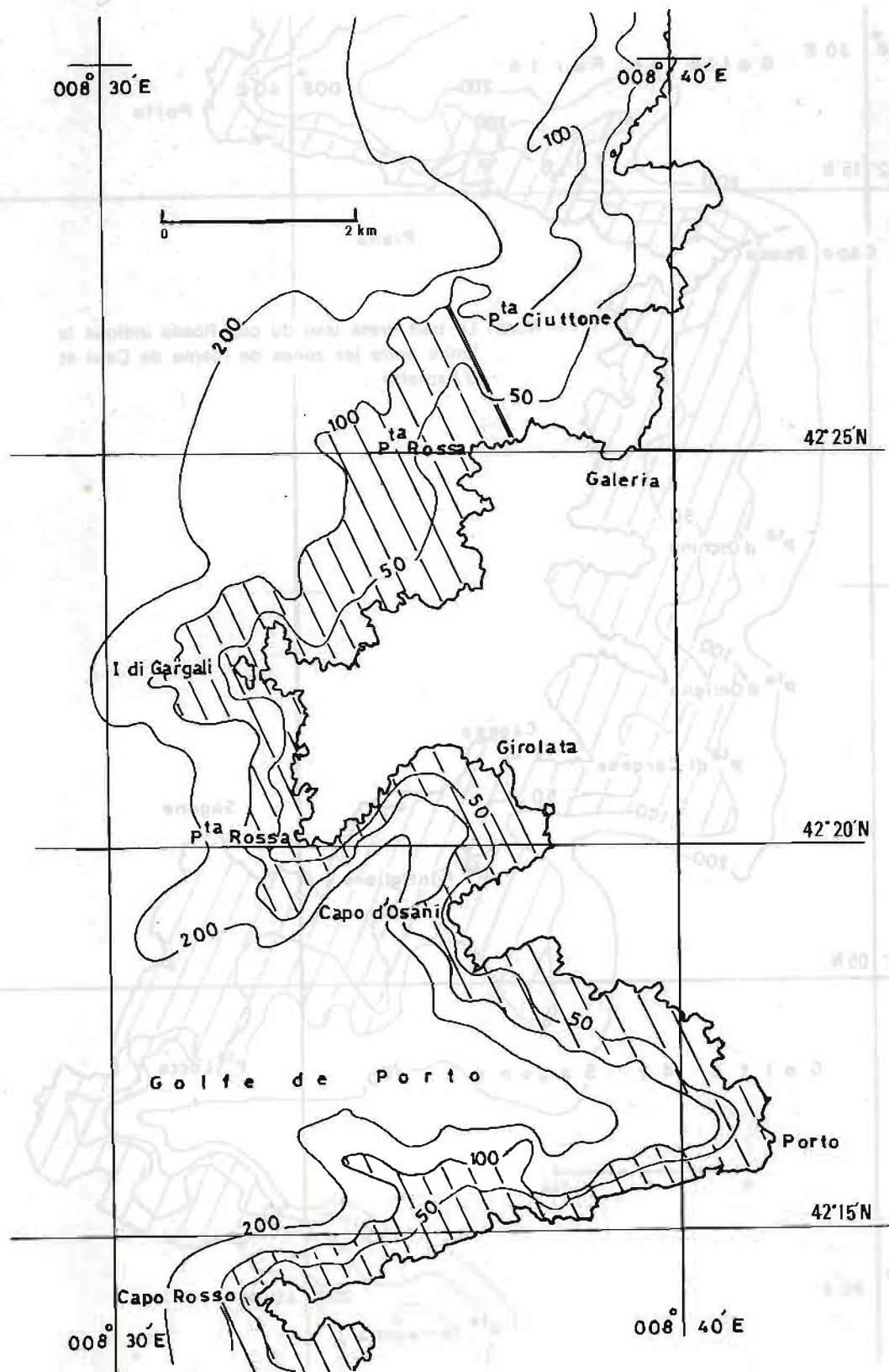
En dehors des rares sites favorables⁽³⁵⁾, les stations Trident ont toujours été installées de façon provisoire sur des pointes, des promontoires, des tours génoises..., et l'alimentation sur batteries a été une servitude non négligeable.

⁽³⁴⁾ A.H. 1981, rapport MOM, chapitre 3.

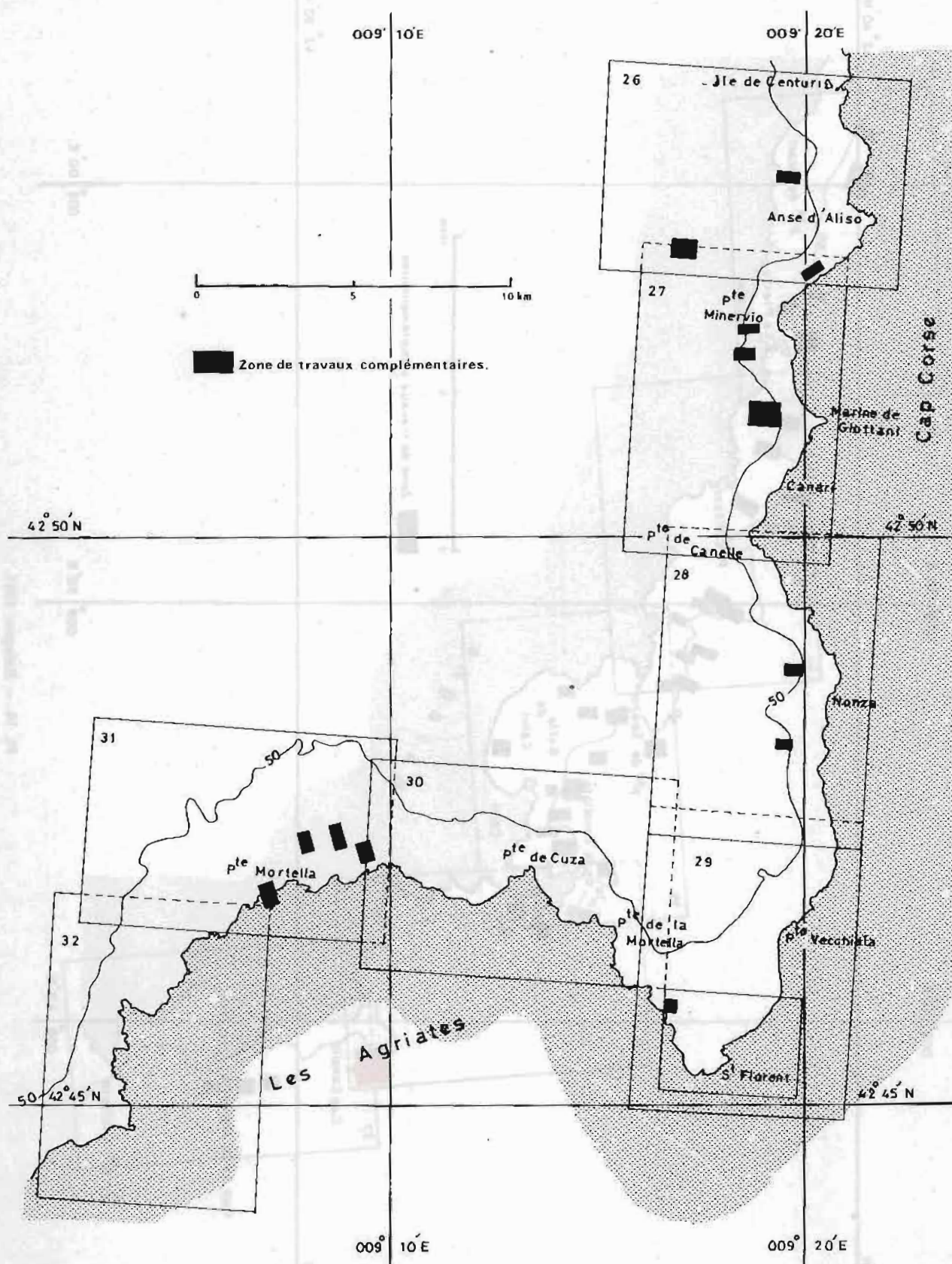
⁽³⁵⁾ Feu de la Pietra, feu de la Revellata, Sémaphore de Cavallo.



PL. 11. — Côte occidentale de Corse. Du cap Rosso à la pointe Parragiola. 1982-1983.
Levé côtier.



PL. 12. — Côte occidentale de Corse. De Galeria au cap Rosso. 1981.
 Levé côtier.



PL 13. — Cap Corse, les Agriates. 1981.
Travaux complémentaires au levé 1979-1981.

Dans les baies, au voisinage des caps et le long des falaises, il arrivait que la propagation des ondes électromagnétiques fut perturbée par des masques, des phénomènes de réflexion, de réfraction ou de diffraction, de la réverbération devant les falaises. Dès qu'une chaîne était installée, il était recommandé, avant d'entreprendre le levé proprement dit, de parcourir la zone en observant la qualité de la réception⁽³⁶⁾ et de la construction, en particulier dans les baies et à l'approche de la côte. Le cas échéant, des stations optiques complémentaires étaient armées pour combler localement les lacunes de la radiolocalisation.

Les stations ont été rattachées à la NTF avec les méthodes de la géodésie expédiée et les polygones côtiers au théodolite T2 et au géodimètre AGA 14 très employées. Les documents ont été établis en projection Lambert IV.

La plupart de ces stations, en particulier les pointes, n'étaient accessibles que depuis la mer, en dinghy. Dans tous les cas, une progression d'une demi-heure dans les éboulis et les roches de la côte a été préférée à une marche de plusieurs heures dans les sentiers du maquis, quand il y en avait, et il est rappelé qu'en dehors de ces sentiers, le maquis corse est presque impénétrable.

Les amers ont été également localisés. Toutefois, les coordonnées de certains d'entre eux, difficilement accessibles et dont le rattachement aurait requis de laborieuses opérations sur le terrain, ont été déterminées à l'aide de photos aériennes et du restituteur stéréoflex ou, exceptionnellement, piquées sur les cartes au 1/25 000 de l'IGN.

3. — LE LEVÉ BATHYMÉTRIQUE

Les normes classiques d'espacement des profils ont été suivies pendant le levé bathymétrique régulier :

- tous les cent mètres entre le rivage et l'isobathe 50 mètres,
- tous les deux cents mètres entre les isobathes 100 et 200 mètres,
- tous les quatre cents mètres entre les isobathes 200 et 800 mètres.

En fait, un profil sur deux a été prolongé au large de l'isobathe 200 mètres de façon à recouvrir la limite à terre du levé MOM 1978, en opérant aux limites des performances des sondeurs NUBS 12A.

Ces normes étaient quelque peu insuffisantes pour rendre-compte d'un relief sous-marin aussi accidenté que celui de la côte occidentale de

Corse et un levé complémentaire, parfois aussi important que le levé régulier, est venu s'y ajouter pour préciser des accidents du relief, explorer des formations rocheuses, investiguer des pointes, fouiller des baies. Ce levé complémentaire a porté sur des recherches localisées de roches tandis que dans les zones dont le relief méritait d'être précisé davantage, notamment au large des caps et des pointes, les profils ont été resserrés tous les cinquante mètres. Ainsi, entre le cap Rosso et Cargèse, les fonds accidentés devant cette côte rocheuse et accore ont été explorés sur profils réguliers, un tous les cent mètres. Après examen des enregistrements, le suivi d'intercalaires a été jugé nécessaire, assez nombreux comme le montrent les minutes R associées aux B. Conformément aux instructions sur la rédaction, les têtes et les hauts-fonds portés sur les R ont été transcrits en priorité sur les B. Le procédé donne d'un relief sous-marin déchiqueté une image régulière alors que le micro-relief est filtré et comme gommé.

La rédaction classique restitue ainsi un relief lissé qui se réfère aux moindres fonds. L'observateur a ainsi une représentation plus statistique que ponctuelle qui, si elle répond aux demandes de la cartographie marine, masque partiellement la réalité. Celle-ci ne peut être saisie qu'en examinant les enregistrements.

Levés régulier et complémentaire progressaient en même temps. A cette intention, les enregistrements de la séance du jour J étaient examinés en détail le jour J + 1 et dépouillés, sans tenir compte de la marée, là où un relief accidenté le justifiait. Les segments de profil intéressés étaient alors construits, puis les sondes brutes écrites sur la projection de préparation. A l'aide de cette pré-rédaction, une ébauche du relief sous-marin dans ses parties les plus délicates se dessinait et le levé complémentaire était entrepris le jour J + 2, sous forme de profils intercalaires ou de recherches isolées. Une vedette était affectée au levé régulier, l'autre au levé complémentaire, dans lequel ont été inclus quelques profils transversaux aux réseaux réguliers.

Les têtes et les hauts-fonds portés sur les cartes marines ont été recherchés et le plus souvent retrouvés. Les résultats des levés anciens ont en général été confirmés et il y avait lieu d'insister avant de radier une sonde qui en était issue.

Les séances de bathymétrie ont été rédigées selon la méthode traditionnelle jusqu'à la reprise des travaux dans le golfe de Sagone, en août 1983, époque à laquelle le système Hytrai était opérationnel.

Parallèlement, l'enquête habituelle auprès des pratiques (pêcheurs, plongeurs, corailleurs) complétait l'information sur les fonds marins.

Au début d'octobre 1981, la progression du levé régulier a été suspendue au cap Rosso pour

⁽³⁶⁾ La valeur du CAG est significative.

reprendre en partie les travaux effectués entre le cap Corse et Galeria de 1978 à 1981. Les documents correspondants à ces travaux, invalidés par le SHOM, avaient été retournés afin de les compléter, de les corriger et de leur apporter un complément d'informations à recueillir à la mer et à terre. La Mission s'est employée pendant un mois à suivre des profils intercalaires, rechercher des hauts-fonds, localiser des amers, prendre des photographies. A cette occasion, les chaînes Trident ont bien entendu été réimplantées pour recouvrir la côte comme s'il était agi d'un levé régulier.

Parallèlement, les minutes B correspondantes à cette période ont été testées. Le taux d'erreurs relevées à l'issue de ces tests étaient tel que les enregistrements bathymétriques ont dû être réactivés en vue d'un contrôle systématique qui a été suivi d'une reprise partielle, et parfois totale de l'écriture dans les cas où il n'était plus possible de procéder par corrections.

Les minutes T ont été corrigées pour les mettre en conformité avec les instructions permanentes du SHOM sur la rédaction des levés. Les fiches d'amer ont été reprises intégralement, ainsi que les cartes renseignées.

Les sondes ont été réduites de la marée jusqu'à 50 mètres; du cap Corse au cap Rosso, de la marée observée à Calvi, au Sud du cap Rosso, de celle observée à Aspretto. Toutefois, dans le Sud du golfe de Porto, les recherches entre les caps Rosso et Vardiola, ainsi que les profils transversaux, ont été réduits à partir d'Aspretto, tandis que la bathymétrie régulière l'a été de Calvi. Le parallèle de l'île Cargalu avait été prescrit comme limite entre les deux zones de marée. L'observatoire d'Aspretto n'ayant pu être armé qu'en juillet 1981, alors que le levé avait déjà franchi Gargalu et se poursuivait dans le golfe de Porto, il a été décidé de reporter cette limite au cap Rosso.

La marée a été enregistrée :

- à Calvi du 8 avril au 4 novembre 1981, date à laquelle l'observatoire a été démantelé,
- à Aspretto, du 24 juillet 1981 au 8 septembre 1982 et à partir du 25 août 1983.

Les zéros des sondes sont :

- à Calvi, à 2,81 m sous le repère fondamental, repère du NGF scellé dans le parapet (côté mer) de la route allant du quai des pêcheurs vers la gare,
- à Ajaccio, à 8,02 m sous le repère fondamental, repère du NGF scellé dans le mur du tunnel, côté Bastia, du chemin de fer Ajaccio-Bastia.

4. — LE LEVÉ TOPOGRAPHIQUE

Il a porté sur la détermination précise du trait de côte et le levé des roches affleurantes, dé-

couvertes ou faiblement immergées.

Les documents ont été établis en restituant, à l'aide du restituteur SOM Stéréoflex et du redresseur optique Bausch et Lomb, les photographies de la couverture aérienne 1975 au 1/17 000 de l'IGN. Ils ont été complétés à l'aide de séances de topographie de roches côtières.

Le trait de côte des cartes au 1/25 000 de l'IGN a été comparé à celui levé par la Mission en superposant des agrandissements photographiques au 1/10 000 de ces cartes sur les minutes T de la MOM.

Cette opération a fait ressortir deux zones de discordances, entre Galeria et le golfe de Girolata d'une part, entre Porto et la pointe Tuselli d'autre part.

A partir des abords Ouest de Galeria, les écarts augmentent régulièrement, atteignent un maximum de 20 à 25 mètres à la pointe Nera, puis diminuent et sont nuls sur l'îlot Scandola, à l'entrée du golfe de Girolata, et dont l'axe est rattaché par l'IGN. Il faut noter que les îlots Porvi et Palazzu, pourtant situés près de la pointe Nera coïncident sur les deux documents. Au sommet de ces îlots, des cairns édifiés et rattachés par l'IGN n'ont pas été utilisés comme points de calage par la MOM, en raison de leur altitude, bien que ceux de la zone leur ait été directement rattachés.

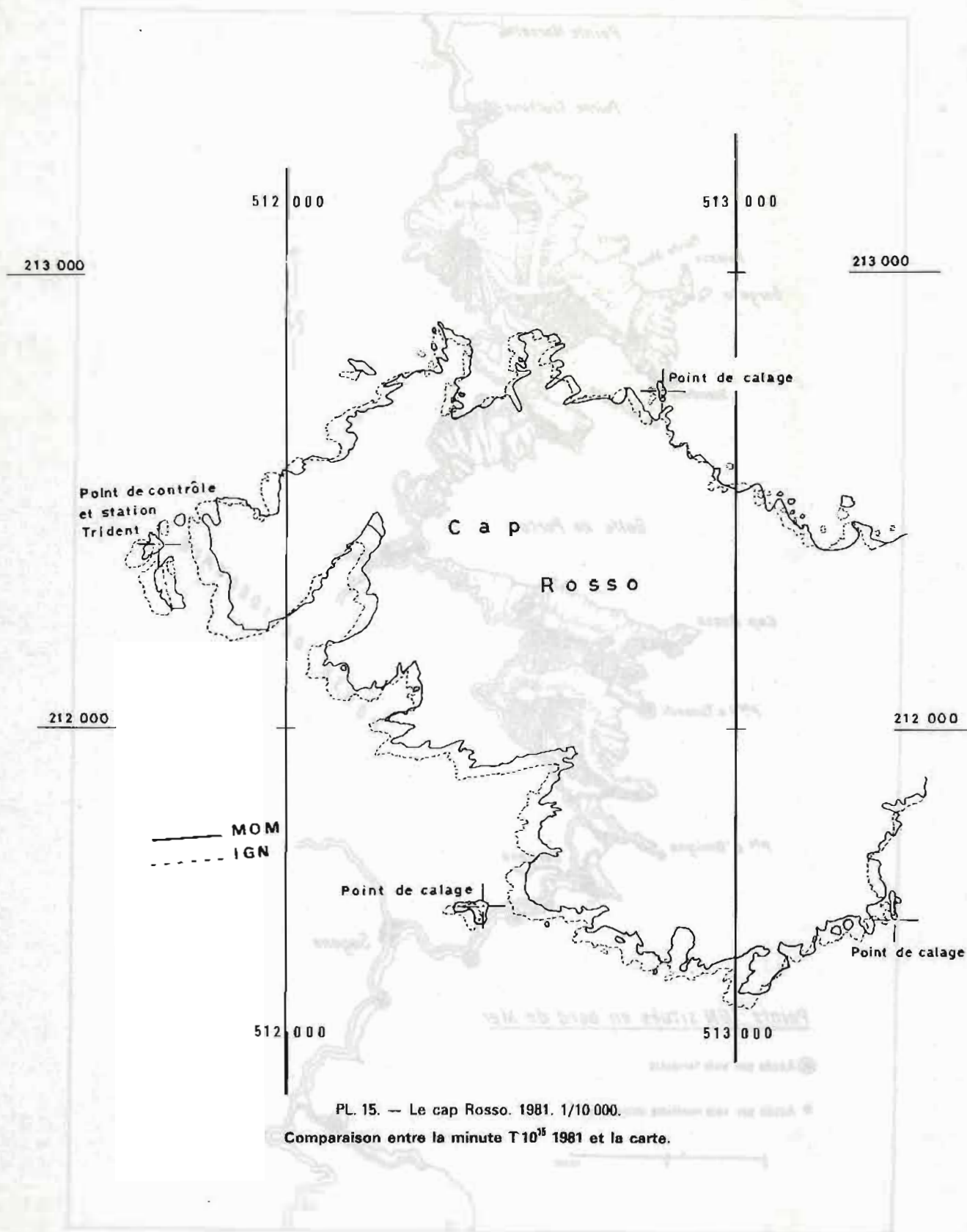
De la même façon, depuis Porto, les écarts croissent régulièrement, passent par un maximum de 40 mètres au cap Rosso, puis diminuent et s'annulent au voisinage de la borne IGN de pointe Tuselli (PL. 15).

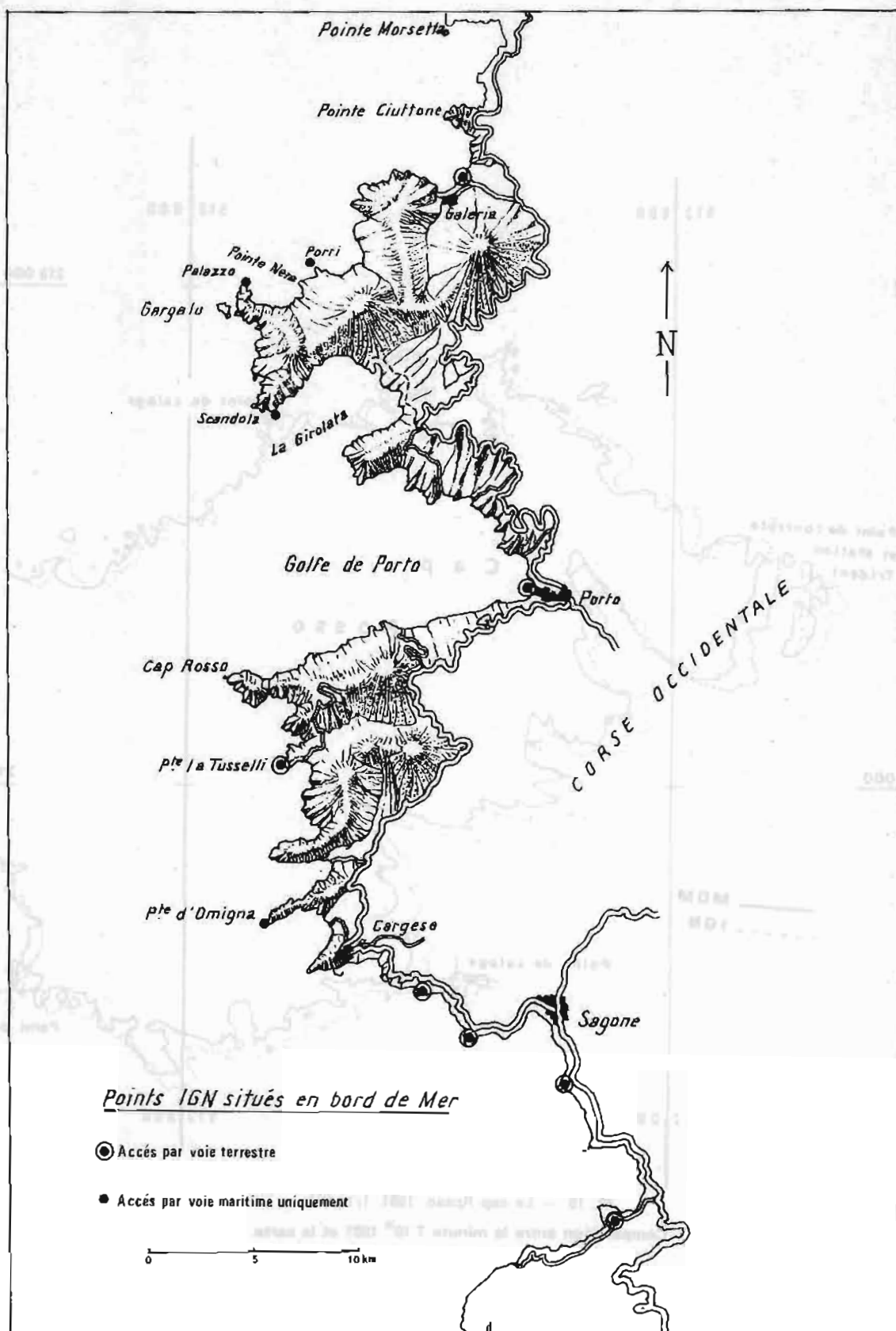
En dehors de ces deux zones, les traits de côte concordent bien avec, localement, des écarts peu importants.

Il faut noter que les écarts signalés ci-dessus sont d'autant plus grands que l'accès par la terre est difficile, avec son corollaire habituel, la faible densité du réseau géodésique (PL. 16). Dans ces zones, les équipes de topographie de la Mission ont opéré à partir de la mer, en commençant par étendre à la côte le réseau de l'IGN. Les points de calage, rattachés à ces points complémentaires, ont été répartis le long du trait de côte, avec une densité d'un tous les 200 mètres environ de façon à en disposer de quatre par couple de la couverture au 1/17 000.

Des points de contrôle, identifiés sur les photos mais n'intervenant pas dans la formation des images plastiques, ont confirmé a posteriori le dessin des minutes T. La bathymétrie, poussée sur ces côtes accores jusqu'au rivage, et la topographie se sont contrôlées mutuellement.

Ajoutons enfin que, dans certains cas défavorables, la vision stéréoscopique des falaises et des promontoires verticaux est altérée. Cela arrive quand, selon la route suivie par l'avion, la face à restituer n'a été photographiée qu'une fois.





PL. 16.

5. — LES DOCUMENTS DE LA RÉDACTION

Ils comprennent des minutes B, R, T, des fiches descriptives d'observatoire de marée, des fiches d'amer, des cartes renseignées et des vues de côtes. Ces documents sont énumérés en annexe.

Le levé bathymétrique côtier a été recouvert avec le levé du large MOM 1978, effectué par l'*Origny* et rédigé à l'échelle du 1/25 000. L'*Origny* utilisait un sondeur Elac réglé pour une célérité du son de 1 500 m/s, tandis que les sondeurs des vedettes de *La Recherche* étaient des DESO 10 étalonnés.

De la superposition des minutes B côtières au 1/10 000 sur des agrandissements photographiques des documents du large, ainsi que de l'examen des enregistrements bathymétriques et des projections de construction, il est ressorti que :

— la cohérence entre les deux levés est excellente,

— deux sondes à la même position peuvent différer de deux à trois mètres. Le sondeur Elac était réglé sur l'échelle 0-400 mètres pour laquelle la précision de la mesure est de 2 mètres. Ces divergences sont à mettre sur le compte de l'imprécision de l'Elac et tout le poids de la mesure a été reporté sur la sonde acquise avec les DESO 10.

— deux sondes, toujours à la même position, peuvent différer de 10, 20 ou même 30 mètres.

L'examen des bandes Elac a montré que le dépouillement d'échos latéraux était à l'origine de cette discordance. Si ces bandes avaient été dépouillées sans tenir compte des échos latéraux, la cohérence aurait été excellente,

— localement, par exemple au voisinage des pointes ou dans des baies, des discordances ont été notées entre l'isobathe 50 mètres tracée sur le 1/10 000 et son homologue du 1/25 000. Ainsi, dans une partie accore de la côte, près de la pointe de la Morsetta et en baie de Crovani, l'isobathe 50 mètres du 1/10 000 est parallèle et à 100 mètres au large de celle du 1/25 000. Cet écart a vraisemblablement pour origine les anomalies de propagation des ondes électromagnétiques au voisinage des pointes et des falaises. L'*Origny* était localisé à l'aide du Trident, les vedettes à l'aide de visées optiques et du Trident. La localisation optique a été adoptée comme référence et le levé au 1/10 000 adopté.

— Sur les documents au 1/25 000, quelques fautes de rédaction ont été relevées. Ainsi, des sondes enregistrées au cours de trois tops successifs ont été réparties entre deux tops seulement sur la construction. Cela se traduit par un resserrement artificiel de l'écriture sur l'arc de profil intéressé, et une ondulation locale des isobathes. Toujours sur le 1/25 000, quelques fautes de transcription des sondes écrites sur les bandes ont été notées. Par exemple 61 sur l'écriture pour 51 sur la bande ou la construction.

ANNEXE

Côte occidentale de Corse, du cap Corse au golfe de Sagone

Liste des documents définitifs de la rédaction

1. — Minutes de bathymétrie

B10 ²⁶ de l'île Centuri à la pointe Minervio	1978
R10 ²⁶	1981
B10 ²⁷ de la pointe Minervio à la pointe de Canelle	1979
R10 ²⁷	1981
B10 ²⁸ de la pointe de Canelle à la marine de Farinole	1979
R10 ²⁸	1981
B10 ²⁹ de la marine de Farinole à Saint-Florent ⁽³⁷⁾	1979
B5 ³ Saint-Florent	1980
R5 ³	1981
B10 ³⁰ de Saint-Florent à la pointe de Mignole ⁽³⁷⁾	1980
B10 ³¹ de la pointe de Mignole à la pointe de l'Alciolo	1980
R10 ³¹	1981
B10 ³² de la pointe de l'Alciolo à l'anse de Porajola ⁽³⁷⁾	1980
B10 ³³ de l'anse de Porajola à l'île Rousse	1980
R10 ³³	1981
B10 ³⁴ de l'île Rousse à la pointe d'Espano ⁽³⁸⁾	1980
R10 ³⁴	1981
B10 ³⁵ de la pointe d'Espano à la Revellata ⁽³⁸⁾	1980
R10 ³⁵	1981
B10 ³⁶ de la Revellata au cap Cavallo ⁽³⁸⁾	1980
R10 ³⁶	1981
B10 ³⁷ du cap Cavallo à la pointe Ciutonne ⁽³⁸⁾	1980
R10 ³⁷	1981
B10 ³⁸ et R10 ³⁸ de Galeria à la pointe Scandola	1981
B10 ³⁹ et R10 ³⁹ de la pointe Scandola à la pointe Rossa	1981
B2 ¹ baie de Girolata	1982
Levé demandé par le quartier des Affaires Maritimes d'Ajaccio pour le compte du Service Maritime de l'Équipement	
B10 ⁴⁰ et R10 ⁴⁰ de la pointe Rossa à la pointe Lignaggia	1981
B10 ⁴¹ et R10 ⁴¹ golfe de Porto	1982
B10 ⁴² et R10 ⁴² de la pointe Piana à la pointe Tuselli	1982
B10 ⁴³ et R10 ⁴³ de la pointe Tuselli à la pointe d'Omigna	1982

⁽³⁷⁾ Pas de compléments à la mer, signée Thouin.

⁽³⁸⁾ B10³⁴, B10³⁶, B10³⁶ et B10³⁷ ont été réécrites et complétées à la mer.

B10⁴⁴ et R10⁴⁴ baie de Pero 1982

2. — Minutes de topographie au 1/10 000

T10 ² de l'anse d'Aliso à la pointe de Scala ⁽³⁹⁾	1979
T10 ³ de la pointe de Canelle à la marine de Negru	1979
T10 ⁴ de la marine de Farinole à Saint-Florent	1979
T10 ⁵ de la pointe du Cepu à la pointe de Mignole	1979
T10 ⁶ de la pointe Genibaretta à la pointe de l'Alciolo	1980
T10 ⁷ de la pointe de l'Alciolo à l'île Rousse	1980
T10 ⁸ de l'île Rousse à l'île d'Espano	1980
T10 ⁹ de l'île d'Espano à la pointe Ricci	1980
T10 ¹⁰ de la pointe Ricci au cap Cavallo	1980
T10 ¹¹ du cap Cavallo à Galeria	1980
T10 ¹² de la pointe Bianca à la Girolata	1981-1982
T10 ¹³ de la pointe Muchillina à la baie de Caspiu	1981-1982
T10 ¹⁴ golfe de Porto	1981-1982
T10 ¹⁵ de l'anse de Dardo à la pointe Tuselli	1982
T10 ¹⁶ du golfe de Tapiti à la pointe de Molendinu	1982

3. — Cartes renseignées

4911 presqu'île du cap Corse, Nord	1/35 000	1978-1981
4887 presqu'île du cap Corse, Sud	1/35 000	1979-1981
4877 golfe de Saint-Florent	1/12 000	1980-1981
4881 de l'île Rousse à Saint-Florent	1/35 000	1980-1981
4346 l'île Rousse	1/10 000	1980-1981
5635 port de Calvi	1/10 000	1980-1981
4860 du cap Cavallo à l'île Rousse	1/35 000	1980-1981
4818 du cap Rosso au cap Cavallo	1/35 000	1981
4790 du cap de Feno au cap Rosso	1/35 000	1982

4. — Fiches d'amer

a) Carte 4911, presqu'île du cap Corse, Nord

Pylône de Barretali,
Eglise de Barretali,
Conchigliu : église de l'Annonciade,
Eglise de Canari.

⁽³⁹⁾ T10² à T10¹⁰, pas de compléments sur le terrain, signées Thouin.

b) Presqu'île du cap Corse, Sud

Usine d'amiante,
Pylône de l'usine d'amiante,
Eglise d'Ogliastru,
Tour d'Albu,
Tour de Nonza,
Eglise de Nonza,
Couvent de Nonza,
Tour de la marine de Negru,
Tour de Farinole,
Eglise de Bracolaccia,
Couvent en ruines de Farinole,
Réservoirs de Fromentica.

c) Golfe de Saint-Florent

Bunker de Saint-Florent,
Monument du cimetière musulman,
Réservoir de Saint-Florent,
Citadelle de Saint-Florent,
Eglise de Saint-Florent,
Tourelle de la Tegnosa,
Port de Saint-Florent : feu rouge,
Port de Saint-Florent : feu vert,
Tour de Fornali,
Phare de Fornali,
Tour de la Mortella,
Sémaphore de la Mortella,
Phare de la Mortella.

d) de l'île Rousse à Saint-Florent

Cairn de Palasca,
Maison de cantonnier,
Tour de Lozari,
Tour de Pianosa.

e) l'île Rousse

Calvaire de Sualelli,
Tombeau,
Vieux moulin,
Cathédrale d'île Rousse,
Eglise Sainte-Marie,
Feu de jetée d'île Rousse,
Tour de la Pietra,
Phare de la Pietra,
Pylône du capo Curboriu,
Sémaphore d'île Rousse.

f) Port de Calvi

Eglise Saint Jean-Baptiste,
Tour du sel,
Feu rouge de Calvi,
Eglise Sainte-Marie,
Ruines de Calvi,
Feu vert de la jetée de Calvi,
Notre-Dame de Lorette.

g) du cap Cavallo à l'île Rousse

Chapelle Saint-François,
Pylône de San Antonino,
Couvent de Corbara,
Clocher de San Antonino,

Tombeau de Pigna,
Chapelle du Muomi,
Clocher d'Aregno,
Eglise de Cateri,
Couvent de Marcasso,
Clocher de Lavatoggio,
Pylône de Lavatoggio,
Clocher de Montemaggiore,
Clocher d'Algajola,
Danger d'Algajola,
Clocher de Lumio,
Pylône de monte Ortu,
Feu rouge du port de Sant'Ambroggio,
Feu vert du port de Sant'Ambroggio,
Pointe de Spano : rocher de l'éléphant,
Tour de la pointe de Spano,
Tour de Caldano,
Château d'eau du camp Raffali,
Capu di Veta,
Chapelle Notre-Dame di Serra,
Pylône du radiophare de la Revellata,
Phare de la Revellata,
La Revellata : feu vert du port de la station
océanographique.
Pylône météo de la Revellata,
Tour Truccia,
Sémaphore du cap Cavallo.

h) du cap Rosso au cap Cavallo, golfe de Porto

Gentilhommière de Torre Mozza,
Mine d'Argentelle,
Tour de Margine,
Tour de Fango,
Eglise de Galeria,
Tour d'Elbo,
Tour de Gargalu,
Feu de Gargalu,
Château de Girolata,
Scoppa : station, n'est pas un amer,
Tour de Porto,
Eglise de Piana,
Pylône de télévision de Piana,
Col d'Osini : station, n'est pas un amer,
Tour Turghio.

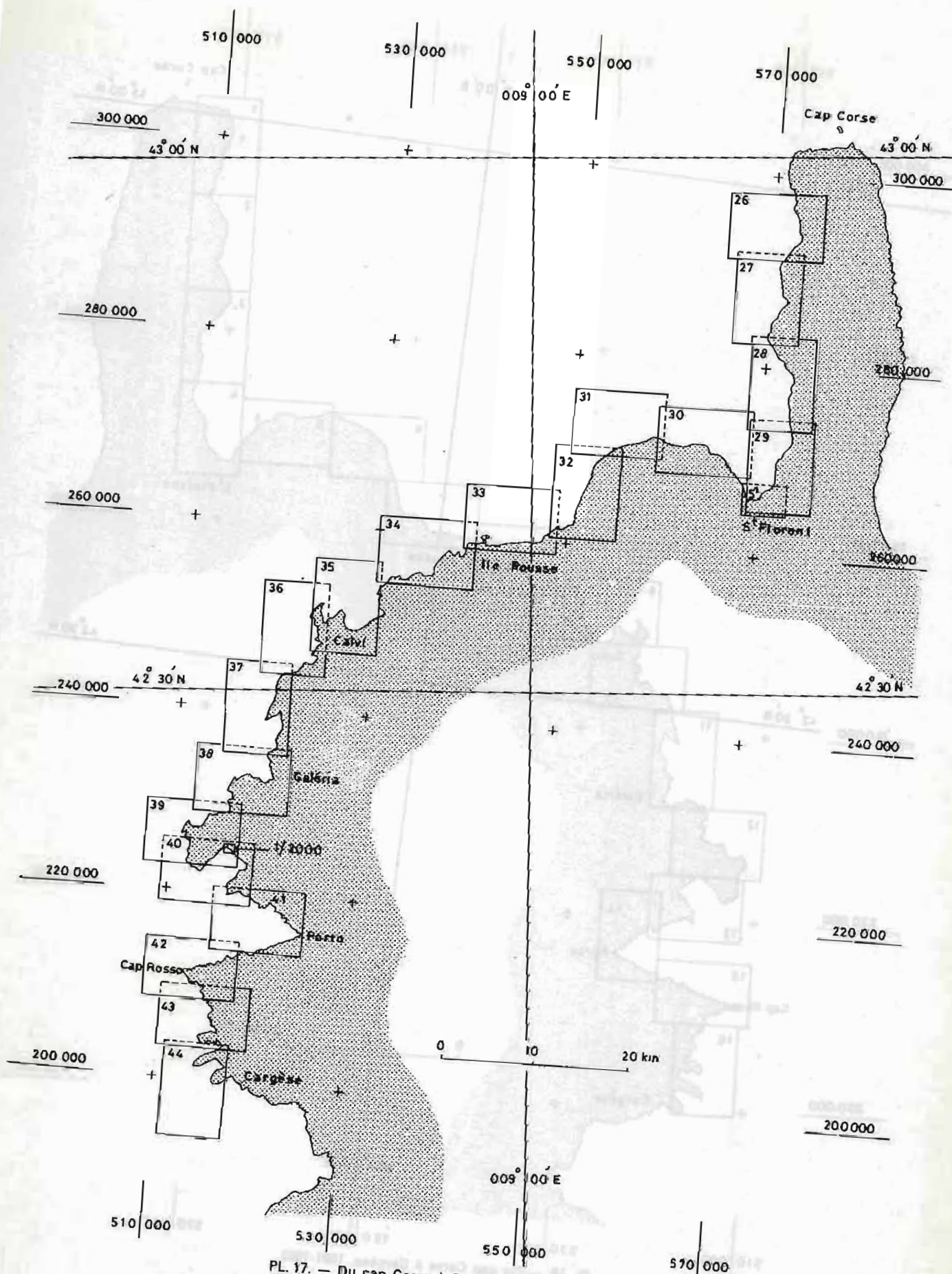
i) du cap de Feno au cap Rosso

Eglise romaine de Cargèse,
Eglise grecque de Cargèse,
Cargèse : tour génoise,
Cargèse : petite tour,
Cargèse : pylône PTT,
Cargèse : marque d'entrée du port,
Cargèse : tombeau Stéphanopoli,
Tour de la pointe d'Orchino,
Omigna : tour génoise,
Golfe de Chiuni : cheminée.

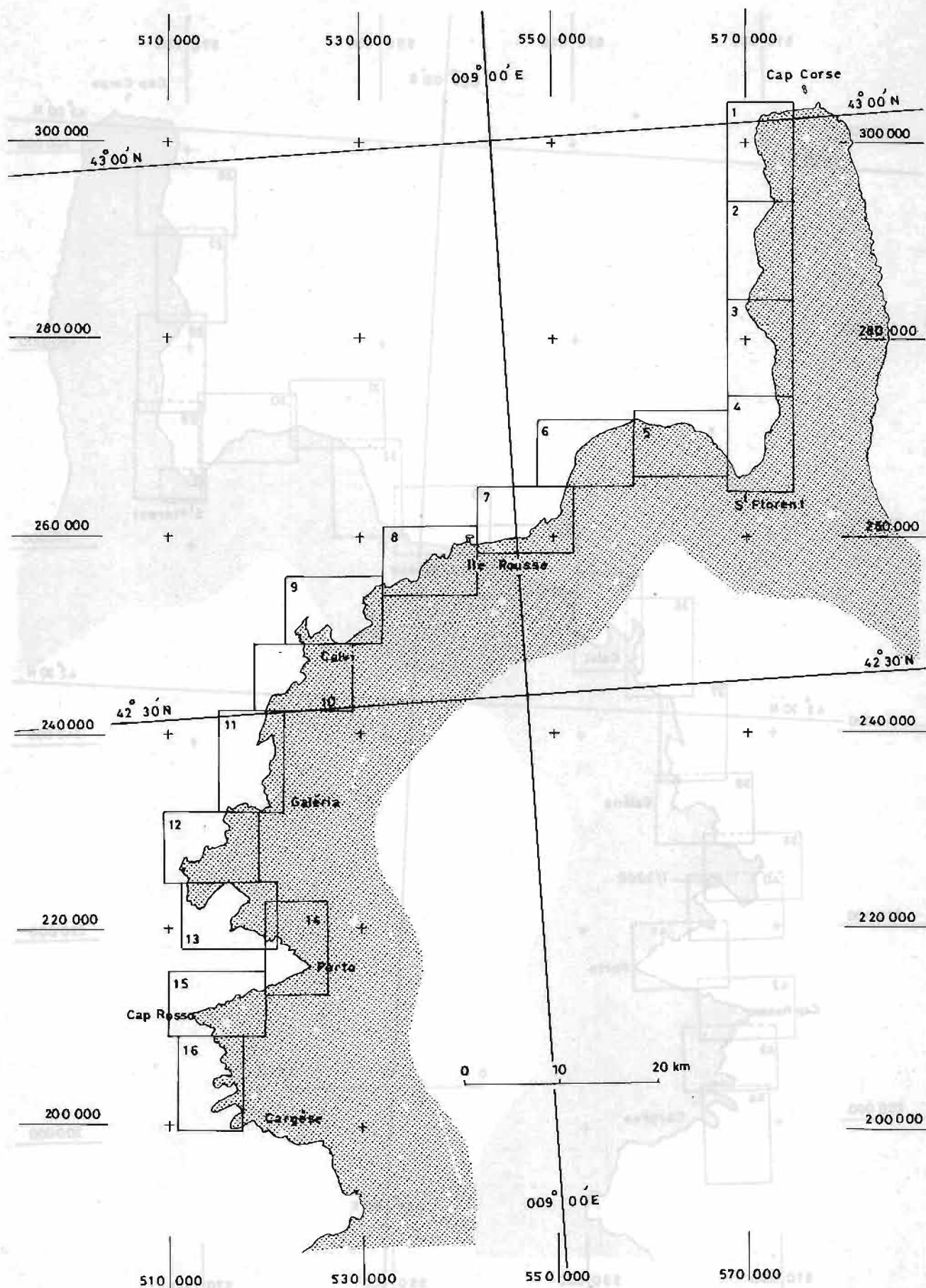
5. — Fiches de marée

Calvi : 1981

Aspretto : 1982-1983



PL. 17. — Du cap Corse à Cargèse. 1981-1982.
 Index des coupures des minutes B au 1/10 000.



PL. 18. — Du cap Corse à Cargèse. 1981-1982.
Index des coupures des minutes T au 1/10 000.

CONCOURS ET TRAVAUX DIVERS

Tout en poursuivant des travaux à long terme en Corse et dans le golfe du Lion, la Mission a apporté à divers organismes des concours de sa compétence et a réalisé des travaux qui sont présentés ci-dessous.

1. — ACTUALISATION DES AMERS DE LA RADE DE TOULON

Les amers recouverts par la carte de pilotage côtier n° 5093 au 1/10 000 de la « rade de Toulon », ont été reconnus pendant l'hiver et le printemps 1982-1983.

Les travaux ont été découpés en trois phases.

Une première phase pendant laquelle a été reconnu l'ensemble des amers et du balisage fixe et flottant. Pendant cette reconnaissance, effectuée en liaison avec un officier de la Direction du port de Toulon, ont été désignés les amers à conserver, ceux à introduire, d'autres à radier.

La deuxième phase a été réservée aux opérations de géodésie et aux prises de vues photographiques.

a) Géodésie

Les amers de la rade de Toulon comprennent, du point de vue géodésique, trois catégories :

Une première, constituée de points géodésiques inscrits au répertoire en service de l'Institut Géographique National (IGN) (Toulon, 5^e édition, août 1978). Leurs coordonnées ont été reprises telles quelles.

Une seconde, dont les positions avaient été déterminées par des organismes compétents, essentiellement les missions du SHOM qui ont opéré dans la région toulonnaise depuis les années 1950. Ces positions ont été reconduites en 1983, bien qu'elles ne soient pas tout à fait homogènes avec celles des points publiés récemment par l'IGN.

Enfin une troisième catégorie a été rattachée par la Mission au système NTF avec les méthodes de la géodésie expédiée.

La progression des travaux sur le terrain a été contrariée par les conditions météorologiques, mauvaises pendant l'hiver 1982-1983, ainsi que par la difficulté d'accès à un grand nombre d'édifices de la région qui, relevant de la Marine, sont très gardiennés et protégés.

b) Prises de vues photographiques

Chaque amer a été photographié, de près et vu de la mer, en utilisant un reflex 24 x 36 Minolta SRT 101, avec objectifs de 50, 200, 400 mm et des films Kodakolor II.

c) Rédaction

Les documents classiques de la rédaction ont été établis au cours de la troisième phase. Ils comprennent :

- une carte index des amers et du balisage,
- quatre vingt une fiches d'amers, dont la liste est jointe en annexe,
- quatorze feuillets photographiques relatifs au balisage flottant et à des édifices qui, sans être des amers, présentent un intérêt local, en particulier pour les pilotes du port.

Les amers et les feuillets photographiques sont listés en annexe.

Cette reconnaissance, si elle a confirmé la pérennité des amers importants, a été l'occasion d'en introduire de nouveaux, qui sont apparus avec l'urbanisation de la région toulonnaise depuis une vingtaine d'années, et d'en radier d'anciens, masqués ou détruits.

2. — OBSERVATION DE LA MARÉE

Au titre du programme international Médalpex 1981-1982, la Mission a contrôlé des observatoires en service sur les côtes françaises de Méditerranée et a enregistré la marée à Ajaccio.

L'observatoire permanent de Port-Vendres, qui relève du Service Maritime et de la navigation du Languedoc-Roussillon, a été contrôlé en avril 1982. Il est rappelé que cet observatoire a été utilisé pour réduire les sondes observées dans sa zone.

A Ajaccio, l'observatoire installé par la Mission en juillet 1981 a été maintenu en service jusqu'en septembre 1982, alors que les travaux en Corse avaient été interrompus en avril 1982⁽⁴⁰⁾.

En octobre 1982, un marégraphe OTT R30 et une échelle, en provenance de l'EPSHOM, ont été installés pour le compte de la Direction des Travaux Maritimes dans l'enceinte de l'arsenal de Toulon, à Missiessy, où cette direction entretient

⁽⁴⁰⁾ Voir chapitre III, § 3.

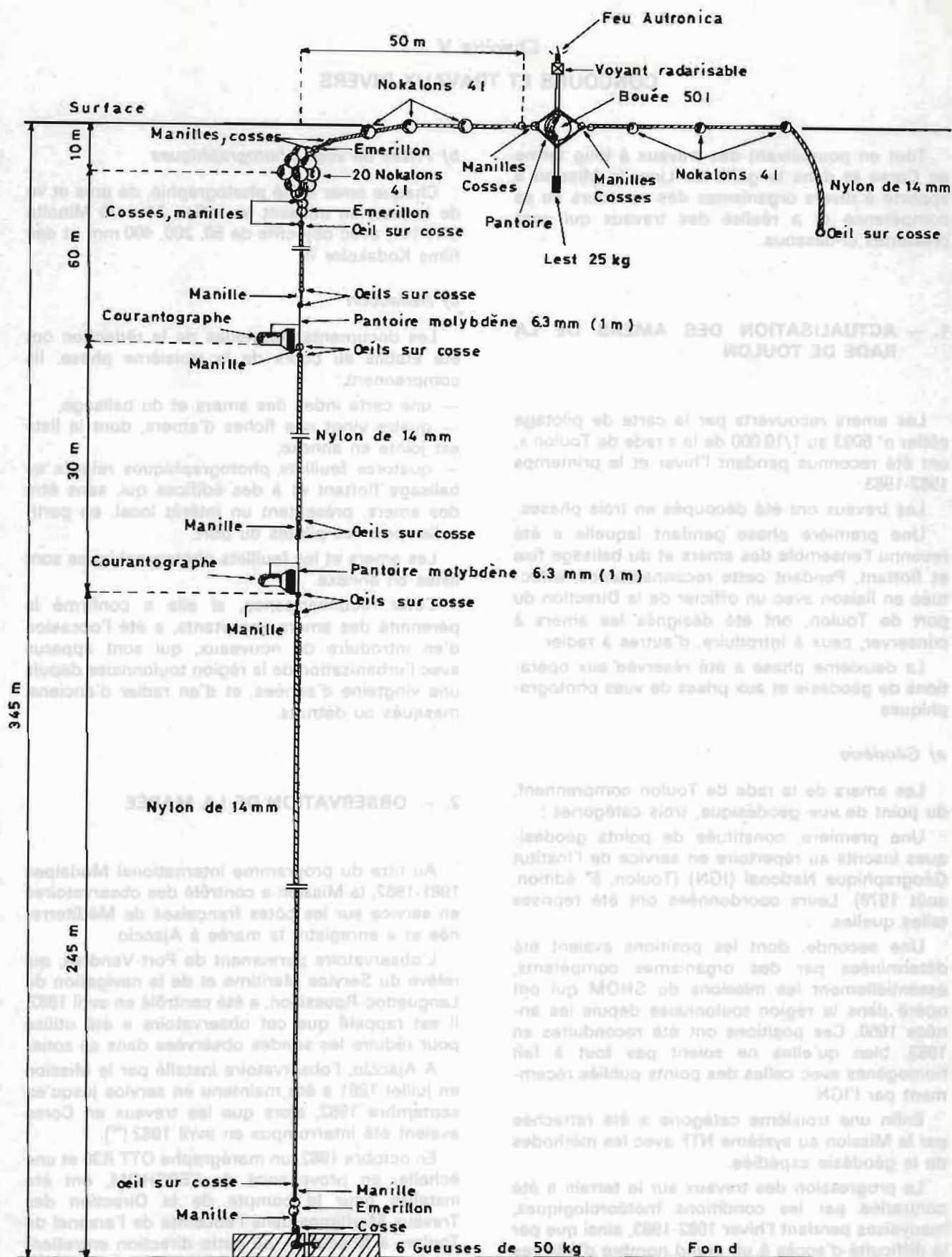


FIG. 4. — Ligne de mouillage pour courantmètre Mécaboliér. 1982. Banc du Magaud.

un observatoire permanent. Le OTT R30 a remplacé un OTT R16. Une liasse de marégrammes correspondants à la période du 5 janvier 1981 au 18 octobre 1982 a été remise à l'EPSHOM. Une fiche de marée Toulon 1982 a été établie.

En décembre 1982, la Mission a contrôlé l'observatoire permanent du port de Nice, entretenu par le Service Maritime de l'équipement. Une fiche de marée Nice 1982 a été rédigée.

3. — OBSERVATIONS DE COURANT AU POINT FIXE

Du 5 au 7 avril 1982, la Mission, pour le compte du CEPMAN, a effectué avec le BSR *Chevreuil* une

séance d'observation du courant sur le banc du Magaud, à l'Est du Levant, dans le 165° à 10 nautiques du cap Camarat. La ligne de mouillage portait, par trois cent vingt mètres de fond, deux courantomètres Mécaboliér, à 70 et 100 mètres d'immersion (Fig. 4). Ces deux stations ont été insérées au fichier du SHOM avec les numéros 1168 et 1169.

En avril 1983, pour la DCAN de Toulon, une ligne de courantométrie a été mouillée en rade de Toulon, avec le concours de cette DCAN, par cinquante mètres de fond, dans le 105° à 0,8 nautique du Sémaphore de Cépet (Fig. 5). Les observations ont donné lieu à trois stations de courantométrie Mécaboliér.

— à 15 mètres, du 13 au 28 avril et du 16 au 31 mai 1983,

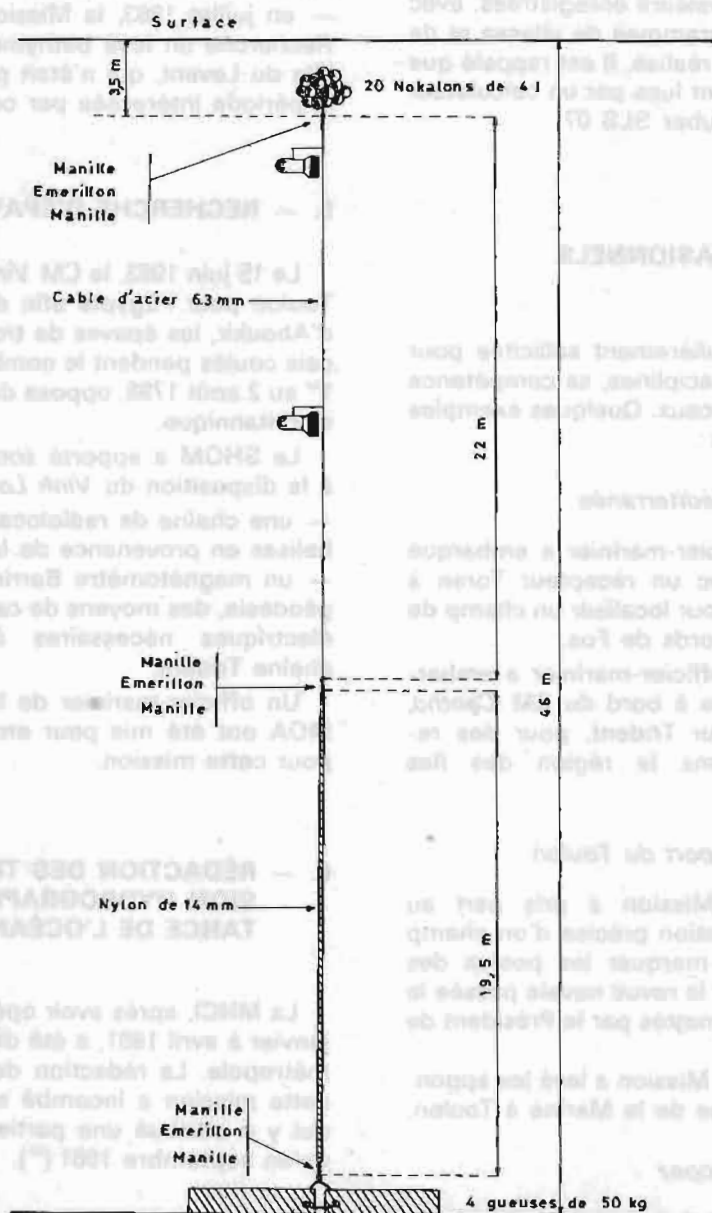


FIG. 5. — Ligne de mouillage pour courantomètre Mécaboliér. 1982. Toulon.

— à 5 mètres, du 28 avril au 10 mai et du 16 au 31 mai 1983,

— à 25 mètres, du 28 avril au 30 mai 1983.

A partir du 15 juin 1983, une ligne de courantométrie a été mouillée à Monaco par trente mètres de fond, au profit du laboratoire d'océanographie de la Principauté. Cette ligne, mise en place pour une durée de six mois, portait un courantomètre Suber à trois mètres du fond. Chaque mois, l'appareil était remonté en surface par un plongeur, sans hisser la ligne de mouillage, et rapporté à Toulon pour traitement des données accumulées en mémoires, puis permuté avec un autre courantomètre (Fig. 6).

A l'occasion de ces mesures à Monaco, la Mission a mis en œuvre, pour la première fois au SHOM, un courantomètre Suber pour une longue période. Un programme de traitement sur calculateur Tektronix 4052 des valeurs enregistrées, avec en final le tracé des diagrammes de vitesse et de direction, a été étudié et réalisé. Il est rappelé que les données du Suber sont lues par un calculateur à l'aide d'un interface Suber SLS 07.

4. — CONCOURS OCCASIONNELS

La Mission a été régulièrement sollicitée pour exercer, dans diverses disciplines, sa compétence au profit d'organismes locaux. Quelques exemples sont indiqués ci-dessous :

a) pour la Flottille de Méditerranée

— en juin 1982, un officier-marinier a embarqué pendant deux jours avec un récepteur Toran à bord du BSR *Chevreuil* pour localiser un champ de mines d'exercice aux abords de Fos.

— en janvier 1983, un officier-marinier a embarqué pendant une journée à bord du CM *Cantho*, équipé d'un interrogateur Trident, pour des recherches localisées dans la région des îles d'Hyères.

b) pour la Direction du port du Toulon

— en juillet 1982, la Mission a pris part au mouillage et à la localisation précise d'un champ de balises destinées à marquer les postes des bâtiments désignés pour la revue navale passée le 14 juillet en rade des Vignettes par le Président de la République.

— en novembre 1982, la Mission a levé les appontements du club nautique de la Marine à Toulon.

c) pour l'ECAN Saint-Tropez

— en juillet 1982, une chaîne Trident a été installée dans la région de Saint-Tropez, et la *Gazelle*

détournée pendant une semaine de sa campagne SHOM 1982, pour des travaux de localisation au large de Camarat.

d) pour le GISMER

— en octobre 1982, un officier-marinier a été mis pendant une semaine à la disposition du GISMER, à bord de la *Gazelle* équipée d'un interrogateur Trident, pour prendre part aux essais du système Parc.

e) pour le Centre d'Essais de la Méditerranée

— en avril 1982, un interrogateur Trident a été installé à bord de l'*Abeille Supporter*, de la société SPIE, et un officier-marinier a embarqué pendant quatre jours pour des recherches localisées aux abords des îles d'Hyères.

— en juillet 1983, la Mission a entrepris avec *La Recherche* un levé bathymétrique aux abords de l'île du Levant, qui n'était pas terminé à la fin de la période intéressée par ce rapport.

5. — RECHERCHE D'ÉPAVES EN EGYPTE

Le 15 juin 1983, le CM *Vinh Long* a appareillé de Toulon pour l'Égypte afin de rechercher, en rade d'Aboukir, les épaves de trois des vaisseaux français coulés pendant le combat qui, dans la nuit du 1^{er} au 2 août 1798, opposa deux escadres française et britannique.

Le SHOM a apporté son concours en mettant à la disposition du *Vinh Long* :

— une chaîne de radiolocalisation Trident à deux balises en provenance de la MOA,

— un magnétomètre Barringer, des appareils de géodésie, des moyens de calcul et les composants électriques nécessaires à l'installation d'une chaîne Trident.

Un officier-marinier de la MOM et deux de la MOA ont été mis pour emploi pendant un mois pour cette mission.

6. — RÉDACTION DES TRAVAUX DE LA MISSION HYDROGRAPHIQUE DE CIRCONSTANCE DE L'Océan Indien

La MHCI, après avoir opéré en Océan Indien de janvier à avril 1981, a été dissoute à son retour en métropole. La rédaction des travaux réalisés par cette mission a incombé entièrement à la MOM qui y a attribué une partie de son potentiel jusqu'en septembre 1981⁽⁴⁾.

⁽⁴⁾ *Annales Hydrographiques*, (1982), n° 757, p. 113.

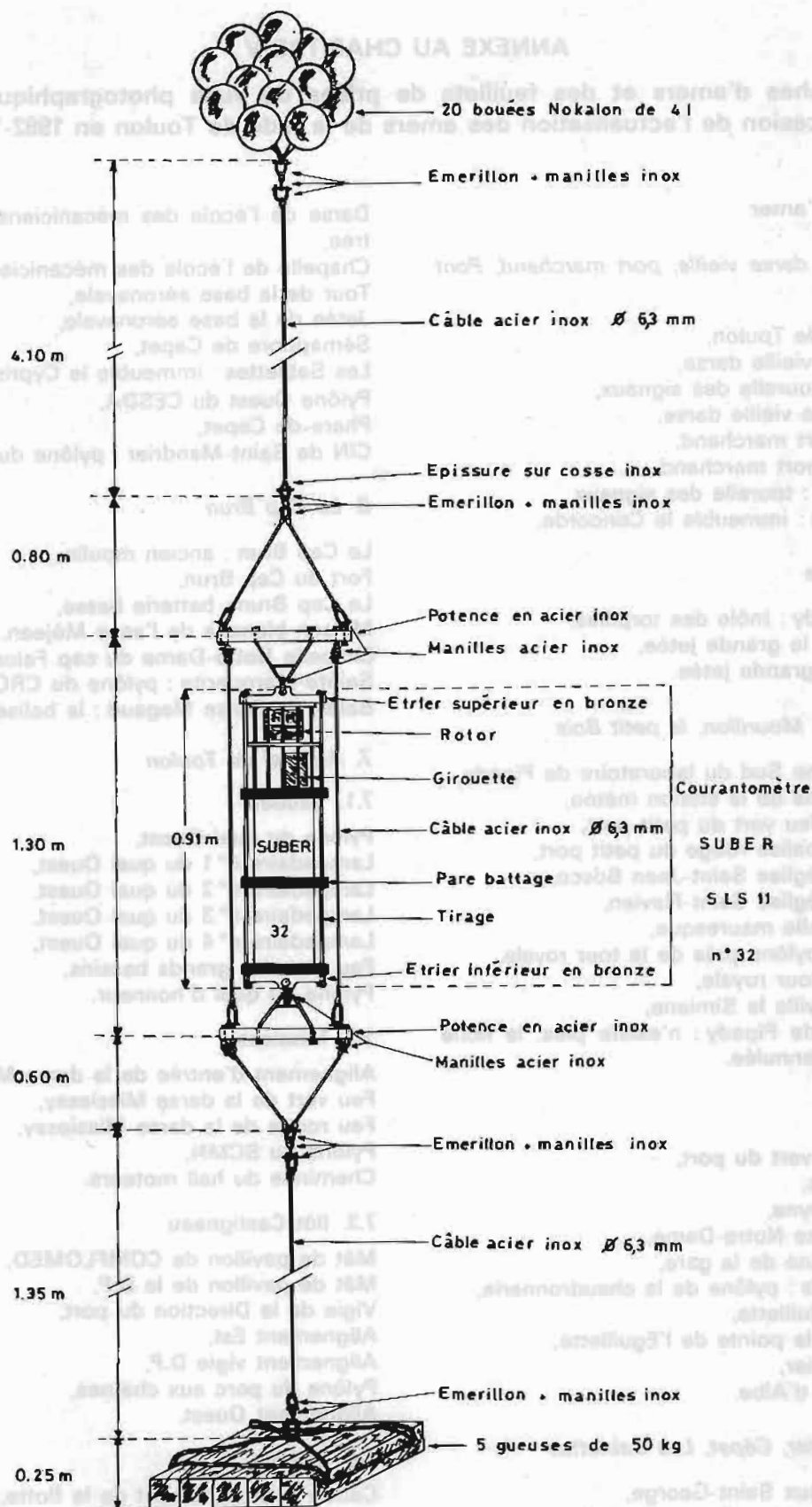


FIG. 6. — Ligne de mouillage pour courantomètre Suber. 1983. Monaco.

Nota : Avec ce dispositif, l'appareil peut être ramené périodiquement en surface sans relever la ligne de mouillage.

ANNEXE AU CHAPITRE V

Liste des fiches d'amers et des feuillets de prises de vues photographiques établis à l'occasion de l'actualisation des amers de la rade de Toulon en 1982-1983

1. — Fiches d'amer

1. *Vieille ville, darse vieille, port marchand, Pont du Las*

Hôtel de ville de Toulon,
Feu vert de la vieille darse,
Darse vieille : tourelle des signaux,
Feu rouge de la vieille darse,
Feu vert du port marchand,
Feu rouge du port marchand,
Port marchand : tourelle des signaux,
Le Pont du Las : immeuble le Concorde.

2. *Grande jetée*

Pointe de Pipady : môle des torpilles,
Alignement de la grande jetée,
Feu vert de la grande jetée.

3. *La Mitre, Le Mourillon, le petit Bois*

La Mitre : pylône Sud du laboratoire de Pipady,
La Mitre : pylône de la station météo,
Le Mourillon : feu vert du petit port,
Le Mourillon : balise rouge du petit port,
Le Mourillon : église Saint-Jean Bosco,
Le Mourillon : église Saint-Flavien,
La Mitre : tourelle mauresque,
Le Mourillon : pylône près de la tour royale,
Le Mourillon : tour royale,
Le petit Bois : villa la Simiane,
Grand pylône de Pipady : n'existe plus, la fiche MHD 1969 est annulée.

4. *La Seyne*

La Seyne : feu vert du port,
La Seyne : silos,
Mairie de la Seyne,
La Seyne : église Notre-Dame,
La Seyne : pylône de la gare,
Chantiers navals : pylône de la chaudronnerie,
Batterie de l'Eguillette,
Alignement de la pointe de l'Eguillette,
Tour de Balaguiér,
La Seyne : duc d'Albe.

5. *Saint-Mandrier, Cépet, Les Sablettes*

Feu vert du Creux Saint-George,
Pointe de la Piastre : alignement Est,
Pointe de la Piastre : alignement Ouest,
Pointe de la Vieille : feu rouge,
Ecole des mécaniciens : cheminée du hall vapeur,

Darse de l'école des mécaniciens : balises d'entrée,
Chapelle de l'école des mécaniciens,
Tour de la base aéronavale,
Jetée de la base aéronavale,
Sémaphore de Cépet,
Les Sablettes : immeuble le Cypris,
Pylône Ouest du CESDA,
Phare de Cépet,
CIN de Saint-Mandrier : pylône du bâtiment G.

6. *Le Cap Brun*

Le Cap Brun : ancien moulin,
Fort du Cap Brun,
Le Cap Brun : batterie basse,
Maison blanche de l'anse Méjean,
Chapelle Notre-Dame du cap Falcon,
Sainte-Marguerite : pylône du CROSSMED,
Balise de l'anse Magaud : la balise est détruite.

7. *Arsenal de Toulon*

7.1. *Vauban*

Pylône du quai Ouest,
Lampadaire n° 1 du quai Ouest,
Lampadaire n° 2 du quai Ouest,
Lampadaire n° 3 du quai Ouest,
Lampadaire n° 4 du quai Ouest,
Feu vert des grands bassins,
Pylône du quai d'honneur.

7.2. *Missiessy*

Alignement d'entrée de la darse Missiessy,
Feu vert de la darse Missiessy,
Feu rouge de la darse Missiessy,
Pylône du SCMN,
Cheminée du hall moteurs.

7.3. *Îlot Castigneau*

Mât de pavillon de COMFLOMED,
Mât de pavillon de la D.P.,
Vigie de la Direction du port,
Alignement Est,
Alignement vigie D.P.,
Pylône du parc aux chaînes,
Alignement Ouest.

7.4. *Milhaud*

Centre d'entraînement de la flotte,
Usine de dessalement,
Pylône des appontements Milhaud 2,
Pylône n° 1, n'existe plus,
Pylône n° 2, n'existe plus.

7.5. Pyrotechnie

Cheminée de la Rivière noire,
Cheminée près du bâtiment A23,
Pylône de la darse Ouest.

7.6. Divers

Caserne des marins pompiers,
Mirador du fort de Malbousquet,
Alignement du quai de l'Artillerie,
Tour de l'Horloge.

2. FEUILLETS PHOTOGRAPHIQUES RENSEIGNÉS

1. Balisage flottant

Bouées du banc de l'Ane,
Bouée de l'Eguillette,

La Seyne : bouées du chenal,
Balisage de Brégaillon,
Parc à moules du Lazaret,
Bouées du chenal du Lazaret,
Bouées de la presqu'île de Saint-Mandrier,
Bouée d'extrémité d'égout de Sainte-Marguerite.

2. Points d'intérêt local

Immeuble la Corvette, la Frégate; piscine du port marchand,
La tour du mûrier,
La Bourse,
L'ancienne caisse d'épargne,
Cathédrale de Toulon,
Immeuble du restaurant l'Amirauté,
Immeuble l'Empire.

IMPRIMERIE LOUIS-JEAN

Publications scientifiques et littéraires

05002 GAP — Tél. : (92) 51.35.23

Dépôt légal : 136 — Mars 1985

AVIS AUX AUTEURS

Les auteurs sont priés de se conformer aux indications suivantes :

Texte

- 1) Les manuscrits doivent être remis dactylographiés de préférence avec double interligne et sur le recto seulement de feuilles format 21 × 29,7 cm.
- 2) Les noms propres doivent être écrits en capitales ou soulignés d'un double trait; les noms des espèces animales et végétales ainsi que les noms de navires doivent être soulignés d'un trait.
- 3) Le titre de l'article ou de la communication doit être suivi du prénom usuel et du nom du ou des auteurs; il doit comporter ensuite l'indication du laboratoire ou de l'institution d'origine.
- 4) Les articles doivent être accompagnés d'un résumé en français, et si possible d'un résumé en anglais.
- 5) Les références bibliographiques seront groupées à la fin du manuscrit; elles seront classées dans l'ordre d'apparition dans le texte. Ces références comporteront : nom de l'auteur, initiales des prénoms, date, titre complet de l'article, titre du périodique abrégé selon les règles internationales, volume, pagination complète.
- 6) Les manuscrits dactylographiés et les planches ne doivent pas excéder 25 pages.

Illustration

- 1) Les dessins doivent être exécutés à l'encre de Chine sur papier calque de préférence, sinon sur bristol ou carte grattage (les tirages Ozalid, photocopies ou tout autre moyen de reproduction ne peuvent être acceptés).
- 2) Ils doivent être envoyés roulés ou à plat, mais jamais pliés.
- 3) Ils peuvent être présentés à grande échelle; des réductions, exécutées par l'atelier de photographie, les ramèneront au format exigé de la publication : 16,5 × 25 cm; ils ne devront en aucun cas être présentés à une échelle nécessitant un agrandissement. Lettres et chiffres seront écrits soigneusement et suffisamment grands pour qu'ils demeurent facilement lisibles une fois la réduction effectuée. Il est demandé de tenir compte dans la préparation des planches de la présentation du texte sur deux colonnes.
- 4) Pour les cartes et plans, il convient de faire figurer une échelle linéaire dont l'unité de mesure sera évidemment indiquée, et de ne pas mentionner d'échelle numérique susceptible d'être modifiée par réduction du cliché.

Tirés à la suite

Les auteurs d'une même communication reçoivent collectivement vingt-cinq exemplaires de leur article. Les tirés à la suite supplémentaires doivent être commandés à l'envoi du manuscrit en précisant le nombre d'exemplaires ainsi que l'adresse à laquelle doivent être envoyées les factures.

SOMMAIRE

Première partie

	Pages
Etude analytique d'un modèle des marées littorales à l'aide des multiplicités bicaractéristiques. Deuxième partie (A) : compléments sur les multiplicités bicaractéristiques, équations approchées, par MM. Y. BIOLLAY, Ecole Polytechnique Fédérale, Lausanne (Suisse) et J. KRAVTCHENKO, Université Scientifique et Médicale, Grenoble	5
Evaluation du réseau Syledis-Bretagne (1981-1983), par M. J.-C. GUYON, Ingénieur Principal de l'Armement (hydrographe).....	15

Deuxième partie

Mission Océanographique de Méditerranée (juin 1981 - octobre 1983), par M. F. HABERT, Ingénieur en Chef de l'Armement (hydrographe).....	113
--	-----