

Ph. LAVAL

**UN PROGRAMME FORTRAN IV
DE REPRÉSENTATION PERSPECTIVE
D'UN MODÈLE A TROIS DIMENSIONS
POUR LES ANALYSES MULTIVARIABLES**



OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

DOCUMENTS SCIENTIFIQUES DE LA MISSION DE L'O.R.S.T.O.M. A NOSY-BÉ

Document n°44



juin 1974

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER
MISSION DE NOSY-BE (MADAGASCAR)

UN PROGRAMME FORTRAN IV
DE REPRESENTATION PERSPECTIVE D'UN MODELE A TROIS DIMENSIONS
POUR LES ANALYSES MULTIVARIABLES.

par Ph. LAVAL (✉)

Document n° 44

Juin 1974

(✉) Attaché de recherche au C.N.R.S., Station zoologique,
06230 Villefranche-sur-Mer.

INTRODUCTION.

La distinction principale des méthodes d'analyse multi-dimensionnelle est la reconnaissance de groupements d'observations ou de variables, ainsi que des rapports qu'ils ont entre eux et avec les facteurs issus du calcul. Très souvent un faible nombre de ces facteurs suffit à rendre compte de la quasi totalité de l'inertie totale, de sorte qu'on peut négliger les axes restants. Avec 2 facteurs seulement il n'y a pas de difficulté pour faire une représentation plane, souvent même directement sur l'imprimante de l'ordinateur. Lorsqu'il faut retenir 3 axes, la détermination des groupements n'est pas immédiate. La méthode la plus couramment employée consiste à comparer les graphiques obtenus en traçant les axes deux à deux, pour ne conserver que ce qui est commun aux 3 couples d'axes. Ce procédé est laborieux dès que les observations deviennent nombreuses, et la représentation mentale des groupes reste difficile. On peut également construire des modèles solides à 3 dimensions, mais ces assemblages sont encombrants et il n'est pas aisé d'en tirer des illustrations pour des publications.

Il est cependant possible de faire calculer par l'ordinateur les coordonnées de la projection sur un plan d'un modèle à 3 dimensions vu en perspective, et de la faire dessiner par une table traçante. De tels programmes de calcul existent déjà, mais seule une très brève description en a été publiée (ROHLF, 1968). Nous pensons être utile à de nombreux utilisateurs des méthodes d'analyse multivariable en décrivant un programme que nous avons rédigé et qui nous a donné des résultats satisfaisants. Il permet toutes les rotations et l'inclinaison du modèle vers l'observateur, et il présente de plus l'avantage de pouvoir traiter, et identifier au besoin, plusieurs groupes différents, avec éventuellement leurs centroïdes. Son usage s'étend ainsi aux résultats des analyses canoniques et à l'analyse des correspondances.

Le programme se compose d'un programme principal, NUAGES, et de 3 sous-programmes : MINMAX, FAKIR et PERSP. Les commentaires insérés dans la liste nous dispenseront de longs développements sur les algorithmes utilisés. Le programme de lecture NUAGES et le programme de tracé FAKIR ne réalisent aucune opération mathématique compliquée,

mais nous pensons en les donnant in extenso, épargner à l'utilisateur de longs tâtonnements de mise en place et de présentation des dessins.

Ce programme est écrit en FORTRAN IV, pour l'ordinateur IBM 7040 (version 9 du compilateur) associé à un ordinateur 1401 pour les entrées/sorties. Le traceur de courbe est un modèle Benson 111, mais nous donnerons les indications nécessaires pour l'adaptation à d'autres modèles.

1. SOUS-PROGRAMME "PERSP" (XX, YY, ZZ, XXX, YYY).

Ce sous-programme effectue les travaux de rotation, inclinaison, projection et perspective. Le principe en est le suivant. On dispose au départ des coordonnées XX, YY et ZZ de M points par rapport à 3 axes orthogonaux : 1, 2 et 3. Il est commode de représenter le plan déterminé par les axes 1 et 2 par un quadrilatère (que nous appellerons "plancher") et de relier chaque point à sa projection sur ce plancher. Nous nommerons "épingles" les traits reliant les points à leurs projections.

Le problème consiste à calculer les nouvelles coordonnées XXX et YYY de chaque point sur le plan du papier, après rotation d'un angle ROT, inclinaison d'un angle TILT et vue en perspective, de la structure originelle en 3 dimensions.

Le plan du papier est parallèle aux axes 1 et 3 du modèle avant rotation et inclinaison.

On procède d'abord à un changement d'échelle et à un centrage des coordonnées d'origine, de manière que les coordonnées minimales soient ramenées à -0,5 et + 0,5 sur chaque axe. Les points sont alors situés à l'intérieur d'un cube de côté 1, dont le plancher est la base, l'origine étant au centre.

On calcule ensuite les nouvelles coordonnées après rotation autour de l'axe 3, puis inclinaison de cet axe vers l'observateur. Les formules sont les équations classiques de rotation d'axes orthogonaux, et nous renvoyons à leur transcription en FORTRAN dans le sous-programme, qui est facilement compréhensible.

Il s'agit maintenant d'ajouter la perspective. Après rotation et inclinaison, les coordonnées des points sur le plan de projection sont X2 et Z2 ; elles sont relatives à un cube de côté 1. Une multiplication par un facteur CMAX donne un cube de dimension CMAX centimètres. On va s'arranger pour que le plan de l'observateur, ou plan neutre, soit, en même temps, le "plan de substitution" pour la perspective, et celui de la feuille de papier. Autrement dit, les parties du cube qui seront tangentes à ce plan ne changeront pas de dimension. Ainsi, en l'absence de rotation et d'inclinaison, le côté du plancher le plus proche de l'observateur mesurera CMAX centimètres, quelle que soit la position du centre de perspective.

Grâce à ces transformations, l'origine de travail sera toujours le centre du cube. C'est par rapport à cette origine qu'on déterminera la position de l'oeil de l'observateur, qui sera mesurée en unités égales à un côté du cube (soit CMAX cm).

Par exemple les valeurs :

$$FX = -0.25$$

$$FY = 0.7$$

$$FZ = 3.$$

signifient que l'oeil est placé horizontalement à 1/4 de la longueur du plancher à gauche de l'origine, verticalement à 70 % de cette longueur au-dessus du centre du cube, et à une distance de 3 longueurs de plancher de l'origine. Avec $FY = -0.5$ l'oeil est évidemment au niveau du plancher.

Des modifications simples, indiquées dans les commentaires du sous-programme, permettent de n'amener à CMAX centimètres que l'axe qui a l'étendue la plus grande, les 2 autres axes étant proportionnés selon leurs rapports réels à cet axe. Il pourrait sembler que cette procédure soit plus correcte car elle conserve les échelles, mais l'expérience prouve qu'en général le résultat n'est pas esthétiquement très heureux. Un plancher carré (axes 1 et 2 égaux) vu en perspective donne déjà l'illusion d'un rectangle ; si les axes 1 et 2 ne sont pas égaux on accentue encore la déformation. Nous conseillons à l'utilisateur de réaliser les 2 versions du sous-programme PERSP, qui sont interchangeables, et d'essayer la seconde lorsque cela lui semblera plus approprié, par exemple si les étendues sont très inégales sur les 3 axes.

2. SOUS-PROGRAMME "FAKIR".

Ce sous-programme réalise le dessin du plancher et des épingle sur le traceur Benson. Les sous-programmes permettant les mouvements de plume sont écrits spécialement pour le Benson 111 du Centre de calcul de l'observatoire de Nice. Nous donnons ci-dessous la signification des arguments, afin de permettre aux autres utilisateurs une adaptation facile à leurs propres systèmes.

PLOT (X, Y, IC)

Déplacement de la plume de sa position actuelle au point de coordonnées (X, Y) en centimètres.

| IC | = 2 : plume baissée.

| IC | = 3 : plume levée.

Si IC est négatif, (X, Y) devient la nouvelle origine locale.

SYMBOL (XO, YO, SIZE, BCD, THETA, N)

Ecriture d'un texte Hollerith.

(XO, YO) = Coordonnées en cm du point à partir duquel le texte est écrit.

SIZE = Hauteur des caractères en centimètres.

BCD = Texte à écrire, ou nom du tableau qui contient ce texte.

THETA = Angle, en degrés, d'inscription du texte par rapport au sens de défilement du papier.

N = Nombre de caractères du texte.

Si on remplace BCD par un entier compris entre 0 et 12, et N par -1, on obtient le tracé de symboles variés, centrés en (XO, YO).

NUMBER (XO, YO, SIZE, FNAME, THETA, NCH)

Ecriture de la valeur d'une variable.

XO, YO, SIZE et THETA : même signification que dans SYMBOL.

FNAME = Nom de la variable dont on veut écrire la valeur.

NCH = Nombre de chiffres à écrire après le point décimal

.../...

(NCH = 0 : suppression du point décimal).

3. SOUS-PROGRAMME "MINMAX" (M, T, QMIN, QMAX).

Permet le calcul des valeurs minimales, QMIN, et maximale, QMAX, d'un tableau T contenant M valeurs.

4. PROGRAMME PRINCIPAL "NUAGES".

Ce programme assure la lecture des clés pour les différentes options, celle des paramètres de projection, celle des coordonnées et leur écriture.

Si les données comprennent plusieurs groupes connus à priori, (analyse discriminante canonique par exemple), les points de chacun des groupes seront identifiés par un symbole différent, tandis que les numéros des individus partiront de 1 pour chaque groupe. S'il y a lieu, les centroïdes seront également tracés, et repérés par un astérisque plus grand que les symboles des points. Pour un seul ensemble de données (analyse en composantes principales par exemple), il suffit d'indiquer un seul groupe (NG = 1) et de ne pas signaler la présence de centroïdes.

Le léger élargissement du plancher a pour but de ne pas faire arriver les épingles extrêmes juste sur les bords du plancher.

Si l'on veut comparer les proximités des variables par rapport aux saturations, la clé IFAC = 1 provoque le remplacement des valeurs minimales et maximales, servant à délimiter le plancher et l'axe 3, par -1 et +1.

En ce qui concerne l'origine de travail, on a fait en sorte que le centrage des dessins et leur espacement soient fonction de CMAX. Le centrage est fait pour une largeur du papier de 30 cm.

Enfin une boucle pour 4 dessins, avec rotation de 30° entre chacun d'eux, a été incluse de manière à permettre plus facilement le choix de la meilleure orientation (on commence alors avec ROT = 0). Lorsque celle-ci aura été déterminée (ou si on en a une idée à priori),

on devra supprimer cette boucle (ou faire $K = 1,1$) pour n'exécuter qu'un dessin.

Dans ce programme, l'utilisateur devra également adapter certains ordres spécifiques du traceur Benson 111 à son cas particulier.

Ainsi le COMMON/LOBMYS/W, PHI a pour effet de ramener la largeur des lettres à une proportion W de leur hauteur ($W = 4./7.$ rend carrés les caractères spéciaux de SYMBOL) ; PHI est l'inclinaison des lettres par rapport à la verticale. PLOTS (TATA,L) définit la mémoire-tampon pour le traceur, pour laquelle on doit réserver un tableau TATA dimensionné à L. ENDOF est l'ordre de fin de tracé, qui vide la mémoire-tampon. MARKPL permet d'identifier le tracé.

5. INDICATIONS PRATIQUES.

Il est aisé de transformer les sous-programmes MINMAX, FAKIR et PERSP de manière à les incorporer à différents programmes d'analyse multivariable. On peut obtenir ainsi en routine, pour des rotations fixées à l'avance, directement des dessins en 3 dimensions. Cette manière de procéder alourdit néanmoins des programmes en général déjà volumineux, et l'usage nous a montré qu'il était préférable de sortir plutôt en routine les dessins des premiers axes 2 à 2 sur le Benson, ou mieux l'imprimante, et de faire perforer les coordonnées sur les 3 premiers axes. Les tracés des axes 2 à 2 suffisent en général pour décider si des dessins en 3 dimensions seront nécessaires, et ils donnent déjà des indications sur l'orientation et la dimension à employer. On utilise alors NUAGES avec les coordonnées perforées.

Nous donnons maintenant quelques indications pratiques qui faciliteront l'emploi de ce programme, et l'interprétation des graphiques.

- Position exacte des points :

Elle se situe au centre des symboles.

- Angle de rotation :

La direction des axes 1 et 2 pour différentes valeurs de l'angle de rotation est indiquée Fig. 1, afin d'aider à l'interprétation.

.../...

- Angle d'inclinaison :

L'inclinaison du plancher vers l'observateur n'est pas indispensable, elle peut être remplacée par une valeur suffisamment élevée de FY ; les épingles restent alors parallèles. Son utilisation améliore cependant beaucoup l'esthétique. Une inclinaison de 10° (avec FY = 0.7) suffit en routine. Avec 25° on compense le rétrécissement apparent du plancher dû à la position en hauteur de l'oeil (FY), et la délimitation des groupements de points est plus aisée, si l'on n'attache pas trop d'importance à leur position sur l'axe 3. Avec un basculement de 90°, on obtient naturellement une vue de dessus.

- Perspective :

Nous utilisons en routine pour une première approche les valeurs suivantes des paramètres :

$$FX = -0.25$$

$$FY = 0.7$$

$$FZ = 3.$$

Avec FZ = 3., l'effet de perspective est très accentué. On peut le diminuer en faisant FZ = 5. par exemple. Avec FZ très grand, le point de fuite est à l'infini, et on obtient une perspective cavalière (projection cylindrique). Pour avoir une vision décalée sur le côté, il suffit de faire $FX > 0.5$ ou < -0.5 .

La valeur CMAX = 15. est commode pour la reproduction et l'archivage des dessins sur papier 21 X 27 ou 21 x 29,7.

- Identification des points :

Si les chiffres se superposent trop, on pourra, pour la publication, faire un second passage en les supprimant (NCHIF = 1), et les ajouter ensuite manuellement avec les décalages appropriés.

Dans le cas de plusieurs groupes, si les points sont trop près, les uns des autres, on peut ne dessiner que les centroïdes (faire alors NG = 1, et traiter les données des centroïdes comme les observations d'un seul groupe), ou les centroïdes et les symboles des points, sans les épingles ni les chiffres (NEPIN = 1, NCHIF = 1).

Pour modifier la taille des chiffres, il suffit de changer la valeur de HCHIF dans le sous-programme FAKIR.

- Temps de calcul :

Le temps de calcul est d'environ 23 secondes pour un dessin de 25 points (plus 2mn 43s pour la compilation du programme) sur IBM 7040.

6. CARTES DE COMMANDES.

Pour chaque problème :

1ère carte :

- Col. 2 NG : Nombre de groupes (de 1 à 9).
4 NEPIN = 1 si suppression des tiges des épingles, blanc ou 0 sinon.
6 NCHIF = 1 si suppression des chiffres, blanc ou 0 sinon.
8 NCENT = 1 si on a ajouté les coordonnées des centroïdes, blanc ou 0 sinon.
10 IFAC = 1 si les coordonnées des points sont comprises entre -1 et +1.

2ème carte :

- Col. 1-5 Nombre d'individus du groupe 1 (Format I5).
6-10 "- "- 2 "-
etc...

3ème carte :

- Col. 1-5 ROT : Angle de rotation, de 0 à 180° (sens des aiguilles d'une montre si positif, sens inverse si négatif). Pour ce paramètre comme pour les suivants, Format F5.2, mais il suffit de perforer le point décimal pour s'en affranchir.
6-10 TILT : Angle d'inclinaison du plancher vers l'observateur, de 0 à 90°.
11-15 FX : Déplacement horizontal du point de fuite par rapport au centre du plancher. La dimension du plancher vaut 1. ; une valeur négative provoque un déplacement vers la gauche, une valeur positive vers la droite.

- 16-20 FY : Déplacement vertical du point de fuite. La valeur 0. correspond au niveau du milieu des épingles, -0.5 au niveau du plancher.
- 21-25 FZ : Distance du point de fuite au centre du cube. La valeur 1. équivaut à une longueur de plancher.
- 26-30 CMAX : Dimension en centimètres ($\leq 25.$) du bord antérieur du plancher (ou du plus grand axe, selon la version de PERSP utilisée), avant rotation et inclinaison.

4ème carte :

- Col. 1-3 Code Benson du symbole identifiant les points du groupe 1 (Format I3).
- 4-6 Code du symbole pour le groupe 2, etc...

5ème carte :

- Col. 1-21 TEXT : Titre qui sera inscrit au-dessus des dessins (à centrer par des blancs autour de la col. 11).

6ème carte :

- Col. 1-80 FMT : Format variable de lecture des données et des centroïdes.

Données :

Tous les groupes à la suite (scores des individus sur les axes 1, puis 2 et 3, pour chaque groupe), puis éventuellement (si NCENT = 1) coordonnées des centroïdes sur les axes 1, 2 et 3. Recommencer pour chaque problème, et mettre une carte blanche après les données du dernier problème à traiter.

7. EXEMPLE D'APPLICATION.

Nous avons d'abord utilisé des données provenant d'une analyse en composantes principales des comptages de zooplancton d'un quadrillage de 43 stations de la baie d'Ambaro (Madagascar), cf. IBANEZ (1973).

.../...

Les saturations des 20 espèces (plus une variable aléatoire) par rapport aux axes 1-2, 1-3 et 2-3 sont cartographiées dans ce travail, auquel on pourra se référer.

La Fig. 2 représente une vue en perspective (oeil légèrement décentré vers la gauche) des coordonnées des 21 points, sans rotation ni inclinaison du plancher. Celui-ci s'étend de -1 à +1, car on a fait usage de la clé IFAC = 1.

Sur la Fig. 3, on peut voir le même dessin après rotation de -30° et inclinaison de 25° .

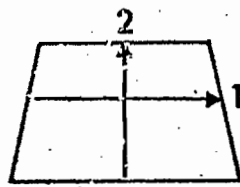
Pour montrer une utilisation du programme sans la clé IFAC = 1, nous avons repris des données publiées par CASSIE (1972, tableau IV et Fig. 2, 3). Il s'agit des valeurs des 3 premières composantes principales pour 25 échantillons, à partir d'une matrice de corrélations entre 8 espèces benthiques récoltées dans l'Hobson Bay. La Fig. 4 représente la position des 25 échantillons sur les 3 axes, après rotation du plancher de 30° et inclinaison de 25° vers l'observateur.

Ces trois figures ne montrent pas toutes les capacités du programme NUAGES, comme la possibilité de représenter plusieurs groupes avec leurs centroïdes, des symboles et une numérotation pour chacun d'eux, mais elles peuvent être imaginées aisément sur cette base. Le programme permet également de faire des vues stéréoscopiques, comme indiqué par ROHLF (1968). Enfin il doit être possible, avec un minimum d'adaptations, de projeter le dessin sur un périphérique à écran cathodique, ce qui permettrait de choisir plus rapidement la meilleure orientation.

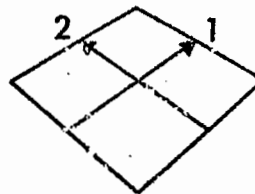
Remerciements.

Nous exprimons notre gratitude à Monsieur SHEIDECKER, Responsable du Centre de Calcul de l'Observatoire de Nice, ainsi qu'à tout son personnel, auprès de qui nous avons toujours trouvé le meilleur accueil.

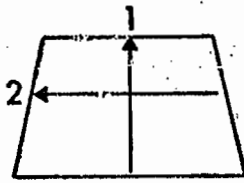
Le temps de calcul a été fourni par le C.N.R.S., dans le cadre de l'E.R.A. 228 (Ecologie du plancton).



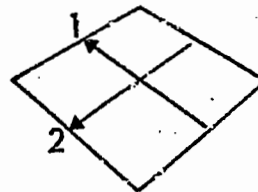
0°



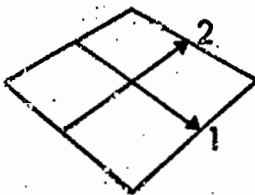
-45°



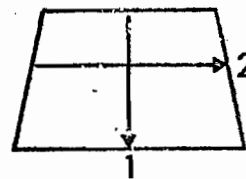
-90°



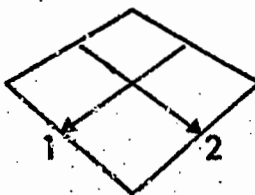
-135°



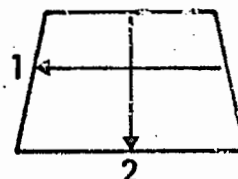
45°



90°



135°



±180°

Figure 1 .- Position des axes 1 et 2 pour différentes valeurs de l'angle de rotation du "plancher". L'axe 3 est toujours dirigé vers le haut.

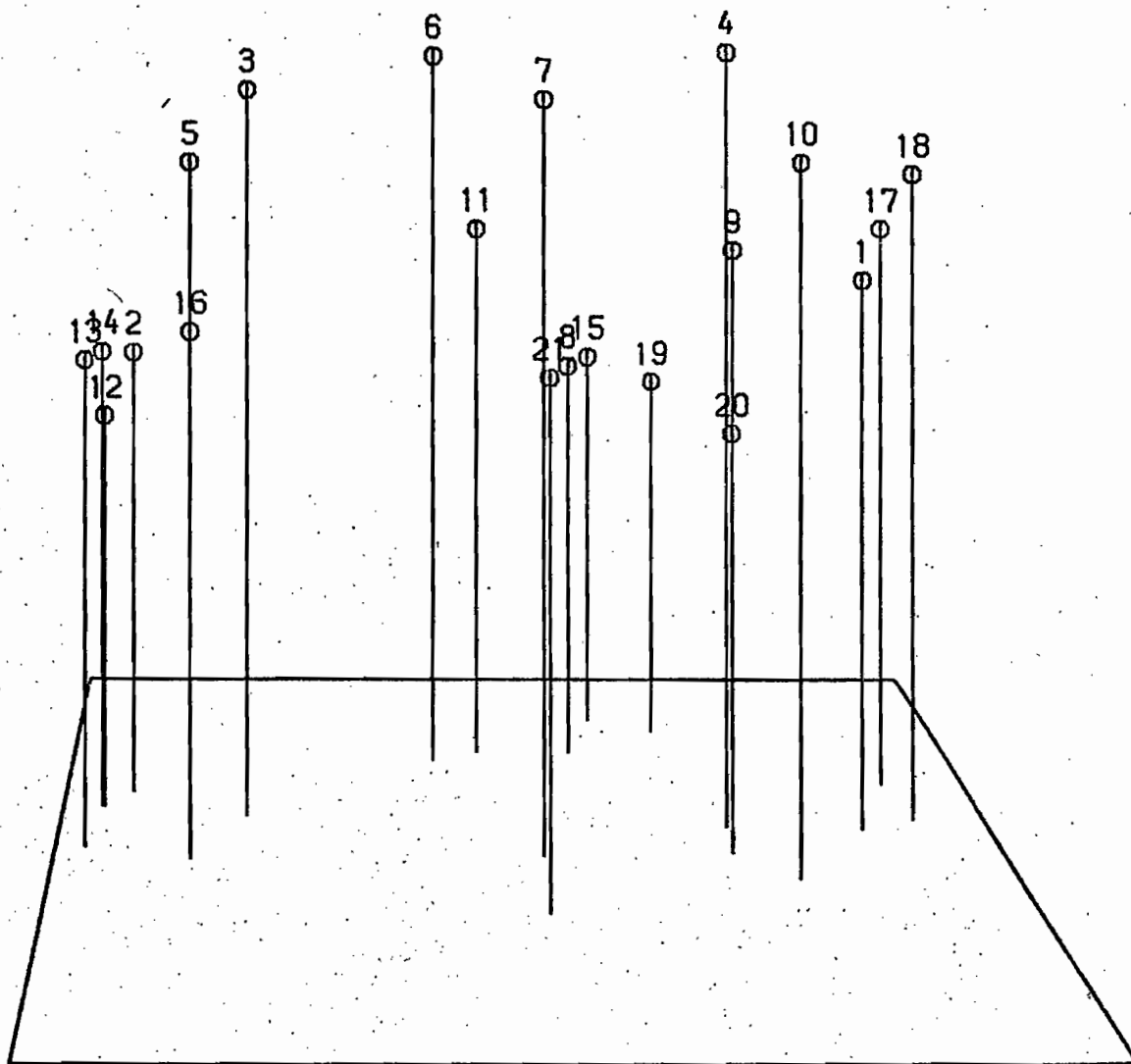


Figure 2 .- Valeurs des saturations sur les 3 premiers axes pour 20 espèces de zooplancton de la baie d'Ambaro (+ 1 variable aléatoire). Le plancher et l'axe 3 vont de -1 à +1 (clé IFAC = 1). Rotation 0°, inclinaison 0°
 Perspective : FX = -0.25 ; FY = 0.7 ; FZ = 3. CMAX = 15.

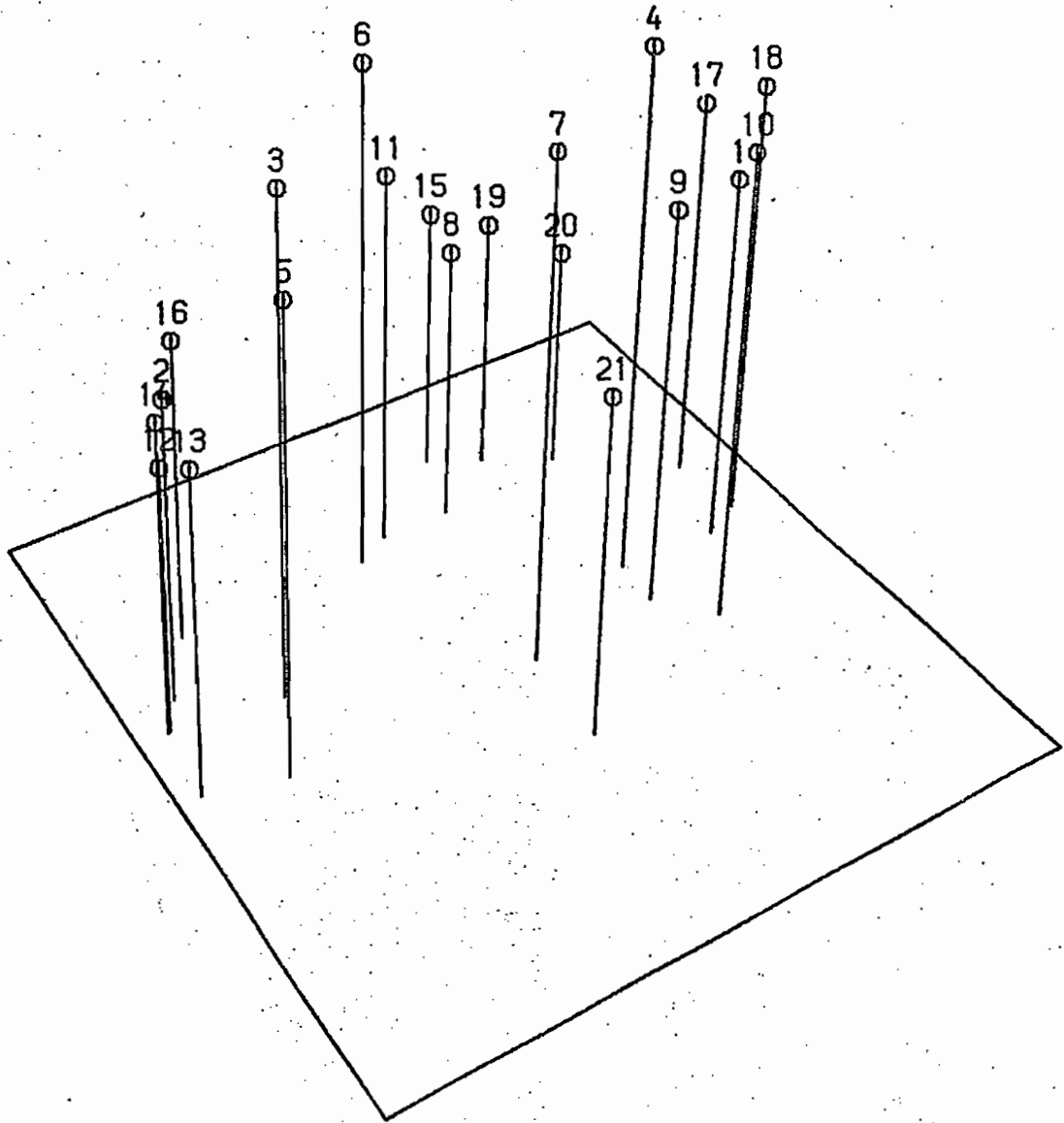


Figure 3 .- Coordonnées de la figure 2, après rotation de -30° et inclinaison de 25° , la perspective restant inchangée.

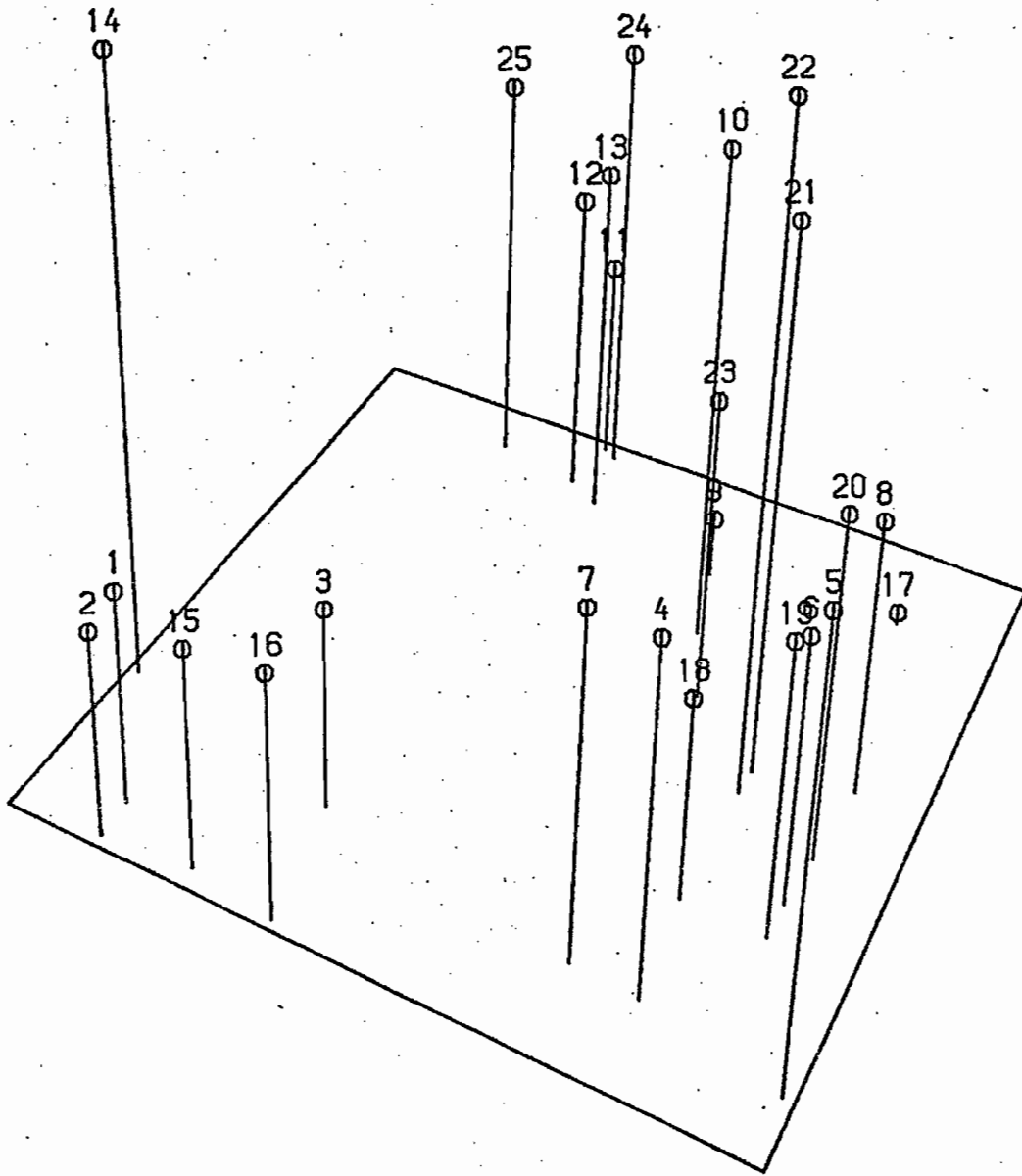


Figure 4 .- Valeurs des 3 premières composantes principales pour 25 échantillons d'animaux benthiques prélevés dans l'Hobson Bay. Rotation 30°, inclinaison 25°. Perspective comme pour les figures 2 et 3.

C PROGRAMME PRINCIPAL ***NUAGES***

C

```
1      COMMON/LOBMYS/W,PHI
2      COMMON/PROJ/XMAX,XMIN,YMAX,YMIN,
3      *ZMAX,ZMIN,TILT,ROT,FX,FY,FZ,CMAX
4      COMMON/VAR/TABX(500),TABY(500),
5      *TABZ(500),TEXT(4),M
6      COMMON/CENTRO/CX(9),CY(9),CZ(9),
7      *NPG(9),KS(9),NG,NEPIN,NCHIF,NCENT
8      DIMENSION FMT(14)
9      DIMENSION TATA(1000)
```

C

C

C LECTURE DES PARAMETRES

C

```
10     50 READ(5,1) NG,NEPIN,NCHIF,NCENT,
11     *IFAC
12     IF(NG.LT.1) STOP
13     READ(5,8) (NPG(I),I=1,NG)
14     READ(5,55) ROT,TILT,FX,FY,FZ,CMAX
15     READ(5,65) (KS(I),I=1,NG)
16     READ(5,2)TEXT
17     READ(5,2)FMT
18     M=0
19     DO 20 I=1,NG
20     20 M=M+NPG(I)
21     READ(5,FMT)(TABX(I),I=1,M)
22     READ(5,FMT)(TABY(I),I=1,M)
23     READ(5,FMT)(TABZ(I),I=1,M)
24     IF(NCENT.LT.1) GO TO 60
25     READ(5,FMT) (CX(I),I=1,NG)
26     READ(5,FMT) (CY(I),I=1,NG)
27     READ(5,FMT) (CZ(I),I=1,NG)
28     60 CONTINUE
29     W=4./7.
30     PHI=0.
```

C

C CALCUL DES VALEURS MAX ET MIN

C

```
31     CALL MINMAX (M,TABX,XMIN,XMAX)
32     CALL MINMAX (M,TABY,YMIN,YMAX)
33     CALL MINMAX (M,TABZ,ZMIN,ZMAX)
```

C

C ECRITURE DES COORDONNEES

C

```
34     WRITE(6,3)TEXT
35     NA=0
36     DO 100 J=1,NG
37     WRITE(6,4) J
38     ND=NA+1
39     NA=NA+NPG(J)
40     L=0
```

```

117      DO 110 I=ND,NA
120      L=L+1
121      110 WRITE(6,5) L,TABX(I),TABY(I),
          *TABZ(I)
123      IF(NCENT.LT.1) GO TO 100
126      WRITE(6,9) CX(J),CY(J),CZ(J)
127      100 CONTINUE
131      WRITE(6,6)XMIN,YMIN,ZMIN
132      WRITE(6,7)XMAX,YMAX,ZMAX

```

```

C
C LEGER ELARGISSEMENT DU PLANCHER
C

```

```

133      XMAX=XMAX+(XMAX-XMIN)/70.
134      XMIN=XMIN-(XMAX-XMIN)/70.
135      YMAX=YMAX+(YMAX-YMIN)/70.
136      YMIN=YMIN-(YMAX-YMIN)/70.

```

```

C
C VALEURS MIN ET MAX EGALES A 1
C POUR SATURATIONS
C

```

```

137      IF(IFAC.LT.1) GO TO 75
142      XMAX=1.
143      XMIN=-1.
144      YMAX=1.
145      YMIN=-1.
146      ZMAX=1.
147      ZMIN=-1.
150      75 CONTINUE

```

```

151      CALL PLOTS(TATA,1000)
152      CALL MARKPL

```

```

C
C ORIGINE LOCALE
C

```

```

153      DEP=CMAX/2.+5.
154      ORD=15.-CMAX*7./32.
155      IF(CMAX.GT.19.) ORD=13.
160      CALL PLOT(DEP,ORD,-3)

```

```

C
C BOUCLE POUR 4 DESSINS, DECALES
C DE 30 DEGRES (FACULTATIVE)
C

```

```

161      .....
      DO 10 K=1,4

```

```

162      .....
      CALL FAKIR

```

```

163      .....
      ROT=ROT+30.
164      EC=CMAX+5.
165      CALL PLOT(EC,0.,-3)
166      10 CONTINUE

```

```

C
C .....
C

```

```

170      CALL ENDOP
      C
171      GO TO 50
      C .....
      C FORMATS
172      1 FORMAT(5I2)
173      2 FORMAT(13A6,A2)
174      3 FORMAT(1H1/55X,4A6///)
175      4 FORMAT(//42X,6HGROUPE,I3/47X,
      12HNO,4X,5HAXE 1,7X,5HAXE 2,7X,
      25HAXE 3/)
176      5 FORMAT(46X,I3,3(F9.3,3X))
177      6 FORMAT(//46X,3HMIN,3(F9.3,3X))
200      7 FORMAT(/46X,3HMAX,3(F9.3,3X))
201      8 FORMAT(9I5)
202      9 FORMAT(/44X,5HCENTR,3(F9.3,3X))
203      55 FORMAT(6F5.2)
204      65 FORMAT(9I3)
205      END

```

```

1      SUBROUTINE MINMAX (M,T,QMIN,QMAX)
      C
      C CALCUL DES VALEURS MIN ET MAX DE T
      C
2      DIMENSION T(1)
3      QMAX=T(1)
4      QMIN=T(1)
5      DO 62 I=2,M
6      IF(T(I)-QMAX)52,52,51
7      51 QMAX=T(I)
10     GO TO 62
11     52 IF(T(I)-QMIN)61,62,62
12     61 QMIN=T(I)
13     62 CONTINUE
15     RETURN
16     END

```

```

1      SUBROUTINE FAKIR
C
C DESSIN DES POINTS EN 3 DIMENSIONS
C
2      COMMON/LOBMYS/W,PHI
3      COMMON/PROJ/XMAX,XMIN,YMAX,YMIN,
4      *ZMAX,ZMIN,TILT,ROT,FX,FY,FZ,CMAX
5      COMMON/VAR/TABX(500),TABY(500),
6      *TABZ(500),TEXT(4),M
7      COMMON/CENTRO/CX(9),CY(9),CZ(9),
8      *NPG(9),KS(9),NG,NEPIN,NCHIF,NCENT
C
C ECRITURE DU TEXTE
C
9      DT=CMAX
10     IF(CMAX.GT.16.5) DT=16.5
11     CALL SYMBOL(-6.,DT,0.28,
12     *4HROT=,0.,4)
13     CALL NUMBER(-4.8,DT,0.28,
14     *ROT,0.,0)
15     CALL SYMBOL(-3.3,DT,0.28,
16     *5HTILT=,0.,5)
17     CALL NUMBER(-1.9,DT,0.28,
18     *TILT,0.,0)
19     CALL SYMBOL(1.,DT,0.28,
20     *TEXT,0.,21)
C
C DESSIN DU PLANCHER
C
21     XX=XMIN
22     YY=YMIN
23     ZZ=ZMIN
24     CALL PERSP (XX,YY,ZZ,XXX,YYY)
25     CALL PLOT (XXX,YYY,3)
26     XX=XMAX
27     CALL PERSP (XX,YY,ZZ,XXX,YYY)
28     CALL PLOT (XXX,YYY,2)
29     YY=YMAX
30     CALL PERSP (XX,YY,ZZ,XXX,YYY)
31     CALL PLOT (XXX,YYY,2)
32     XX=XMIN
33     CALL PERSP (XX,YY,ZZ,XXX,YYY)
34     CALL PLOT (XXX,YYY,2)
35     YY=YMIN
36     CALL PERSP (XX,YY,ZZ,XXX,YYY)
37     CALL PLOT (XXX,YYY,2)
C
C TRACE DES POINTS ET DES EPINGLES.
C
C PETIT PIED POUR ZMIN

```

```

40      DZ=(ZMAX-ZMIN)/50.
      C
41      NA=0
42      DO 100 K=1,NG
43      ND=NA+1
44      NA=NA+NPG(K)
45      L=0
46      DO 30 J=ND,NA
47      Z=TABZ(J)+DZ
50      CALL PERSP(TABX(J),TABY(J),Z,X,Y)
51      IF(NEPIN.EQ.1) GO TO 40
54      CALL PERSP(TABX(J),TABY(J),ZMIN,
      *XB,YB)
55      CALL PLOT(XB,YB,3)
56      CALL PLOT(X,Y,2)
57      40 CONTINUE
60      CALL SYMBOL(X,Y,0.21,KS(K),0.,-1)
61      IF(NCHIF.EQ.1) GO TO 30
      C
      C CENTRAGE DES CHIFFRES
      C
64      L=L+1
65      HCHIF=0.28
66      XCHIF=HCHIF*W
67      DXC=XCHIF/2.
70      IF(L.GT.9.AND.L.LE.99)
      *DXC=XCHIF+XCHIF/4.
73      IF(L.GE.100) DXC=XCHIF+XCHIF
76      DYC=0.25
77      XC=X-DXC
100     YC=Y+DYC
101     CALL NUMBER(XC,YC,HCHIF,
      *FLOAT(L),0.,0)
102     30 CONTINUE
      C
      C TRACE DES CENTROIDES
      C
104     IF(NCENT.LT.1) GO TO 100
107     CALL PERSP(CX(K),CY(K),ZMIN,X,Y)
110     CALL PLOT(X,Y,3)
111     Z=CZ(K)+DZ
112     CALL PERSP(CX(K),CY(K),Z,X,Y)
113     CALL PLOT(X,Y,2)
114     CALL SYMBOL(X,Y,0.49,11,0.,-1)
115     100 CONTINUE
117     RETURN
120     END

```

```

1      SUBROUTINE PERSP (XX,YY,ZZ,
      *XXX,YYY)
C
C      PROJECTION DES COORDONNEES XX,YY,ZZ
C      SUR UN PLAN, APRES ROTATIONS ET VUE
C      EN PERSPECTIVE.
C
2      COMMON/PROJ/XMAX,XMIN,YMAX,YMIN,
      *ZMAX,ZMIN,TILT,ROT,FX,FY,FZ,CMAX
C
C      CONVERSION DES DEGRES EN RADIANS
C
3      RTILT=TILT*3.1415927/180.
4      RROT=ROT*3.1415927/180.
C
C      CENTRAGE ET SCALING EGAL A 1
C      DES COORDONNEES MAX ET MIN
C
5      X1=(XX-(XMAX+XMIN)/2.)
      * /(XMAX-XMIN)
6      Y1=(YY-(YMAX+YMIN)/2.)
      * /(YMAX-YMIN)
7      Z1=(ZZ-(ZMAX+ZMIN)/2.)
      * /(ZMAX-ZMIN)
C
C      POSITION DU PLAN NEUTRE
C      POUR LA PERSPECTIVE
C
10     IF(ROT.GE.(-90.).AND.ROT.LT.0.)
      * OX=0.5*(SIN(RROT)-COS(RROT))
13     IF(ROT.LT.(-90.))
      * OX=0.5*(SIN(RROT)+COS(RROT))
16     IF(ROT.LT.90..AND.ROT.GE.0.)
      * OX=-0.5*(SIN(RROT)+COS(RROT))
21     IF(ROT.GE.90.)
      * OX=-0.5*(SIN(RROT)-COS(RROT))
C
24     OY=OX*COS(RTILT)-0.5*SIN(RTILT)
C
C
C      POUR OBTENIR LES AXES DANS LEURS
C      PROPORTIONS RESPECTIVES, ON POURRA
C      REMPLACER CE QUI PRECEDE PAR
C      .....
C      CHOIX DU COTE LE PLUS GRAND
C
C      DMAX=XMAX-XMIN
C      IF((YMAX-YMIN).GT.DMAX)

```

```

C      *DMAX=YMAX-YMIN
C      IF((ZMAX-ZMIN).GT.DMAX)
C      *DMAX=ZMAX-ZMIN
C
C      CENTRAGE ET SCALING EGAL A 1
C      POUR L'AXE LE PLUS GRAND
C
C      X1=(XX-(XMAX+XMIN)/2.)/DMAX
C      Y1=(YY-(YMAX+YMIN)/2.)/DMAX
C      Z1=(ZZ-(ZMAX+ZMIN)/2.)/DMAX
C
C      COORDONNEES DES COINS DU 'CUBE'
C
C      X1MIN=(XMIN-XMAX)/(2.*DMAX)
C      X1MAX=(XMAX-XMIN)/(2.*DMAX)
C      Y1MIN=(YMIN-YMAX)/(2.*DMAX)
C      Y1MAX=(YMAX-YMIN)/(2.*DMAX)
C      Z1MAX=(ZMAX-ZMIN)/(2.*DMAX)
C
C      POSITION SUR Y DE L'ANGLE
C      DU CUBE LE PLUS PROCHE
C
C      IF(ROT.GE.(-90.).AND.ROT.LT.0.)
C      1 OX=Y1MIN*COS(RROT)
C      2 -X1MIN*SIN(RROT)
C      IF(ROT.LT.(-90.))OX=Y1MAX*COS
C      * (RROT)-X1MIN*SIN(RROT)
C      IF(ROT.LT.90..AND.ROT.GE.0.)
C      1 OX=Y1MIN*COS(RROT)
C      2 -X1MAX*SIN(RROT)
C      IF(ROT.GE.90.)OX=Y1MAX*COS
C      * (RROT)-X1MAX*SIN(RROT)
C
C      OY=OX*COS(RTILT)-Z1MAX*SIN(RTILT)
C      .....
C
C      ROTATION
C
25      X2=Y1*SIN(RROT)+X1*COS(RROT)
26      Y2=Y1*COS(RROT)-X1*SIN(RROT)
C
C      INCLINAISON
C
27      Y3=Y2*COS(RTILT)-Z1*SIN(RTILT)
30      Z2=Y2*SIN(RTILT)+Z1*COS(RTILT)
C
C      FACTEUR D'ECHELLE
C
31      T=CMAX*(FZ+OY)
C
C      PERSPECTIVE HORIZONTALE
C
32      E=X2-FX
33      XXX=T*E/(FZ+Y3)+CMAX*FX
C

```

C PERSPECTIVE VERTICALE

C
 34 CH=Z2-FY
 35 YYY=T*CH/(FZ+Y3)+C*MAX*FY
 C
 36 RETURN
 37 END

BAIE D'AMBARO

GRUPE 1	NO	AXE 1	AXE 2	AXE 3
	1	0.733	0.060	0.147
	2	-0.851	0.276	-0.057
	3	-0.597	0.138	0.547
	4	0.439	0.073	0.638
	5	-0.714	-0.095	0.426
	6	-0.173	0.461	0.582
	7	0.032	-0.080	0.557
	8	0.137	0.508	-0.141
	9	0.430	-0.065	0.235
	10	0.551	-0.200	0.442
	11	-0.070	0.514	0.176
	12	-0.909	0.188	-0.178
	13	-0.937	-0.034	-0.004
	14	-0.914	0.186	-0.035
	15	0.205	0.717	-0.167
	16	-0.733	0.460	-0.052
	17	0.825	0.319	0.210
	18	0.848	0.112	0.367
	19	0.348	0.643	-0.210
	20	0.523	0.541	-0.308
	21	0.017	-0.367	0.037
	MIN	-0.937	-0.367	-0.308
	MAX	0.848	0.717	0.638

REFERENCES.

- CASSIE (R.M.), 1972. - A computer program for multivariate statistical analysis of ecological data. J. exp. mar. Biol. Ecol., 10 : 207-241.
- IBANEZ (F.), 1973. - Un programme FORTRAN IV d'études des structures écologiques marines par un modèle dérivé de l'analyse factorielle. O.R.S.T.O.M. Documents sci. Centre ORSTOM de Nouméa, 38 : 11-91.
- ROHLF (F.J.), 1968. - Stereograms in numerical taxonomy. Syst. Zool., 17 : 246-255.

- N° 1 - PITON (B.), PRIVE (M.), TERAY (A.) - Août 1968.
 Résultats des observations physico-chimiques des croisières 6814 et 6823 du "VAUBAN". 4 p., 2 fig. ht., 19 p. ht.
- N° 2 - CHABANNE (J.), PLANTE (R.), LABOUTE (P.) - Octobre 1968.
 Résultats des chalutages (crevettes et poissons) en Baie d'Ambaro (côte N.W.). Mars 1965 - Février 1967. 57 p., 2 fig. ht.
- N° 3 - FRONTIER-ABOU (D.) - Octobre 1968.
 Etude du muscle de trois espèces de Carangidés : composition globale et résultats statistiques. 10 p.
- N° 4 - CHABANNE (J.), LABOUTE (P.) - Novembre 1968.
 Résultats de la pêche à la traîne sur le plateau continental de la côte nord-ouest (Avril 1965 à Octobre 1968). 17 p., 2 fig. ht.
- N° 5 - PITON (B.), PRIVE (M.), TERAY (A.) - Juin 1969.
 Résultats des observations physico-chimiques en Baie d'Ambaro de Janvier 1968 à Juin 1969. 6 p., 71 p. ht.
- N° 6 - PITON (B.), PRIVE (M.), TERAY (A.) - Août 1969.
 Résultats des observations physico-chimiques en Baie d'Ampasindava, sur le plateau continental et au large de la côte nord-ouest de Madagascar, de Décembre 1967 à Janvier 1969. 6 p., 50 p. ht.
- N° 7 - FRONTIER (S.) - Septembre 1969.
 Méthodes d'analyse statistique applicables à l'écologie du plancton. 33 p., 7 fig. ht.
- N° 8 - FRONTIER-ABOU (D.), VOLAMORA (M.A.) - Octobre 1969.
 Données numériques sur 31 espèces de poissons comestibles de la région de Nosy-Bé : mensurations, composition globale du muscle blanc, valeurs caloriques, corrélations. 74 p.
- N° 9 - PETIT (D.), BHAUD (M.), BINET (D.), BOUR (W.), DESSIER (A.), FRONTIER (S.), LABOUTE (P.) - Novembre 1969.
 Le filet "Lucifer". Description - Manoeuvre - Performances. 10 p., 7 fig. ht.
- N°10 - PLANTE-CUNY (M.R.) - Janvier 1970.
 Données méthodologiques pour aborder la production primaire dans les sédiments marins. 36 p.
- N°11 - FRONTIER-ABOU (D.), VOLAMORA (M.A.) - Février 1970.
 Données numériques sur 110 individus de l'espèce Caranx ignobilis : mensurations, composition globale des muscles blanc et rouge, du foie et des gonades. 25 p.
- N°12 - CHABANNE (J.) - Février 1970.
 La pêche à la traîne sur la partie nord-ouest du plateau continental de Madagascar. 19 p., 3 fig. ht.

- N°13 - FRONTIER-ABOU (D.) - Décembre 1972.
Techniques d'étude d'organismes marins et de farines de poissons : composition globale et lipides. 82 p., 9 fig.
- N°14 - CHABANNE (J.), PLANTE (R.) - Juin 1970.
La pêche au chalut des crevettes Penaeides sur la côte ouest de Madagascar - Méthodes utilisées dans l'étude de la pêcherie. 15 p., annexes 10 p.
- N°15 - FRONTIER-ABOU (D.) - Juin 1970.
Dosage de l'azote sur 60 échantillons de sédiments superficiels de la Baie d'Ambaro. 16 p.
- N°16 - DANIEL (J.), DUPONT (J.), JOUANNIC (C.) - Juin 1970.
Etude de la relation entre le carbone organique et l'azote dans les sédiments de la baie d'Ambaro. 11 p., 9 fig. ht.
- N°17 - MAGNIER (Y.), PITON (B.), TERAY (A.), AH-KAM (D.) - Juillet 1970.
Résultats des observations physico-chimiques en baies d'Ambaro et d'Ampasindava de Juin 1969 à Février 1970. 66 p., 3 fig. ht.
- N°18 - ANONYME - Août 1970.
Organisation de la Bibliothèque de Nosy-Bé. 15 p., 2 p. ht.
- N°19 - PITON (B.), MAGNIER (Y.) - Octobre 1970.
Distributions horizontales et verticales de quelques propriétés physiques et chimiques en baie d'Ambaro. 3 p., 26 p. ht.
- N°20 - PITON (B.), MAGNIER (Y.) - Février 1971.
Sur la détermination de la chlorophylle "a" dans l'eau de mer côtière tropicale. 14 p., 9 fig. ht.
- N°21 - MAGNIER (Y.), PITON (B.) - Avril 1971.
Observations physico-chimiques faites par le "VAUBAN" le long de la côte nord-ouest de Madagascar de janvier à septembre 1970. 8 p., 118 p. ht.
- N°22 - CHABANNE (J.), PRADO (J.) - Juillet 1971.
Etude des concentrations de poissons obtenues par la lumière dans la région de Nosy-Bé - Madagascar. 19 p.
- N°23 - CHABANNE (J.), PLANTE (R.) - Octobre 1971.
Etude des rendements de la pêche au chalut des crevettes Penaeides sur la côte N.W. de Madagascar de 1966 à 1970. 19 p., 10 fig. ht., 4 annexes ht., 6 tabl. ht.
- N°24 - BOUR (W.), FRONTIER (S.), PETIT (D.) - Novembre 1971.
Zooplankton d'une baie eutrophique tropicale.
- 1. Indications préliminaires par FRONTIER (S.).
- 2. Méthodologie des prélèvements par PETIT (D.) et BOUR (W.).
- 3. Situation écologique de la baie d'Ambaro : Etude d'une radiale côte-océan par FRONTIER (S.), BOUR (W.), PETIT (D.).
- 4. Cycle annuel des poids secs par PETIT (D.) et FRONTIER (S.).
- 5. Etude statistique de la dispersion du plancton par FRONTIER (S.).
95 p., 67 p. ht.

- N°25 - MARCILLE (J.) - Février 1972.
Les stocks de crevettes Pénéides côtières malgaches. 14 p., 10 fig.
- N°26 - MAGNIER (Y.), PITON (B.), CITEAU (J.) - Avril 1972.
Observations physico-chimiques faites par le "VAUBAN" dans l'Océan Indien de novembre 1970 à mars 1971. 1 fig. ht., 127 p. ht.
- N°27 - CHABANNE (J.) - Mai 1972.
Etude sur la biologie des Caranx ignobilis, Caranx sexfasciatus et Caranx melampygus de la région de Nosy-Bé. 42 p., 8 fig., 2 p. ht.
- N°28 - FRONTIER (S.) - Juin 1972 (Suite du Doc. n° 24).
Zooplancton d'une baie eutrophique tropicale.
- 6. Répartition spatiale et annuelle de quelques taxons.
Première partie :
Cladocères, Euphausiacés, Mollusques.
14 p., 50 fig.
- N°29 - CITEAU (J.) - Juillet 1972.
Analyse du molybdène dissous dans l'eau de mer. 14 p., 4 fig.
- N°30 - MAGNIER (Y.), PITON (B.), CITEAU (J.) - Janvier 1973.
Bathythermogrammes recueillis par le "VAUBAN" de 1968 à 1972 dans l'ouest de l'Océan Indien sud-équatorial. En avant-propos : aperçu thermique de la région et remarques sur la thermocline. 16 p., 14 fig., 61 p. ht.
- N°31 - CITEAU (J.), PITON (B.), MAGNIER (Y.) - Mars 1973.
Sur la circulation géostrophique dans l'ouest de l'Océan Indien sud-équatorial. 29 p., 17 fig.
- N°32 - LE RESTE (L.) - Mars 1973.
Zones de ponte et nurseries de la crevette "Penaeus indicus" H. Milne Edwards le long de la côte nord-ouest de Madagascar. 11 p., 16 fig. ht.
- N°33 - ANONYME - Mars 1973.
Publications du Centre O.R.S.T.O.M. de Nosy-Bé. Liste mise à jour au 31 décembre 1971. 104 p.
- N°34 - CITEAU (J.), PITON (B.), MAGNIER (Y.) - Avril 1973.
Observations physico-chimiques faites par le "VAUBAN" dans l'Océan Indien au large du Cap d'Ambre et de Juan de Nova, de mai 1971 à mars 1972. 154 p., 2 fig. ht.
- N°35 - MARCILLE (J.), VEILLON (P.) - Avril 1973.
La pêche crevettière à Madagascar. Evolution des stocks. 28 p., 15 fig.
- N°36 - MARCILLE (J.), VEILLON (P.) - Mai 1973.
Prospections et pêches thonières au nord et à l'ouest de Madagascar en 1972. 31 p., 16 fig.

- N°37 - VEILLON (P.) - Septembre 1973.
Analyse des effets de la fermeture de la pêche crevetteière décidée dans certaines zones de Madagascar, du 17 décembre 1972 au 15 février 1973. 16 p., 8 fig.
- N°38 - IBANEZ (F.) - Août 1973.
Un programme FORTRAN IV d'étude des structures écologiques marines par un modèle dérivé de l'analyse factorielle. 91 p., 23 fig.
- N°39 - FRONTIER-ABOU (D.) - Décembre 1973.
Note préliminaire sur un essai de fabrication artisanale de nuoc-mam à partir des résidus de l'industrie crevetteière. 21 p., 3 fig.
- N°40 - POULAIN (J.F.), PITON (B.), MAGNIER (Y.) - Décembre 1973.
Compte rendu de la campagne "GLORIEUSES" du N.O. "VAUBAN", du 2 au 12 mai 1973. 12 p., 12 pl. h.t. + annexe.
- N°41 - STEQUERT (B.), POULAIN (J.F.) - Décembre 1973.
Résultats d'essais de pêche d'appât vivant aux Comores effectués avec le N.O. "VAUBAN" de juin à novembre 1973. 48 p., 17 fig.
- N°42 - CROSNIER (A.), JOUANNIC (C.) - Décembre 1973.
Note d'information sur les prospections de la pente continentale malgache effectuées par le N.O. "VAUBAN". Bathymétrie - Sédimentologie - Pêche au chalut. 18 p., 1 fig., 2 tabl. + 13 pl. h.t.
- N°43 - MARCILLE (J.), STEQUERT (B.) - Avril 1974.
La pêche crevetteière à Madagascar en 1973 - Evolution des stocks et des pourcentages des différentes espèces dans les captures. 40 p., 14 fig., 6 tabl.