



**HAL**  
open science

## Analyse structurale du bassin du Rio Do Peixe (Brésil)

Joao B.L. Francolin

► **To cite this version:**

Joao B.L. Francolin. Analyse structurale du bassin du Rio Do Peixe (Brésil). Tectonique. Université Rennes 1, 1992. Français. NNT: . tel-00648592

**HAL Id: tel-00648592**

**<https://theses.hal.science/tel-00648592>**

Submitted on 6 Dec 2011

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

J. B. FRANCOLIN

ISSN 0755-978X

ISBN 2-905532-45-9

**analyse structurale  
du bassin du Rio Do Peixe**

( BRESIL )

MEMOIRES ET DOCUMENTS

*du Centre Armoricaïn*

n° 46

*d'Etude Structurale*

*des Socles*



Rennes 1992

**MEMOIRES ET DOCUMENTS  
DU  
CENTRE ARMORICAIN D'ETUDE STRUCTURALE DES SOCLES**

**N°46**

**Joao Batista de Lellis FRANCOLIN**

**ANALYSE STRUCTURALE DU BASSIN DU RIO DO PEIXE  
(BRESIL)**

**Thèse de Doctorat de l'Université de Rennes I  
soutenue le 12 Juin 1992**

**Centre Armoricain d'Etude Structurale des Socles  
LP CNRS n°4661  
Université de Rennes I  
Campus de Beaulieu  
F-35042 - RENNES Cédex  
(France)**

**1992**



**ISSN : 0755-978 X**

**ISBN : 2-905532-45-9**

**1992**

**Centre Armoricaïn d'Etude Structurale des Socles  
LP CNRS n°4661  
Université de Rennes I - Campus de Beaulieu  
F-35042 - RENNES Cédex (France)**

**J.B.L. FRANCOLIN**

**Analyse structurale du bassin du Rio Do Peixe (Brésil).**

**Mém. Docum. Centre Arm. Et. Struct. Socles, Rennes,46; 245p.**



*Ce travail a été réalisé aux laboratoires de Tectonophysique et Géophysique de l'institut de Géologie de Rennes sous la direction de Peter Cobbold. Les moyens financiers ont été fournis par la Petrobras (compagnie pétrolière brésilienne).*

*Je tiens à remercier toutes les personnes qui, d'une manière ou d'une autre, m'ont aidé lors de l'élaboration de ce mémoire.*



## ANALYSE STRUCTURALE DU BASSIN DU RIO DO PEIXE (BRESIL)

INTRODUCTION .....	01
LE BASSIN DU RIO DO PEIXE .....	07
Travaux antérieurs .....	09
Localisation .....	10
Socle .....	12
Age des sédiments.....	15
Stratigraphie.....	17
Structures.....	21
CARTOGRAPHIE .....	37
Introduction .....	39
Photographies aériennes .....	40
Images satellites.....	44
Stéréoscopie.....	45
Images radar.....	53
Données de terrain.....	54
ANALYSE TECTONIQUE .....	71
Introduction .....	73
Méthodes .....	77
Méthode de Etchecopar.....	77
Méthode des dièdres droits .....	78
Autre méthode .....	80
Résultats .....	83
Sub-Bassin de Brejo das Freiras .....	86
Sub-Bassin de Sousa .....	91
Sub-Bassin de Pombal .....	96
Haut-fond de Santa Helena .....	99
Interprétation.....	103
Conclusions.....	109
ANALYSE PALEOMAGNETIQUE.....	111
Introduction .....	113
Appareillage et méthode d'analyse .....	121
Résultats .....	122
ARN .....	122
Désaimantation.....	124
Composantes.....	130
Inversion de polarité.....	131
Interprétation.....	132
Conclusion.....	135
CINEMATIQUE DES PLAQUES .....	137
<b>Annexe III.....</b>	<b>155</b>
<b>Annexe IV.....</b>	<b>227</b>



## I. INTRODUCTION



L'évidente similitude des contours de l'Est de l'Amérique du Sud et ceux de l'Ouest de l'Afrique a attiré l'attention des hommes depuis que les techniques cartographiques ont permis une représentation fidèle de ces deux continents séparés par l'Atlantique Sud. Depuis 1912 et la théorie de la dérive continentale de Wegener, jusqu'à l'actuelle tectonique des plaques, cette "coïncidence" de contours a été étudiée par divers auteurs et sous divers aspects (Le Pichon & Hayes, 1971; Rabinowitz & LaBrecque, 1979; Pindell & Dewey, 1982; Szatmari et al., 1985b; Marinho & Mascle, 1987; Nürnberg & Müller, 1991, entre autres). Malgré tout le travail réalisé, les modèles proposés présentent encore des divergences et des contradictions, principalement concernant les premières étapes de la séparation de ces continents.

Les modèles existants convergent sur les points suivants:

- 1) la formation de l'Atlantique Nord s'est produite durant le Jurassique,
- 2) la séparation de l'Afrique et de l'Amérique du Sud (formation de l'Atlantique Sud) a eu lieu durant le Crétacé,
- 3) la marge orientale de l'Amérique du Sud est de type passif divergent,
- 4) la marge équatoriale de l'Amérique du Sud est de type transformant.

Les modèles divergent en plusieurs points:

- 1) la chronologie - tantôt les marges équatoriale et méridionale sont considérées comme isochrones, tantôt la marge méridionale est considérée plus ancienne.
- 2) le sens de l'évolution du rift - il y a des modèles où le rift de la marge équatoriale progresse vers l'est, pour d'autres la progression se développe en direction de l'ouest ou encore simultanément sur toute la marge.
- 3) la rotation continentale - pour quelques auteurs une partie de la rotation horaire du continent sud américain par rapport au continent africain s'effectue durant la déformation continentale, d'autres la considèrent postérieure et il existe aussi ceux qui ne traitent pas du problème.
- 4) l'intensité de la déformation continentale - Il y a des modèles qui considèrent des continents rigides, déformés à peine sur la zone du rift et d'autres qui divisent les zones continentales en micro-plaques présentant un comportement cinématique différent.

Tous ces points de divergence sont liés à la déformation continentale qui a eu lieu pendant les moments initiaux de la séparation.

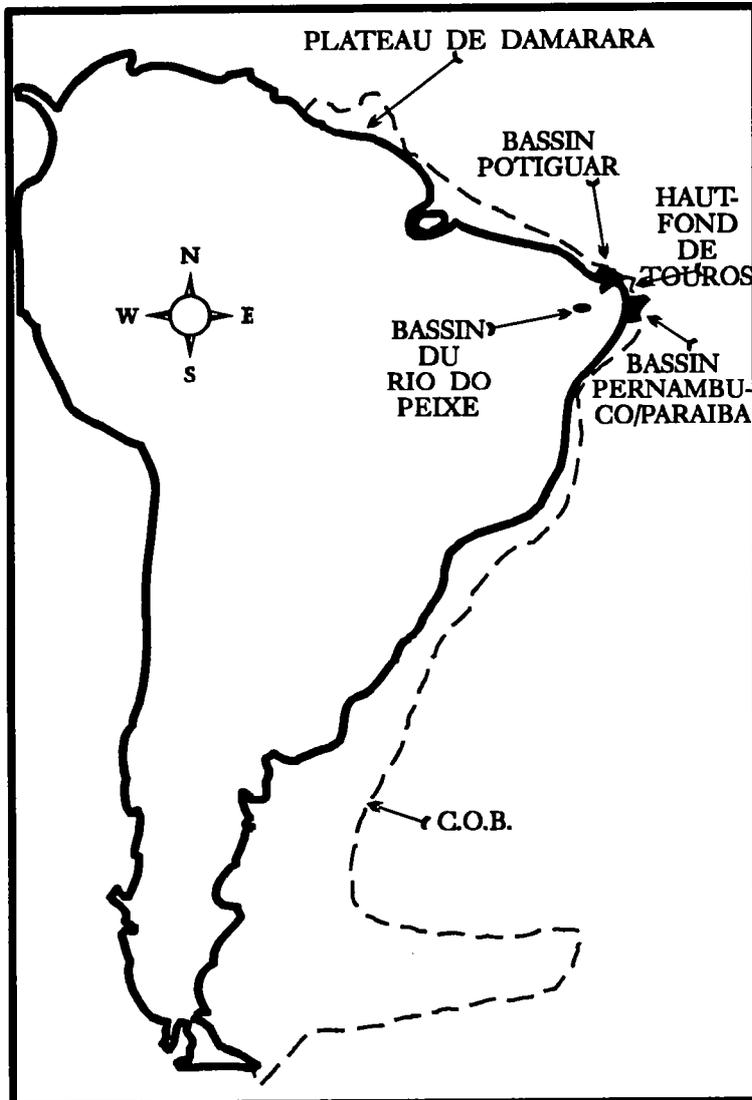


Fig 1: Contour du continent Sud Américain et limite de la croûte continentale (C.O.B.), selon Nürnberg & Müller (1991). Localisation des bassins du Nord-Est Brésilienne (intersection entre les marges Est et équatoriale).

Le principal motif des divergences est que la majorité des études est basée sur des données de la croûte océanique. La majorité des modèles a été construite avec les données des anomalies magnétiques du fond océanique ou, plus récemment, sur l'intégration de ces anomalies avec des données de bathymétrie du fond sous-marin (fournis par des satellites). Parmi ces modèles il y a ceux qui utilisent aussi des données éparses (nécessairement éparses, en raison de l'étendue de la zone considérée) prises sur des régions continentales de part et d'autre de l'Atlantique. Dans tous les cas la majorité des informations provient de la

croûte océanique. Ces informations aboutissent à des modèles qui font l'unanimité lorsqu'ils décrivent les événements qui ont eu lieu après le début de l'Albien (moment où les deux plaques se sont trouvées complètement indépendantes). L'histoire anté-albienne, qui traite de la déformation continentale, diverge d'un auteur à l'autre. Il persiste d'innombrables doutes sur l'âge, la chronologie, la cinématique et la dynamique de la déformation continentale. Les réponses à ces incertitudes doivent être recherchées dans l'enregistrement sédimentaire des bassins formés à

cette époque (Crétacé Inférieur), lesquels résultent directement de la déformation continentale.

La marge Atlantique Sud-Américaine peut être divisée en deux domaines chronologiquement et géologiquement distincts:

1) la Marge Est (Méridionale ou Orientale), de direction NE/SW, s'étend du Sud de l'Amérique du Sud jusqu'au Haut-fond de Touros (latitude 5°S longitude 35°W),

2) la Marge Equatoriale, de direction générale NW/SE, s'étend du Haut de Touros jusqu'au Plateau de Demarara (latitude 8°N longitude 55°W)-(fig 1).

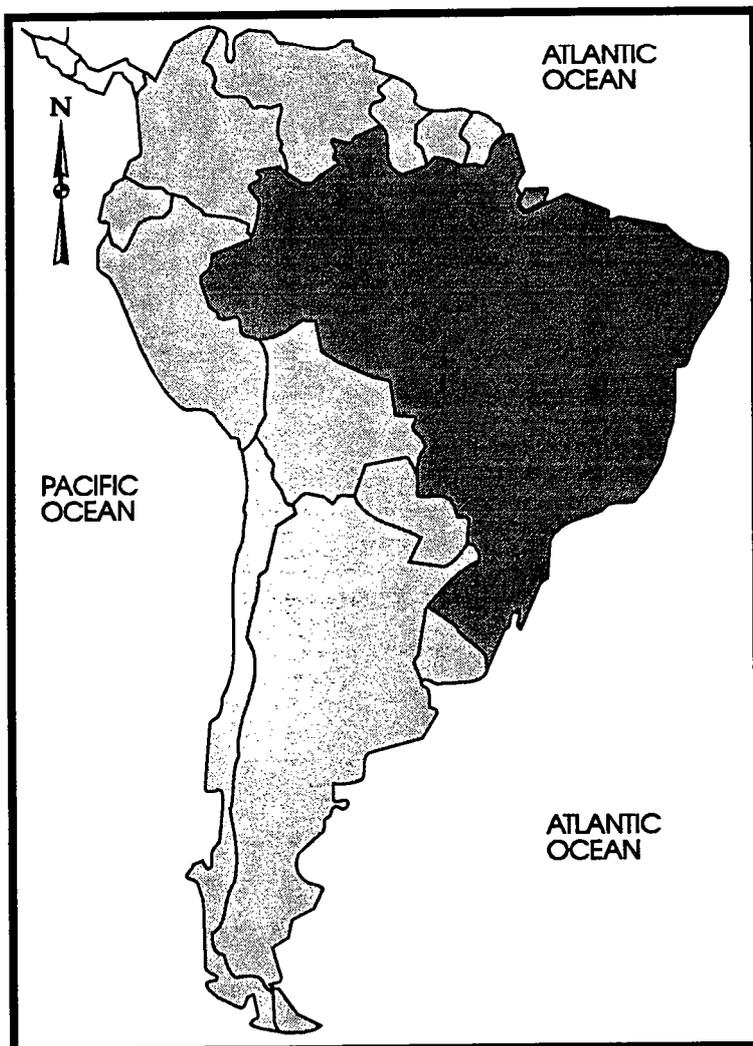


Fig 2: Situation géopolitique de l'Amérique du Sud

La majeure partie de la Marge Est et la quasi totalité de la Marge Equatoriale sont localisées sur le territoire Brésilien (fig 2) et ont été exhaustivement étudiées pendant les recherches pétrolières effectuées par la Petrobras (compagnie pétrolière brésilienne). Durant l'exploration s'est accumulé un grand nombre de données géologiques et géophysiques, lesquelles sont de grande valeur pour l'interprétation des points élémentaires de la chronologie, la mécanique et la cinématique de la séparation des continents Africain et Sud-Américain.

L'analyse de ces données montre que les bassins de la Marge Méridionale ont initié leur évolution avant l'Aptien (Fig 3) et ont un style structural typique des bassins appartenant à des marges passives divergentes (failles normales, grands blocs basculés et glissements gravitaire). En revanche, les bassins de la Marge

Equatoriale sont d'âge post-Aptien et ont un style structural différent, avec des plis, failles inverses et décrochantes. Cette différence d'âge et de style structural est liée à l'histoire de la séparation des continents Africain et Sud Américain.

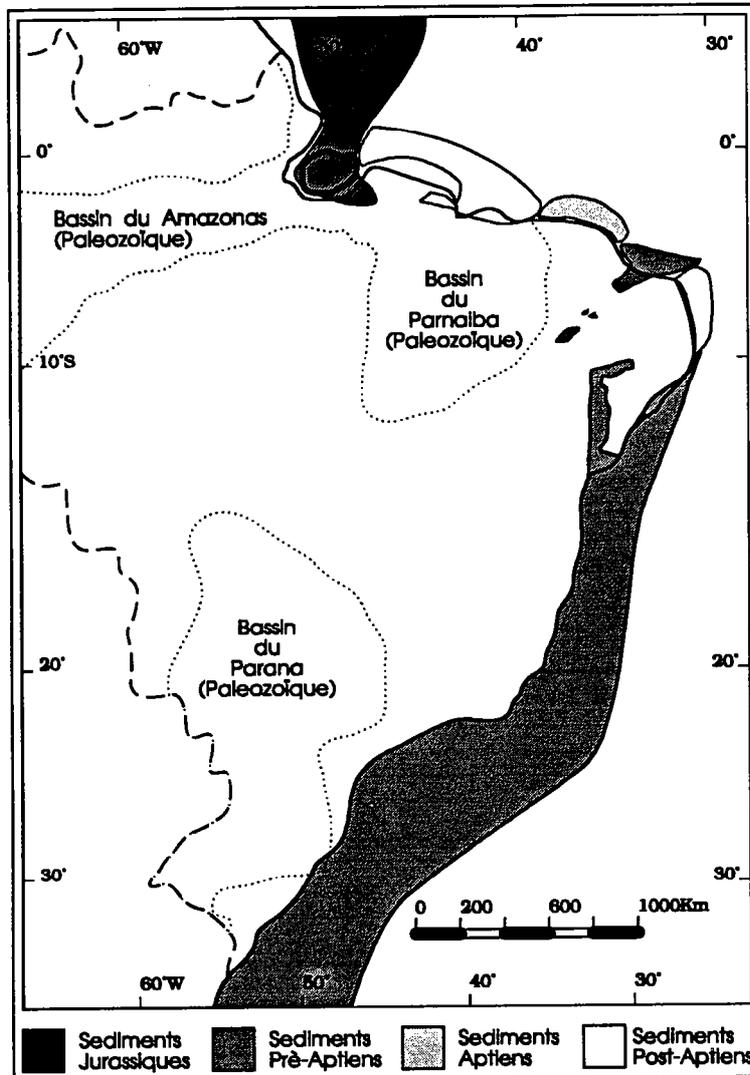


Fig 3: Age du début de la sédimentation dans les bassins crétacés brésiliennes.

A l'intérieur de la région extrême Nord-Est du Brésil, sur le carrefour formé par la Marge Est et la Marge Equatoriale, se localisent une série de petits bassins internes au continent, formés pendant le Crétacé Inférieur, parmi lesquels se trouve le Bassin du Rio do Peixe.

Dans ce bassin des failles normales et décrochantes cohabitent avec des failles inverses et des plis dans une zone de style structural complexe. Ses couches, d'âge pré-Aptien, contemporaines de la formation du rift, affleurent bien permettant une étude "in situ". A l'inverse, la majorité des autres bassins, ont les

couches qui appartiennent à la phase rift couvertes par des sédiments plus récents. Par ailleurs, la petite taille du bassin (autour de 1300 Km<sup>2</sup>) permet une étude globale et détaillée.

On a réalisé dans ce bassin une étude pluridisciplinaire (cartographie de semi-détail, analyse de données structurales de terrain et paléomagnétisme) avec l'objectif de mieux connaître l'évolution tectonique de la région et ainsi contribuer à la compréhension des événements qui ont conduit à la séparation continentale.

**II LE BASSIN DU RIO DO PEIXE**

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100

## A. Travaux antérieurs

Selon Braun (1969) les premières références aux sédiments du Bassin du Rio do Peixe sont attribués à Crandall (1910) qui a fait la corrélation entre les couches de ce bassin et les sédiments Crétacés du Ceara (Bassin du Araripe et Bassin du Lavras da Mangabeira). Encore selon Braun (1969) la première description des couches des grès et des argilites a été fait par Morais (1924), qui les a appelés "Série Rio do Peixe" et les a attribué un âge Crétacé Inférieur (basé sur des traces de dinosaures). Braun (1969) a divisé la pile sédimentaire en 3 unités lithologiques distincts, qu'il a appelé "Unité A", "Unité B" et "Unité C", en préférant ne pas les nommer formellement avant une étude intégrée avec les autres bassins du Nord-Est du Brésil. Albuquerque (1970) a nommé les unités A, B et C de Braun comme Formation Antenor Navarro, Formation Sousa et Formation Rio Piranhas, respectivement. Mabesoone & Campanha (1974) ont conservé la même terminologie en ce qui concerne les formations Antenor Navarro et Sousa mais ont renommé la formation Rio Piranhas qu'ils ont appelé formation Piranhas. Pendant les années 1960 et 1970, plusieurs étudiants de l'Université Fédérale de Pernambuco ont réalisé des travaux sur la région augmentant la connaissance général sur le bassin, principalement sur le plan de la sédimentologie (Vasconcelos, 1980; Lima, 1979). D'autres auteurs (seront citées ci-dessous) ont réalisé des différentes datations sur les couches sédimentaires du bassin, basées sur des microfossiles, des fragments d'os, de poissons et des traces de dinosaures. Rand (1982 et 1984) a fait un enregistrement magnétique et gravimétrique du bassin. Françolin & Szatmari (1985 et 1987) ont proposé un modèle d'évolution structurale pour le bassin en liaison avec la formation du rift de la Marge Equatoriale brésilienne. Matos (1987) a fait une analyse tectonique sur le système de rifts du Nord-Est du Brésil, dans laquelle est inclut le Bassin du Rio do Peixe. Senant & Popoff (1989) ont analysé la structure du bassin et sa liaison avec les zones de faiblesse du socle et les déformations intra-plaque du Continent Africain.

## B. Localisation

Le Bassin du Rio do Peixe est localisé dans le Nord-Est du Brésil entre les parallèles 6° et 7° Sud et les méridiens 37°30' et 39° Ouest (Fig 4) et couvre une surface approximative de 1300 Km<sup>2</sup>. Sa situation géographique (équidistante des

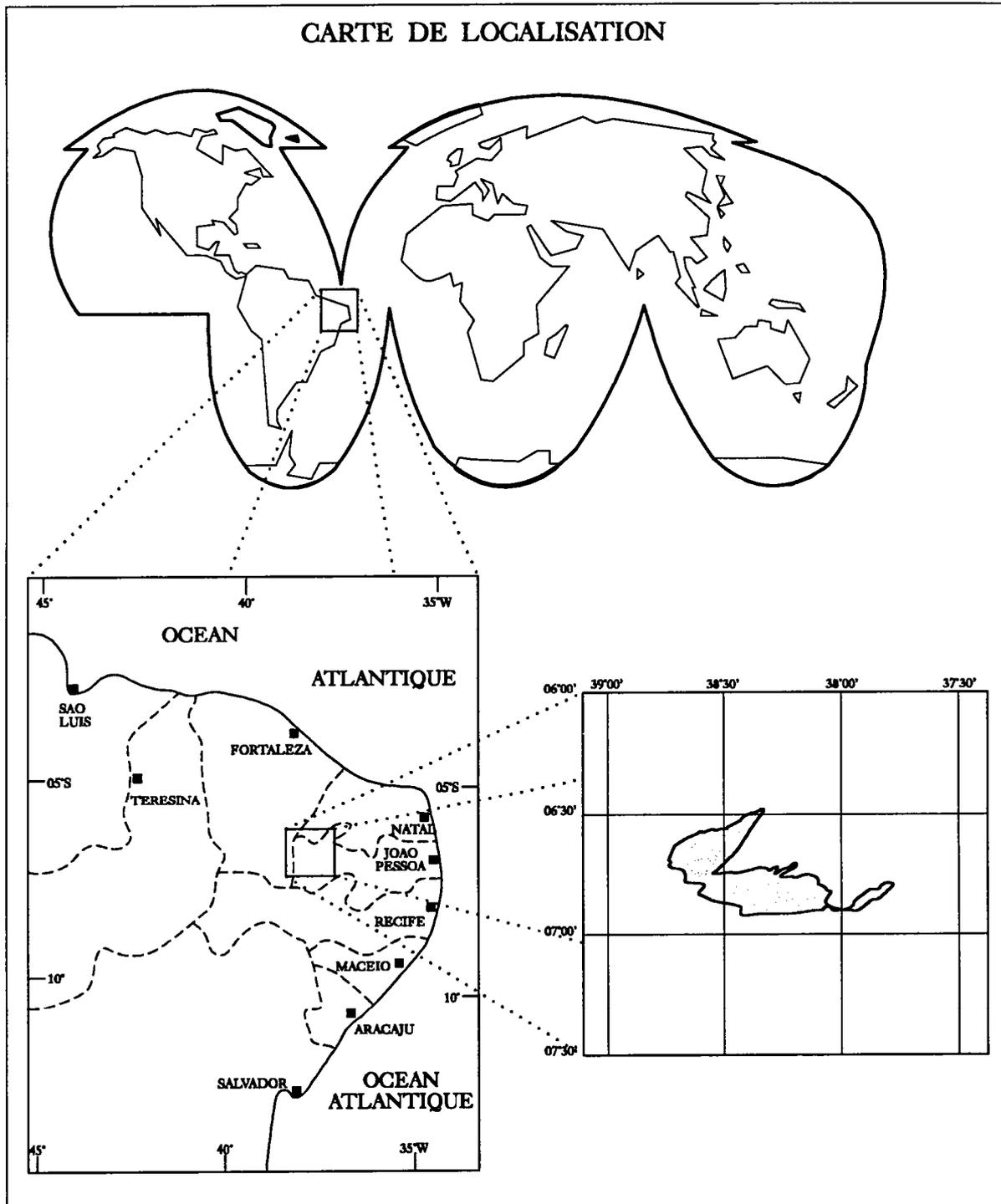


Fig 4 - Localisation du Bassin du Rio do Peixe.

marges Est et Equatorial), ses sédiments qui sont contemporains des sédiments des bassins do Reconcavo et Potiguar (Fig 5), la qualité de ses affleurements (abondants et accessibles), et sa taille (suffisamment petite pour une étude détaillée), font de ce bassin le site idéal pour la réalisation d'études tectoniques utilisables pour la détermination de l'évolution des marges Est et Equatoriale voisines.

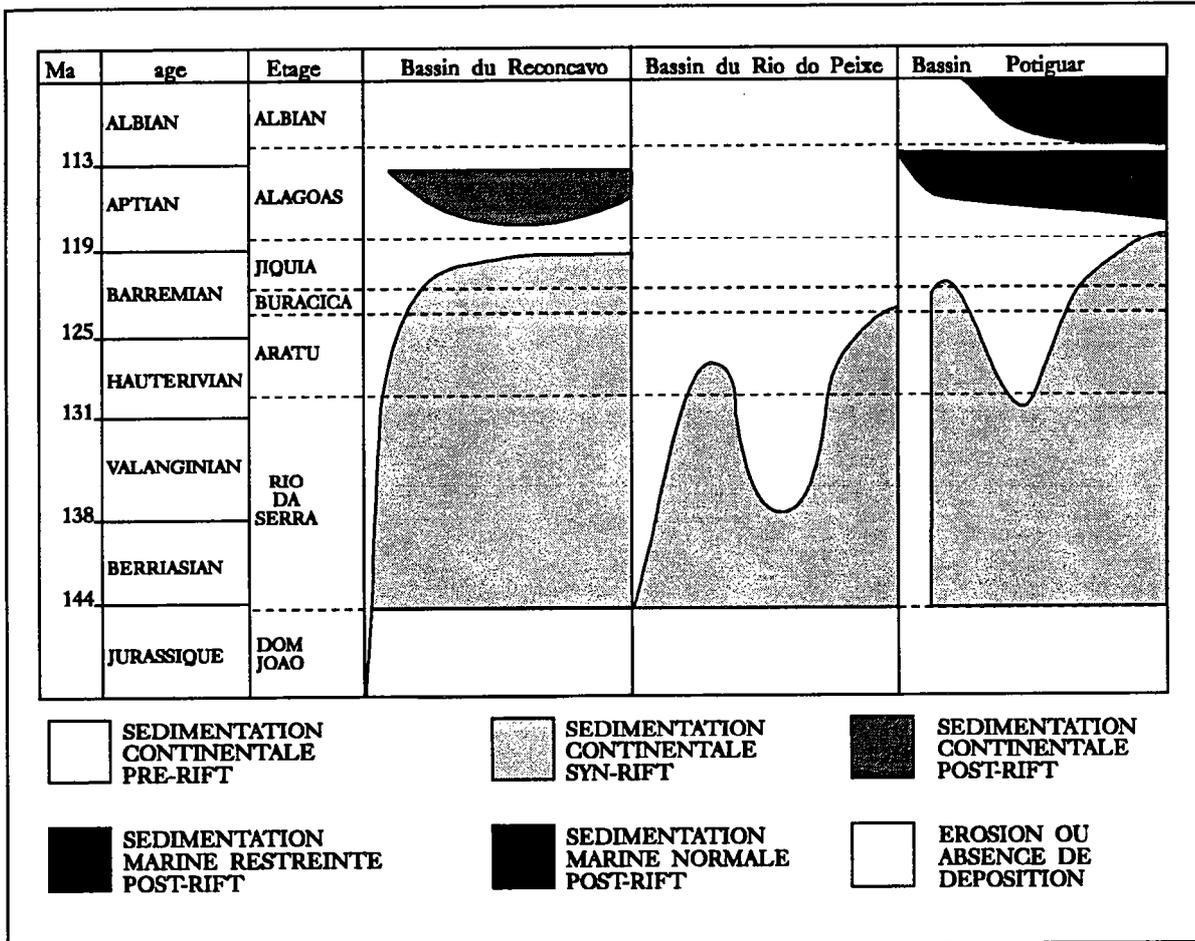


Fig 5- Schéma comparatif entre l'âge des sédiments du Bassin du Rio do Peixe et ses voisins; le Bassin du Reconcavo (au Sud) et le Bassin Potiguar (au Nord).

Sur la même région existent d'autres petits bassins de même âge et produit par le même événement tectonique: Bassin d'Iguatu, Bassin d'Ico, Bassin de Malhada Vermelha, Bassin de Lavras da Mangabeira et Bassin du Araripe (Fig 6). Tinoco & Mabesoone (1975) considèrent que ces petits bassins sont des restes de l'érosion d'un unique bassin qui a occupé toute la zone. Des études de sédimentologie réalisés postérieurement par divers auteurs (parmi lesquels se trouve Mabesoone), ont montré que le Bassin du Rio do Peixe contiennent les facies d'un système sédimentaire complet et peut être considéré indépendant des autres bassins. Tous ces bassins, à l'exception du Bassin do Araripe, sont plus petits et présentent de moins bonnes conditions d'affleurement que le Bassin do Rio du

Peixe. Le Bassin du Araripe a une taille plus grande que le Bassin du Rio do Peixe, mais est couvert par des sédiments plus récents qui rendent difficile l'accès aux sédiments déposés pendant la phase tectonique ici étudiée.

Sur le bassin du Rio do Peixe la zone sédimentaire est topographiquement plane et d'altitude plus faible (entre 200 et 260 m) que celle du socle (jusqu'à 800m), provoquant une convergence du drainage en direction de la zone sédimentaire. Le bassin est coupé par deux rivières principales (Rio do Peixe et Rio Piranhas) qui constituent de bons repères géographiques sur le terrain et donnent accès à de nombreux affleurements.

### **C. Socle**

Le socle du Bassin du Rio do Peixe est constitué de roches qui appartiennent à l'unité géologique "Regiao de Dobramentos do Nordeste" (Région de Plissement du Nord-Est), ou "Provincia Borborema" (Province Borborema) définie par Almeida (1967).

La province Borborema couvre près de 380.000 Km<sup>2</sup> et est localisée entre les cratons de Sao Francisco (au Sud) et de Sao Luis (au Nord). Les datations radiométriques effectuées par Brito Neves (1975) sur les roches de cette province montrent qu'elle est formée par des roches qui présentent des âges Rb/Sr isochrones compris entre 2150±200 m.a. (nucléons Archéen de Taua et Troia) et 500±25 m.a. (granites Brasilianos). Sa dernière structuration ductile est due à l'événement tectonique "Brasiliano" (Panafricain), qui date de la fin du Protérozoïque Supérieur (Almeida, 1967; Brito Neves, 1975).

Ce socle est constitué de migmatites, de gneiss, d'amphibolites, de schistes, de granites, de phyllites, de quartzites, de marbres et de méta-conglomérats représentant une association de sédiments clastiques et carbonatés appartenant à d'anciens bassins précambriens (zone plissée). Ces sédiments et leur socle (massifs médians) ont été tectonisés et métamorphisés pendant l'événement Brasiliano.

Le degré métamorphique de ces roches n'est pas homogène, variant du faciès schistes verts au faciès amphibolite. Selon Almeida (1967) la province a subi 3 phases magmatique: un cycle magmatique basique pré-plissement, une intense phase magmatique granitique syn-tectonique (650 m.a.) et finalement une phase d'intrusion de granites tardifs (540 m.a.) qui ont été mis en place dans quelques zones restreintes.

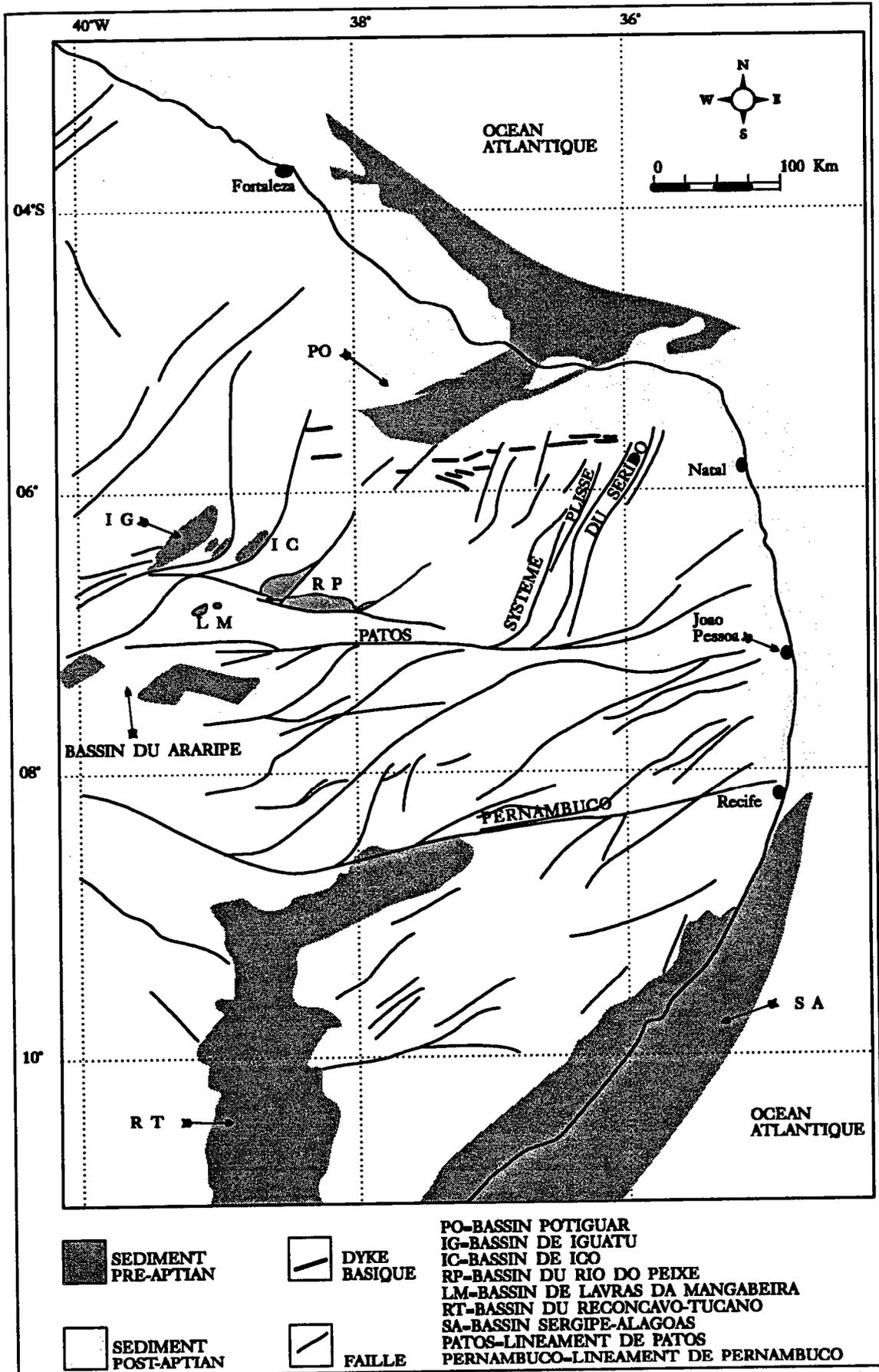


Fig 6 - Aspect régional du socle du bassin du Rio do Peixe et localisation des bassins crétaqués du Nord-Est Brésilienne.

La province a été découpée par plusieurs zones de cisaillement ductile qui ont déformé les granites syn-tectoniques et a subi, postérieurement, une autre phase d'intrusions de granites post-tectoniques qui ne sont pas déformés. Deux importantes zones de cisaillement de direction E/W (Fig 6) séparent des domaines dans lesquels les accidents sont de direction NE/SW. Ces accidents sont représentés par de larges zones mylonitisées de plusieurs centaines de kilomètres de longueur et de dizaines de kilomètres de largeur (Fig 6).

Ces zones de cisaillements d'âge Brasiliano ont eu une influence marquée sur la structuration et sur la sédimentation des bassins Crétacés Brésiliens:

- le Linéament de Sobral-Pedro II (localisé au Nord-Est de la zone étudiée) est lié à une série de structures détectées par la sismique réflexion dans le Bassin du Ceara
- le Linéament de Pernambuco (Fig 6) marque la limite entre le Bassin de Sergipe-Alagoas au Sud et l'Haut de Pernambuco au Nord ("Alto de Pernambuco").

Cependant les enregistrements sismiques qui ont été faits par la Petrobras sur la zone offshore n'ont pas retrouvé des indications de la continuation du Linéament de Patos sous les sédiments de la zone côtière. On notera aussi qu'en différentes cartographies effectuées sur la région (Radambrasil, 1981 ;DNPM, 1984) le Linéament de Patos est bien défini dans les zones intérieures au continent et mal défini dans la région proche du littoral, où il est subdivisé en linéaments secondaires lesquels prennent la direction NE/SW (Fig 6).

Corsini et al. (1991) ont présenté un modèle tectonique où les linéaments E/W et NE/SW ont été formé simultanément. Dans ce modèle la zone du Linéament de Patos est considéré comme une mega-faille dextre et les failles de direction NE/SW sont considérées comme zones d'amortissement de la déformation. Selon ce modèle une grande partie de la déformation qui a entraîné la formation du linéament de Patos a été absorbée dans le continent Sud Américain, au sein du plissement de la "Zona Serido" (Système Plisse du Serido - Fig 6). Ce modèle peut expliquer la faible définition du Linéament de Patos dans les régions proches au littoral et aussi la difficulté de faire une liaison entre ce linéament et les structures du Continent Africain.

On notera cependant que des enregistrements gravimétriques et magnétométriques réalisés dans la zone côtière du Nord-Est (Rand, 1990) ont détecté, selon l'interprétation de l'auteur, la présence du Linéament de Patos sous la couverture sédimentaire. Encore selon cet auteur, les cartes gravimétriques et

magnétométriques montrent que pendant le Crétacé le Linéament de Patos présente un mouvement senestre et le Linéament de Pernambuco est caractérisé par un déplacement dextre.

Le Bassin du Rio do Peixe est situé dans une des zones de la Province Borborema appelée "Maciço Rio Piranhas" (Massif Rio Piranhas de Santos et al., 1984 in D.N.P.M., 1984). Ce massif est constitué de migmatites, de gneiss, de schistes, de méta-conglomérats, de granites et de petits corps de pegmatites. L'ensemble est découpé par des zones mylonitiques d'âge Brasiliano, de directions principales E/W et NE/SW. Sur les zones de direction E/W la foliation mylonitique est sub-verticale, la linéation d'étirement sub-horizontale et les critères de cisaillement indiquent un jeu dextre (Corsini et al., 1991). La localisation et la structure du bassin sont conditionnés par ces zones de déformations ductiles qui se comportent comme des zones de faiblesse pendant l'événement tectonique lié à l'ouverture de l'Atlantique Sud (Françolin & Szatmari, 1987).

Au sein du "Maciço Rio Piranhas" le bassin occupe une position particulière, à l'intersection de trois directions principales de zones de cisaillement. Au Nord du bassin les zones mylonitiques sont de direction NE/SW, au Sud-Est du bassin elles sont de direction E/W et dans la région au Sud-Ouest elles présentent une direction WNW/ESE (Fig 6). La zone mylonitique de direction E/W représente la limite nord d'une grande structure appelé "Linéament de Patos" ou "Linéament da Paraíba" (Fig 6). Les zones mylonitiques de direction NE/SW sont en continuité avec la précédente et à l'heure du bassin tournent vers la direction ouest, en adoptant des directions parallèles au Linéament de Patos.

#### **D. Age des sédiments**

Les sédiments eo-Cretacés des bassins Brésiliens présentent une riche faune d'ostracodes non marins qui ont permis d'établir six unités chronostratigraphiques dans les années 60. Ces unités ont été définies pour résoudre le problème de corrélation entre les bassins du Continent Sud Américain. Selon Regali & Viana (1989) la division de la pile sédimentaire en unités chronostratigraphiques locales a été établie par Schaller (1969) et Viana al. (1971) qui ont établi les étages Dom Joao, Rio da Serra, Aratu, Buracica, Jiquia et Alagoas. L'inexistence de fossiles marins

dans ces sections a causé, pendant une certaine période, un problème de corrélation avec l'échelle chronostratigraphique internationale.

Pendant ces dernières années l'exploration pétrolière de la plate-forme continentale a permis d'accumuler une grande quantité de données sur les microfossiles. Avec ces données, il a été possible d'effectuer les corrélations, basées principalement, sur la palynologie, avec l'échelle chronostratigraphique internationale. La figure 7 présente un résumé des derniers travaux publiés sur le sujet. Malgré les petites divergences qui persistent entre certains auteurs (voir fig 4), les corrélations actuelles sont solides et ont le degré de précision nécessaire à une analyse régionale.

<i>HARLAND et alii, 1982</i>		<i>REGALI &amp; VIANA 1988</i>	<i>ARAI, HASHIMOTO, UESUGUI 1989</i>
Ma	age		
113	ALBIAN	ALBIAN	ALBIAN
	APTIAN	ALAGOAS	ALAGOAS
119	BARREMIAN	JIQUIA	JIQUIA
		BURACICA	BURACICA
125	HAUTERIVIAN	ARATU	ARATU
		--	--
131	VALANGINIAN	RIO DA SERRA	RIO DA SERRA
	BERRIASIAN		
138			
	JURASSIQUE	DOM JOAO	DOM JOAO

Fig. 7 - tableau de corrélation entre la colonne chronostratigraphique internationale et les étages locaux (modifié d'Arai et al. 1989).

Dans ce travail sera considéré:

Etage Dom Joao = Jurassique supérieur;

Etage Rio da Serra = Berriasien à Hauterivien inférieur;

Etage Aratu = Hauterivien supérieur à Barremien inférieur;

Etage Buracica = Barremien moyen;

Etage Jiquia = Barremien supérieur à Aptien inférieur et

Etage Alagoas = Aptien supérieur à Albien Inférieur.

Braun (1969) a considéré les sédiments du bassin comme d'âge Berriasien à Barremien,

sur la base de pistes de dinosaures décrites par Morais (1924) et la présence de crustacés découverts par lui même et par Barbosa (1966).

Mabesoone & Campanha (1974) ont daté les sédiments du bassin comme appartenant aux étages Dom Joao, Rio da Serra et Aratu, sur la base d'ostracodes.

Lima (1987) a étudié 26 échantillons de l'unique forage existant dans le bassin et a trouvé des pollens qu'il a utilisé pour la définition des étages Rio da Serra, Aratu et Buracica. Cet auteur a diminué l'intervalle de temps, en considérant que les sédiments du bassin se sont entièrement déposés pendant l'étage Aratu.

La Petrobras, intéressée par les corrélations d'âges entre les bassins du Nord-Est Brésilien a réalisé un programme de datation sur les échantillons d'un forage existant dans le Bassin du Rio do Peixe et par un échantillonnage de surface effectué sur tous les bassins du Nord-Est. Cinquante-sept échantillons de surface et 9 échantillons de forage appartenant au Bassin do Rio Peixe ont été analysés . Les datations de ces échantillons ont été publiées par Arai et al. dans un rapport interne du Cenpes/Divex/Sebit en septembre de 1989. Les résultats obtenus par l'analyse d'ostracodes et palinomorfes ont indiqué que les sédiments qui remplissent le bassin ont été déposés pendant les étages Rio da Serra et Aratu.

A partir des données décrites ci-dessus on peut affirmer que les sédiments du Bassin du Rio do Peixe ont été déposés durant une période allant du Berriasien au Barremien Inférieur.

## **E. Stratigraphie**

Des données gravimétriques (Rand, 1984) et magnétométriques (Rand, 1982) associées à des informations d'un forage nous permettent d'estimer l'épaisseur sédimentaire maximum autour de 2100m. La pile sédimentaire qui remplit le bassin est divisé en 3 formations: formation Antenor Navarro; Formation Sousa et Formation Rio Piranhas.

La Formation Antenor Navarro est constituée à la base de conglomérats et de grès immatures, en passant graduellement, en direction du sommet, à des grès fins et micacés intercalés avec des argilites. Ces sédiments ont été déposés directement sur le socle cristallin, dans un environnement fluvial. Ces couches sont

contemporaines des premières pulsations tectoniques et représentent le début du remplissage du bassin. Sa base conglomératique est associée à un régime de courants (torrents et alluvions) qui ont prévalu sur cette zone au début des mouvements tectoniques. Les sédiments sont graduellement plus fins en direction du sommet de la formation, indiquant un environnement fluvial typique. L'apparition des premières argilites proche du sommet de la formation indique le passage graduel d'un environnement fluvial vers un environnement lacustre. La Formation Antenor Navarro affleure principalement sur les portions Nord du bassin (Fig 8), où elle se trouve fréquemment coupée par des failles et quelquefois transformée en brèches. Braun (1969) a estimé pour cette formation une épaisseur maximum de 1300m dans le Sub-Bassin de Brejo das Freiras. Des mesures effectuées par Alves (1990) sur des stratifications croisées indiquent que les paléo-courants responsables du dépôt des grès dans le Sub-Bassin de Brejo das Freiras ont été orientées du Nord vers le Sud ou le Sud-Est.

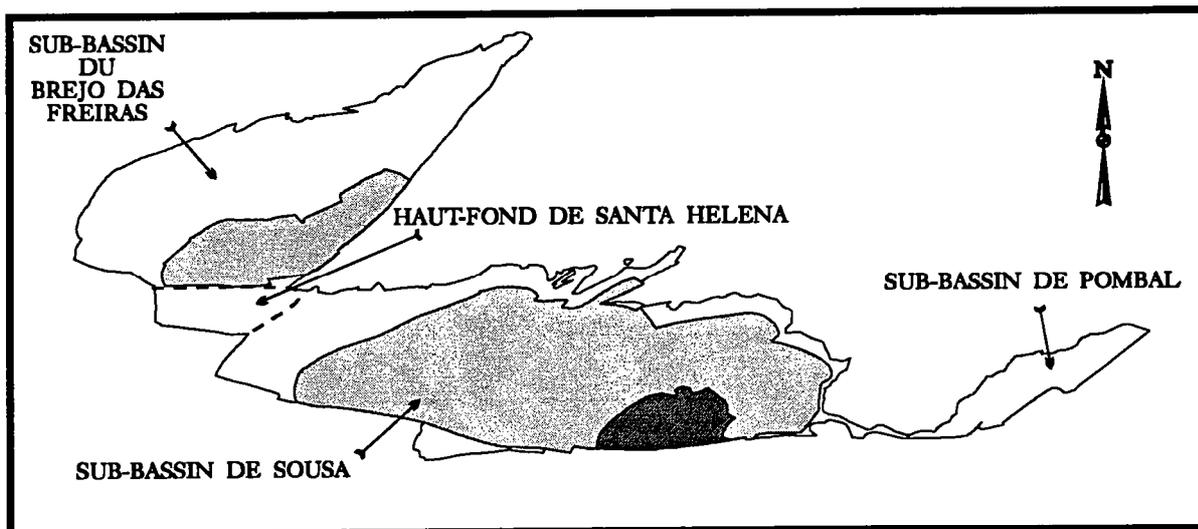


Fig 8.: Division du Bassin du Rio do Peixe en sub-bassins et distribution des formations Antenor Navarro (gris clair), Sousa (gris foncé) et Rio Piranhas (noir).

La Formation Sousa est constituée d'argilites intercalés avec des grès fins et de fins niveaux de carbonates. Elle présente plusieurs niveaux fossilifères et traces de dinosaures permettant la datation du Bassin. Cette formation a été déposée dans un environnement fluvial de méandres (plaine d'inondation) et lacustre peu profond, pendant une période de relatif calme tectonique. Son contact avec les formations Antenor Navarro (inférieur) et Rio Piranhas (supérieur) est progressif. Cette formation présente une aire d'occurrence petite dans le Sub-Bassin de Brejo das Freiras, ample sur le Sub-Bassin de Sousa et inexistante dans le Sub-Bassin de Pombal et le Haut-fond de Santa Helena (Fig 8). Sa zone d'affleurement est

constitué par une surface topographique aplanie et pauvre d'affleurements. Le forage stratigraphique de "Lagoa do Forno" a constaté 800 m d'épaisseur pour cette formation et on estime son épaisseur maximale autour de 1000 mètres. Les fentes de dessiccation, indice d'un environnement de sédimentation peu profond et d'expositions subaériennes fréquentes, sont présentes en grande quantité dans le Sub-Bassin de Sousa et relativement peut fréquentes dans le Sub-Bassin de Brejo das Freiras. Cette différence indique que, dans le Sub-Bassin de Sousa, le lac où cette unité stratigraphique s'est déposée a été large et peut profond, au contraire du Sub-Bassin de Brejo das Freiras, où le lac a été plus restreint mais plus profond.

La formation Rio Piranha est constituée de conglomérats et de grès grossiers intercalés avec des grès fins et micacés de matrice argileuse. Cette formation représente le remplissage final du lac et est liée à une reprise de l'activité tectonique. Son extension géographique est restreinte à la zone proche de la bordure Sud-Est du Sub-Bassin de Sousa (Fig 8) et son épaisseur maximale est estimée à 320 mètres (Braun, 1969). Cette formation est la seule qui présente des paléo-courants orientés du Sud vers le Nord en montrant ainsi une inversion de sens de l'apport sédimentaire par rapport aux formations citées antérieurement (Ghignone, 1988 et Alves, 1990).

La figure 9 présente le résumé de la stratigraphie du bassin.

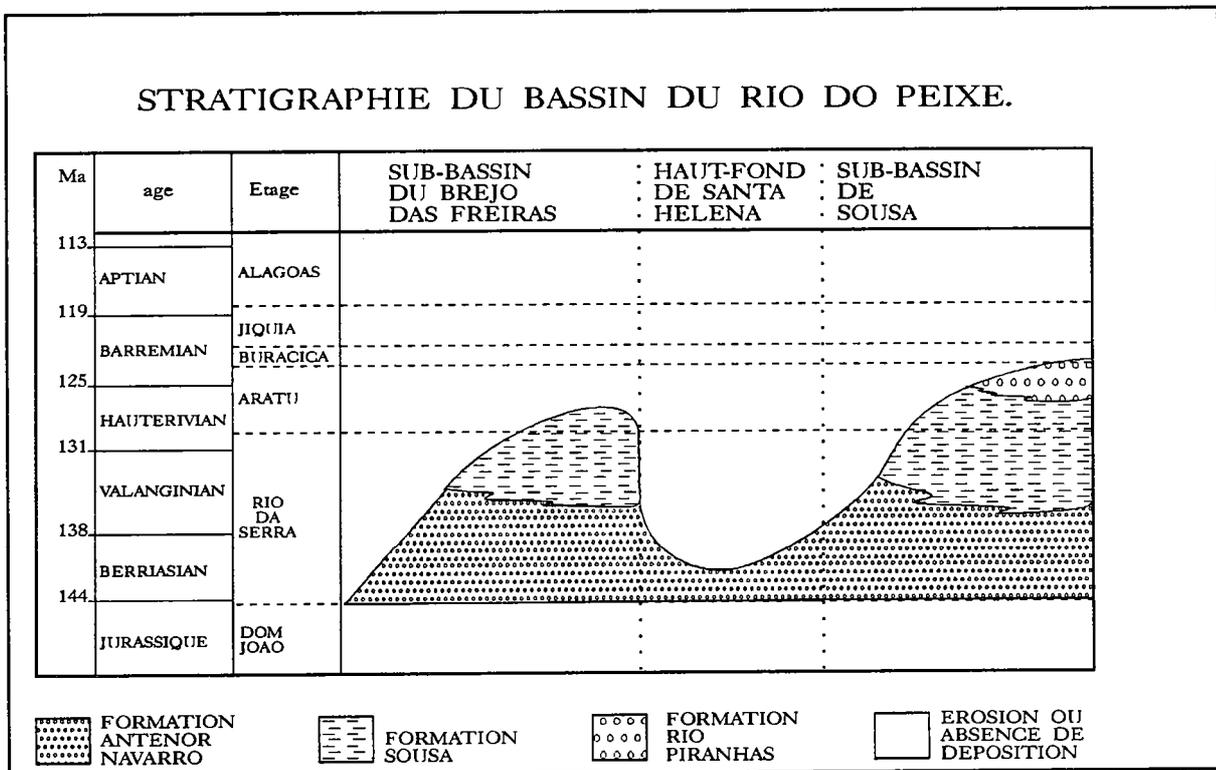


Fig 9- Stratigraphie schématique du bassin présenté selon la distribution géographique et l'âge des unités lithologiques.

Pendant les travaux réalisés sur le terrain, on a détecté en deux localités différentes, l'une proche de la limite du bassin, au Nord du village de Sousa et l'autre localisée au Sud-Est de la localité de Brejo das Freiras, des roches sédimentaires qui n'appartiennent à aucune des 3 formations ci-dessus décrites. Il s'agit d'une brèche sédimentaire de plusieurs mètres d'épaisseur, constituée exclusivement de fragments angulaires de mylonite et qui présente un fort degré de diagenèse. Ces roches ont été formées pendant le début de la phase tectonique, quand le mouvement des failles n'avait pas occasionné encore de relief suffisant pour provoquer un transport sur de grande distance et provoquer l'altération atmosphérique des fragments. De cette manière les brèches tectoniques formées pendant le début de cette phase tectonique ont été déplacées, par l'action de la gravité, sur de petites distances, en tombant dans les dénivelés formés par les mouvements des failles. Ce genre de dépôt doit exister en abondance sous la Formation Antenor Navarro auprès des grandes failles.

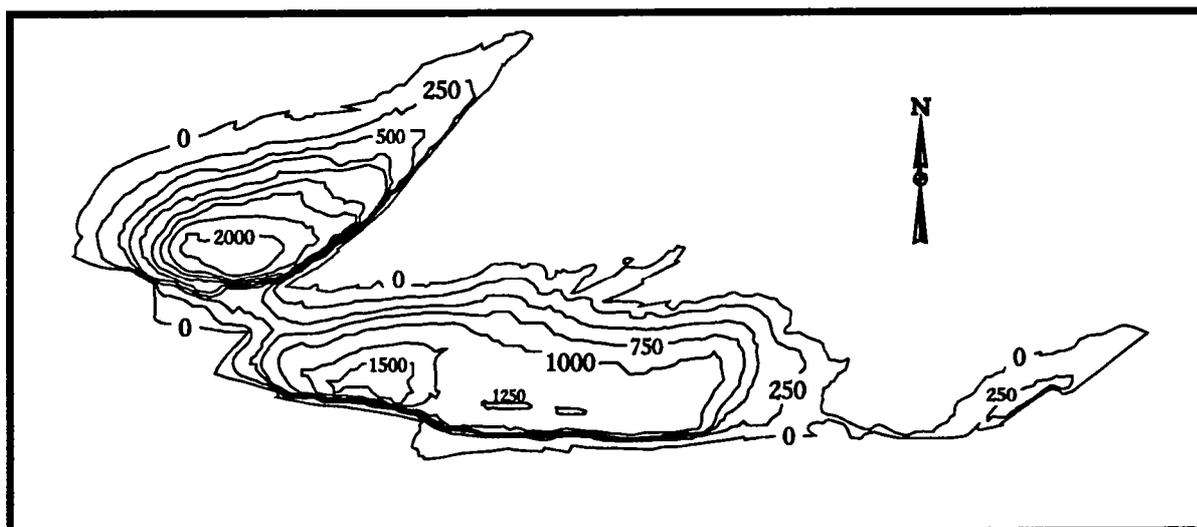


Fig 10 : Carte des isopaques sédimentaires totales (mètres) du bassin.

Les mesures de paléo-courants, qui ont été faites sur des stratifications croisés et sur des marques d'ondes dans les formations Antenor Navarro et Sousa, indiquent que le basculement des Sub-Bassins de Brejo das Freiras et Sousa a été fait vers le sud pendant le dépôt de ces formations. Les mesures de paléo-courants prises sur le Haut-font de Santa Helena indiquent un basculement vers le SE. Sur la partie Nord du Sub-Bassin de Pombal les mesures montrent des paléo-courants orientés du Nord-Ouest vers le Sud-Est.

La fig 10 présente un essai de carte des isopaques totales des sédiments du bassin sur la base des informations de la carte gravimétrique, des données de l'unique forage existant dans le bassin et du pendage des couches (mesuré à la surface). A partir de la carte d'isopaques totales et des cartes topographiques de la zone, deux blocs diagrammes ont été faits (Fig 11 et 12) qui présentent la surface actuelle du socle sans la couverture sédimentaire. L'analyse de ces trois figures (10, 11 et 12) donnent un panorama général sur la forme et la position des dépo-centres et sur la position, la direction et le rejet des failles principales qui limitent le bassin.

## F. Structures

On peut décrire le Bassin du Rio do Peixe de manière simplifiée comme un corps géologique constitué de 3 semi-grabens basculés vers le Sud, contrôlé par des failles principales de directions E/W, NE/SW et WNW/ESE (Fig 8, 10, 11 et 12) et rempli par des couches sédimentaires terrigènes d'âge Crétacé Inférieur. Des auteurs considèrent chaque dépo-centre comme un bassin individualisé, en les appelant individuellement. On considère ici qu'il s'agit d'un bassin unique dénommé Bassin du Rio do Peixe, lequel contient 3 régions principales de subsidence, considérées comme des sub-bassins: 1)Uirauna ou Brejo das Freiras, 2)Sousa et 3)Pombal (Fig 8)

Les sub-bassins de Brejo das Freiras et de Sousa sont séparés par un haut-fond du socle (Haut-fond de Santa Helena) allongé selon la direction NE/SW. Ces structures sont clairement observables (Fig 13) sur la carte gravimétrique de Rand, 1984. Le Sub-Bassin de Pombal n'est pas inclus dans l'enregistrement gravimétrique parce qu'il ne présente pas d'anomalies gravimétriques significatives. L'épaisseur sédimentaire de ce dernier ne doit pas dépasser les 300 mètres.

La distribution et la géométrie des corps sédimentaires, la forme et la position des dépo-centres, les directions de paléo-courants et les structures sédimentaires sont de bons critères auxiliaires d'interprétation structurale. Dans le Sub-Bassin de Brejo das Freiras et de Sousa les portions plus profondes des grabens sont de direction E/W et sont localisées à proximité de l'intersection de grandes failles NE/SW avec les failles E/W (Figs 10, 11, 12, et 13).

La bordure Sud du Sub-Bassin de Sousa, qui sur les cartes géologiques apparaît comme constituée de plusieurs segments de direction E/W disposés en

Fig 11 - BLOC-DIAGRAMME DU SOCLE DU BASIN  
DO RIO DO PEIXE SANS LA COUVERTURE  
SEDIMENTAIRE

Echelle horizontale - Km  
Echelle verticale - m  
Exageration verticale - 5

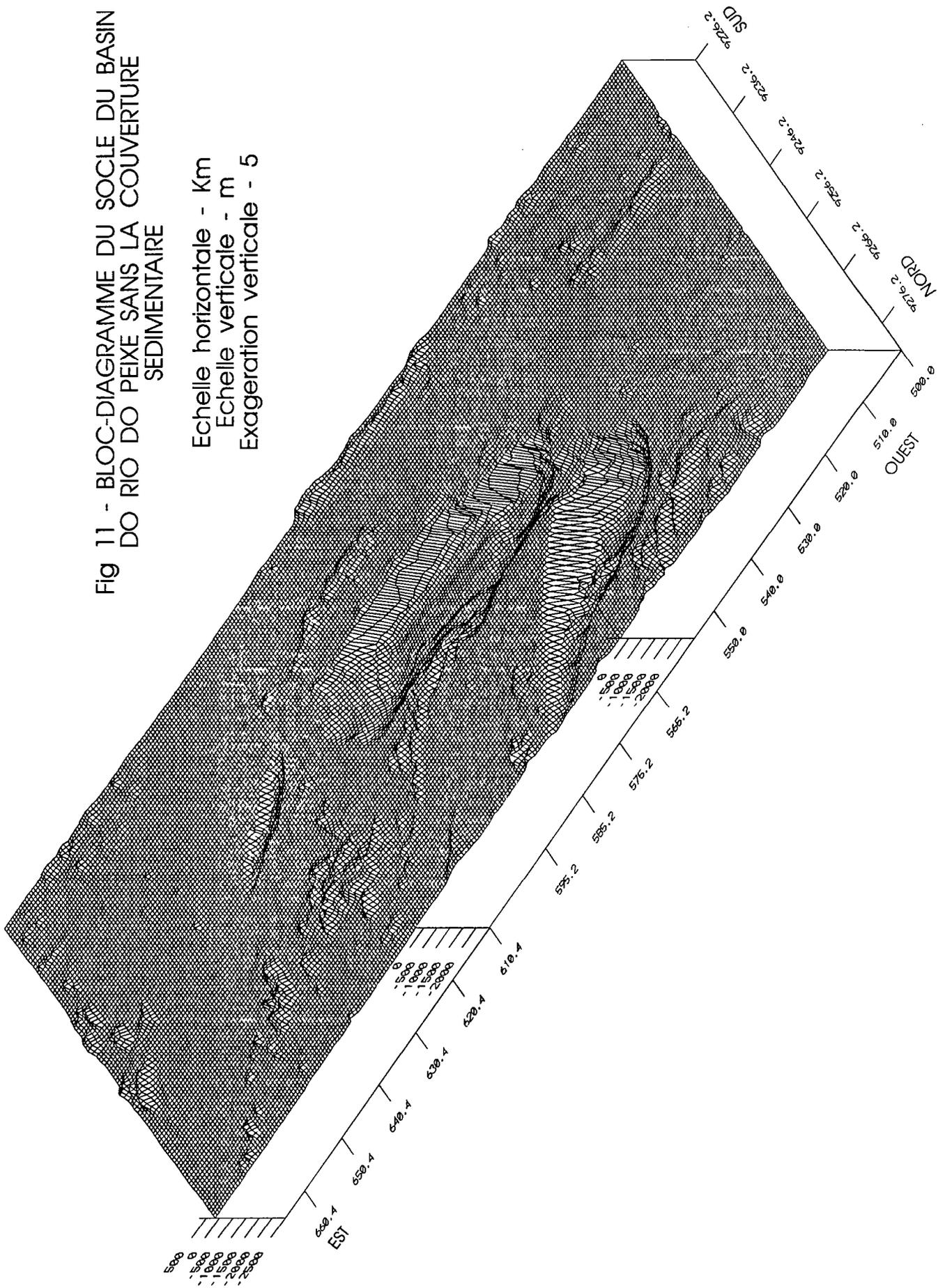
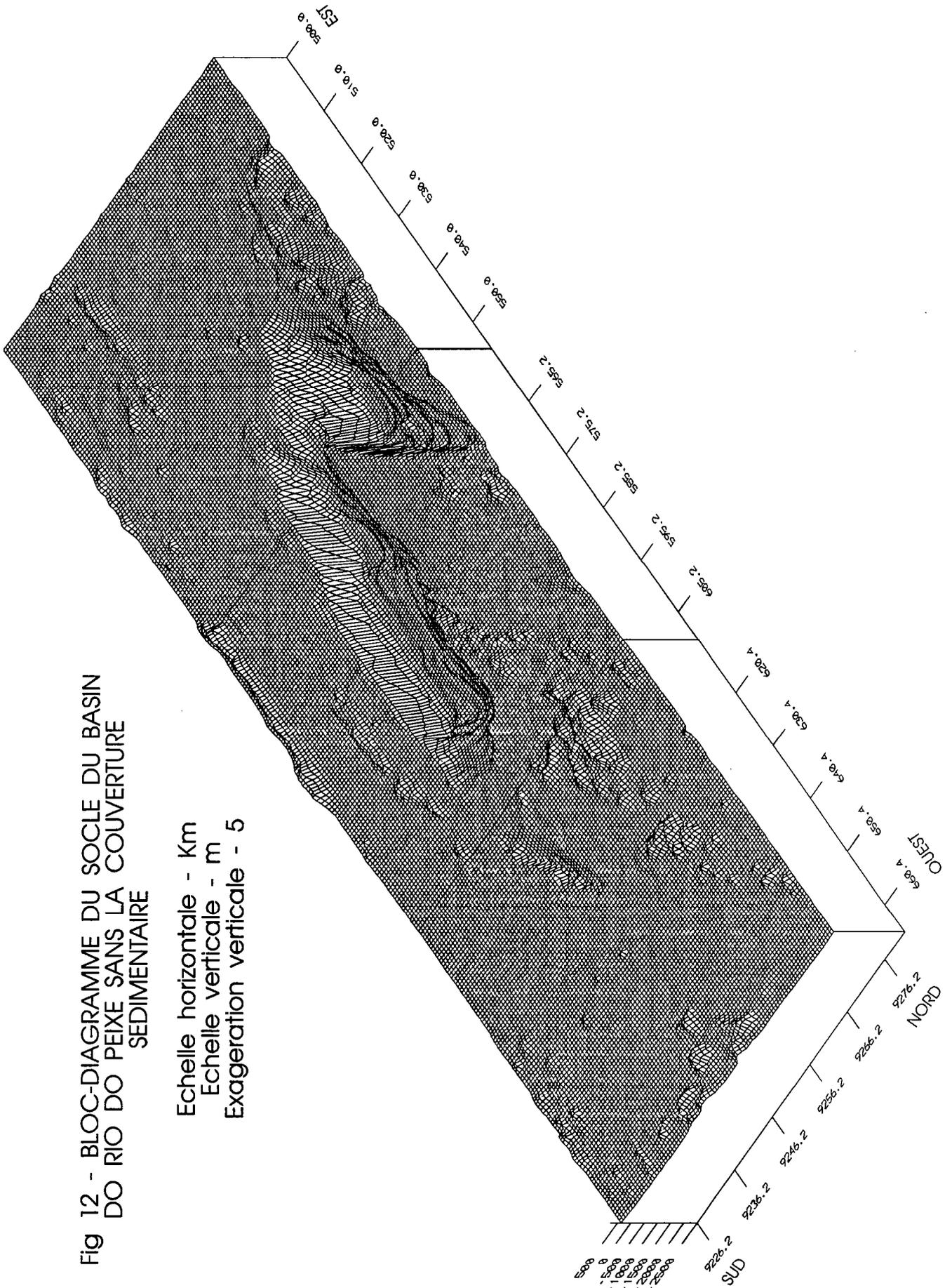


Fig 12 - BLOC-DIAGRAMME DU SOCLE DU BASIN  
DO RIO DO PEIXE SANS LA COUVERTURE  
SEDIMENTAIRE

Echelle horizontale - Km  
Echelle verticale - m  
Exageration verticale - 5



échelons se présente sur la carte gravimétrique, comme continue et de direction WNW/ESE (Fig 13).

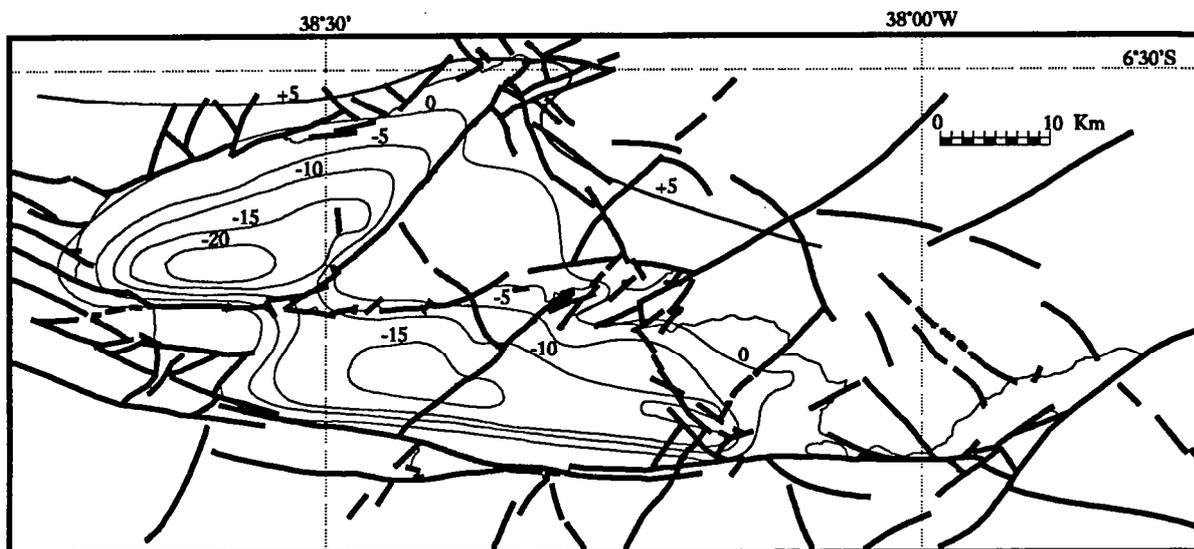


Fig 13 :carte structurale simplifiée du Bassin du Rio Peixe superposée avec les courbes des anomalies Bouguer de la carte de Rand (1984).

La figure 14 présente la carte géologique du bassin et la position des coupes géologiques qui seront présentées par les figures 15 à 17.

Les relations spatiales entre les formations stratigraphiques, la profondeur du bassin et la géométrie des failles peuvent être vus sur les sections géologiques présentées sur les fig 14, 15 et 16. Sur ces figures sont aussi observables les terminaisons des couches inférieures de la Formation Antenor Navarro en "on lap" sur le socle (principalement dans le Sub-Bassin du Brejo das Freiras) et la mince épaisseur relative de la Formation Antenor Navarro dans le Sub-Bassin de Sousa. La fig 17H montre le forage stratigraphique LF-1-PB, qui selon notre interprétation a traversé une faille dans la Formation Antenor Navarro et a atteint le socle à un niveau plus élevé que prévu, en traversant à peine 87 mètres de la Formation Antenor Navarro.

Les failles qui contrôlent les dépocentres peuvent être suivis sur de grandes distances:

- la faille de Portalegre peut être suivie jusqu'à la limite du Bassin Potiguar et contrôle le graben de ce bassin (fig 18 et 6). Elle se prolonge jusqu'à la cote nord du continent et peut-être même jusqu'à la limite de la croûte continentale,

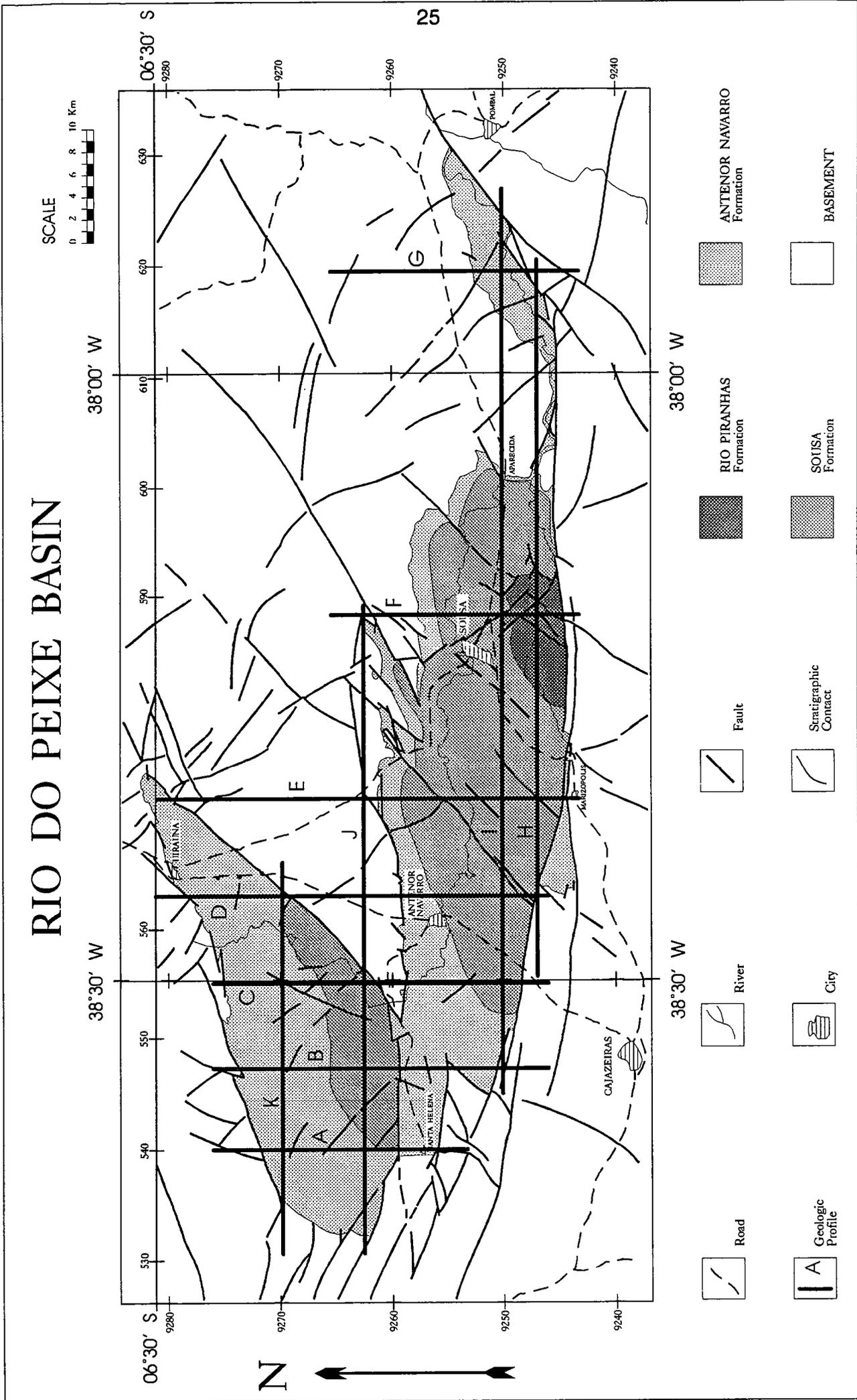


Fig 14 - Carte structurale du Bassin du Rio do Peixe avec localisation des coupes géologique.

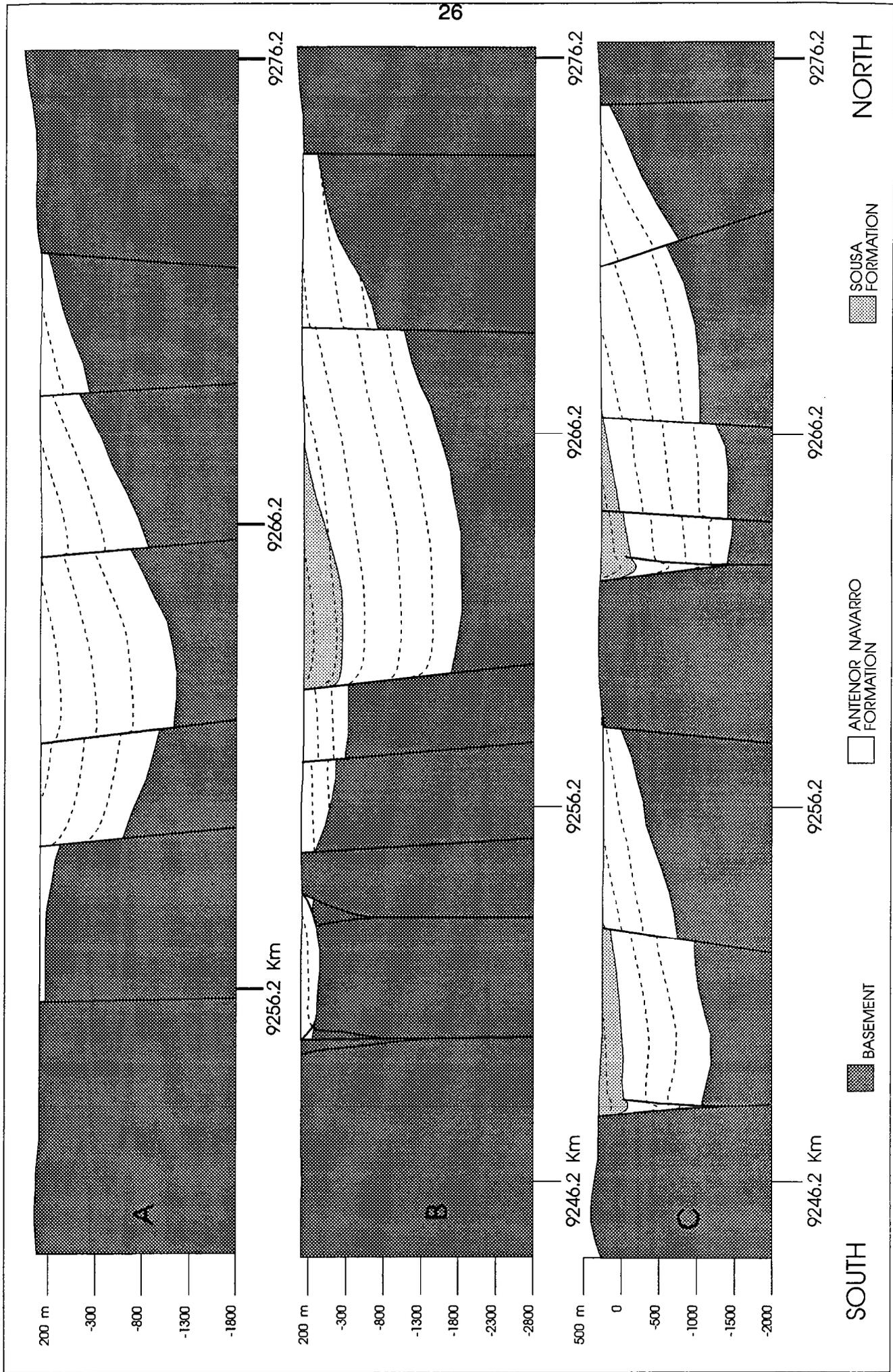


Fig 15- Coupe géologique Nord-Sud du Bassin du Rio do Peixe. Exageration verticale 2 (Cf localisation fig 14).

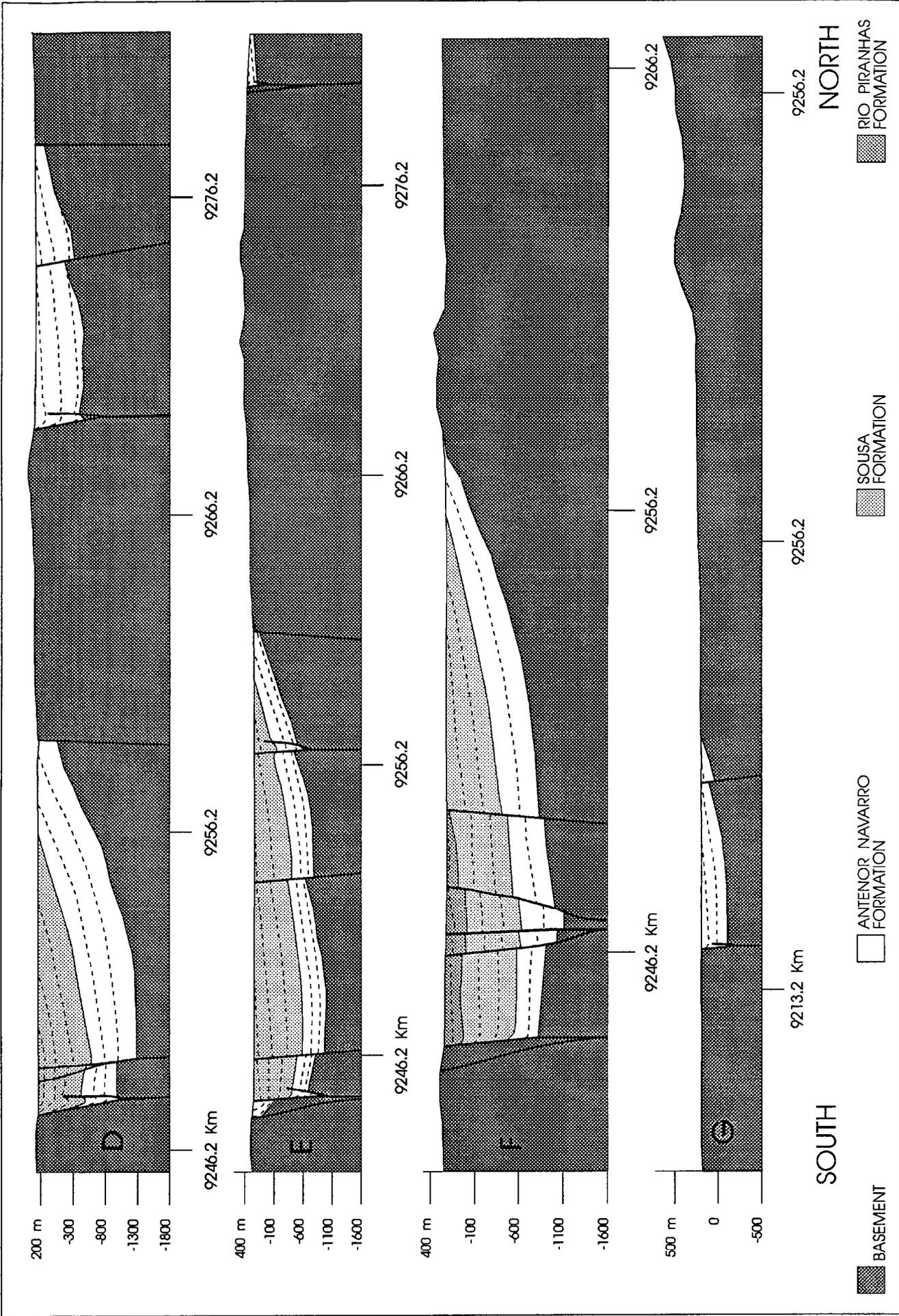


Fig 16- Coupe géologique Nord-Sud du Bassin du Rio do Peixe. Exageration verticale 2 (Cf localisation fig 14).

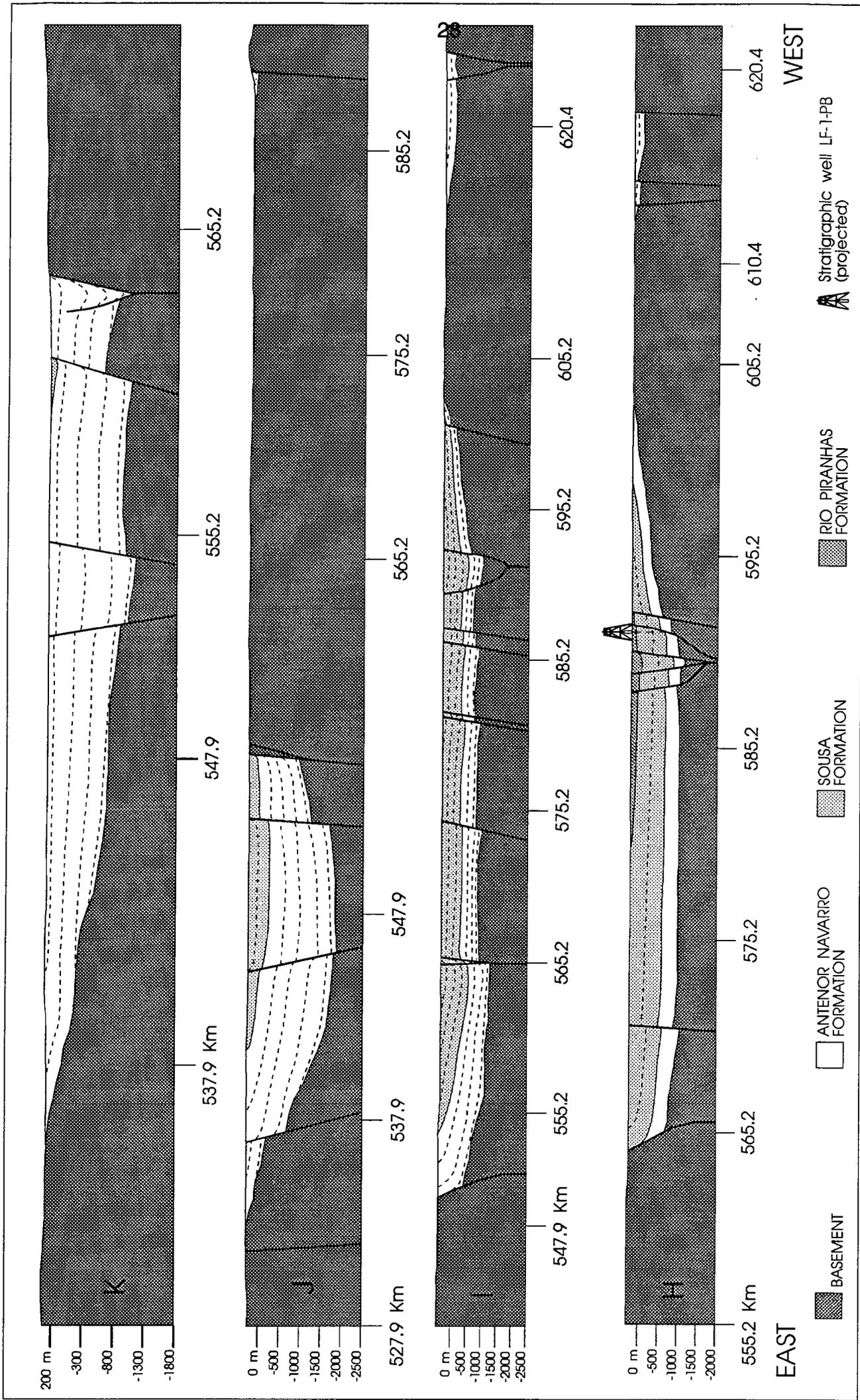


Fig 17- Coupe géologique Est-Ouest du Bassin du Rio do Peixe. Exageration verticale 2 (Cf localisation fig 14).

- la faille de Malta représente la limite Nord du Linéament de Patos et peut avoir eu une participation aussi à la formation des bassins de Lavras da Mangabeira, Ico et Iguatu (Fig 18) et

- la faille du Rio Piranhas contrôle la rivière homonyme par une extension d'à-peu-près 100 Km (Fig 18).

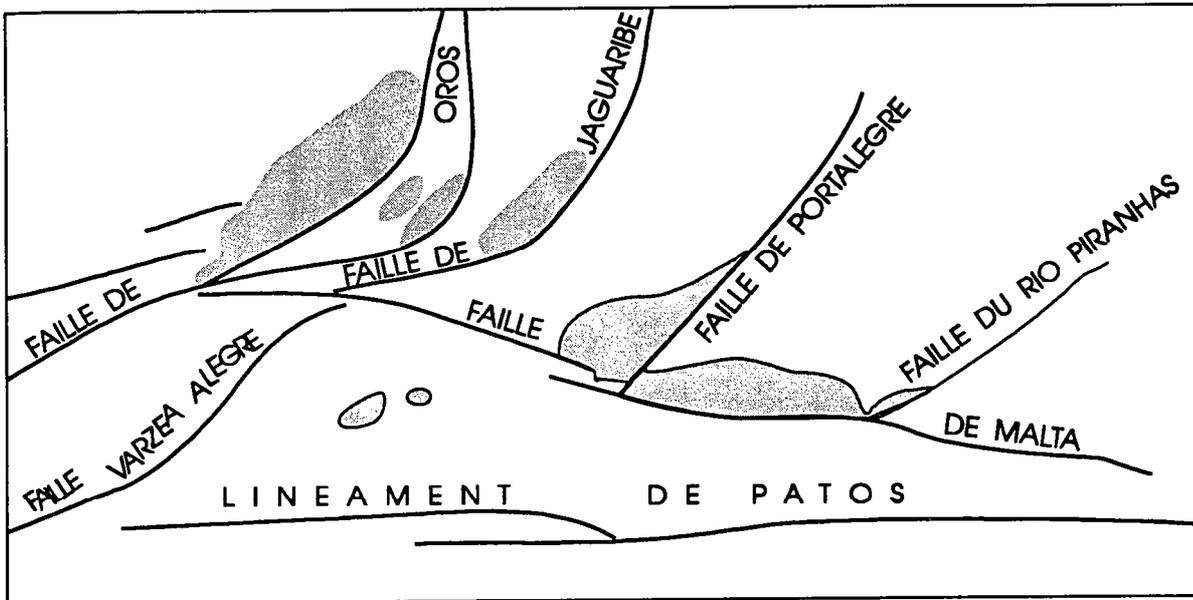
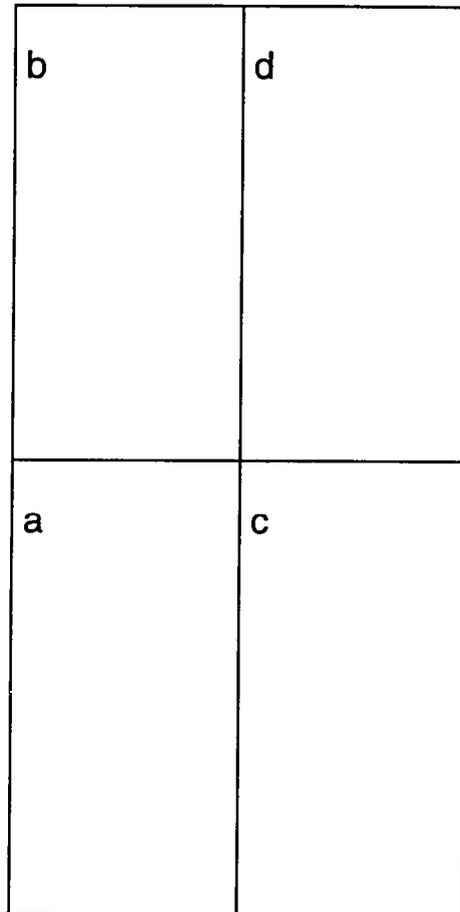


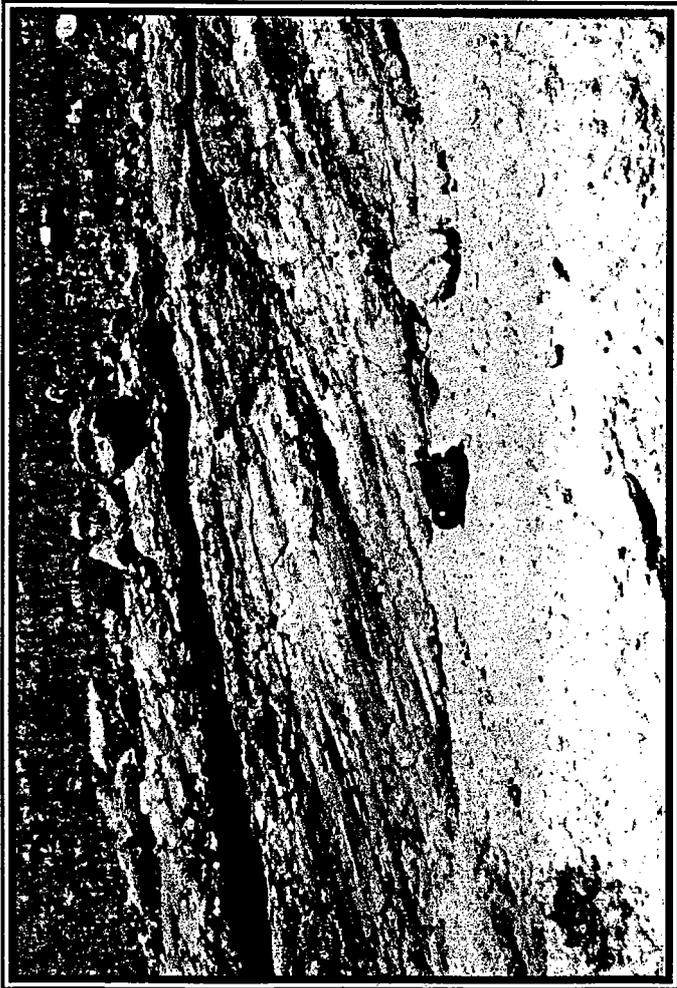
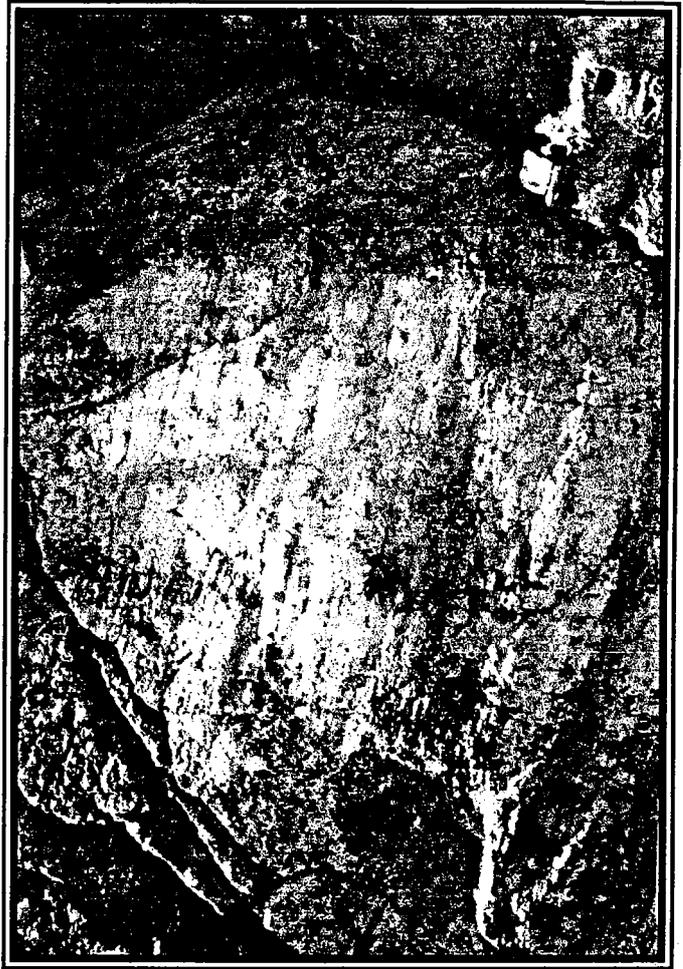
Fig 18: Relation spatiale entre les principales failles régionales et les petits bassins du Nord-Est Brésilien.

Les données prises pendant les travaux de terrain et l'interprétation des images ont permis de déduire que les principales failles NE/SW et la faille de Malta sont des failles décrochantes et d'interpréter les structures qui leur sont associées comme des structures en fleurs négatives.

Les failles sont les structures géologiques les plus abondantes du bassin. Elles sont trouvées de l'échelle centimétrique jusqu'à l'échelle kilométrique et sont souvent striées. La majorité des plans présentent des stries indicatives de mouvements mixtes (une composante horizontale et une composante verticale). Il y a aussi des failles sur lesquelles la composante horizontale prédomine largement (Fig 19), des failles inverses et des failles avec des stries essentiellement normales (voir chapitre "Données de terrain"). Les failles les plus susceptibles à l'observation directe sont les meso-failles (échelle métrique à décimétrique) et les micro-failles (échelle centimétrique à métrique). Les méga-failles (échelle kilométrique) sont fréquemment localisées dans des vallées et sont inaccessibles à l'observation directe (couvertes par des sédiments récents), mais facilement observables par les méthodes indirectes (photographies aériennes et images de satellite). Les stries trouvées sur les plans des



*Fig 19 (page suivante): Failles avec des stries qui appartiennent à l'affleurement 87 localisé à 37°57.1'W 06°49.2'S. (A) - faille décrochante senestre 80=>010 avec des stries 28=>095 (brèche); (B) - faille décrochante senestre 60=>10 avec des stries 16=>90 (brèche tectonique); (C) - faille décrochante senestre 82=>179 avec des stries 28=>088 (grès); (D) - vue générale du plan de faille antérieur .*



failles sont communément du type stries de friction (groove lineations). Il y a aussi celles qui présentent une croissance de fibres de calcite frustre (fiber lineations).

Outres les failles il y a aussi des petits plis d'axes sub-horizontaux et de flancs faiblement inclinés, des grands synclinaux asymétriques liés à des failles principales et des couches ramenées à la verticale par la tectonique. Ces structures seront détaillées dans le chapitre "Données de Terrain".

Les meso-failles striées sont les éléments les plus favorables à une analyse structurale par leur abondance, leur distribution homogène et leur accessibilité.

Pendant les travaux de terrain 175 affleurements ont été étudiés et des mesures réalisées sur environ 300 failles localisées dans la région sédimentaire. Parmi ces mesures ont été sélectionnées 160 pour être traitées par des méthodes de géologie structurale. Au cours de la sélection ont été exclues:

- failles sans stries,
- mesures prises sur des failles de rejet trop faible ou trop grand,
- failles qui ont présenté des stries avec un sens de mouvement douteux et
- des mesures qui présentent des positions des stries incohérentes avec celles du plan de la faille (par erreur de mesure).

Dans un premier temps sera effectuée une analyse "classique" des données, c'est à dire, la détermination des relations spatiales entre les différentes structures, en utilisant des histogrammes et des projections stéréographiques. Pendant longtemps ces graphiques ont été les seules méthodes utilisées pour obtenir des résultats qualitatifs en analyse structurale et donnent de bons résultats quand ils sont utilisés en conjonction avec les reports cartographiques des différentes structures.

Outres les méthodes "classiques" d'analyse structurale il existe dans la littérature des méthodes "nouvelles", qui cherchent à déterminer des paramètres comme la déformation ou le champ de paléo-contraintes de façon plus précise (ou moins intuitive). Ces méthodes sont basées sur des analyses de stylolithes, de fractures, de failles et de stries. En fonction des caractéristiques de la zone étudiée seront utilisées des méthodes basées sur l'analyse des failles striées. Ces méthodes seront présentées dans le chapitre "ANALYSE TECTONIQUE".

Les histogrammes qui seront présentés ci-dessous, et qui se réfèrent aux données spécifiées ci-dessus, suivent le même standard: sur l'axe Y est reportée la fréquence (quantité de failles ou stries) et sur l'axe X l'azimut ou la valeur du pendage. Les histogrammes qui se réfèrent aux azimuts sont accompagnés d'un "diagramme de Rose", qui dans le cas des failles suivent la règle de la main droite, où la direction du pendage est toujours localisée à droite de l'orientation du plan de faille.

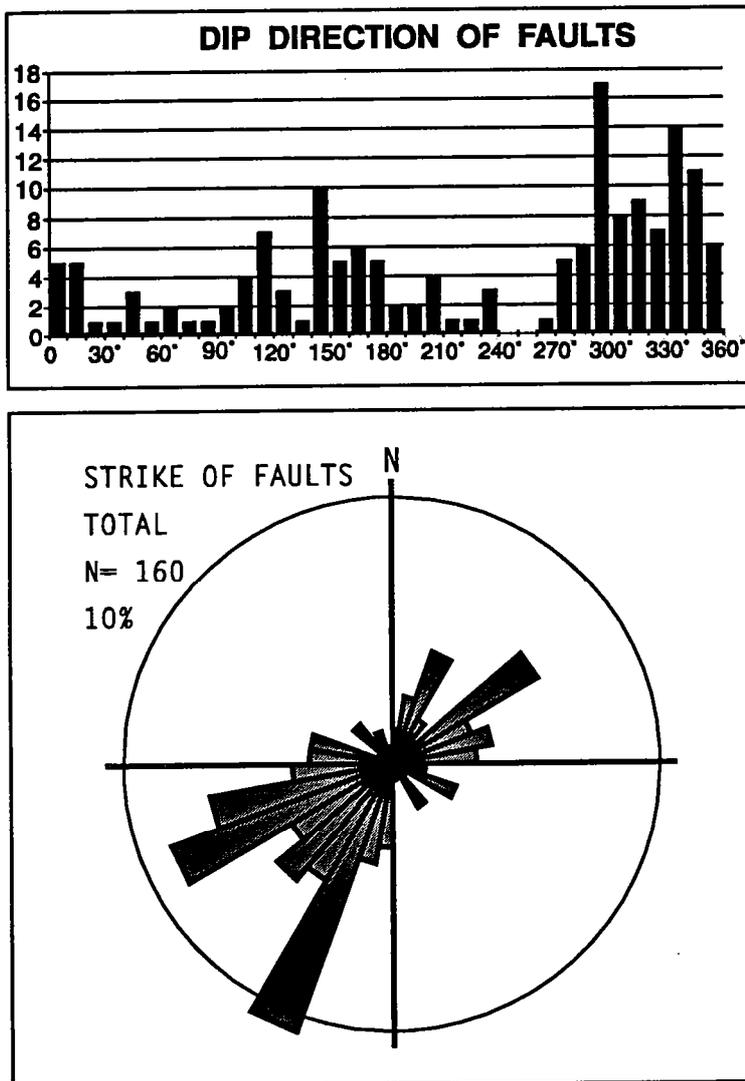


Fig 20- Histogramme qui montrent la distribution des directions de pendage des failles (direction de pendage à 90° de l'orientation du plan). La distribution présente des maximums dans l'intervalle 290 à 300° et 330 à 340°, en représentant des failles de direction 200 à 210° et 240 à 250° (graphique inférieur). Sur le diagramme de "Roses" le cercle représente 10%.

Les failles sont distribuées dans pratiquement toutes les directions, avec une prédominance de celles qui ont un pendage vers le NW. Les failles qui ont un pendage vers le SE sont aussi bien représentées. La population la moins représentée est celle des failles qui ont un pendage vers le WSW (Fig 20).

Ces failles ont des pendages variables, la majorité dans l'intervalle 45 et 60° (Fig 21). Si la même population de failles était divisée en 3 intervalles de 0 à 30° (pendages faibles), 30 à 60° (pendages moyens) et 60 à 90° (pendages forts), le groupe le mieux représenté serait celui des failles qui présentent des pendages moyens, suivi par la classe des pendages forts et une petite minorité de failles à pendages faibles.

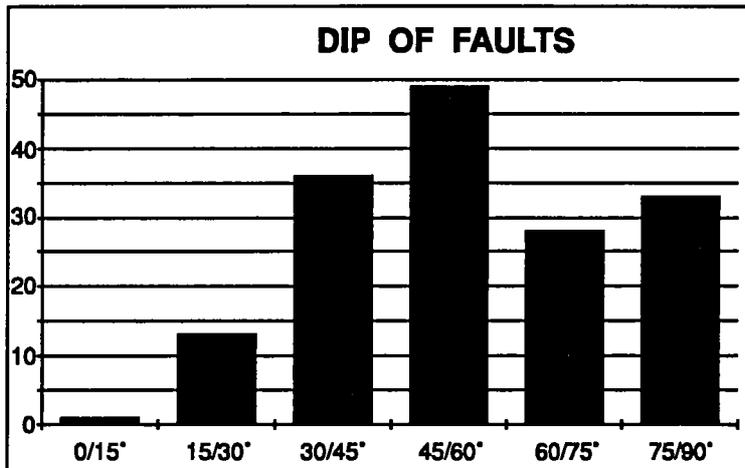


Fig 21-Histogramme de la valeur du pendage des failles. La majorité des failles présente des pendages qui varient entre 45 et 60°. La classe des failles de pendage supérieur à 75° est aussi bien représentée.

Les stries, à l'exemple des failles, sont distribuées dans pratiquement toutes les directions, avec une prédominance de celles de directions 70 à 80°. On peut noter aussi un second groupe important sur l'intervalle 220 à 230°. Autour de la direction Nord est dispersée une grande quantité de stries. Le quadrant SE contient la plus faible concentration.

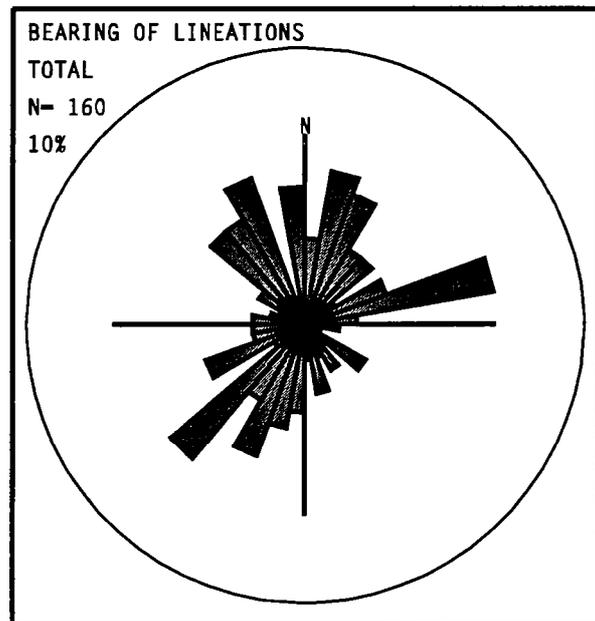
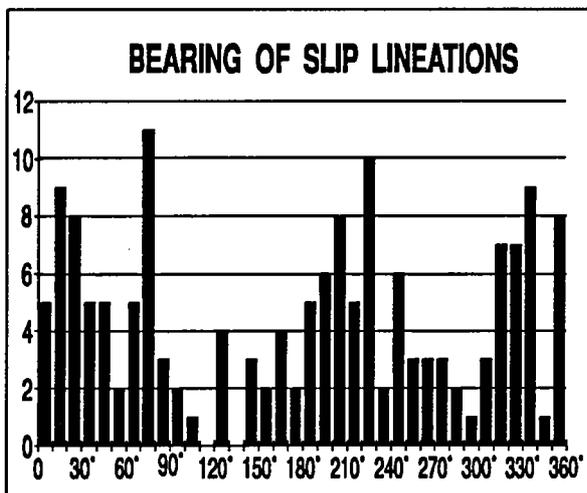


Fig 22-Histogramme des directions des stries. Dans ce graphique sont considérées la direction (bearing) et l'inclinaison (plunge) de chaque strie. De cette manière une strie de direction 30/210 inclinée vers le NE, a été rapporté sur la direction 30 et une autre avec la même direction et une inclinaison vers le SW a été rapporté sur la direction 210. Dans ce diagramme de "Roses" le cercle représente 10%. Le sens des stries (dextre, senestre, normal ou inverse) n'a pas été considéré dans ces diagrammes.

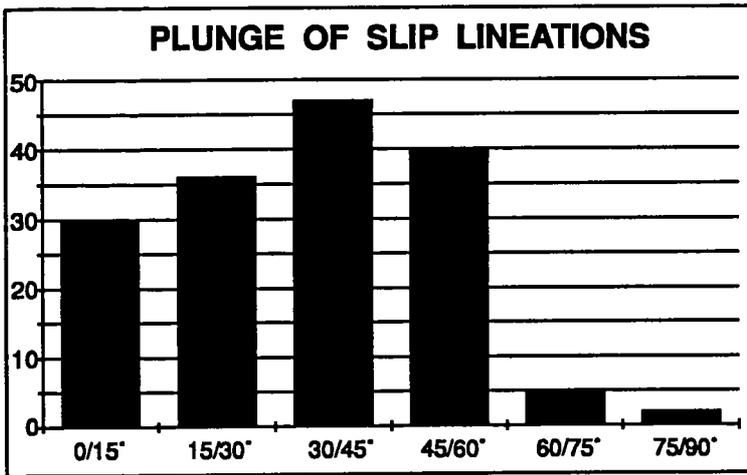


Fig 23 -Histogramme de la valeur du plongement.

La valeur de l'inclinaison des stries (plongement) présente une distribution asymétrique, avec prédominance des valeurs faibles. La classe la mieux représentée est celle des stries dont l'inclinaison varie entre 30 et 45°. Sont rares les inclinaisons de valeurs au-dessus de 60° (Fig 23).

L'histogramme des valeurs de l'inclinaison des stries peut donner une fausse idée sur le degré de décrochement des failles. Bien que les stries de faible inclinaison sont quasiment toujours associées à des failles de rejet latéral (décrochantes), existent aussi les cas où ces stries ont une inclinaison faible car associées à une faille de faible pendage. Le degré de décrochement d'une faille peut

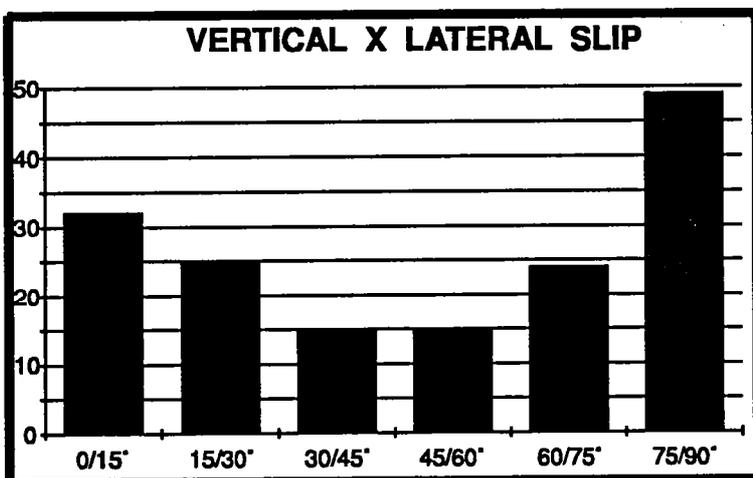


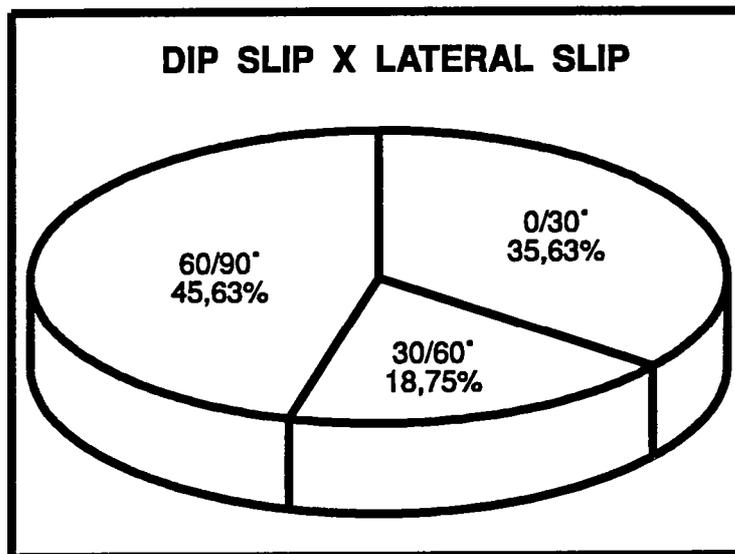
Fig 24 -Histogramme d'indice de décrochement des failles. Sur l'axe Y sont reportés les fréquences (nombre de données) et sur l'axe X les intervalles de les valeurs de l'indice D.

être calculé, entre autres, par la différence angulaire entre la direction du pendage de la faille (dip direction) et la direction de la strie (bearing), dénommées Indice D (Indice de décrochement). Cet indice varie de 0 à 90°, étant égal à 0° quand la strie s'incline vers la même direction de pendage que le plan de la faille (comme c'est le cas pour les failles normales ou inverses) et égal à 90° quand la strie et la faille ont l'inclinaison et le pendage perpendi-

culaires (comme c'est le cas pour les failles décrochantes) La fig 24 présente la variation de l'Indice D pour les données analysées. La classe la mieux représentée

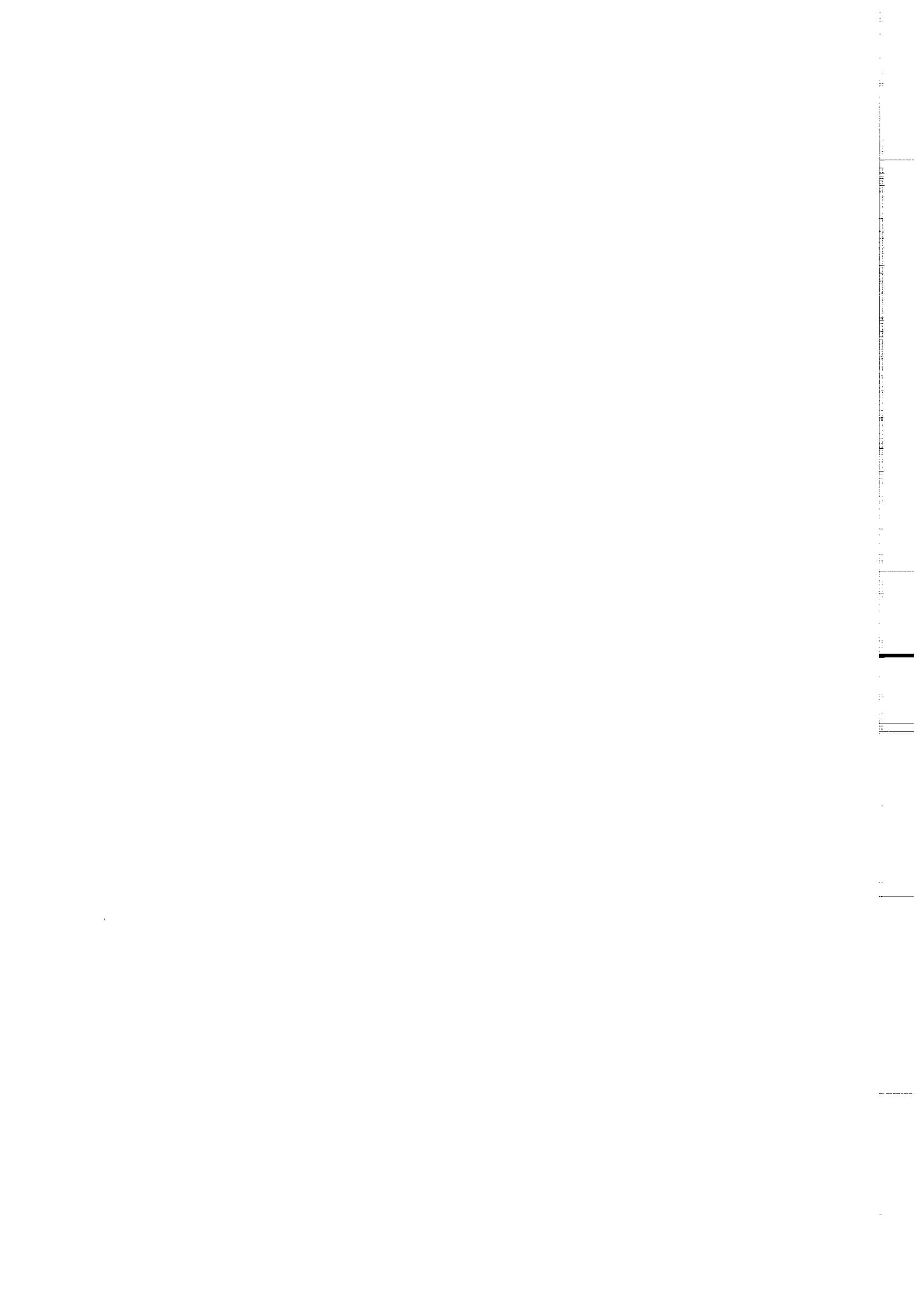
est celle des failles décrochantes (D varie entre 75 et 90°). La seconde classe la mieux représentée est celle des failles normales/inverses (D varie entre 0 et 15°)

Le graphique antérieur peut être présenté en termes de pourcentages, avec la population divisée en 3 intervalles: 0 à 30° (rejet vertical); 30 à 60° (rejet oblique) et 60 à 90° (rejet horizontal). La classe la mieux représentée (45,6%) est celle des failles de rejets horizontaux, suivie (35,6%) par la classe des failles de rejets verticaux et finalement (18,8%) la classe des failles à rejets obliques (Fig 25).



*Fig 25 -Diagramme qui montre les mêmes données que la figure antérieure en termes de pourcentage. Les chiffres représentant les intervalles (en degrés) de la variation de l'indice D et le pourcentage des données appartient à cet intervalle.*

**III CARTOGRAPHIE**



## A. Introduction

La cartographie est l'un des outils de base de la géologie. Elle est en partie réalisée à l'aide d'images aériennes ou satellitaires qui permettent de définir la forme et la disposition relative des grands accidents géologiques, car les objets de grandes dimensions sont plus facilement identifiables à partir de ces images que sur le terrain. Pourtant, le même objet peut être observé de façon différente selon l'observateur: un géologue structuraliste voit un bassin de façon différente qu'un stratigraphe. Pour cette raison, une carte faite pour définir la stratigraphie d'un bassin, par exemple, est difficilement utilisable comme base pour un travail structural.

Il existe plusieurs cartes géologiques de la région du Bassin du Rio do Peixe, réalisées à différentes époques et à de fins différentes. Les cartes régionales (1:2.500.000 à 1:250.000) n'ont pas le degré de détail exigé pour l'analyse structurale et les autres documents, à des échelles plus précises, ont été levés avec des objectifs autres que la géologie structurale. Ces derniers ont pris en considération surtout la région sédimentaire, en donnant peut ou aucune importance aux structures du socle. Pourtant les liens structuraux entre le Bassin du Rio do Peixe et les grandes failles régionales (Fig 18) sont connues depuis longtemps (Braun, 1969; Radambrasil, 1981, entre autres). Il a donc fallu réaliser une cartographie détaillée (échelle 1:100.000) sur une surface étendue (165 X 55 Km) correspondant au bassin et une partie de son socle. Pour cette cartographie on a utilisé:

- des travaux de terrain,
- des photographies aériennes à l'échelle 1:70.000,
- des images Landsat TM en échelle 1:100.000 et
- des images Radar 1:100.000.

Les détails géologiques ont été reportés sur des cartes topographiques d'échelle 1:100.000, projection UTM, éditées en 1982 par la SUDENE (Superintendencia de Desenvolvimento do Nordeste do Brasil).

Le résultat de cette cartographie est présenté sous deux formats:

- une carte géologique complète (annexe 1) qui contient toutes les informations structurales et stratigraphiques, mais sans les informations géographiques et,

- une carte géologique simplifiée (annexe 2) qui contient les informations géographiques. Cette façon de présenter les données a été choisie pour éviter une surcharge d'informations sur un seul document, le rendant illisible.

La cartographie a permis de mettre en évidence plusieurs structures qui ne sont pas présentes sur les cartes anciennes et qui ont participé directement ou indirectement à la formation du bassin. Parmi ces structures se trouvent les failles de direction NE/SW qui sont présentes sur la région Sud du bassin et les failles de direction NW/SE, qui se prolongent depuis le Sub-Bassin de Pombal et la région Est du Sub-Bassin de Sousa jusqu'à l'extrême Nord-Est du Sub-Bassin de Brejo das Freiras, en coupant transversalement les structures ductiles du socle (fig 14 et annexe 1).

Les photographies aériennes ont été utilisées pour l'interprétation de la zone sédimentaire et ses environs. Les images satellites ont été utilisées pour interpréter la zone du socle et corréliser les structures de la zone sédimentaire et celles du socle entre elles. Les images Radar ont servi surtout à fournir des informations complémentaires à celles des images satellites. Ci-dessous seront présentées les principales caractéristiques et particularités de chacun de ces outils et les principaux résultats obtenus grâce à leur utilisation.

## **B. Photographies aériennes**

On a utilisé 70 photographies aériennes noir et blanc, à d'échelle 1:70.000 qui ont été prises en 1965/1966 par la compagnie Cruzeiro do Sul S.A.

Ces images ont plus de 25 ans et sont les mêmes utilisées par la Sudene pour effectuer les bases cartographiques utilisées ici. Pendant ces dernières 25 années plusieurs références géographiques (routes, barrages etc) ont changé. Ce problème a été partiellement résolu par l'utilisation des images Landsat TM, plus récentes mais de plus faible résolution. De cette manière il peut y avoir des différences entre les informations géographiques de la carte géologique (annexe 2) et de la base topographique de référence (carte Sudene). Les informations contenues sur l'annexe 2 sont plus actuelles.

Sur les photographies aériennes la distribution des différentes formations et la limite socle/sédiments dans la majeure partie du bassin sont facilement identifiables. L'existence de couches ayant différents niveaux de gris permet la visualisation d'un grand nombre de structures. Le contraste des couches de la Formation Sousa est

du à l'intercalation des argilites avec des niveaux plus carbonatés (Braun, 1969). La figure 26 montre la position de fragments des photographies aériennes choisies pour présenter des aspects intéressants du bassin. Les images seront présentées dans les 2 pages suivantes.

- l'image "a" (photographie aérienne PC-C6-05-941) montre le socle dans sa partie inférieure et les sédiments dans sa partie supérieure. Au près de la faille approximativement Est/Ouest qui sépare les sédiments (zone plus claire) du socle (zone plus foncée) les couches sont séparées par des discordances progressives dues au dépôt syntectonique et se présentent comme un synclinal asymétrique.

- les images "b" et "c" (photographies aériennes PC-C6-06-984 et PC-C6-03-725) montrent d'importantes failles de direction SW/NE qui délimitent les dépocentres du Sub-Bassin de Sousa qui sont soulignés par de grands synclinaux asymétriques facilement repérables. Ces synclinaux sont le résultat de la subsidence contemporaine des mouvements latéraux de blocs qui produisent des structures en fleur négatives de direction NE/SW. Sur la partie inférieure de l'image "c" affleurent les grès de la Formation Rio Piranhas (zone plus claire), qui sont en contact avec les argilites de la Formation Sousa (zone plus foncée) à travers une faille de direction NW/SE.

- l'image "d" (photographie aérienne PC-C6-03-646) montre l'aspect des couches appartenant au Sub-Bassin de Pombal où l'intense déformation des couches est évidente.

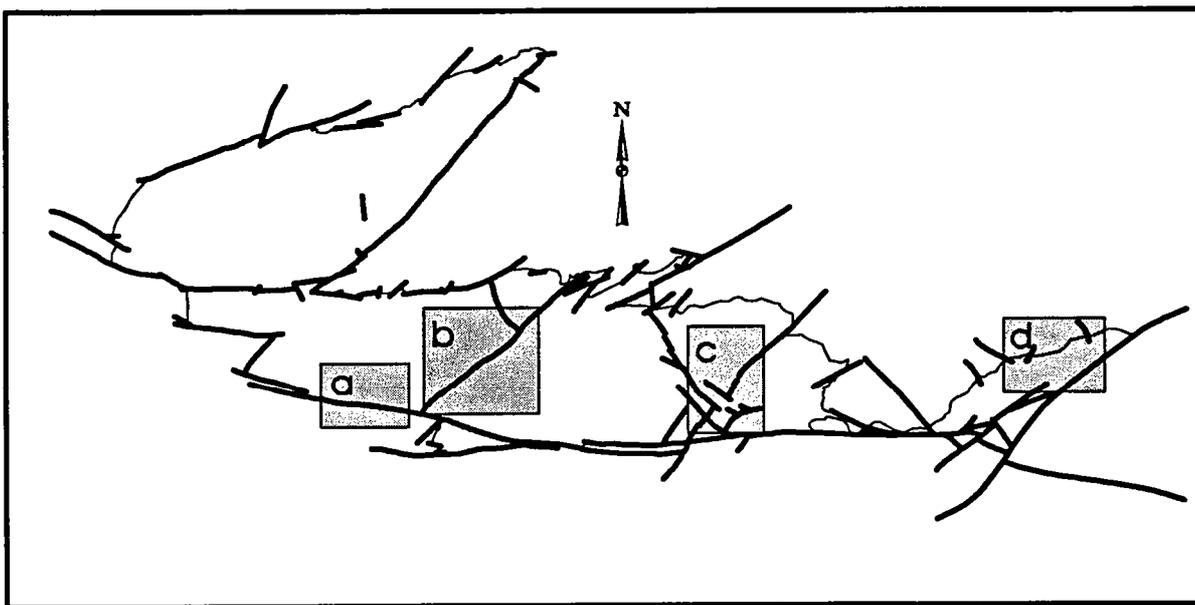
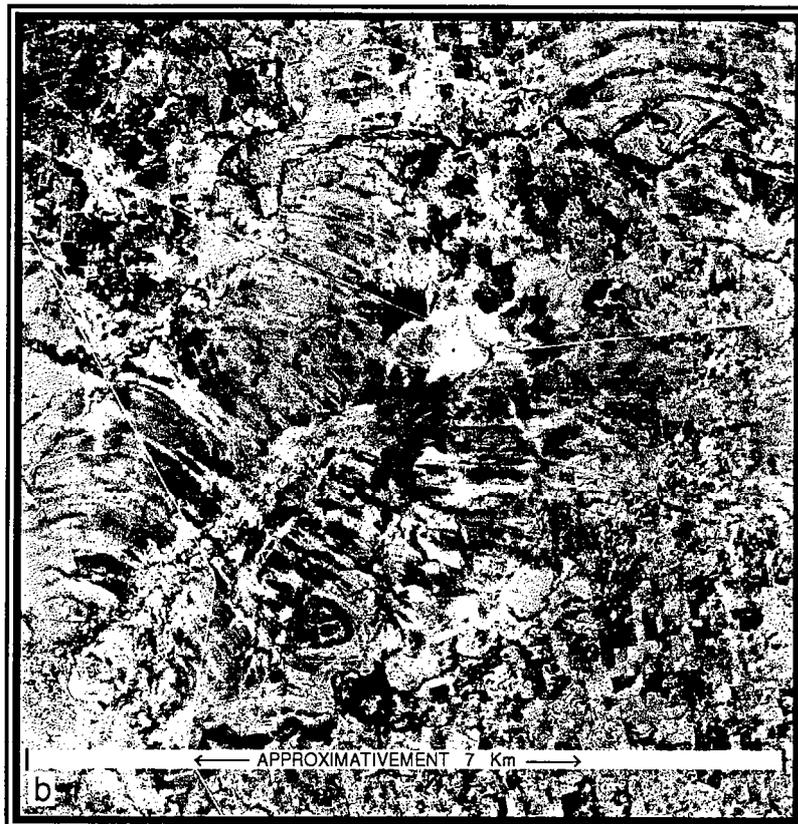


Fig 26 - Localisation des images (a), (b), (c) et (d) présentées sur les 2 pages suivantes. L'échelle est la même pour les 4 images.





### C. Images satellites

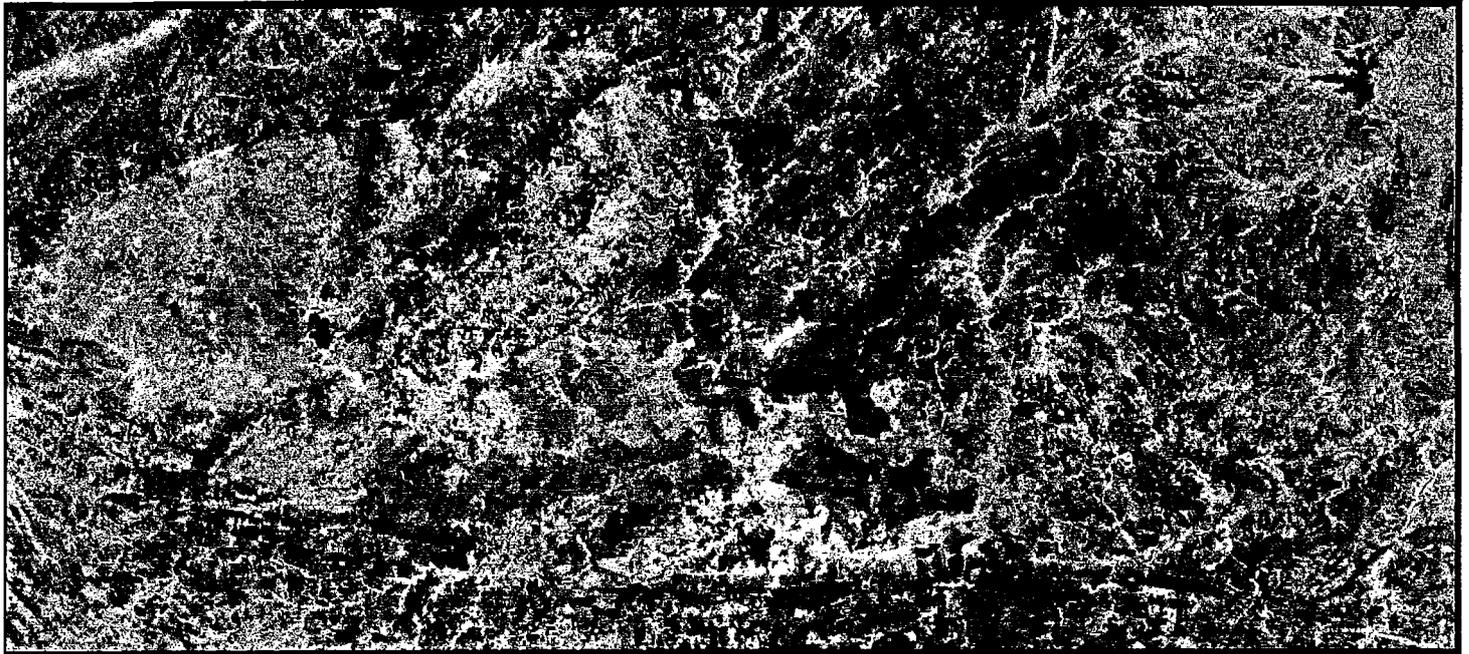
Les images satellitaires sont obtenues par des capteurs placés en orbite terrestre à de grandes altitudes (706 Km pour le Landsat 4) qui permettent la visualisation de grandes portions de la surface du globe (185X185 Km pour Landsat) avec l'éclairage constant (orbite héliosynchrone), des résolutions appréciables et des déformations géométriques inférieures à celles des mosaïques de photographies aériennes. Ces images ont connu une importante évolution pendant la dernière décennie: les images des satellites américains de la série Landsat sont passés d'une résolution de 80X80 m (Landsat 4) à 30X30 m (Landsat 5) et les satellites français Spot ont amélioré encore cette résolution (10X10 m) et ont permis la vision stéréoscopique des images.

Les principaux avantages des images satellites Landsat TM sur les photographies aériennes sont la périodicité de prise de vue du satellite qui permet d'obtenir une image de la même région tous les 16 jours, la visualisation d'une vaste région géographique à chaque image et la facilité de traitement informatique, car ces images sont numériques et multispectrales, permettant l'obtention de la signature radiométrique des objets. En revanche, les photographies aériennes offrent l'avantage de la vision stéréoscopique et d'une résolution nettement supérieure, avec l'inconvénient toutefois que chaque paire stéréoscopique couvre une petite région et ne permet pas l'observation directe de grands accidents.

Les images utilisées pour la cartographie du bassin (Fig 27) ont été produites par le satellite Landsat 5 (capteur TM), traitées par une station de réception localisée sur le territoire brésilien (MCT/INPE) et reproduites en tirages papier à l'échelle 1:100.000 et 1:250.000. Une partie des images utilise la bande spectrale visible (image noir et blanc) et une autre partie utilise le produit de la composition des bandes 2, 3 et 4 (vert, rouge, proche infra-rouge) en fausse couleur. Seuls les tirages papiers ont pu être utilisés ici à défaut des données numériques.

La principale déficience des images Landsat est l'impossibilité de stéréoscopie. Comme les images Spot n'étaient pas disponibles (sont encore onéreuses), le problème de la stéréoscopie a été, au début, partiellement résolu par l'interprétation simultanée des images satellites et des images Radar. Ces dernières ont une résolution plus faible que l'image satellite mais ont la particularité de représenter les variations verticales de la topographie par une méthode d'ombrage artificielle (voir détails ci-dessous dans le chapitre "Images radar"). Dans un deuxième temps on a utilisé une technique développée par Souriot (1992) et qui

permet l'introduction de "stéréoscopie artificielle" sur les images qui au départ ne sont pas stéréoscopiques. Cette méthode sera détaillée ci-dessous.



*Fig 27 - Image Landsat numérisé correspondant au bassin. L'image couvre approximativement une région de 46 X 103 Km.*

## 1. Stéréoscopie

Observées sur une image satellite non stéréoscopique une faille et une cuesta peuvent être toutes les deux considérées comme des "linéaments". Pour décider à quel accident correspond un linéament l'interprète d'images satellitaires a souvent besoin d'informations supplémentaires. Cette déficience est due surtout au manque d'informations sur la troisième dimension qui est obtenue par la stéréoscopie. En fait, la réalisation de cartographie géologique sur des images tridimensionnelles est beaucoup plus facile que sur la projection horizontale de ces images sur un plan (image satellite).

La procédure utilisée ici pour transformer les images Landsat en images stéréoscopiques consiste à leurs ajouter les informations topographiques à partir d'un modèle numérique de terrain (MNT) existant ou à réaliser préalablement.

Le travail a été développé en plusieurs étapes:

1) confection d'un MNT, par digitalisation de cartes topographiques et le calcul d'une grille régulière où chaque unité de surface du terrain est représentée par un nombre correspondant à son altitude moyenne. Cette étape a été réalisée à l'aide des cartes topographiques 1:100.000, d'une table de digitalisation et d'un programme d'interpolation de valeurs qui fonctionne sur micro-ordinateurs (PC-AT).

2) Digitalisation des tirages papier des images satellites à l'aide d'une micro camera numérique en niveaux de gris interfacée sur un PC. Cette procédure a permis l'obtention d'images numériques correspondant au tirage papier.

3) Traitement des images obtenues par la procédure précédente sur une station APOLLO: rectification des déformations introduites par la camera pendant la digitalisation (pixel camera rectangulaire transformé en pixel écran Apollo carré) et amélioration de la dynamique de l'image (Fig 27).

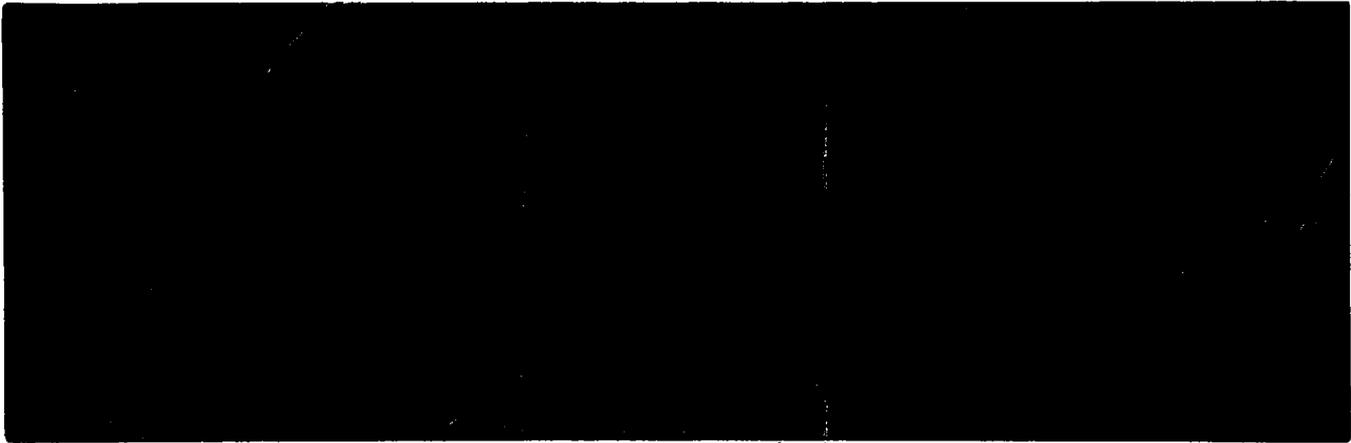
4) Introduction d'un "effet de visée latérale" sur l'image satellite par déformation de l'image utilisant une perspective cavalière dont le point d'observation est localisé à quelques degrés de l'axe vertical passant par le centre de l'image. L'effet de perspective est donné par les déplacements de chaque pixel selon son altitude obtenue à partir de l'image MNT. Pour la même image cette procédure est réalisée deux fois: une pour la visée vers la droite et autre pour la visée vers la gauche.

5 ) Superposition des deux images obtenues à la fin de l'étape précédente (image gauche et image droite) et affichage du résultat avec une palette de couleur anaglyphes, c'est à dire une palette de couleur basée sur des couleurs complémentaires. Pour obtenir la visualisation stéréoscopique les images sont observées à travers de lunettes bicolores vert et rouge. Ces images peuvent être affichées sur un écran d'ordinateur, projetées pendant une conférence (diapositives) ou utilisées en publications (tirage papier).

Le modèle numérique de terrain obtenu contient 780.300 points de contrôle, chaque point correspond à approximativement 100X100 m sur le terrain. Comme cette quantité de points est excessivement grande pour être traitée en seule fois par des micro-ordinateurs PC, l'interpolation a été faite séparément sur trois régions voisines et les résultats ont été ultérieurement rassemblés (Fig 28).

Le résultat final est une image qui contient les informations de l'image Landsat originale et permet la vision stéréoscopique (Fig 29). La qualité du résultat final dépend de plusieurs facteurs dont la qualité de l'image satellitaire initiale, qualité de l'image MNT, la qualité d'affichage de l'écran de l'ordinateur et le degré de

compatibilité entre la carte topographique de base du MNT et l'image satellitaire (projection, échelle, corrections géométriques).

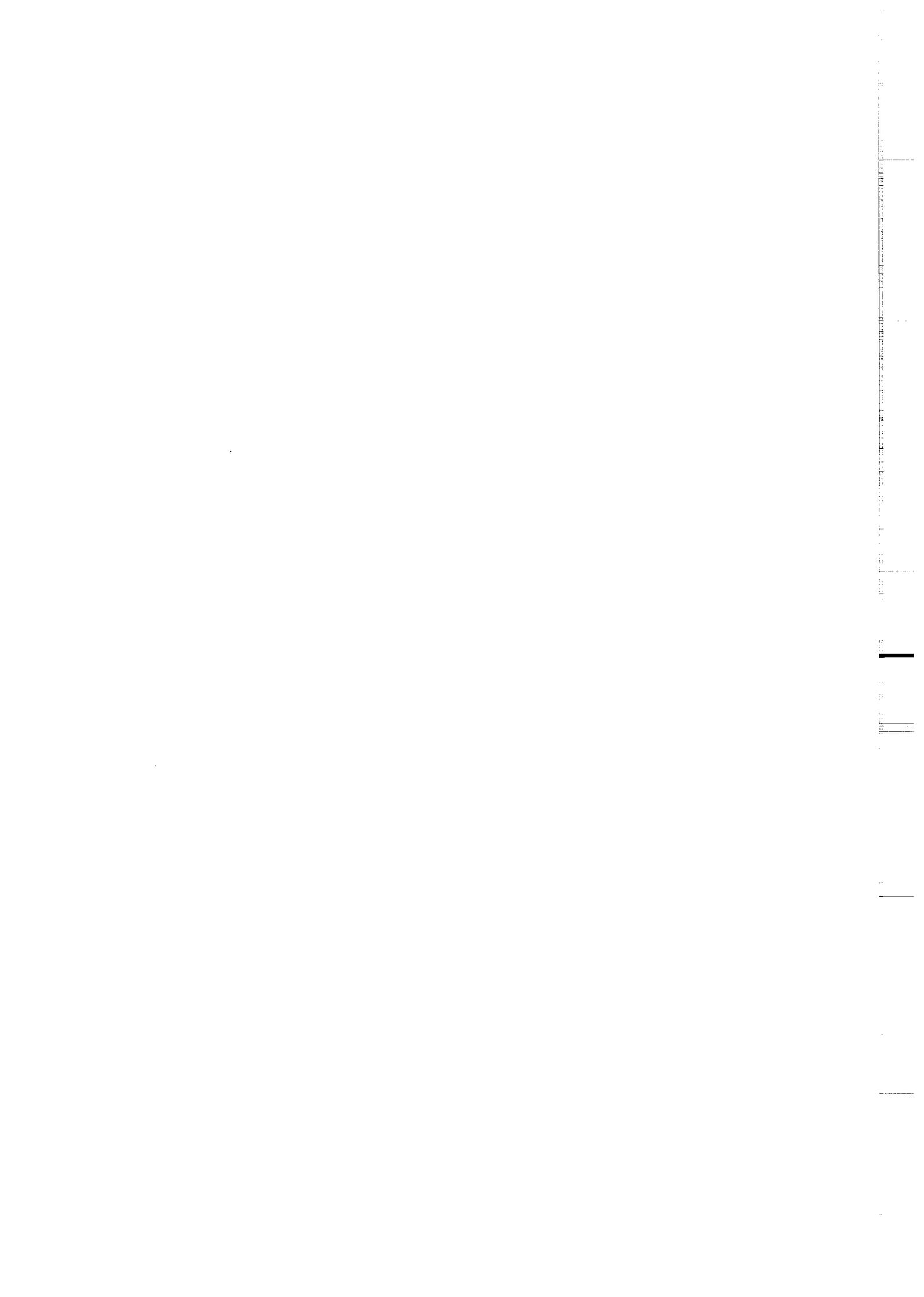


*Fig 28 - Photographie d'écran d'ordinateur de l'image MNT de la région du bassin (55 X 165 Km) présentée avec un ombrage artificiel et une palette de couleur optimisée (altitudes croissantes du bleu vers le rouge).*



*Fig 29 - Photographie d'écran d'ordinateur d'image Landsat (55 X 110 Km) avec stéréoscopie obtenue selon la méthode décrite dans le texte (Utiliser des lunettes bicolores pour l'observation).*





La même procédure qui a permis l'obtention de la stéréoscopie avec une image satellite peut être appliquée sur des photographies aériennes ordinaires pour obtenir des images stéréoscopiques observables avec l'aide des lunettes bicolors moins encombrantes que les stéréoscopes:

- Sur la figure 31 sont observables le socle (partie inférieure gauche, niveau topographique plus élevé) séparé des sédiments par une faille de direction NE/SW (Faille de Portalegre). Les sédiments de la Formation Sousa sont situés sur la partie supérieure gauche de l'image et se présentent sur la forme de couches bien définies qui forment un synclinal à la proximité de la faille principale. La Formation Antenor Navarro couvre la partie droite de l'image et est son contact avec la Formation Sousa est donné par une petite faille de direction NW/SE.
- Sur la figure 32 les couches de la Formation Antenor Navarro sont en niveau topographique plus élevé que le socle voisin et se trouvent inclinées vers la direction Est comme résultat de l'inversion tectonique (subsidence suivie de chevauchement) qui a eu lieu dans la partie Ouest du Sub-Bassin de Sousa (ce sujet sera détaillé dans le chapitre "Analyse Tectonique - Interprétation").

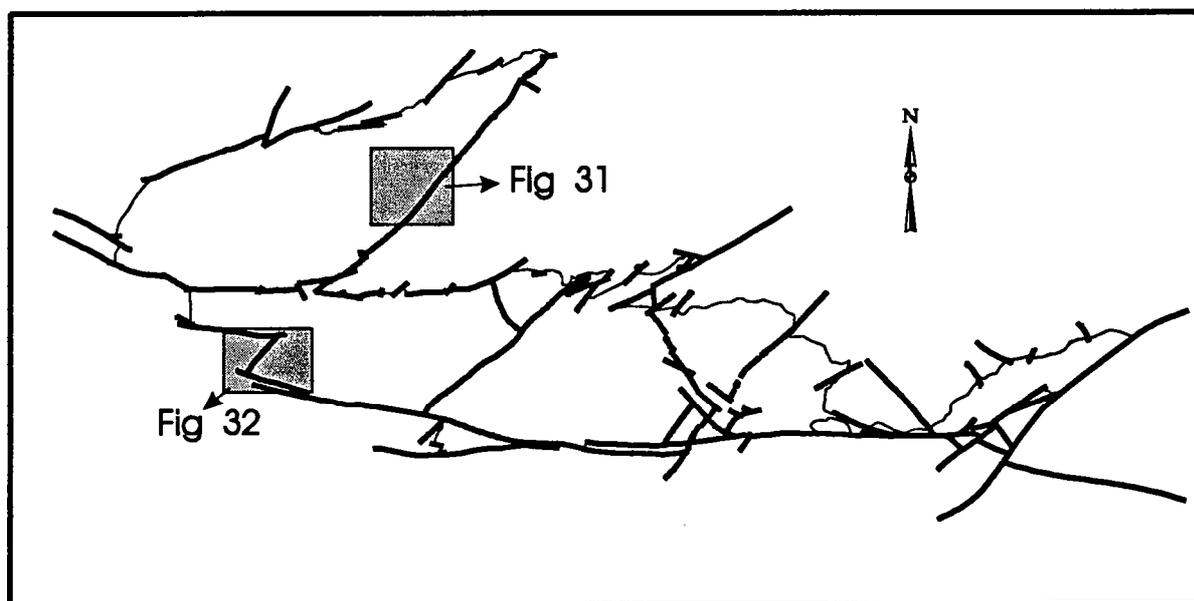
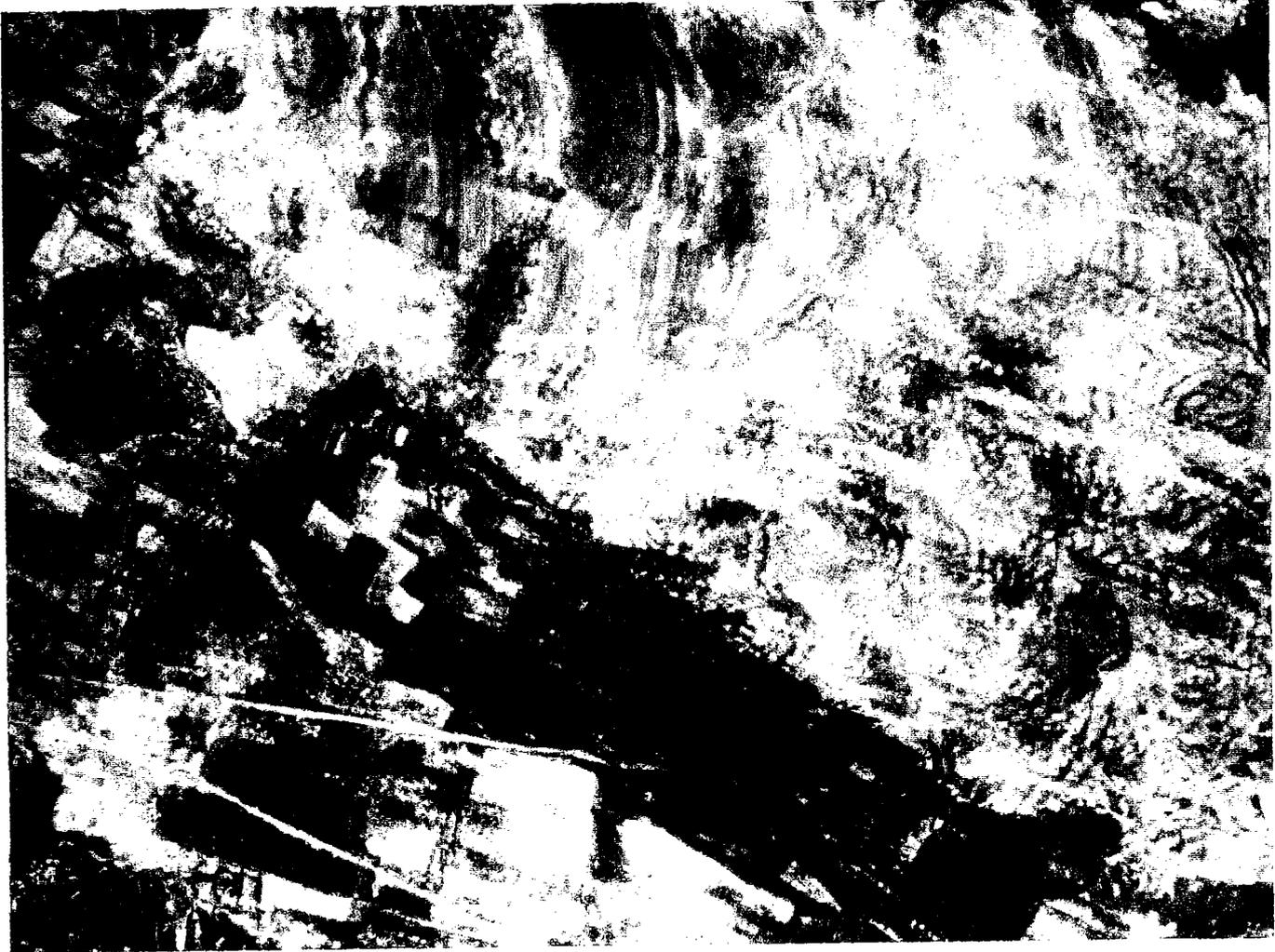


Fig 30 - Localisation des images montrées dans les figures 31 et 32.



==> N

*Fig 31 - Photographie d'écran d'ordinateur d'une partie de photographie aérienne (4.5 X 5.7 Km) avec stéréoscopie obtenue selon la méthode décrite dans le texte, avec une palette de couleur anaglyphe (Nord localisé à droite). Voir figure 30 pour la localisation et utiliser des lunettes bicolors pour l'observation.*





==> N

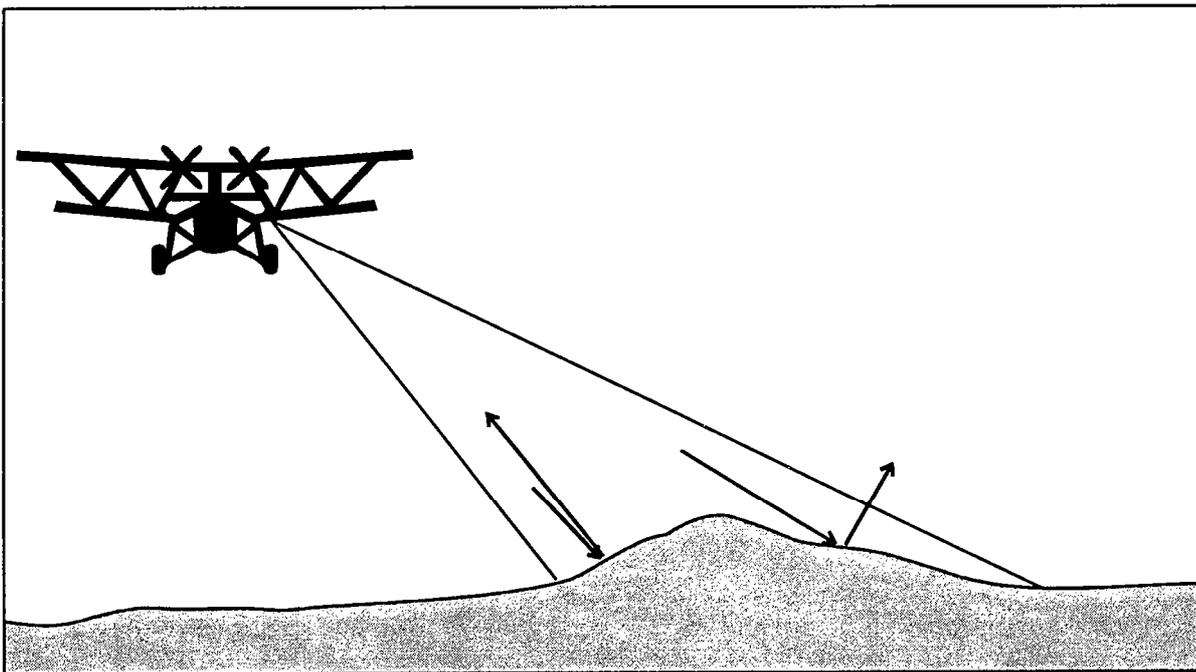
*Fig 32 - Photographie d'écran d'ordinateur d'une partie de photographie aérienne (4.5 X 5.7 Km) avec stéréoscopie obtenue selon la méthode décrite dans le texte, avec une palette de couleur anaglyphe (Nord localisé à droite). Voir figure 30 pour la localisation et utiliser les lunettes bicolores pour l'observation.*



## D. Images radar

Pendant une brève période nous avons utilisé des images Radar pour compléter la réalisation du travail de cartographie. Ces images ont été enregistrées pendant les travaux du "Projeto RADAMBRASIL" (Programme de cartographie géologique régionale exécuté par le gouvernement Brésilien).

Les images Radar sont obtenues par un avion équipé d'un appareil émetteur/récepteur d'ondes radar. Cet appareil émet les ondes radar en direction du sol et enregistre celles qu'y sont réfléchies. Les ondes sont réfléchies différemment selon leur angle d'incidence sur la topographie (Fig 33). L'image ainsi obtenue est composée par des zones "éclaircies" et de zones "sombres", selon la disposition des surfaces par rapport à l'incidence des ondes radar. Cette procédure donne de bons résultats sur des régions avec une épaisse couverture végétale, car les ondes radar sont capables de traverser cette couverture et de se réfléchir au niveau du sol. Une "radiographie" de la topographie cachée est ainsi obtenue.



*Fig 33- Procédure d'obtention des images Radar. Les surfaces qui réfléchissent les signaux radar vers le capteur à bord de l'avion sont "clairs" et les surfaces qui réfléchissent les signaux vers d'autres directions sont plus "sombres".*

Ces images ont été utilisées comme complément des images satellitaires, car ces dernières ne fournissent pas d'informations directes sur les altitudes topographiques. Les images Radar ont été abandonnées depuis l'obtention de la stéréoscopie artificielle sur les images satellites grâce au MNT digitalisé.

## **E. Données de terrain**

Les travaux de terrain ont été réalisés en deux temps:

- la première étape du 13/11/89 au 14/12/89, durant laquelle ont été étudiés 78 affleurements et échantillonnés 8 sites paléomagnétiques, a permis la correction de la cartographie et le début des travaux de paléomagnétisme.
- la deuxième étape du 27/02/91 au 28/03/91, pendant laquelle ont été étudiés 97 affleurements et échantillonnés deux sites paléomagnétiques.

Pendant les travaux de terrain ont été observés différents aspects géologiques:

- la contemporanéité de l'activité tectonique et de la sédimentation
- la géométrie des failles,
- le style de la fracturation et
- la relation entre les différents corps lithologiques.

La bordure nord du bassin est représentée par un axe de flexuration du socle et marquée par des couches de grès déposés sur une paléo-surface érosive. Sur les photographies aériennes cette bordure se présente parfois limitée par des failles. Sur le terrain on a été constaté que ces failles sont à faible rejet (Fig 34) typiques d'une zone de flexure.

En revanche la bordure sud du bassin est marquée par de longues failles rectilignes, sauf par endroits où cette bordure prend un aspect irrégulier. Dans ces zones irrégulières on a pu constater la présence de couches de conglomérats intercalées avec des grès (Fig 35). Sur les photographies aériennes ces conglomérats, de contours irréguliers, ont une apparence comparable à celle du socle.

La majorité des failles observées dans le bassin n'occasionnent pas de changements importants sur la position des couches de part et d'autre de la faille. Pourtant, il y a des failles semblant présenter de petits rejets mais qui provoquent d'importantes modifications sur la position des couches de part et d'autre du plan de faille (Fig 36).

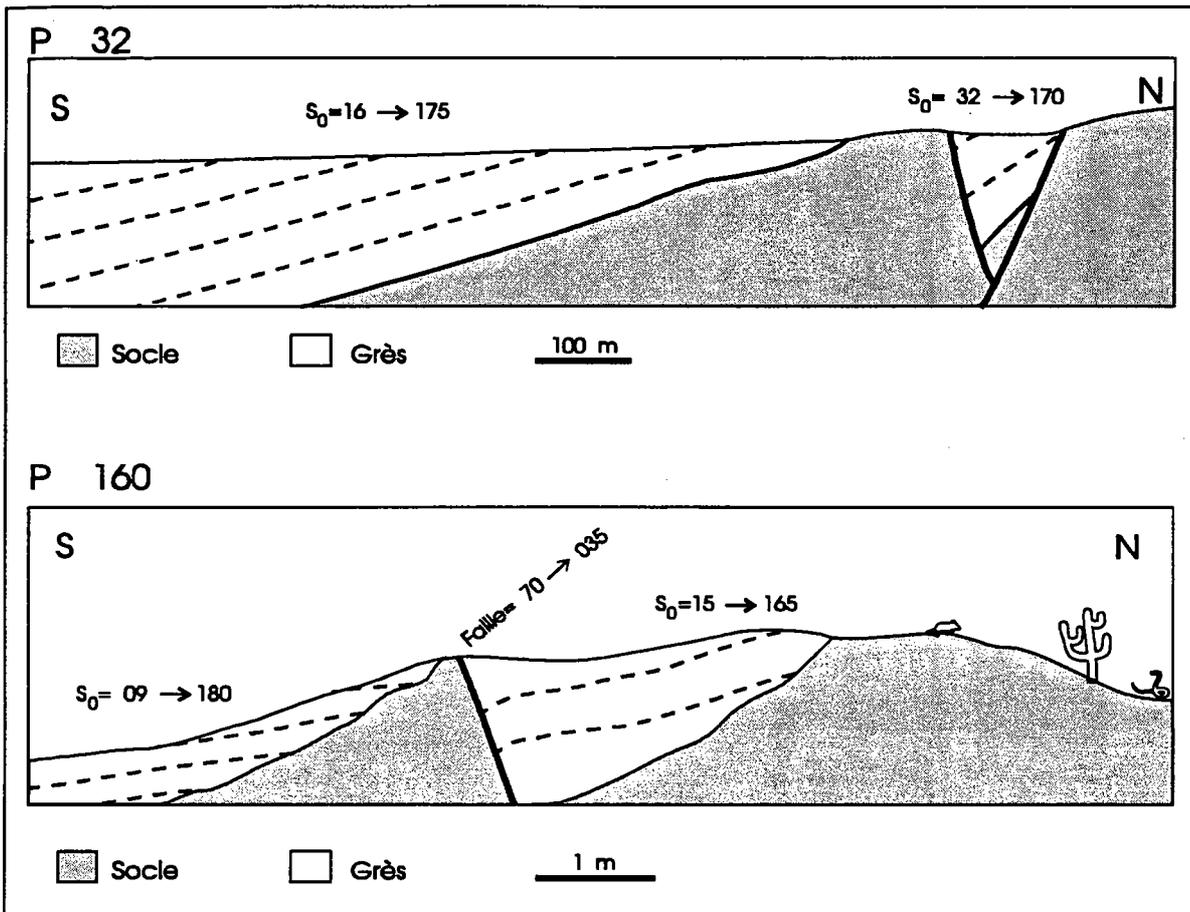


Fig 34 - Style de failles existant sur la bordure nord du bassin. Schéma des affleurements 32 (P32) et 160 (P160). Pour la localisation des affleurements voir l'annexe 2.

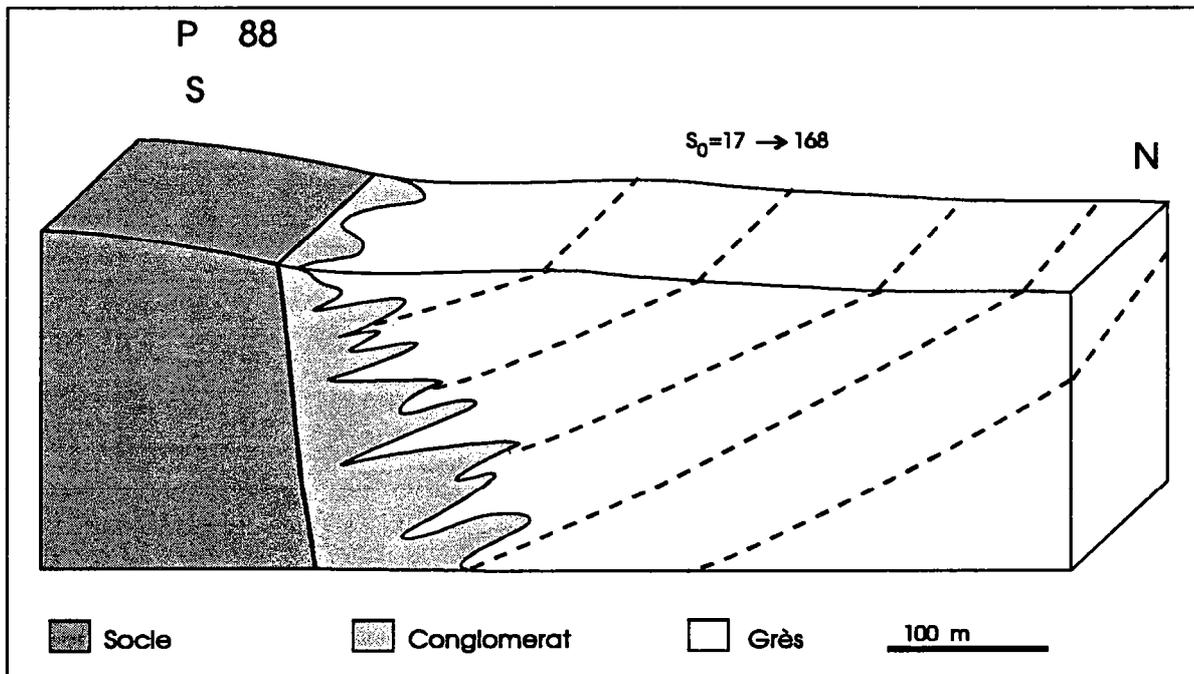


Fig 35 - L'intercalation de conglomérats et de grès occasionne une "oblitération" de la trace des failles en donnant l'impression sur les images que le contact socle/sédiment est irrégulier. Affleurement 88 (localisation sur l'annexe 2)

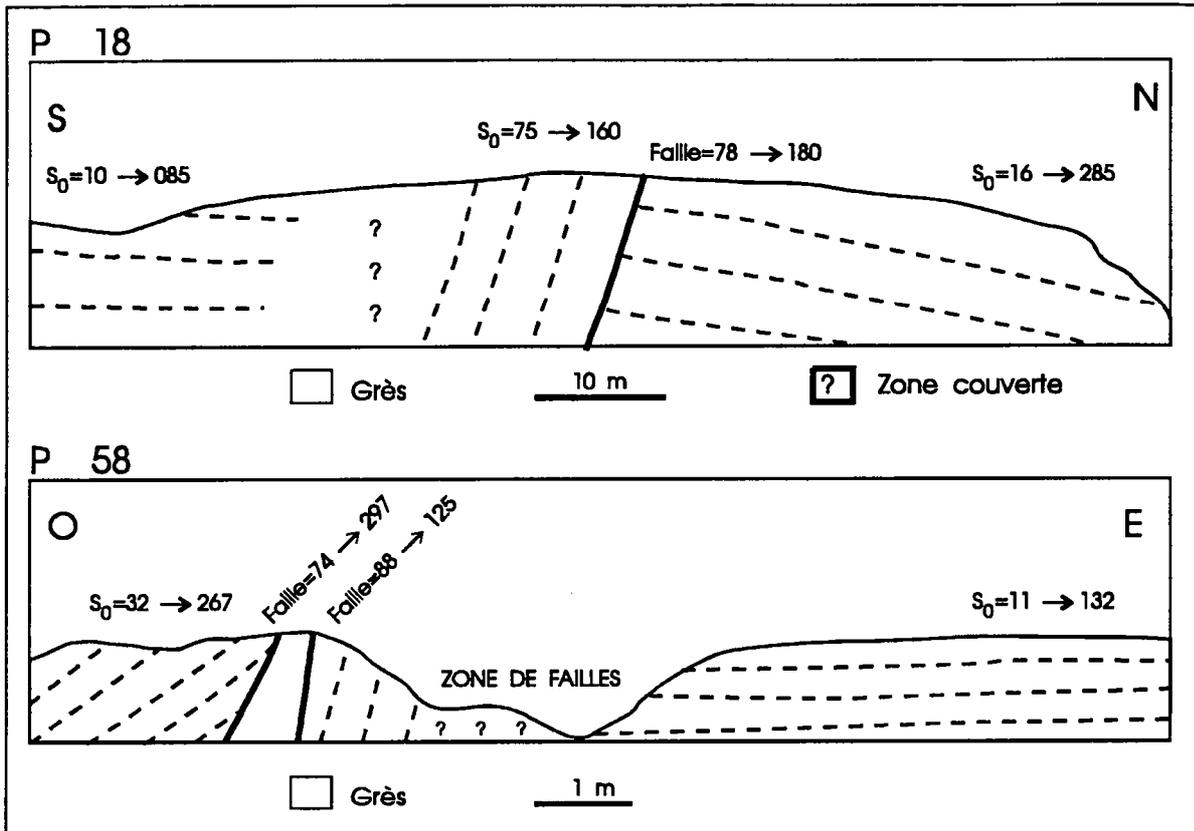


Fig 36 - Failles des affleurements 18 et 58 qui occasionnent d'importants changements sur la position des couches de part et d'autre du plan de faille.

L'aspect du plan de faille varie en fonction du degré de lithification du sédiment au moment de la rupture et de l'état du champ de contraintes qui a occasionné la faille:

- les failles tardives par rapport à la lithification se présentent comme des plans lisses qui coupent les grains qui constituent la roche (Fig 37 a). Les failles précoces présentent des plans plus rugueux où les fragments du sédiment sont déplacés sans être coupés.
- les failles qui se sont formées sous un régime d'extension présentent des plans "ouverts" (sans remplissage) et sont fréquemment disposées en plans parallèles où chaque plan présente un petit rejet (Fig 37 c). Les failles formées en régime décrochant présentent des plans remplis par une matrice constituée par la fragmentation des grains de la roche (Fig 37 d).

Bien que ce soit évident, il convient de souligner que dans un bassin le décalage vertical le long d'une faille est facilement mesurable par l'observation des déplacements subis par les couches. L'inexistence de repères pour estimer les déplacements horizontaux induit l'interprète à considérer les failles à déplacement oblique (une composante horizontale et une composante verticale) comme des

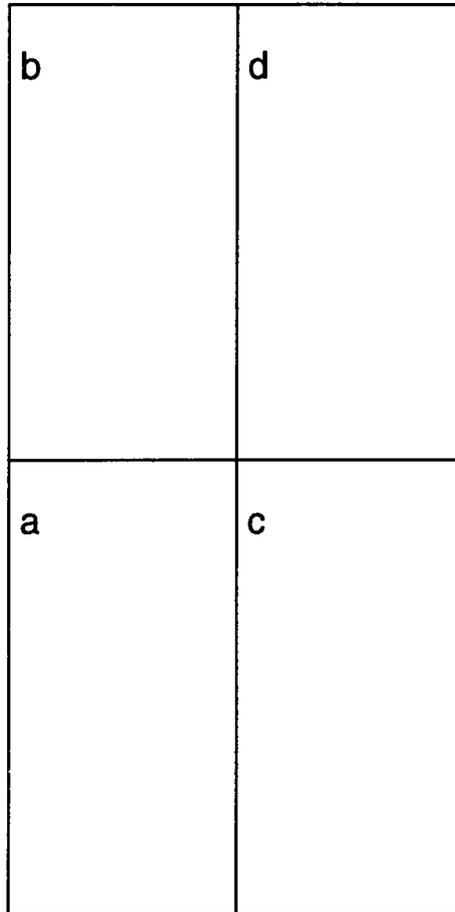
failles normales. La figure 38 montre un cas où, malgré l'absence de stries, il est possible de déduire des mouvements horizontaux associés au déplacement vertical des couches.

Les déplacements horizontaux sont observables aussi bien sur le socle que dans le bassin, soit grâce aux stries (Fig 19) soit par le déplacement de repères verticaux: la figure 39a montre une faille décrochante dextre qui coupe une veine de pegmatite verticale du socle; la fig 39b montre des petites failles senestres qui coupent une faille verticale plus ancienne; la figure 39c montre une faille dextre qui déforme de façon ductile des couches d'argile intercalées dans le grès et; la figure 39d montre une faille de rejet important (lithologies différentes d'un coté et de l'autre du plan) dont la géométrie ne permet que des mouvements horizontaux.

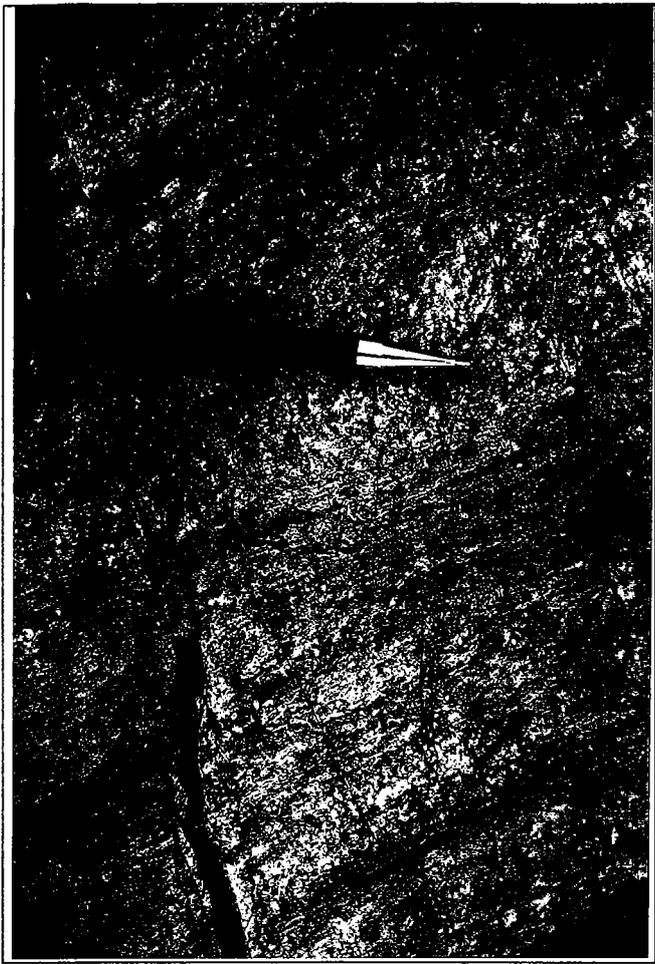
Les stries qui sont présentes sur les plans de failles sont généralement du type strie de friction et sont souvent discrètes. Sur la totalité des plans striés la direction du déplacement est facilement déterminée mais en plusieurs cas le sens du mouvement est douteux. Dans les cas de doute sur le sens de déplacement, l'existence d'une composante verticale du rejet (déplacement des couches) aide la détermination du sens de mouvement. Les figures 40a et 40b présentent des stries discrètes sur des grès et sur des argilites respectivement. La figure 40c montre une faille où le sens de déplacement des stries a pu être déterminé grâce au déplacement vertical des couches. La figure 40d montre une des nombreuses pistes de dinosaures présentes sur les couches du bassin et qui ont permis les premières tentatives de datation de ces formations.

Les failles chevauchantes sont plus rares que les failles normales et décrochantes, mais sont relativement abondantes sur des sites restreints (par exemple la partie est du Haut-fond de Santa Helena). Les figures 41a, 41b et 41c montrent des failles chevauchantes qui coupent des argilites de la Formation Sousa. La figure 41d présente une faille chevauchante qui met en contact latéral les conglomérats de la base avec le grès déposé sur la partie supérieure d'une couche de la Formation Antenor Navarro.

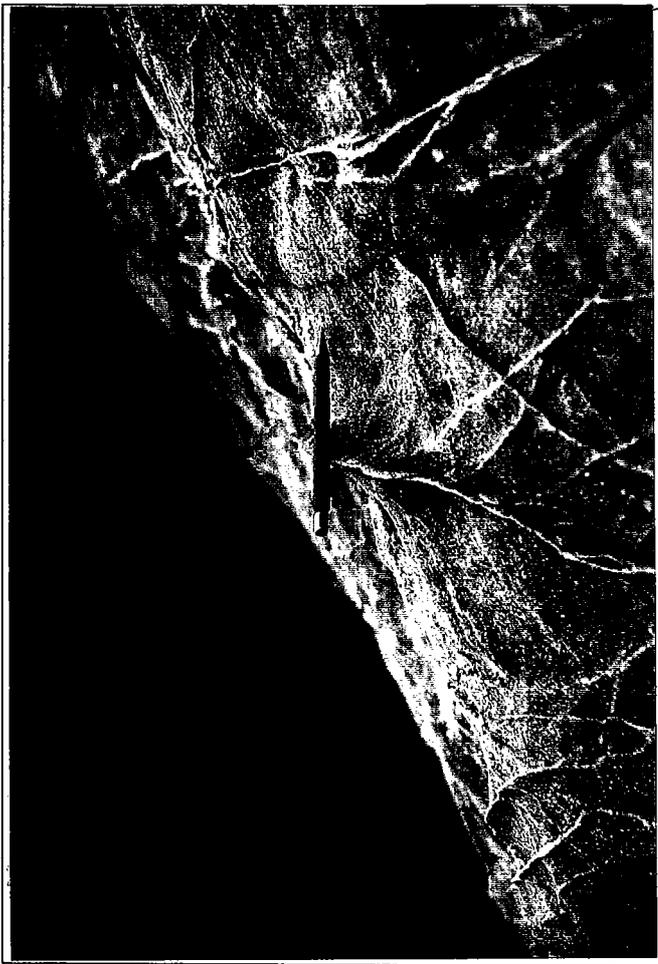
Outres les failles il existe aussi des plis amples d'axes sub-horizontaux et de flancs faiblement inclinés (Fig 42a et 42b) et des petits plis plus serrés, témoins d'une déformation plus intense (Fig 42c et 42d).



*Fig 37 (page suivante) - (a) Affleurement 138 - faille tardive par rapport à la diagenèse: les grains du grès sont coupés d'où un plan de faille lisse; (b) Affleurement 14 - faille précoce par rapport à la diagenèse: les grains ne sont pas coupés par la faille d'où un plan rugueux; (c) Affleurement 41 - réseaux de failles normales parallèles: les plans de failles ne présentent pas de remplissage; (d) Affleurement 3 - réseaux de failles décrochantes: les plans de failles sont remplis par de fins fragments résultant de le broyage des grains de la roche.*



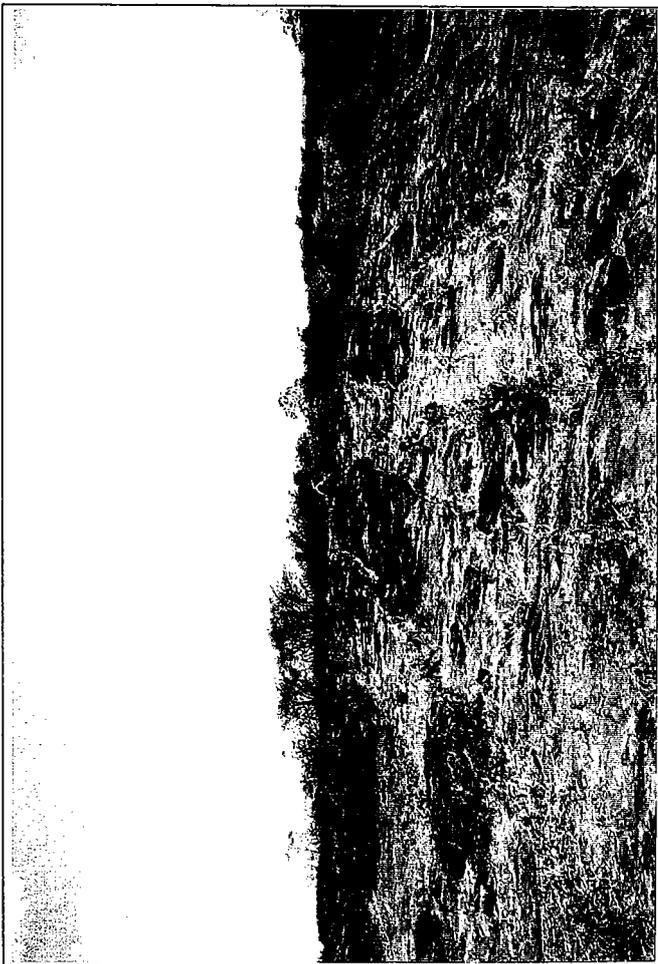
b



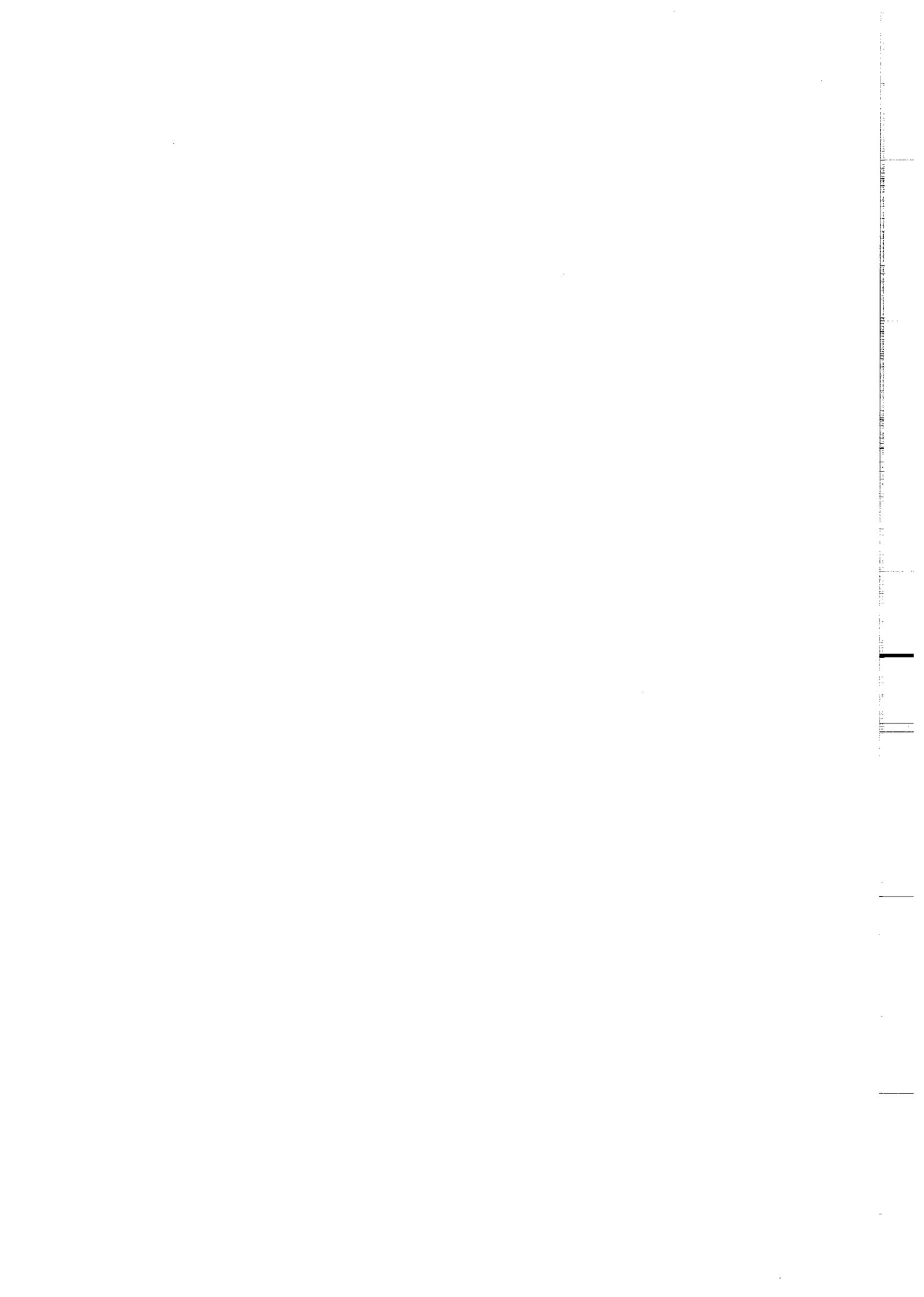
b

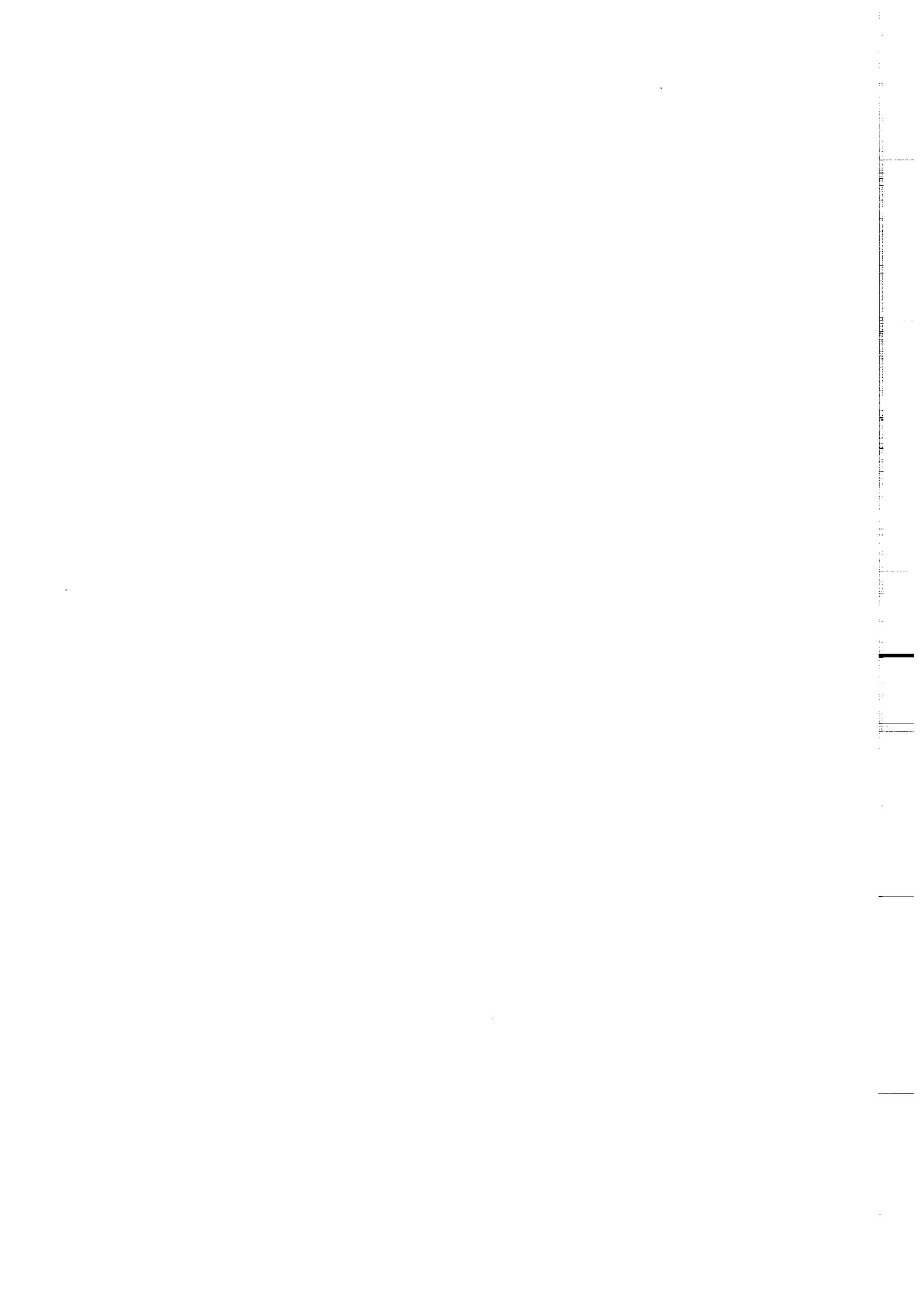


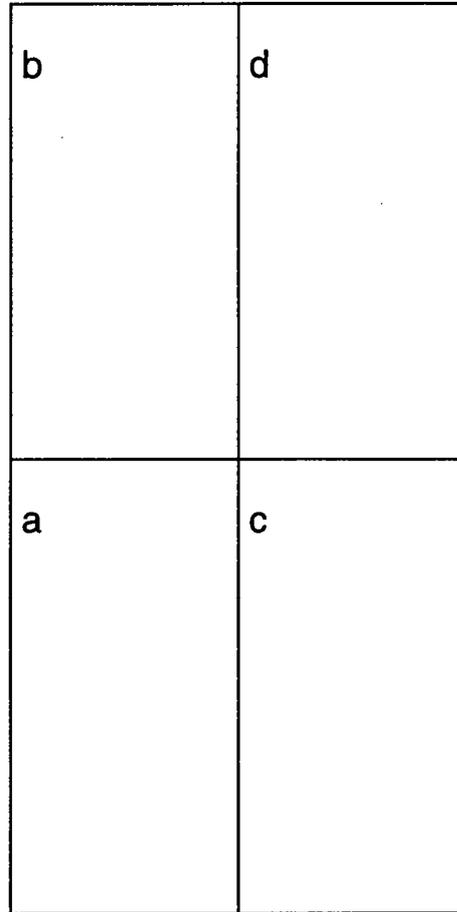
c



c







*Fig 38 (page suivante) - Structures de l'affleurement localisé sur les coordonnées 38°32.7'W, 6°42.5'S dans une zone de faille décrochante/normale: (a) Bloc diagramme avec la position des photographies; (b) Petit graben en coupe vertical; (c) Vue de surface du plan de faille composé de plusieurs micro-zones de cisaillement anastomosées; (d) Indication de rejet horizontal dextre sur l'une des micro-zones de cisaillement.*

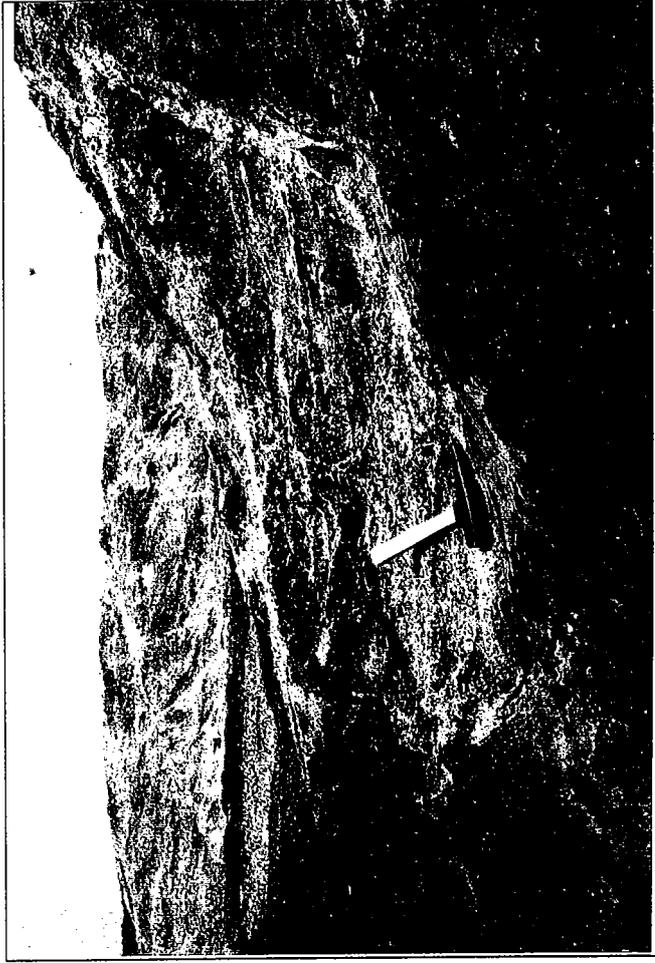
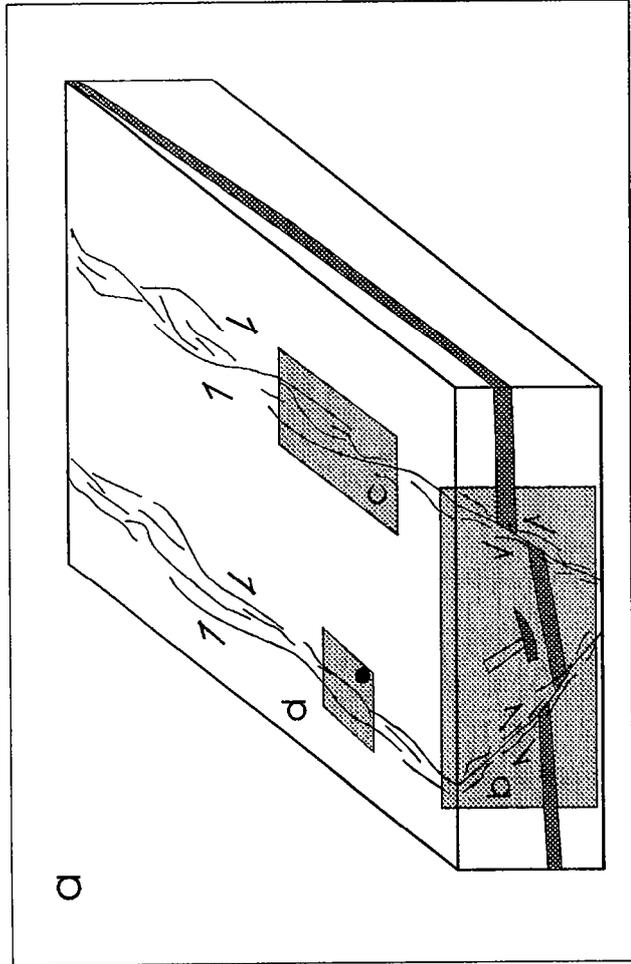
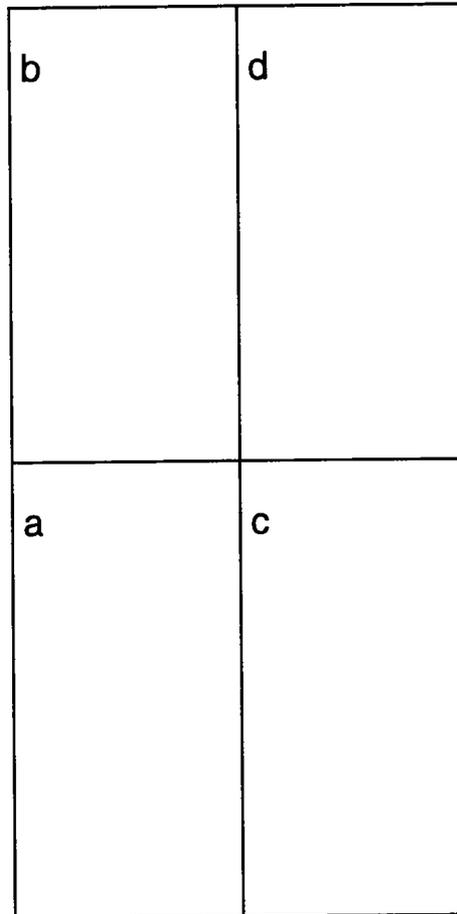


Fig 38

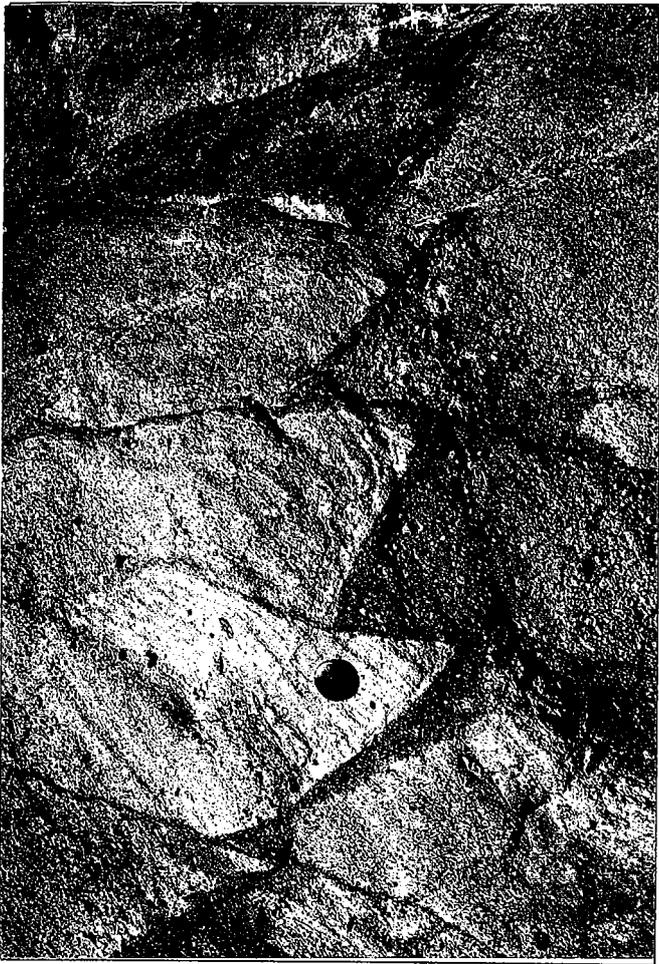


Vertical text or markings along the right edge of the page, possibly a page number or header.

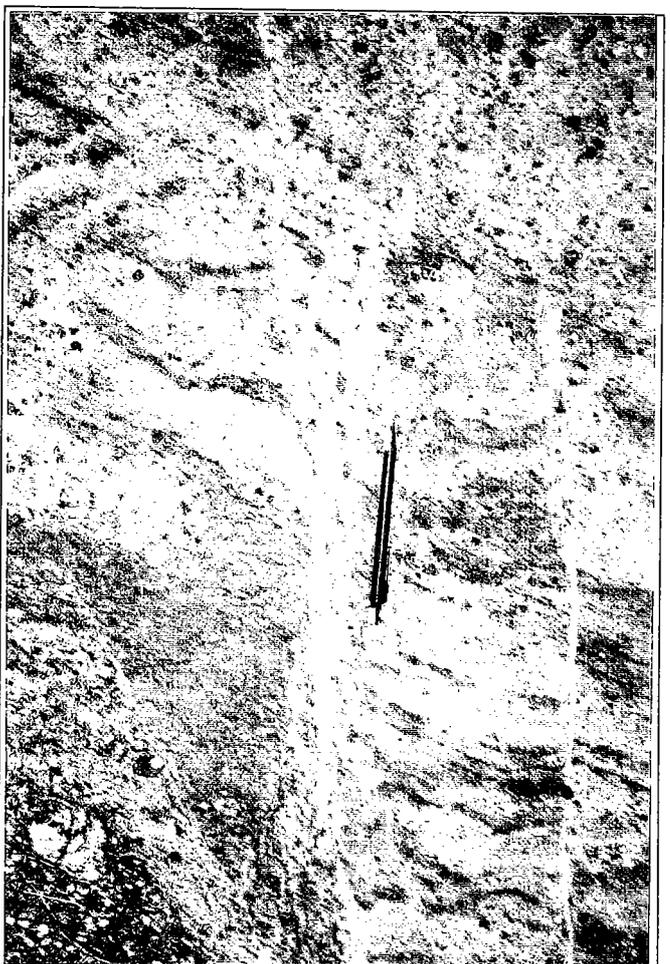
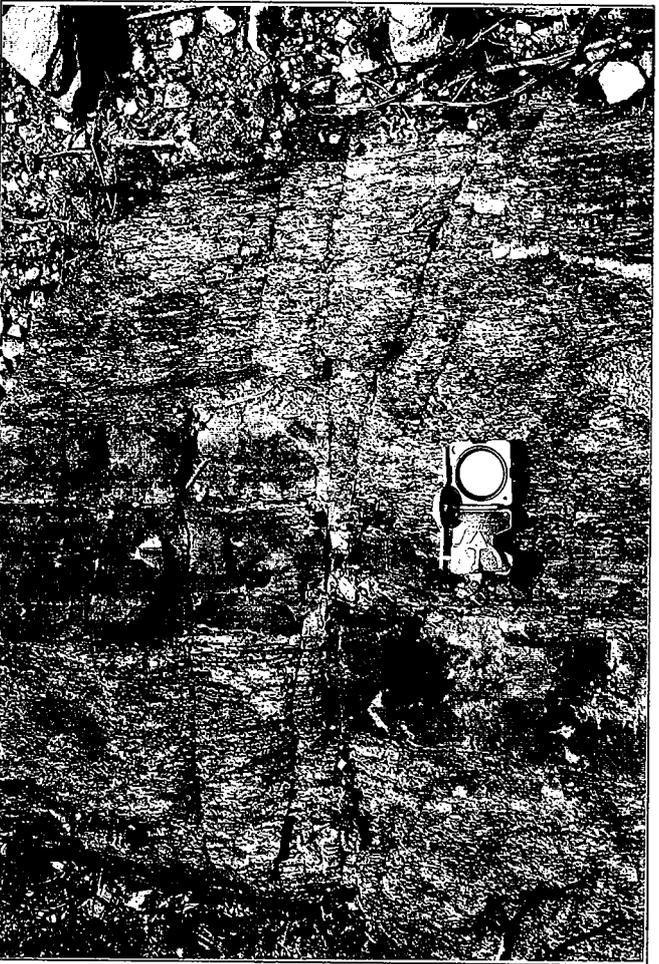
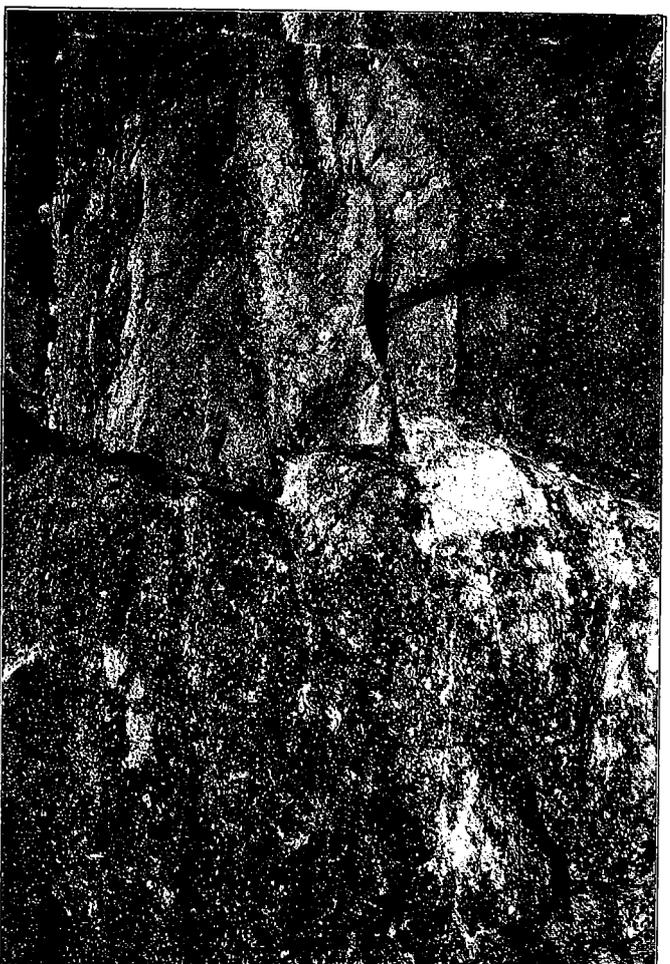


*Fig 39 (page suivante) - (a) Affleurement 136 - décrochement dextre affectant un filon pegmatitique vertical dans le socle; (b) Affleurement 119 - failles décrochantes senestres qui recoupent une faille verticale précoce; (c) Affleurement 58 - décrochement dextre affectant des grès intercalé avec de fins niveaux d'argiles; (d) Affleurement 120 - faille à rejet important dont la géométrie du plan ne permet que des mouvements horizontaux.*

b

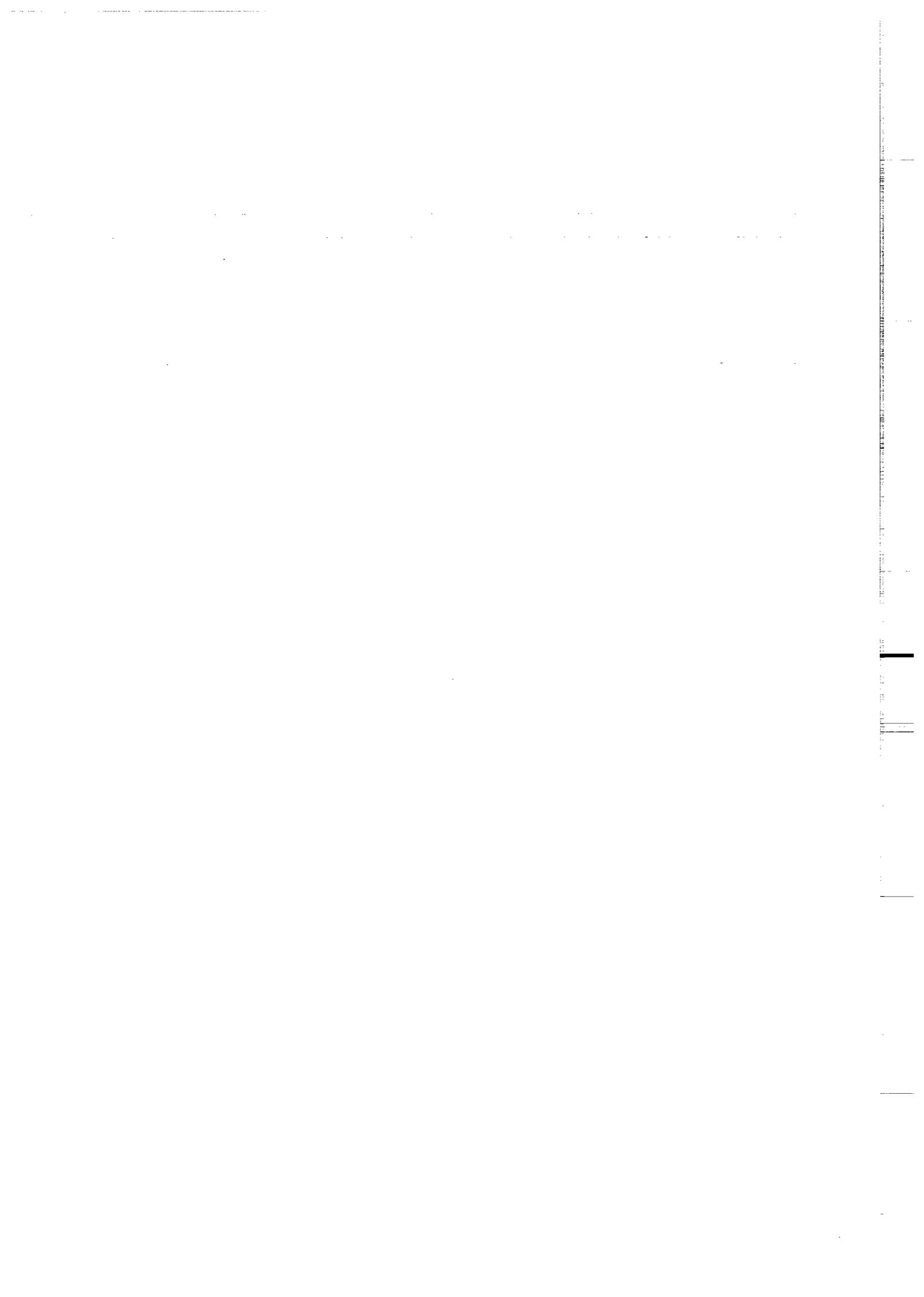


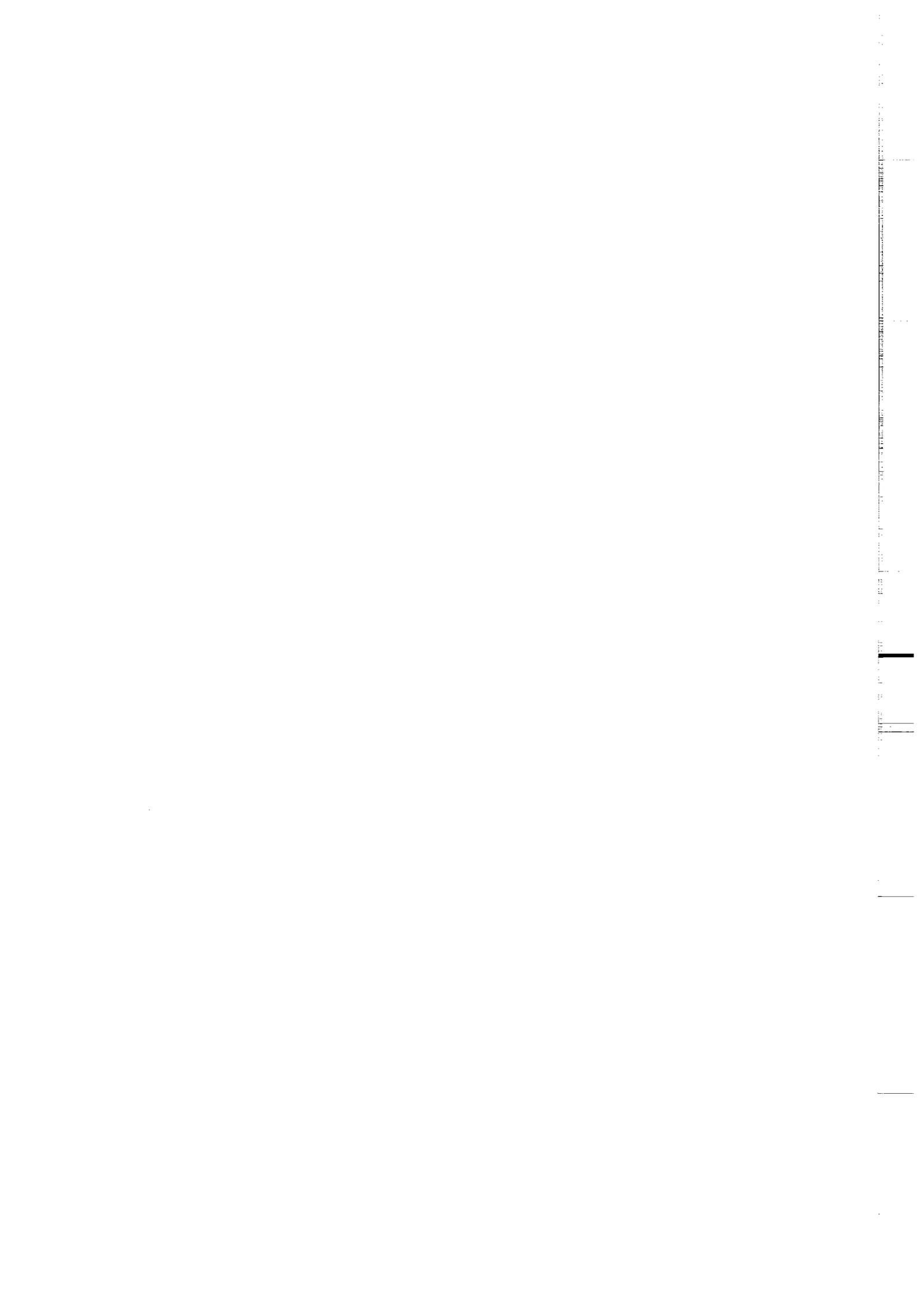
d

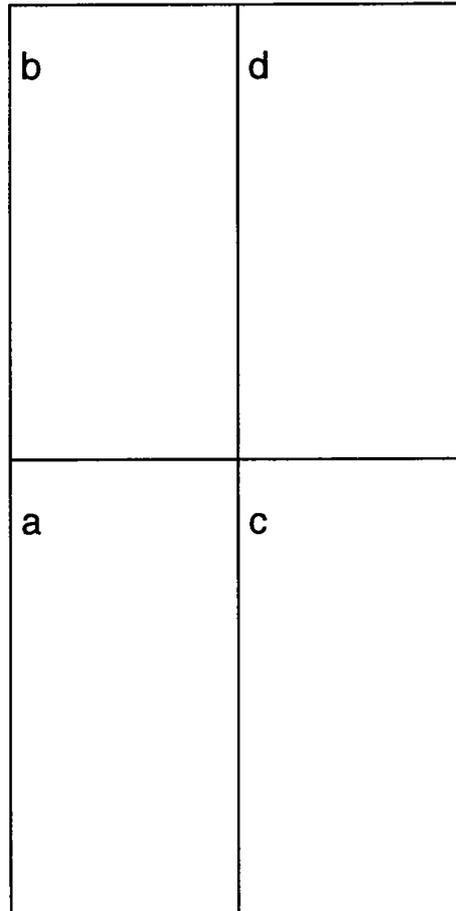


c

c





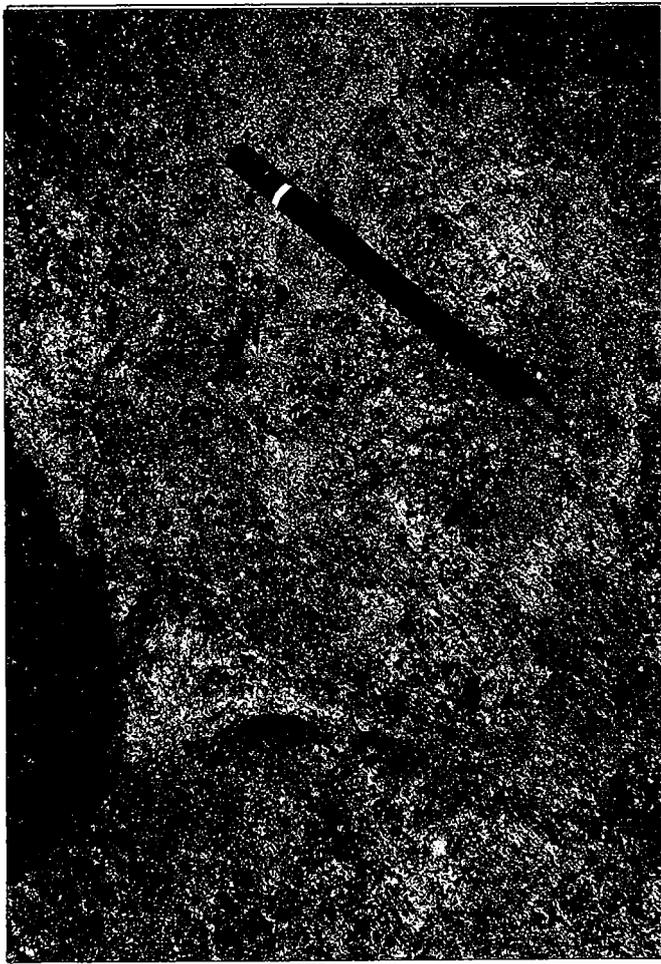
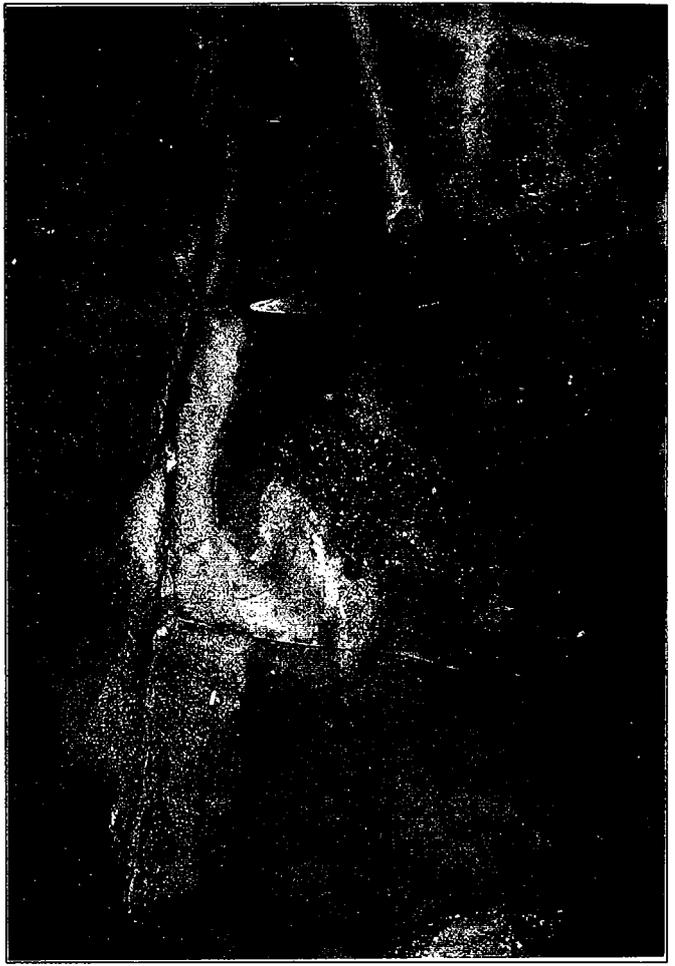


*Fig 40 (page suivante) - (a) Affleurement 128 - stries obliques sur plan de faille qui recoupe des grès conglomératiques de la Formation Rio Piranhas; (b) Affleurement 36 - style des stries présentes sur des plans de failles qui recoupent les argilites de la Formation Sousa; (c) Affleurement 119 - faille avec une composante verticale normale de rejet; (d) Affleurement 140 - piste de dinosaure fossilisée sur les couches de la Formation Antenor Navarro.*

b



b



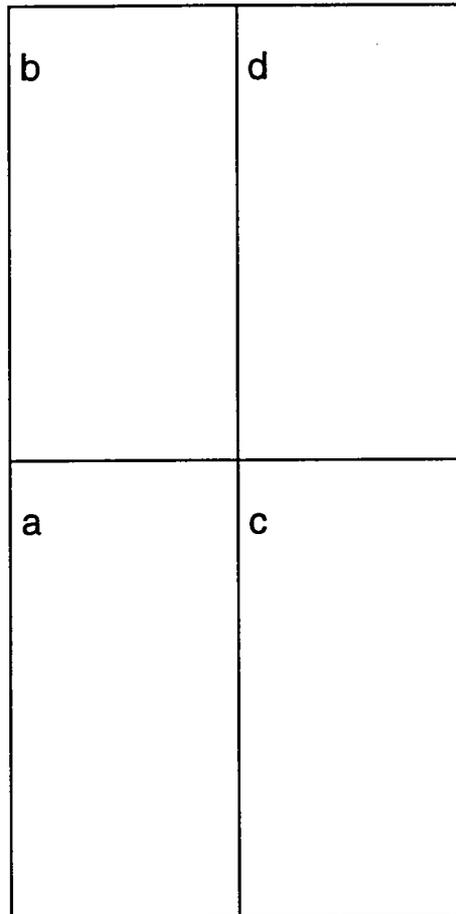
b



c







*Fig 41 (page suivante) - (a) Affleurement 41 - faille chevauchante (40=>100) dans les argilites de la Formation Sousa; (b) Affleurement 41 - faille chevauchante (43=>265) dans les argilites de la Formation Sousa; (c) Affleurement 69 - faille chevauchante (50=>210) dans les argilites de la Formation Sousa; (d) Affleurement 89 - faille chevauchante (42=>40) dans les couches de base de la Formation Antenor Navarro.*



b



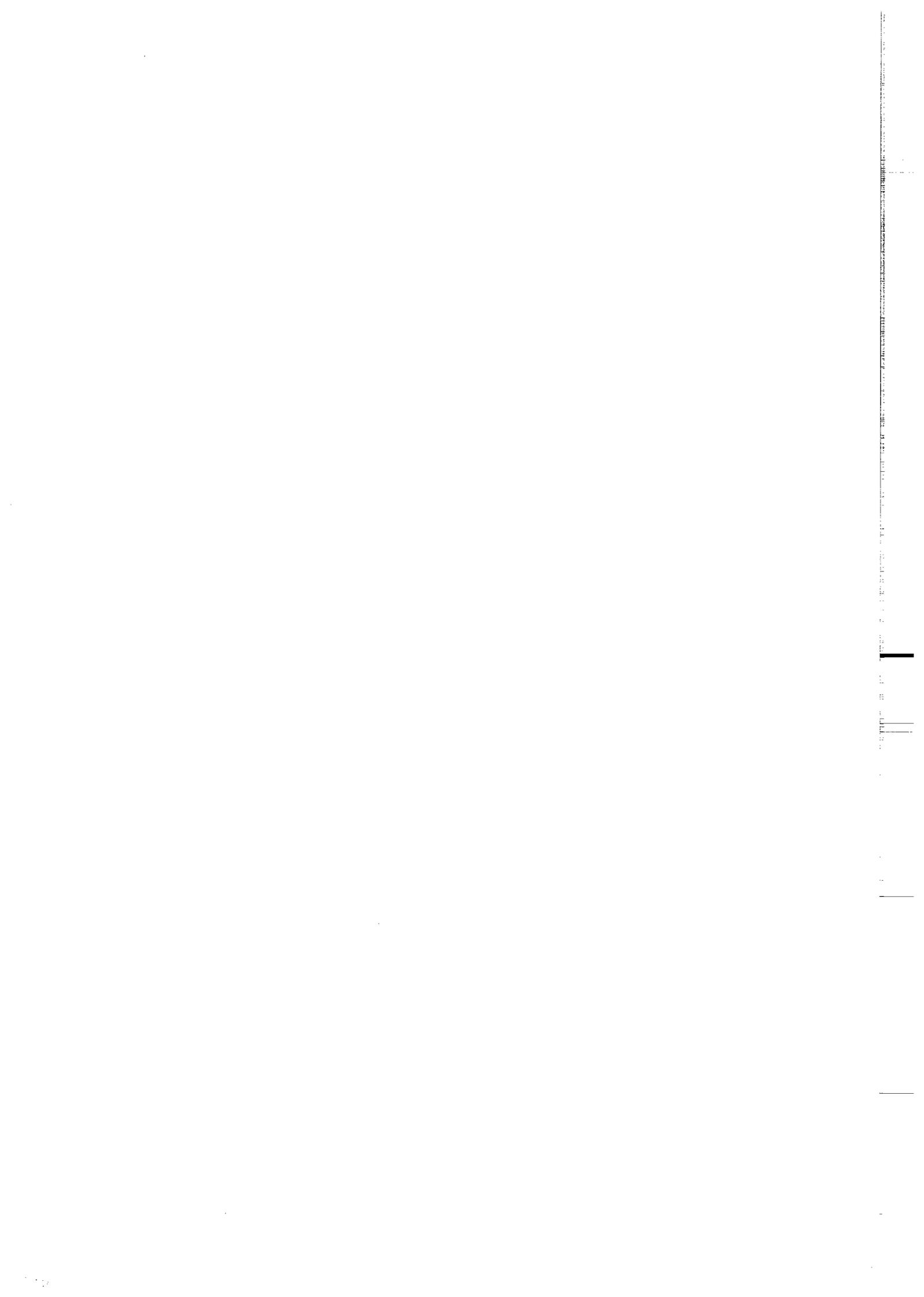
b

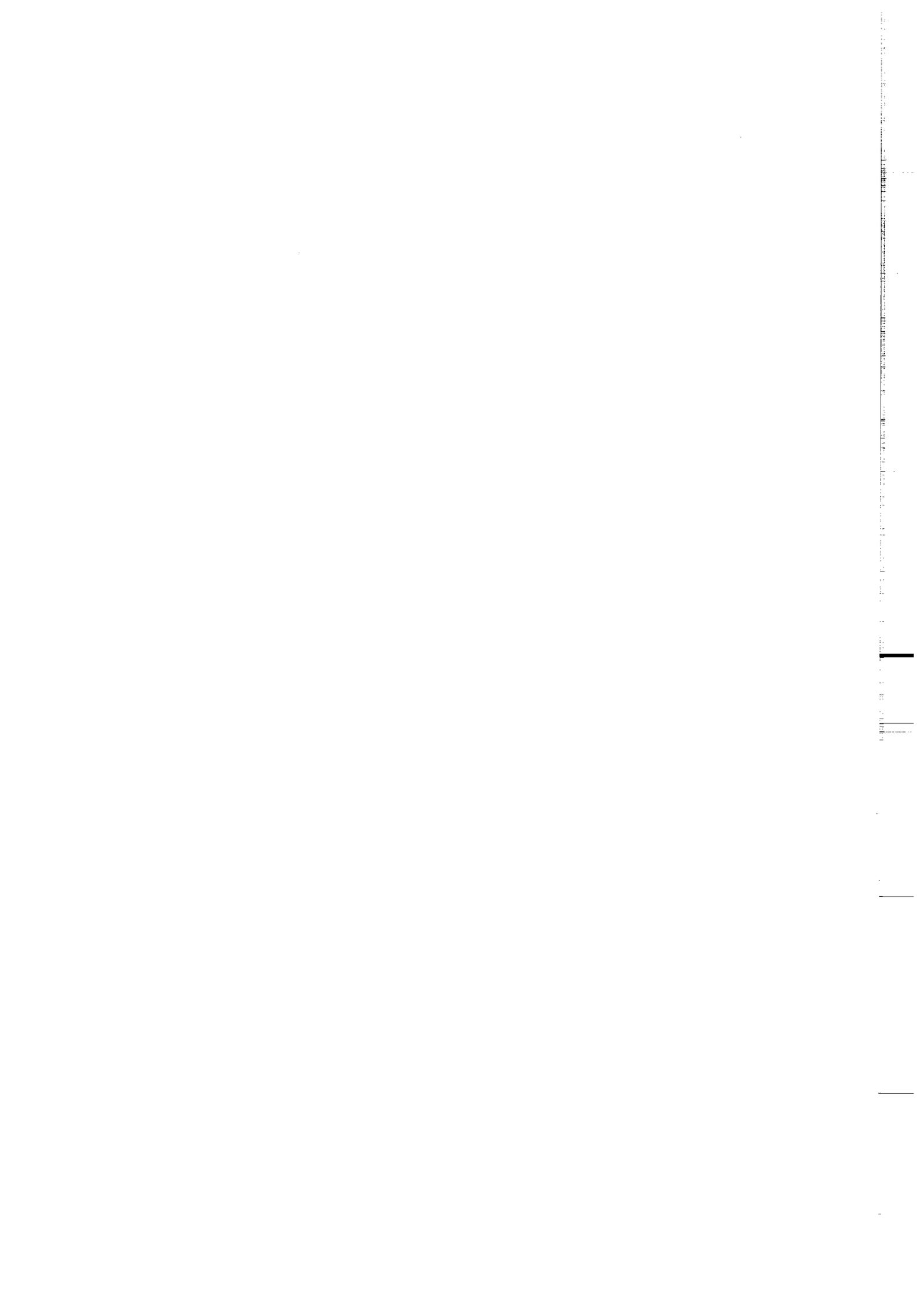


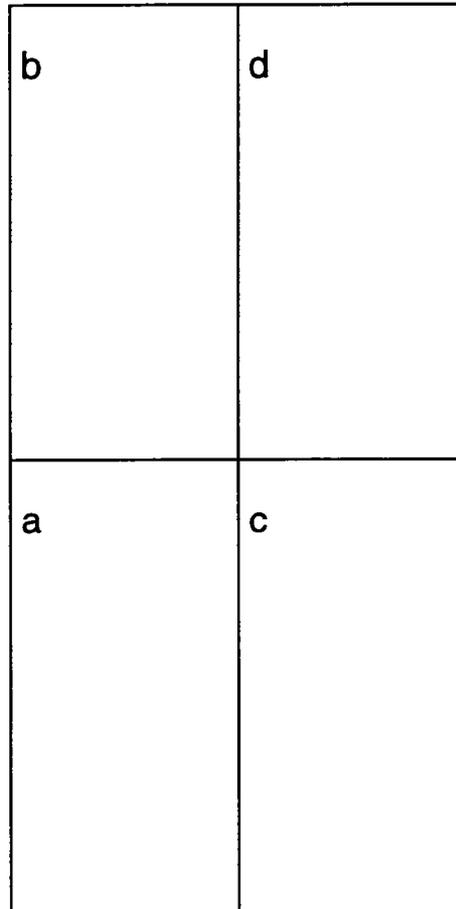
c



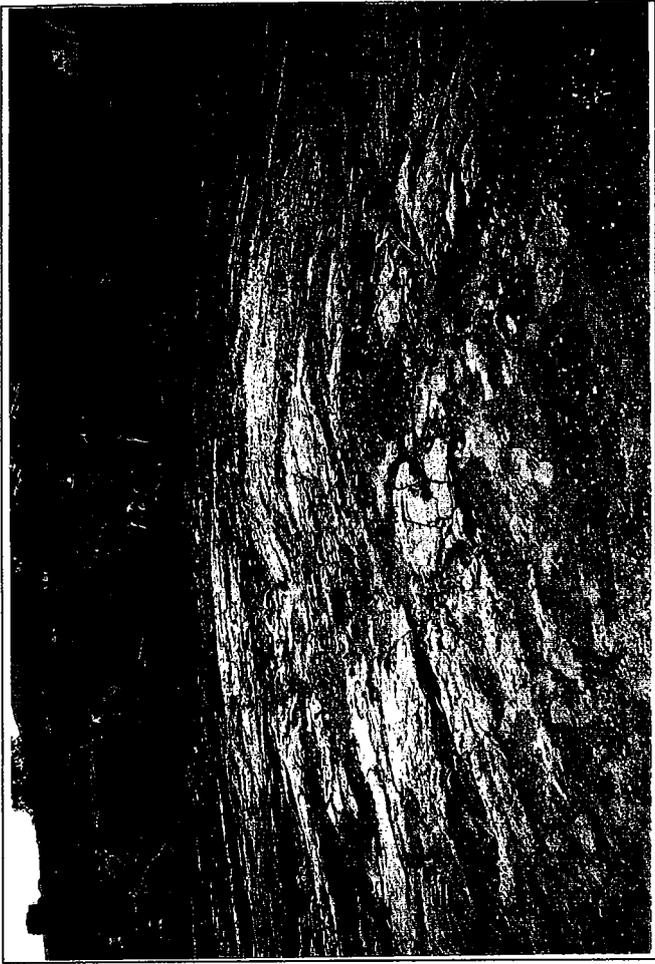
d







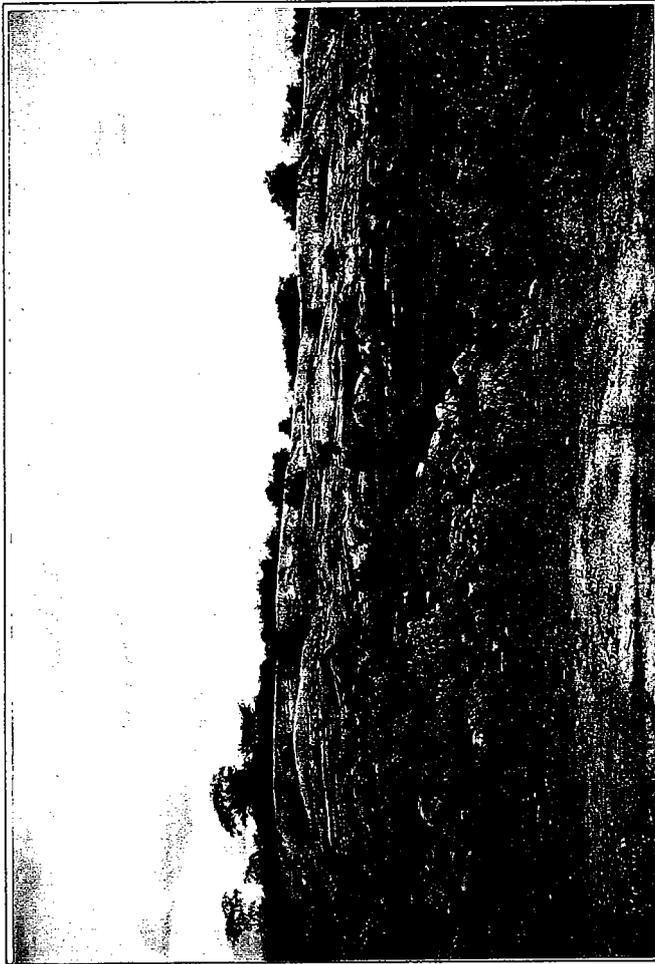
*Fig 42 (page suivante) - (a) Affleurement 120 - anticlinal dans les grès de la Formation Antenor Navarro, avec des flancs faiblement inclinés: couches 15=>252 à gauche (Ouest) et 18=>325 à droit (Est); (b) Affleurement 67 (rue principale du village Varzea da Ema) - anticlinal dans les argilites de la Formation Sousa: couches 12=>108 à gauche (Nord-Est) et 14=>180 à droit (Sud-Ouest); (c) Affleurement 98 - plissement hétérogène des couches de la Formation Sousa; (d) détail de la figure précédente avec des plis en chevron.*



b



b



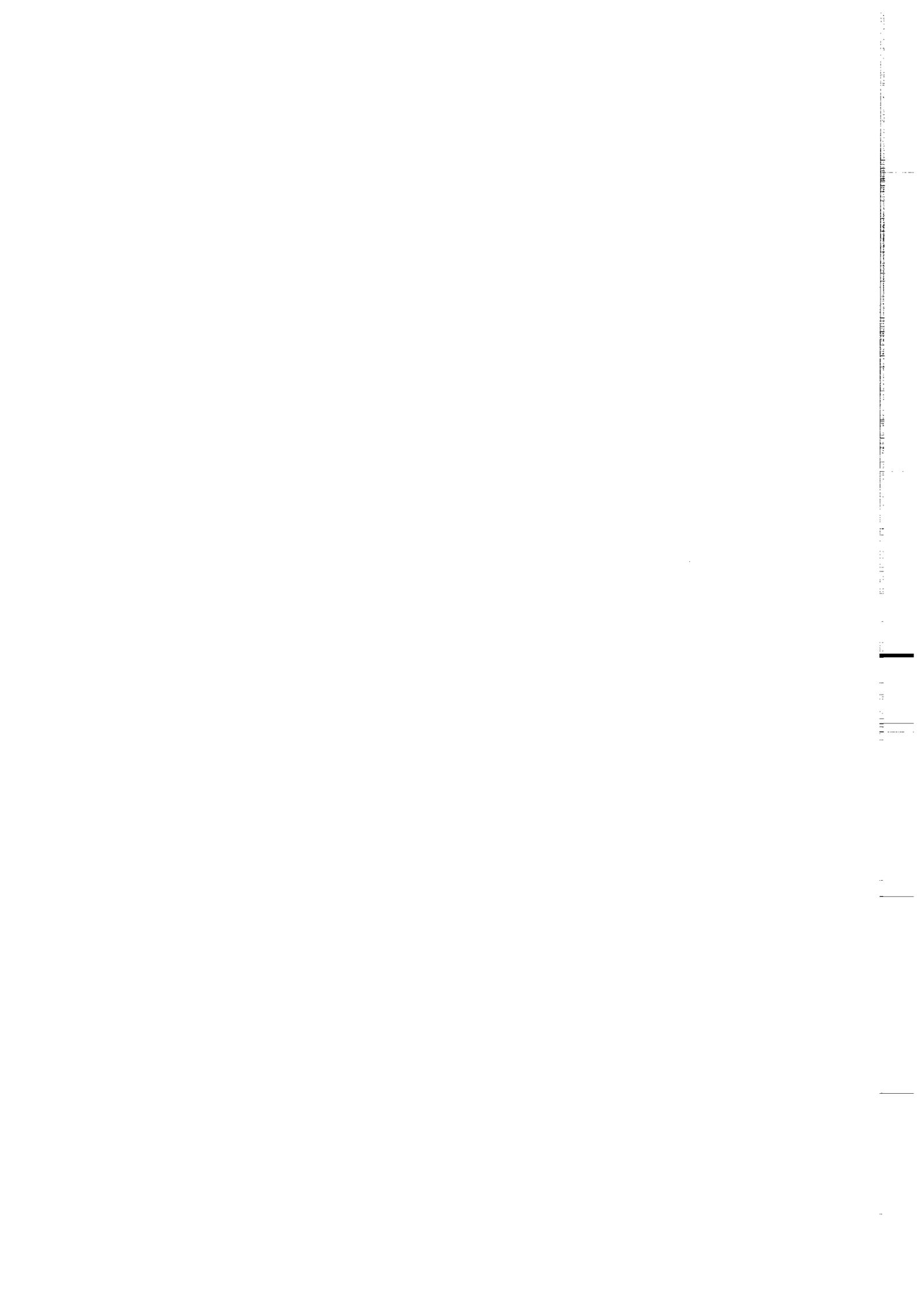
b



b



**IV ANALYSE TECTONIQUE**



## A. Introduction

Le cas le plus simple d'un bassin sédimentaire est celui où les contraintes extensives uniaxiales occasionnent un graben ou demi-graben qui est limité par des failles normales. La direction de ces failles est approximativement perpendiculaire à la contrainte principale d'extension. En carte les failles normales peuvent également être distribuées selon deux familles principales, qui sont séparées par un angle obtus et un autre aigu. Dans ce dernier cas le dépointe est localisé à l'intersection de ces deux familles de failles.

Les plans de failles de ces bassins contiennent des stries unidirectionnelles (statistiquement) et parallèles à la contrainte d'extension maximale. Dans ces bassins l'axe principal d'allongement est parallèle à la contrainte d'extension et l'axe principal de raccourcissement est vertical et parallèle à la force de gravité (contrainte compressive).

Le Bassin du Rio do Peixe présente deux familles principales de failles (Fig 20) et a été interprété comme formé par des contraintes uniaxiales d'extension de direction NW/SE (Matos, 1987; Senant, 1991). Pourtant cette interprétation n'est pas compatible avec (1) les types des failles affectant le bassin et (2) la distribution des stries:

(1) les failles du bassin peuvent être divisées en 4 groupes: failles normales, failles inverses, failles décrochantes dextres et failles décrochantes sénestres (faille décrochante = pitch de la strie < 45°). Les projections stéréographiques de ces populations de failles (Fig 43) montrent que:

- toutes les failles décrochantes dextres sont orientées selon la direction NE/SW,
- la majorité des failles normales présente un pendage vers la direction Nord ou NNW,
- les failles décrochantes sénestres sont orientées selon la direction NE/SW ou NW/SE,
- les failles inverses (plus dispersées) présentent des pendages vers l'Ouest ou SW.

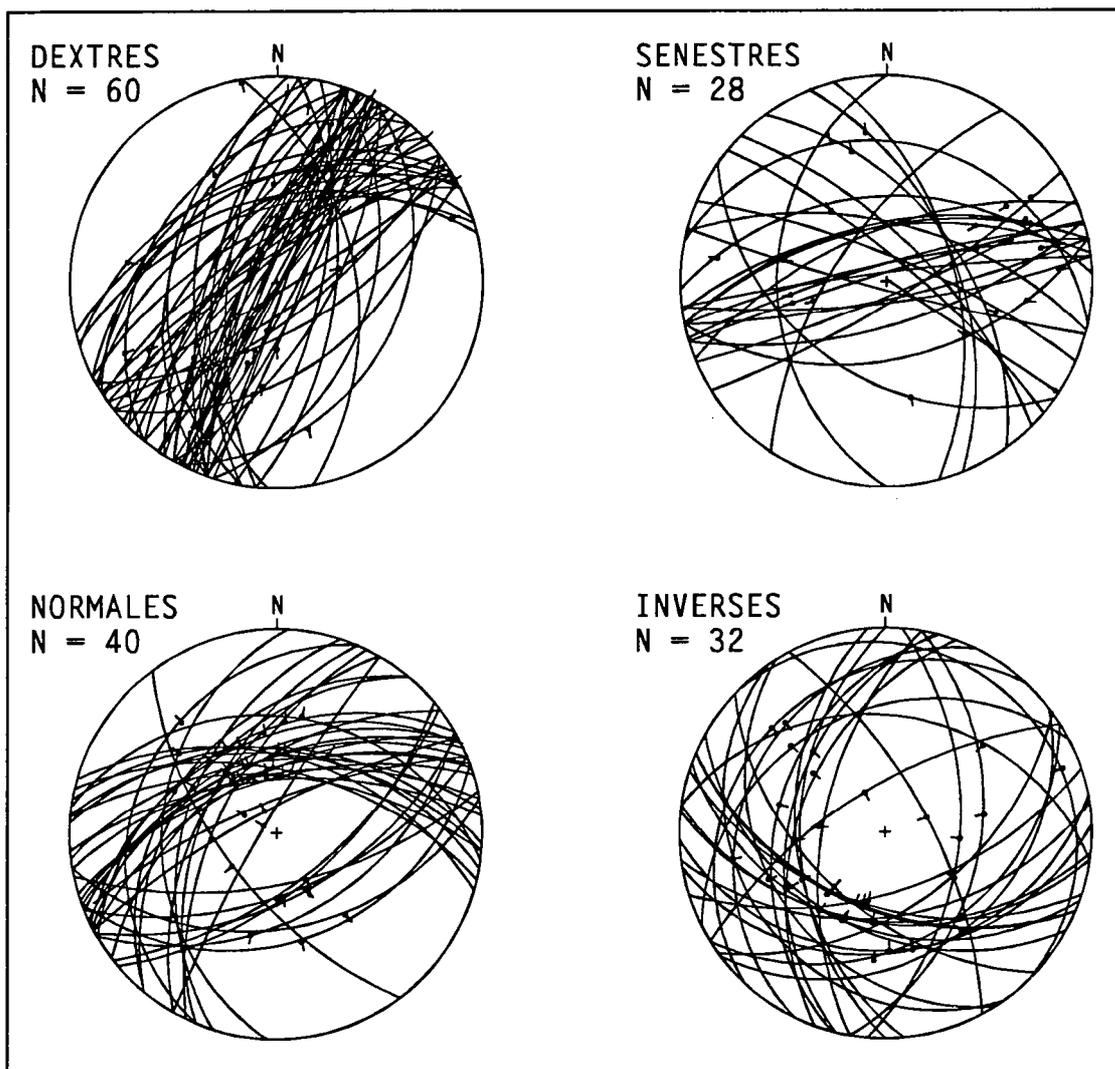


Fig 43 - Projections stéréographiques des failles du bassin divisées en 4 groupes

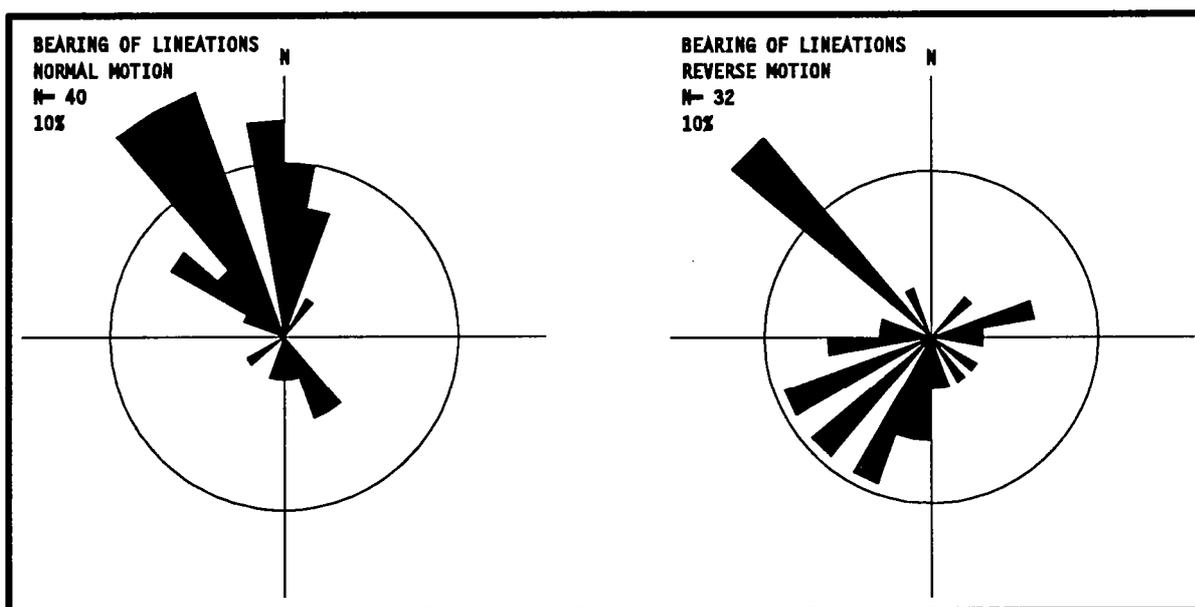


Fig 44 - Distribution des directions de stries prises sur des failles normales et sur des failles inverses du Bassin du Rio do Peixe.

(2) les stries des failles normales et celles des failles inverses indiquent respectivement les directions générales d'allongement et de raccourcissement (Fig 44). Les stries mesurées sur des failles normales sont dispersées autour de la direction NNW et celles prises sur des failles inverses sont localisés autour de la direction WSW.

Les figures 43 et 44 montrent une déformation dont les axes principaux d'allongement et de raccourcissement sont approximativement NNW/SSE et ENE/WSW respectivement.

Les analyses basées sur la distribution des directions des failles et/ou stries donnent des indications qualitatives sur les directions générales d'allongement (ou extension) et de raccourcissement (ou compression), mais ne permettent pas une analyse plus approfondie des données. Pour obtenir des résultats plus précis il faut recourir à d'autres méthodes d'analyse.

Plusieurs auteurs ont proposé des méthodes dynamiques et cinématiques pour l'analyse spécifique des failles et des stries: Arthaud (1969); Angelier (1979); Etchecopar et al. (1981); Armijo et al. (1982); Aleksandrowski (1985); Pfiffner & Burkhard (1987); Allmendinger et al. (1989).

On utilisera ici la méthode numérique d'Etchecopar (1981) et la méthode graphique de Pfiffner & Burkhard (1987) pour l'analyse dynamique et une méthode numérique/graphique qui s'apparente à la méthode d'Allmendinger et al. (1989), pour l'analyse cinématique.

Ces méthodes sont basées sur les déplacements des points, qui ont lieu pendant la déformation. Les trajectoires des déplacements sont enregistrées par les stries. La déformation subie par un bloc et le paléo-champs de contrainte qui a généré cette déformation peuvent être analysés par l'étude de ces déplacements. Les déplacements liés à la déformation sont vectoriels et l'ensemble des vecteurs déplacements ("displacement vector") détermine le champ de vecteur déplacement ("displacement vector field" de Ramsay and Huber, 1983). L'analyse du champ de vecteur déplacement donne des informations sur les contraintes qui ont occasionné les déplacements et aussi sur la déformation associée. Ainsi, les contraintes, les déplacements et la déformation sont des entités intimement liées et interdépendantes.

Un vecteur déplacement est défini, comme tous les vecteurs, par 3 paramètres: la direction, le sens et le module du déplacement. Les méthodes

d'analyse du réseau de failles striées sont basées sur le principe que les stries indiquent la direction et le sens des déplacements des blocs (Fig 45).

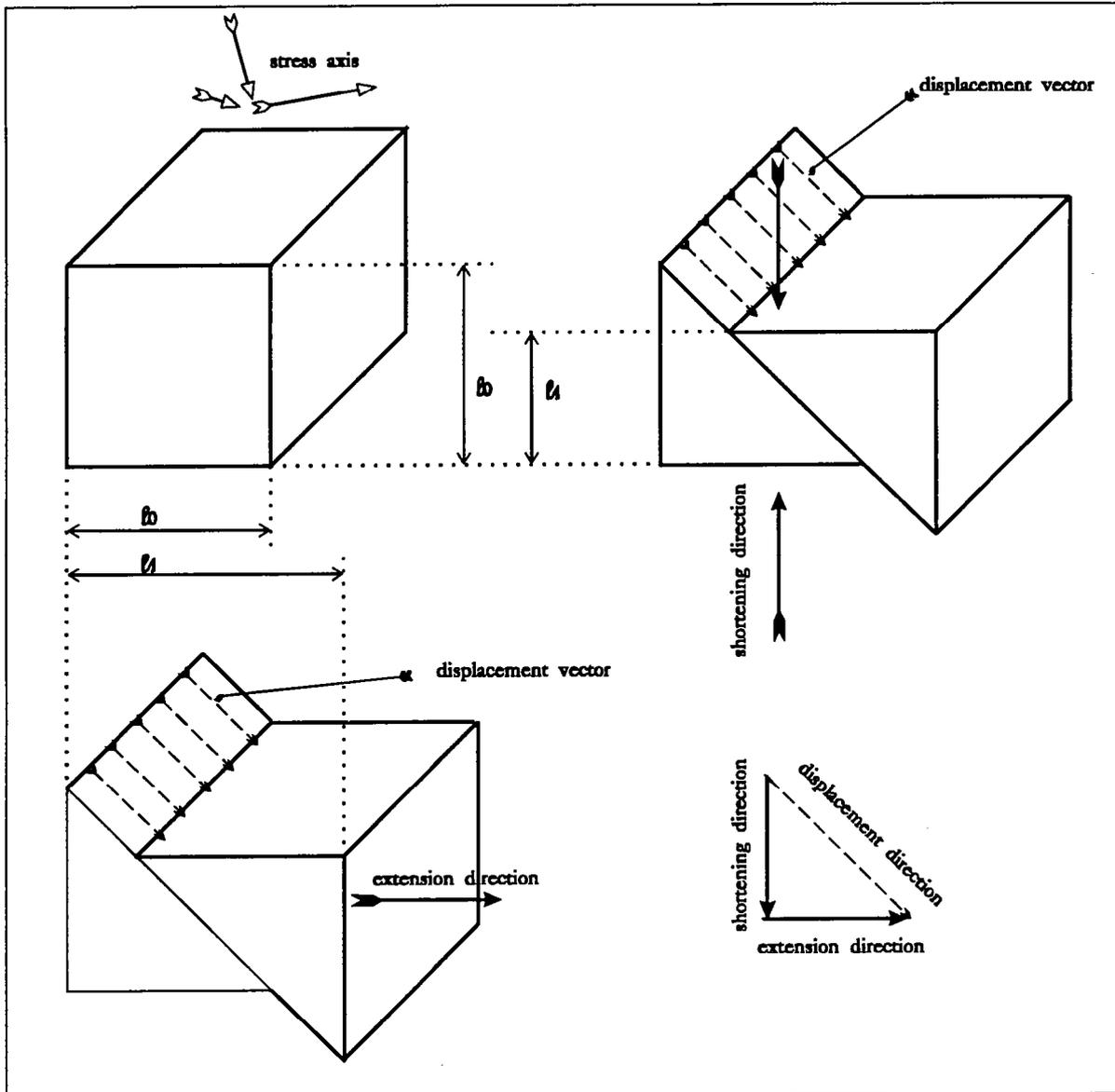


Fig 45-Relation entre le vecteur de déplacement, le champ de contraintes et la déformation.

## B. Méthodes

### 1. Méthode d'Etchecopar

La méthode d'Etchecopar est une analyse dynamique de données de failles et de stries, qui permet la détermination des directions principales des paléo-contraintes et du rapport  $R$  ( $R = \sigma_2 - \sigma_3 / \sigma_1 - \sigma_3$ ). La méthode est basée sur l'hypothèse de Bott (1959) qui suppose l'orientation d'une strie sur un plan de faille parallèle à la contrainte de cisaillement maximale sur ce plan. L'orientation de la strie dépend de l'orientation des 3 axes de contraintes principales ( $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  et  $\sigma_3$ ) et de la relation de grandeur entre ces contraintes ( $R = \sigma_2 - \sigma_3 / \sigma_1 - \sigma_3$ ). Autrement dit, l'orientation d'une strie sur un plan de faille dépend non seulement de l'orientation de l'ellipsoïde des contraintes principales mais aussi de la relation de grandeur entre ces contraintes.

La méthode a été automatisée par un programme informatique qui cherche un tenseur  $T_0$ , dont la somme des différences entre les stries réelles et les stries calculées soit une valeur minimale pour l'ensemble des données.

L'auteur recommande que la qualité des données soit contrôlée avant l'utilisation de la méthode. Le contrôle se fait en vérifiant que les stries sont rectilignes et de direction proche sur des plans parallèles.

La qualité des résultats obtenus peut être vérifiée par l'analyse des graphiques générés par le programme: (1) le cercle de Mohr permet l'analyse de la compatibilité mécanique entre l'orientation des failles et les contraintes calculées, (2) l'histogramme d'écart angulaire classe les stries selon leur écart angulaire par rapport à la strie théorique calculée et (3) le diagramme de Schmidt montre la dispersion des contraintes principales associées à chaque plan de faille.

Ces graphiques permettent de trier les données et de retenir celles qui sont compatibles avec le résultat obtenu. Sur des terrains n'ayant subi qu'une phase de déformation, les données qui ne sont pas compatibles avec le tenseur calculé doivent être considérées comme des erreurs de mesure ou une réactivation de faiblesses mécaniques préexistantes. Sur des terrains polyphasés, les données qui ne sont pas compatibles avec le premier tenseur calculé doivent être analysés de nouveau pour fournir un deuxième tenseur, compatible avec une autre phase tectonique.

## 2. Méthode des dièdres droits

La méthode des dièdres droits a été proposée par Pegoraro (1972), développée et automatisée par Angelier et Mechler (1977). En 1987 Pfiffner et Burkhard ont présenté une méthode similaire qui utilise, non seulement les plans striés, mais aussi les données sismiques. Une version modifiée de ce programme sera utilisée ici. Les modifications introduites ont pour objectif:

1) faciliter la saisie des données, par l'adjonction d'un petit éditeur qui se charge de confectionner le fichier de données dans un format adéquat. Dans la version originale du programme le fichier de données était construit séparément engendrant souvent des problèmes,

2) contrôler d'éventuelles erreurs dans les données, par la vérification de la compatibilité entre la position de la strie et la position du plan de faille. L'utilisateur est alerté quand la strie n'est pas contenue sur le plan de la faille. Le programme original n'effectuait aucun contrôle de ce type et acceptait des erreurs de mesure ou des erreurs de frappe,

3) diminuer la possibilité d'erreur sur le sens de déplacement de la faille, par l'introduction d'un algorithme qui considère, pour chaque faille, le sens du mouvement observé sur le terrain (normal, inverse, dextre ou sénestre) et définit les dièdres représentatifs de la zone d'extension et les dièdres représentatifs de la zone de compression. Le programme original avait besoin de connaître la position d'un vecteur d'extension (pour chaque faille) pour décider lequel des dièdres était en extension dans le graphique. Comme ce paramètre n'est pas mesuré sur le terrain, le calcul de sa position augmentait la probabilité d'erreur. L'annexe 4 contient un listing du programme modifié.

La méthode définit la position de deux plans pour chaque faille striée: (1) le plan de faille lui même et (2) un plan auxiliaire, perpendiculaire, à la fois, au plan de faille et à la strie. Ces deux plans définissent 4 dièdres: deux de ces dièdres contiennent toutes les positions possibles de  $\sigma_1$  (domaine de la compression) et les deux autres contiennent toutes les positions possibles de  $\sigma_3$  (domaine de l'extension). La superposition de différentes données sur le même diagramme de Schmidt fait apparaître des zones en compression et des zones en extension. Dans ces zones doivent être localisés les axes des contraintes  $\sigma_1$  et  $\sigma_3$  qui s'appliquent à tous ces plans de failles.

La taille et la forme de ces zones dépendent de la quantité et de la dispersion des données. Selon Angelier et Mechler (1977) la forme que ces zones prennent sur le diagramme indiquent la relation de grandeur entre les axes de contraintes principales:

- une zone compressive bien définie associée à une zone extensive mal définie indiquent une valeur de R proche de zéro ( $\sigma_3$  approximativement égal à  $\sigma_2$ ),
- une zone compressive associée à une zone extensive bien définie indiquent une valeur de R proche de 0.5 ( $\sigma_2$  approximativement égal à  $\sigma_1 - \sigma_3/2$ ),
- une zone extensive bien définie associée à une zone compressive mal définie indiquent que R a une valeur proche de 1 ( $\sigma_1$  approximativement égal à  $\sigma_2$ ).

Cette méthode est moins "exigeante" que la précédente et ne fournit pas des moyennes directes pour la vérification du degré de compatibilité des données ou pour les séparer en phases tectoniques. L'unique moyen de contrôler la compatibilité des données et la qualité des résultats est comparer le nombre total de données (N) avec le nombre de données qui sont compatibles avec le résultat obtenu (Max). Ainsi cette méthode n'est pas valide pour des zones qui ont subi plus d'une phase tectonique.

Dans sa thèse de doctorat Etchecopar commente la méthode des dièdres (version Angelier), énumère ses déficiences et termine pour affirmer "En fait, les dièdres sont relatifs à la déformation et non aux contraintes".

Le programme ici utilisé fournit deux diagrammes pour chaque groupe de données: un diagramme de compression et l'autre d'extension.

### 3. Autre méthode

Pour estimer les directions principales de déformation on a utilisé une méthode composée de deux étapes:

A) en considérant une faille unique, les axes de raccourcissement et d'allongement de la déformation incrémentale se trouvent sur le Plan M d'Arthaud (1969), c'est à dire le plan perpendiculaire au plan de la faille et qui contient la strie (fig 46). Les pôles de chaque plan de faille, accompagné d'une flèche qui indique le sens de mouvement du bloc, rapportés sur un diagramme de Schmidt, fournissent un graphique avec les zones de convergence et zones de divergence des mouvements de blocs faillés. Selon Marshak & Mitra (1988) cette méthode a été décrite par Hoepfner (1955) et fournit des informations cinématiques qui reflètent les directions principales de déformation: les blocs convergent vers la direction principale d'allongement et divergent de la direction principale de raccourcissement. Dans la majorité des cas ces graphiques donnent une indication peu précise des aires susceptibles de contenir les axes principaux de la déformation. Pour obtenir une meilleure précision il faut utiliser la seconde partie de la méthode:

B) en zone de faible profondeur, où il y a une prédominance des procédés fragiles, la déformation se concentre dans la région restreinte de la faille et les blocs entre les failles sont peu déformés. De cette façon, la déformation totale est celle, ou proche de celle, causée par les failles. Dans ces zones fragiles la déformation occasionne des changements de formes, mais ne produit pas d'appréciable variation de volume. Dans ces cas les axes de raccourcissement et d'allongement sont localisés à  $45^\circ$  de la strie (Fig 46), et sont de même longueur (module du vecteur). Ainsi, pour chaque faille, il est possible de calculer la direction, le sens et la relation de longueur entre les axes de la déformation. Donc, en théorie, la connaissance des rejets de toutes les failles d'une région permet de calculer la déformation finale de la zone par l'addition vectorielle des axes de raccourcissement (qui résulte en le raccourcissement total) et des axes d'allongement (qui résulte en l'allongement total). Comme dans la pratique il est quasi impossible avoir accès à toutes les failles d'une zone (failles couvertes par des alluvions, zones du terrain sans affleurements, etc.), et ni même effectuer les mesures de rejets sur la totalité des failles accessibles (fréquente inexistence de repère fiable), le calcul des vecteurs de déformation (direction sens et module) n'est pas possible. Néanmoins, il est possible de faire une estimation de la position, dans l'espace, des axes principaux de la déformation par l'analyse des concentrations des vecteurs de la déformation incrémentale (déterminée sur chaque faille). Allmendinger et al. (1989) ont présenté

une méthode graphique, basé sur des principes similaires à ceux exposés ci-dessus, où ces auteurs ont utilisé la méthode statistique de Bingham pour des données axiales et la méthode de Kamb (1959) pour effectuer le contour des lignes d'isodensités. Ici la position des axes de raccourcissement et d'allongement de chaque faille est calculée numériquement à l'aide d'un programme informatique, et les concentrations sont déterminées graphiquement par contour de lignes d'isodensités, sur un diagramme de Schmidt. Les vecteurs de raccourcissement incrémental, calculés pour chaque faille, sont reportés sur le diagramme de Schmidt et les concentrations par unité de surface sont calculées pour obtenir une estimation de la direction régionale de raccourcissement. Le degré de dispersion des données autour du point de concentration maximal permet d'estimer la qualité des résultats obtenus. La même procédure doit être adoptée pour les axes d'allongement.

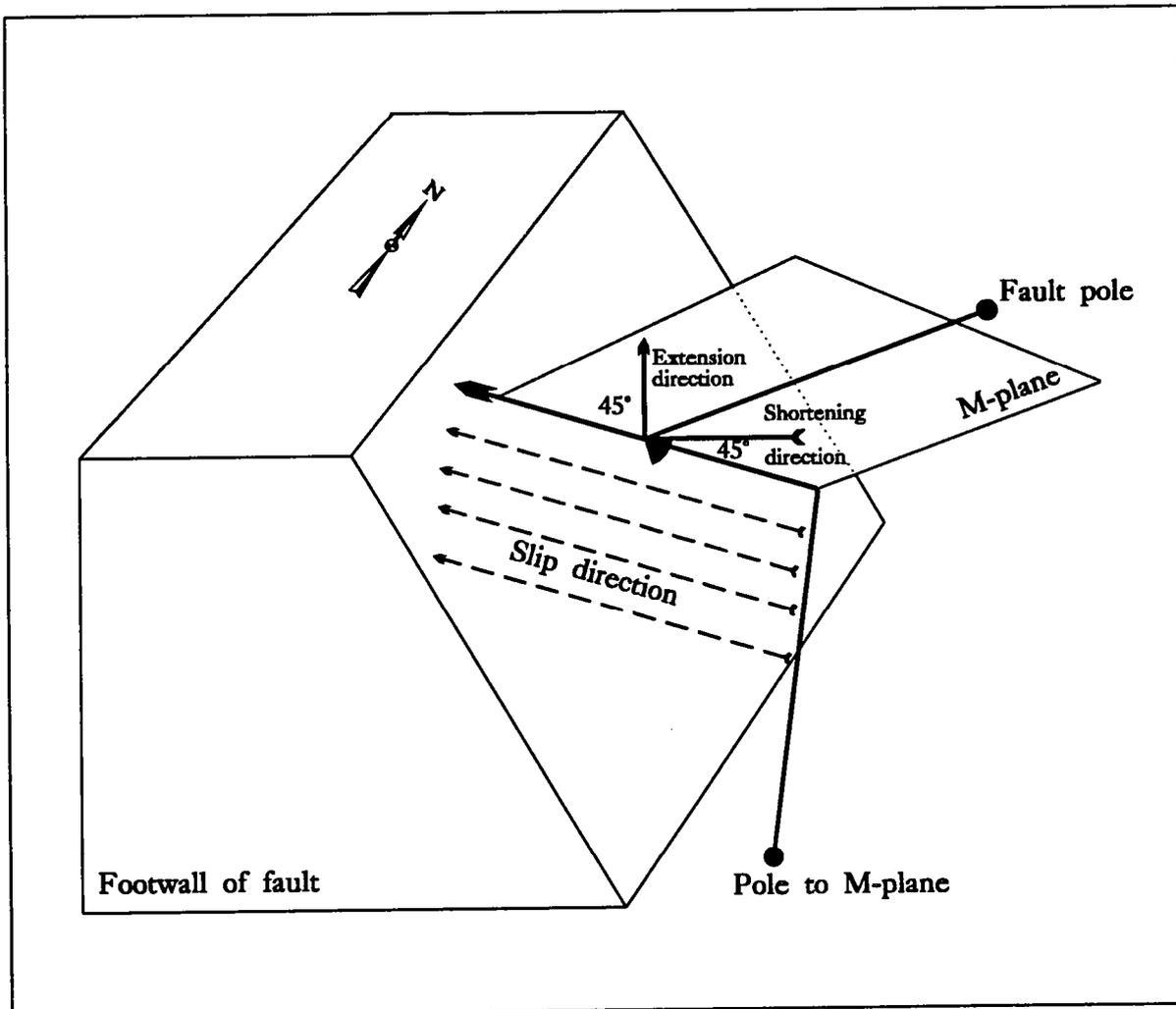


Fig 46 - Relation spatiale entre le Plan M, les stries, le plan de faille et les axes de raccourcissement et d'allongement incrémental en zone de déformation essentiellement fragile. Le pôle du Plan M représente la direction où le déplacement est nul.

Le graphique final est composé par les résultats obtenus avec les étapes "A" et "B" reportés sur le même diagramme.

La principale restriction à cette méthode est le fait que la concentration des vecteurs de la déformation incrémentale représente approximativement la déformation finie seulement quand les failles prises en considération ont des rejets de même ordre de grandeur.

Marret & Allmendinger (1990) ont utilisé l'artifice de pondérer l'influence de chaque faille analysée en donnant un poids à chacune des failles selon son rejet. Ils ont traité les données du plateau de Puna, de l'Argentine (zone de relief jeune) et ont pris en considération les failles tertiaires et quaternaires de grand rejet, en argumentant que les failles de petit rejets ont très peu d'importance pour la déformation totale.

Ici sont traitées les données d'un bassin sédimentaire de type demi-graben (objet géologique différent), installé sur une zone de relief mûre (la maturité du relief a une influence décisive sur la qualité d'exposition des plans des grandes failles). En plus, les bassins sédimentaires de ce type ont, généralement, au moins une de leurs limites marquée par des failles de grands rejets, et présentent dans leur intérieur un grand nombre de petites failles. Les données que nous avons utilisées ont été prises sur des failles de petits rejets. Dans ce cas le résultat obtenu doit être vu comme relatif à la déformation interne du bloc, car la déformation causée par une seule faille de grand rejet de la bordure du bassin peut être supérieure à la somme des déformations causées par des dizaines de petites failles localisées à l'intérieur du bassin.

### C. Résultats

Dans ce chapitre les résultats seront présentés sous une forme résumée. Les données et les résultats complets seront présentés dans l'annexe 3.

Initialement les données ont été regroupées en 11 stations différentes, selon la position géographique des affleurements: chaque station peut être représentée par un affleurement individuellement ou par un groupe d'affleurements proches. Les données ainsi regroupées ont été analysées par la méthode d'Etchecopar. Les résultats sont présentés ci-dessus et peuvent être visualisés sur la figure 47.

#### BREJO DAS FREIRAS NE:

ECART MOYEN EN DEGRES	30.45972		
SIGMA (1) =	.49372	DIRECTION	267.6
		PENDAGE	2.9
SIGMA (2) =	.01257	DIRECTION	160.3
		PENDAGE	80.4
SIGMA (3) =	-.50628	DIRECTION	358.1
		PENDAGE	9.1
RAPPORT R =	.52		

#### BREJO DAS FREIRAS NW:

ECART MOYEN EN DEGRES	22.66210		
SIGMA (1) =	.44679	DIRECTION	251.3
		PENDAGE	.5
SIGMA (2) =	.10642	DIRECTION	160.6
		PENDAGE	53.1
SIGMA (3) =	-.55321	DIRECTION	341.7
		PENDAGE	36.9
RAPPORT R =	.66		

#### BREJO DAS FREIRAS SE:

ECART MOYEN EN DEGRES	24.50850		
SIGMA (1) =	.49173	DIRECTION	239.2
		PENDAGE	15.7
SIGMA (2) =	.01655	DIRECTION	128.8
		PENDAGE	51.1
SIGMA (3) =	-.50827	DIRECTION	340.4
		PENDAGE	34.6
RAPPORT R =	.52		

#### POMBAL EST:

ECART MOYEN EN DEGRES	12.85472		
SIGMA (1) =	.65392	DIRECTION	57.1
		PENDAGE	8.0
SIGMA (2) =	-.30784	DIRECTION	324.0
		PENDAGE	21.3
SIGMA (3) =	-.34608	DIRECTION	166.6
		PENDAGE	67.1
RAPPORT R =	.04		

#### POMBAL OUEST:

ECART MOYEN EN DEGRES	33.88084		
SIGMA (1) =	.36206	DIRECTION	266.0
		PENDAGE	59.6
SIGMA (2) =	.27588	DIRECTION	51.1
		PENDAGE	25.7
SIGMA (3) =	-.63794	DIRECTION	148.6
		PENDAGE	15.1
RAPPORT R =	.91		

**SANTA HELENA EST(1):**

ECART MOYEN EN DEGRES	12.26271			
SIGMA (1)=	.42845	DIRECTION	231.9	PENDAGE 6.1
SIGMA (2)=	.14310	DIRECTION	141.3	PENDAGE 5.3
SIGMA (3)=	-.57155	DIRECTION	10.8	PENDAGE 81.9
RAPPORT R =	.71			

**SANTA HELENA EST(2):**

ECART MOYEN EN DEGRES	60.89478			
SIGMA (1)=	.35822	DIRECTION	254.5	PENDAGE 5.7
SIGMA (2)=	.28355	DIRECTION	153.8	PENDAGE 62.0
SIGMA (3)=	-.64178	DIRECTION	347.5	PENDAGE 27.3
RAPPORT R =	.93			

**SANTA HELENA OUEST:**

ECART MOYEN EN DEGRES	31.11477			
SIGMA (1)=	.66183	DIRECTION	81.3	PENDAGE 3.7
SIGMA (2)=	-.32366	DIRECTION	175.4	PENDAGE 47.9
SIGMA (3)=	-.33817	DIRECTION	348.0	PENDAGE 41.9
RAPPORT R =	.01			

**SOUSA EST:**

ECART MOYEN EN DEGRES	19.30062			
SIGMA (1)=	.43330	DIRECTION	92.9	PENDAGE 60.1
SIGMA (2)=	.13339	DIRECTION	248.8	PENDAGE 27.7
SIGMA (3)=	-.56670	DIRECTION	344.3	PENDAGE 10.4
RAPPORT R =	.70			

**SOUSA NORD:**

ECART MOYEN EN DEGRES	19.77823			
SIGMA (1)=	.44715	DIRECTION	306.6	PENDAGE 72.3
SIGMA (2)=	.10570	DIRECTION	64.8	PENDAGE 8.6
SIGMA (3)=	-.55285	DIRECTION	157.2	PENDAGE 15.4
RAPPORT R =	.66			

**SOUSA SUD:**

ECART MOYEN EN DEGRES	9.77201			
SIGMA (1)=	.64308	DIRECTION	250.4	PENDAGE 34.8
SIGMA (2)=	-.28617	DIRECTION	156.7	PENDAGE 5.3
SIGMA (3)=	-.35692	DIRECTION	59.2	PENDAGE 54.6
RAPPORT R =	.07			

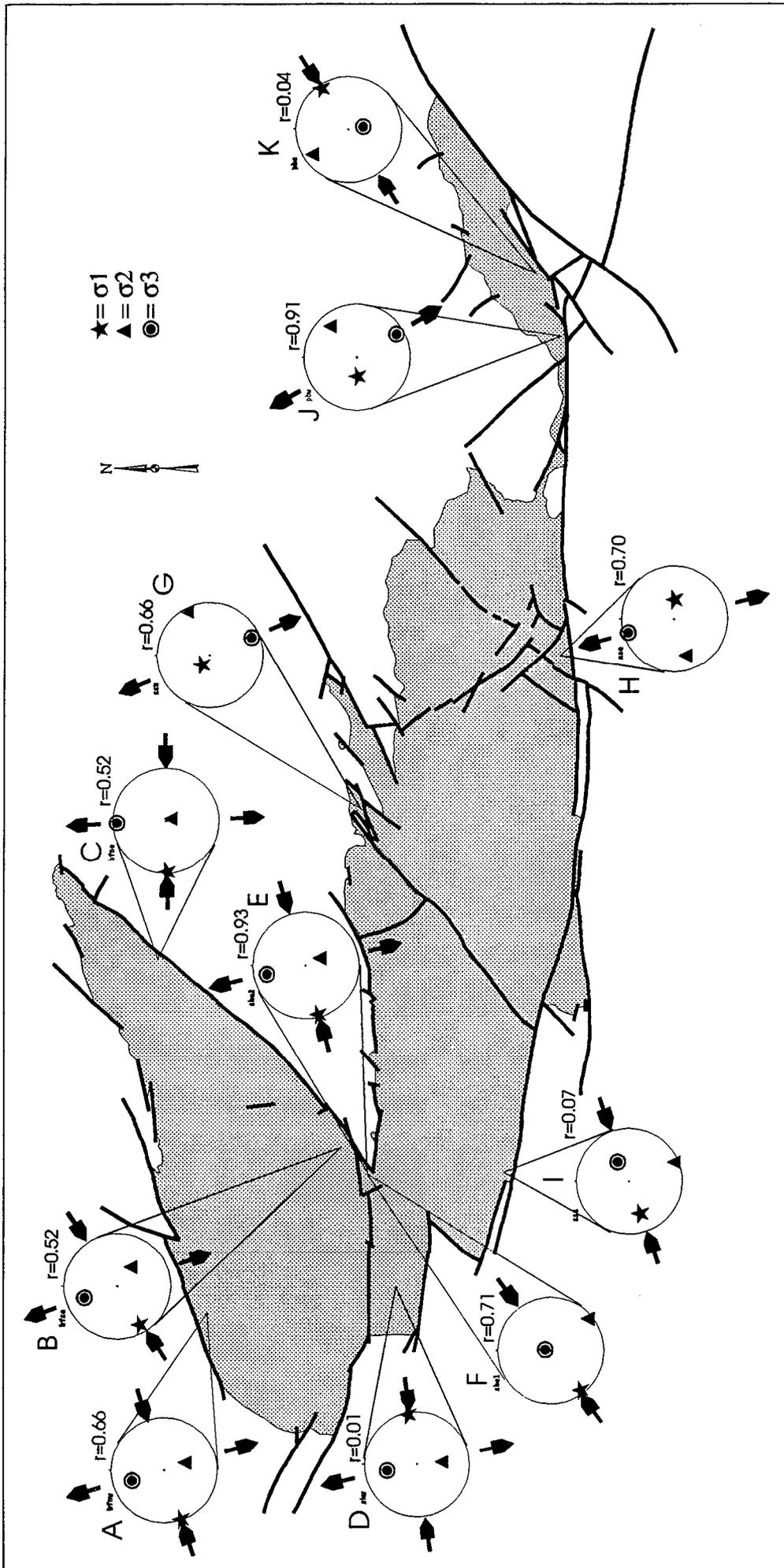


Fig 47 - Directions des contraintes principales calculées par la méthode d'Etchecopar à partir de données de failles et de stries. Quand les contraintes principales maximale et minimale sont sub-horizontales elles sont représentées par des flèches.

Les résultats présentés ci-dessus ont été obtenus après la mise à l'écart de plusieurs failles. L'abandon de ces failles a été fait dans l'objectif d'améliorer l'histogramme d'erreur et de diminuer l'écart moyen. On a observé que les données écartées de différentes stations étaient compatibles entre elles, ce qui veut dire que lorsque ces données sont traitées comme un groupe, on obtient des bons résultats. Pour ce motif on a regroupé les données par sub-bassin, c'est à dire, en considérant chaque sub-bassin comme une station. Les résultats ainsi obtenus sont de meilleure qualité (écart moyen plus faible et moins de données écartées).

Avec ce nouveau regroupement les données ont été distribuées en 4 groupes:

- Sub-Bassin de Brejo das Freiras 41 données,
- Sub-Bassin de Sousa 46 données,
- Sub-Bassin de Pombal 30 données et
- Haut-fond de Santa Helena 43 données.

Chacun de ces groupes de données a été analysé avec les 3 méthodes ci-dessus décrites. Dans un premier temps les résultats seront présentés séparément pour chaque sub-bassin et après ils seront interprétés conjointement:

### 1. Sub-Bassin de Brejo das Freiras

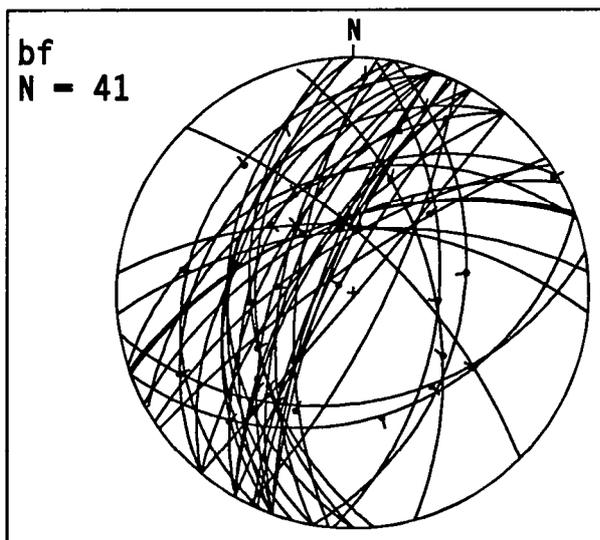


Fig 48 - Diagramme de Wulff (hémisphère inférieur) des failles du Sub-Bassin de Brejo das Freiras.

L'analyse des 41 données (Fig 48) de ce sub-bassin par la méthode d'Etchecopar résulte en un histogramme d'écart angulaire entre la strie théorique et les stries réelles (lequel sera désormais appelé "histogramme d'écart"), composé de 14 classes (cf annexe 3).

L'écart moyen entre le tenseur calculé et les tenseurs théoriques pour chaque strie (lequel sera désormais appelé "écart moyen") est de 46°.

Ce résultat n'est pas satisfaisant. L'histogramme d'écart indique que les données peuvent être subdivisés en deux sous-groupes: le premier avec 20 données et le second avec 12 données (Fig 49). Il resté cependant 9 données incompatibles avec les solutions trouvées.

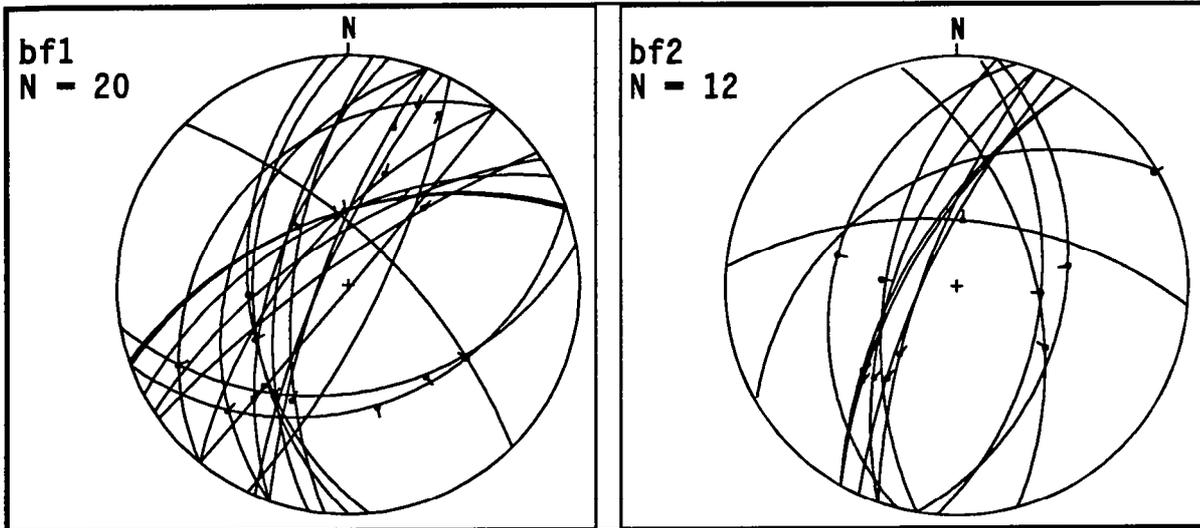


Fig 49-Diagramme de Wulff (hémisphère inférieure) avec les failles du premier (bf1) et du second (bf2) sous-groupe de données du Sub-Bassin de Brejo das Freiras.

Les résultats des analyses effectuées sur ces deux sous-groupes par la méthode d'Etchecopar présentés dans les tableaux 1 et 2 ci-dessous:

BREJO DES FREIRAS - Première solution - 20 données - écart moyen=12° - R=0.48

tableau1	VALEUR	DIRECTION	PENDAGE
$\sigma_1$	0.51	250	3
$\sigma_2$	-0.01	152	67
$\sigma_3$	-0.49	341	23

## BREJO DAS FREIRAS -Deuxième solution - 12 données - écart moyen 9° - R=0.33

tableau2	VALEUR	DIRECTION	PENDAGE
$\sigma_1$	0.55	276	4
$\sigma_2$	-0.11	166	80
$\sigma_3$	-0.44	6	10

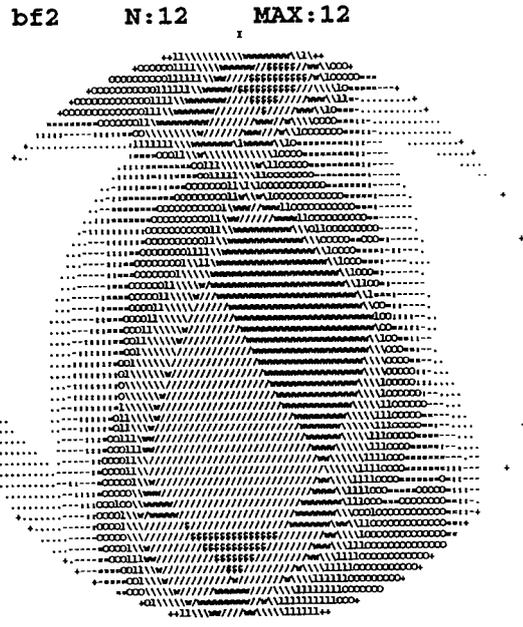
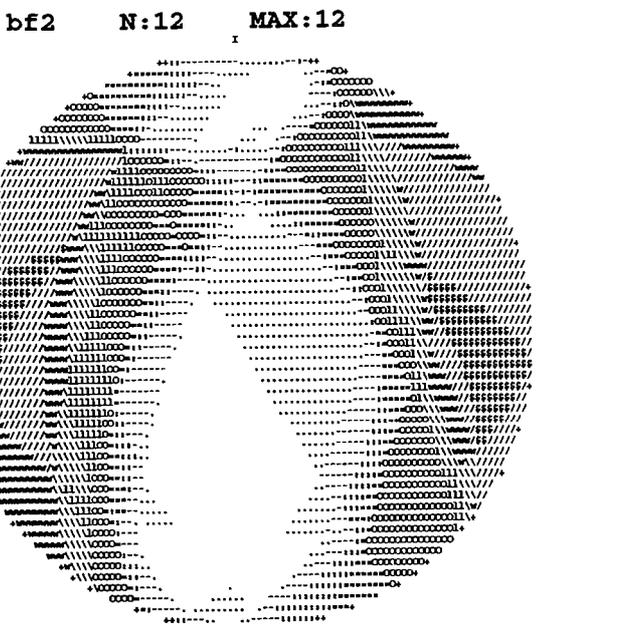
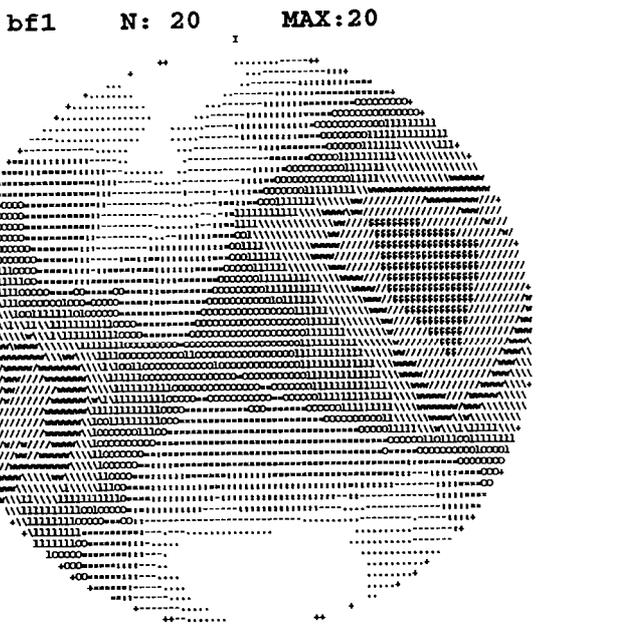
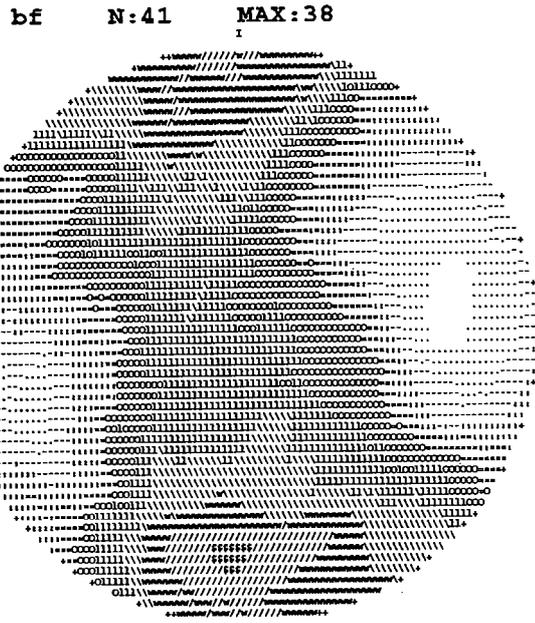
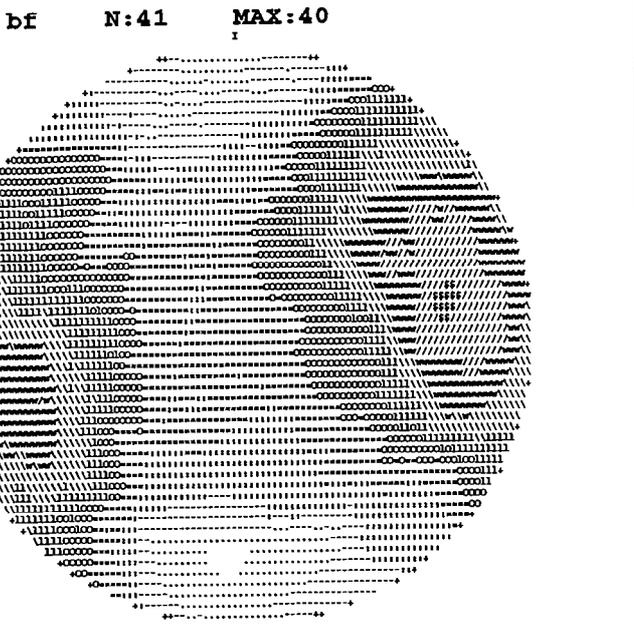
Quand les 41 données sont traités avec la méthode des dièdres le résultat est un graphique avec MAX=40 pour le diagramme en compression et MAX=38 pour le diagramme en extension (signifiant respectivement 40 et 38 données compatibles avec les zones de concentrations maximales de chaque graphique). Les zones en compression et en extension sont bien définies (fig 50-bf). Chaque zone d'isoconcentration du diagramme est remplie par des symboles qui ont été choisis de façon à faciliter la séparation visuelle des zones dans le graphique. Les symboles utilisés sont: "\$"=MAX; "/"=90% de MAX; "w"=80% de MAX; "\"=70% de MAX; "l"=60% de MAX; "O"=50% de MAX; "="=40% de MAX; ":"=30% de MAX; "-"=20% de MAX; "."=10% de MAX.

Pour comparer les résultats obtenus avec des méthodes différentes, on a appliqué la méthode des dièdres sur les 2 sous-groupes de données qui ont été définis avec la méthode d'Etchecopar. La figure 50-bf1 présente les résultats du premier sous-groupe de données (respectivement compression et extension) et la figure 50-bf2 présente les résultats du second sous-groupe.

Les mêmes données ont été traités avec la méthode d'analyse des vecteurs de la déformation incrémentale. Les résultats obtenus sont présentés sur 2 diagrammes de Schmidt: un diagramme pour les axes de raccourcissement et un autre pour les axes d'allongement. Dans chaque diagramme MAX indique la valeur de la plus grande concentration déterminée dans une aire de 1% de l'aire totale du diagramme. La quantité de données traitées est représentée par "N". Sur la partie inférieure de chaque diagramme sont indiquées les valeurs, en pourcentages, de chaque isoligne (Fig 51, 52 et 53).

Compression diagram

Tension diagram



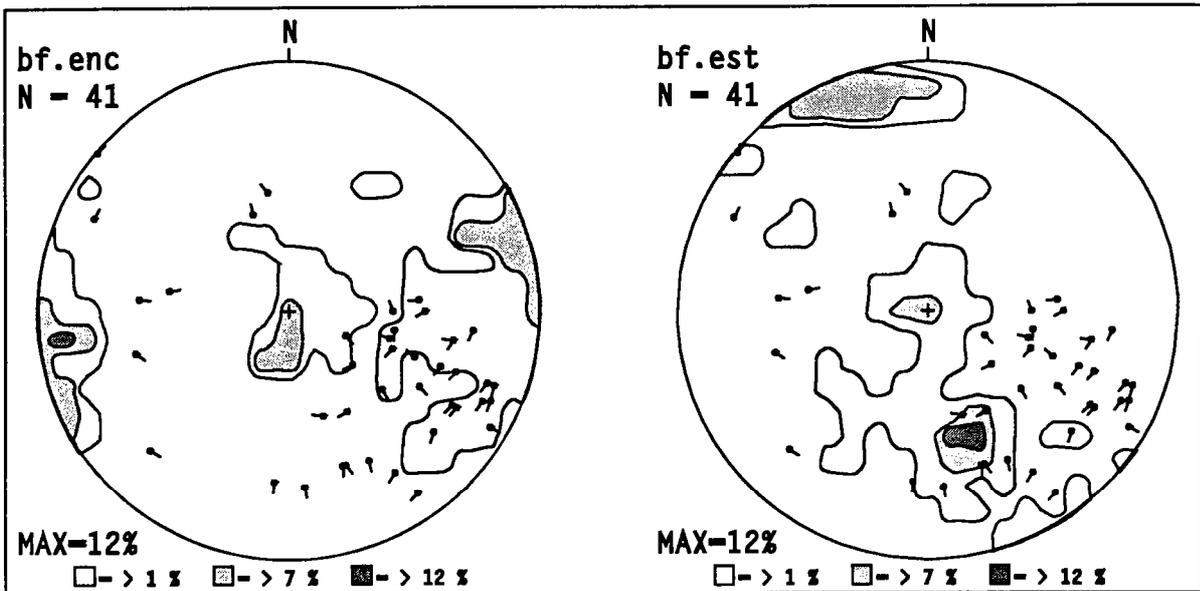


Fig 51 - Diagramme de Schmidt avec les concentrations des axes principaux de déformation et la direction des vecteurs de déplacement des blocs faillés du Sub-Bassin de Brejo das Freiras. Le graphique de gauche se réfère au raccourcissement et celui de droite à l'allongement.

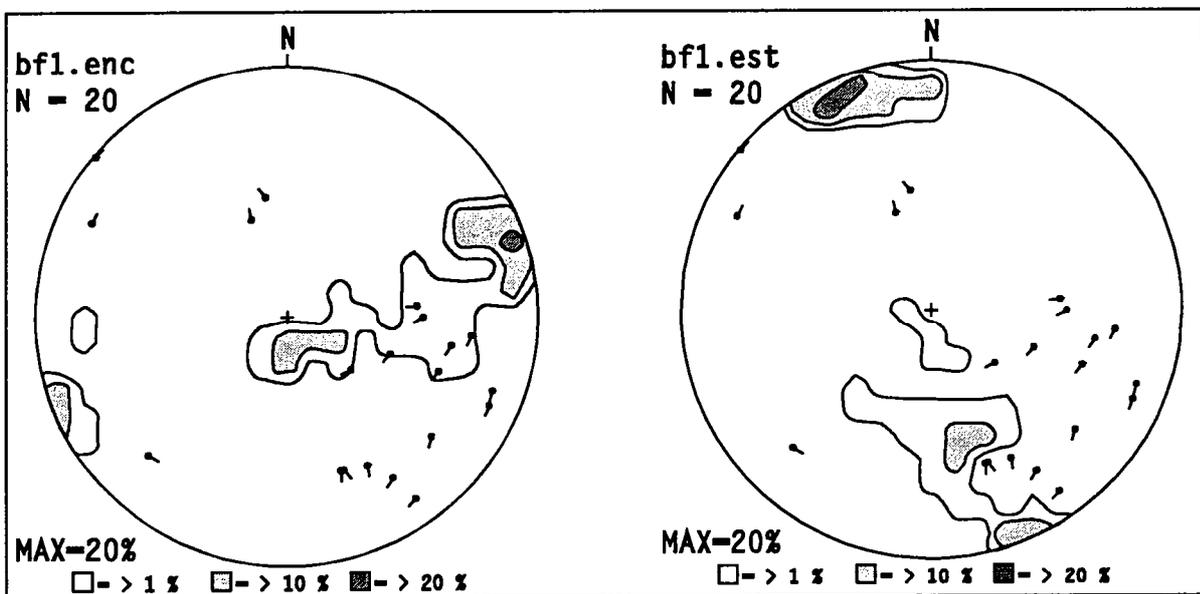


Fig 52 - Diagramme de Schmidt avec les concentrations des axes principaux de déformation et les directions des vecteurs de déplacement des blocs faillés du premier sous-groupe de données du Sub-Bassin de Brejo das Freiras. Le graphique de gauche se réfère au raccourcissement et celui de droite à l'allongement.

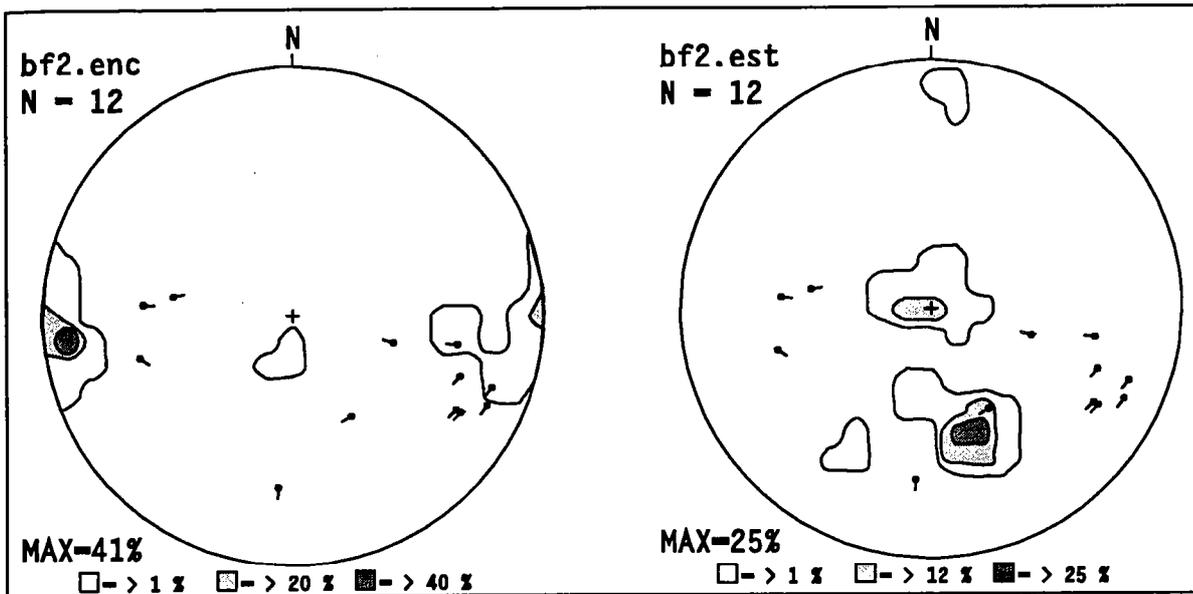


Fig 53 - Diagramme de Schmidt avec les concentrations des axes principaux de déformation et les directions des vecteurs de déplacement des blocs faillés du deuxième sous-groupe de données du Sub-Bassin de Brejo das Freiras. Le graphique de gauche se réfère au raccourcissement et celui de droite à l'allongement.

## 2. Sub-Bassin de Sousa

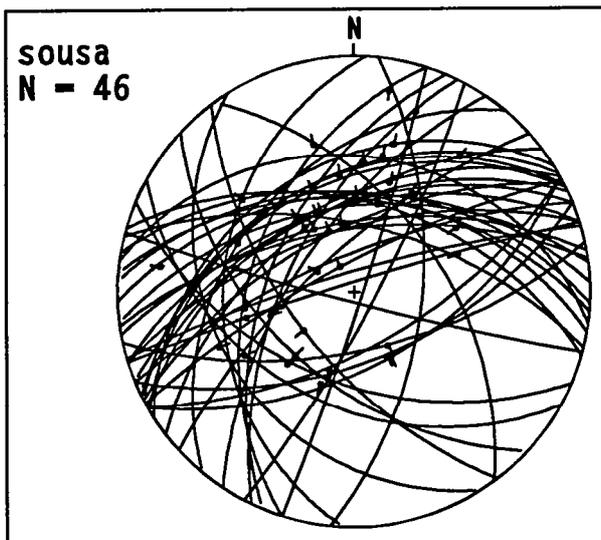


Fig 54 - Diagramme de Wulff (hémisphère inférieur) avec toutes les données du Sub-Bassin de Sousa.

L'analyse des 46 données du Sub-Bassin de Sousa (Fig 54) par la méthode d'Etchecopar a résulté en un histogramme d'écart divisé en 15 classes et une grande dispersion de  $\sigma_1$  et de  $\sigma_2$  sur le diagramme de Schmidt (cf annexe 3). Un tri des données a permis la détermination de 2 sous-groupes: un qui contient 28 données et un autre avec 10 mesures (Fig 55). Il est resté 8 données incohérentes avec les solutions trouvées.

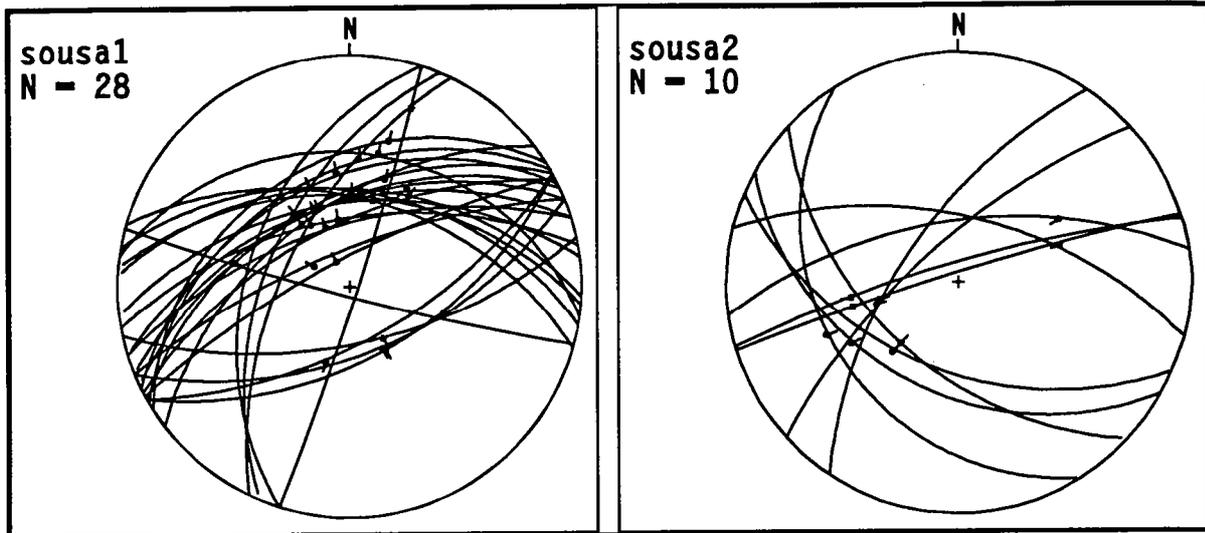


Fig 55 - Diagramme de Wulff (hémisphère inférieur) avec les données du premier (sousa1) et du second (sousa2) sous-groupe de données du Sub-Bassin de Sousa.

Les tableaux ci-dessous présentent les résultats de l'application de la méthode d'Etchecopar sur les données du premier et du second sous-groupes de failles.

SUB-BASSIN DE SOUSA -Premier résultat-28 données - écart moyen 16° - R=0.58

tableau3	VALEUR	DIRECTION	PENDAGE
$\sigma_1$	0.47	117	71
$\sigma_2$	0.05	248	13
$\sigma_3$	-0.53	342	14

SUB-BASSIN DE SOUSA -Second résultat- 10 données-écart moyen 12° - R=0.54

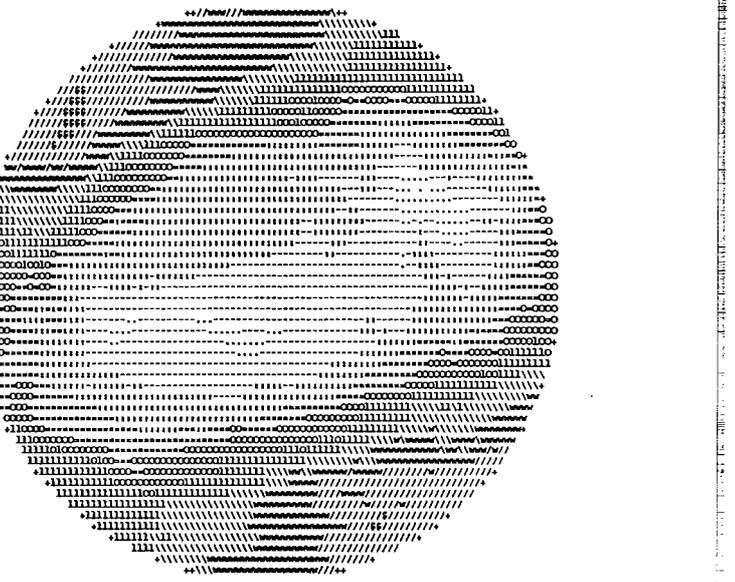
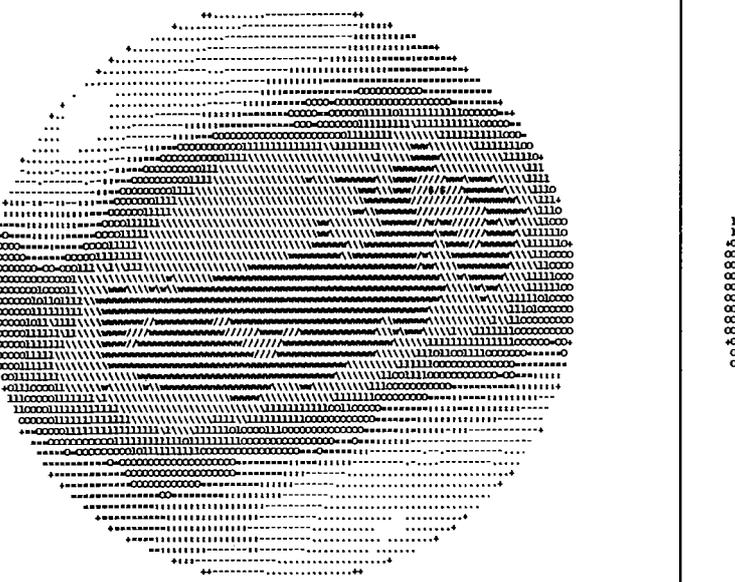
tableau4	VALEUR	DIRECTION	PENDAGE
$\sigma_1$	0.49	237	7
$\sigma_2$	0.03	145	15
$\sigma_3$	-0.51	351	74

Compression diagram

Tension diagram

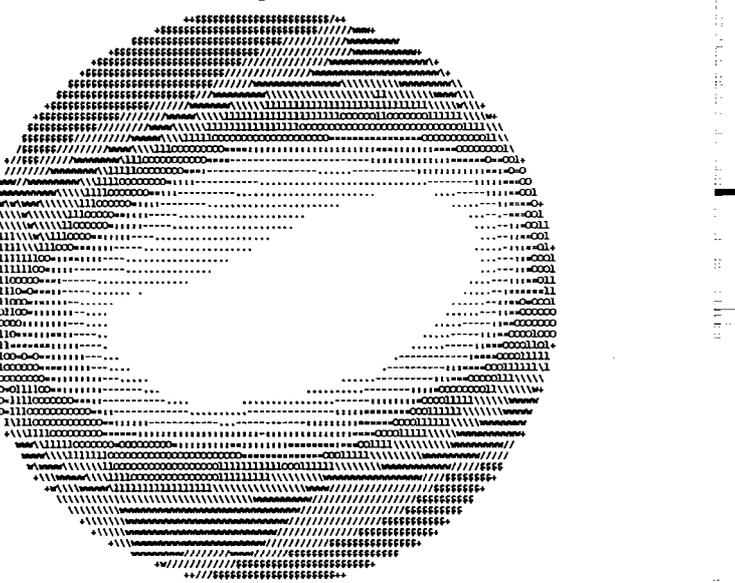
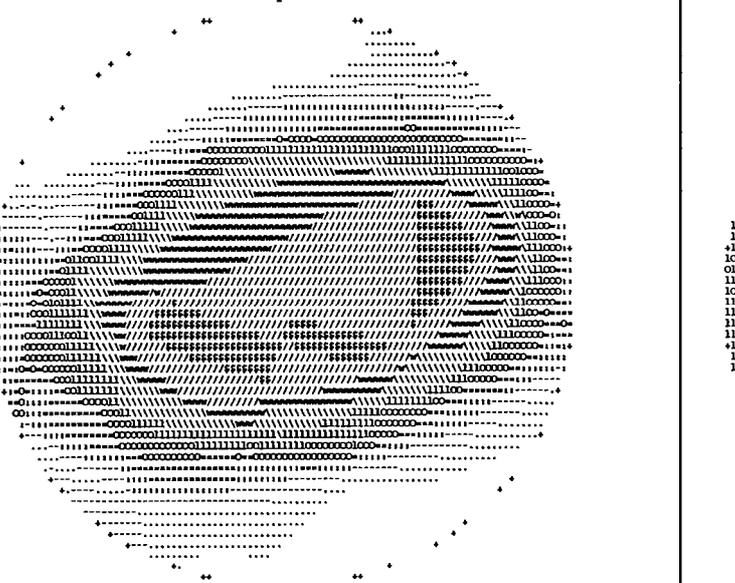
sousa N:46 MAX:42

sousa N:46 MAX:43



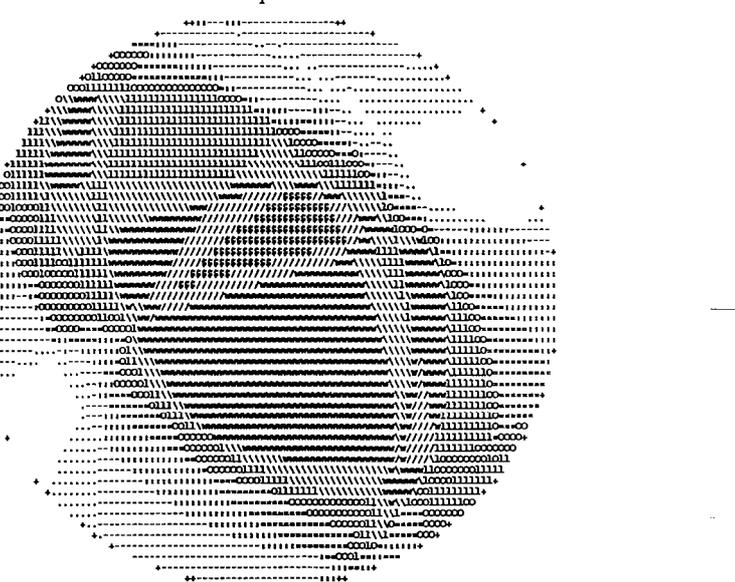
sousa1 N:28 MAX:28

sousa1 N:28 MAX:28



sousa2 N:10 MAX:10

sousa2 N:10 MAX:10



Les mêmes 46 données ont été analysées par la méthode des dièdres droits et il en résulte des diagrammes montrant des zones de compression et d'extension bien définies, MAX= 42 pour la compression et MAX= 43 pour l'extension (Fig 56-sousa). Les symboles utilisés dans ces figures sont les mêmes que ceux utilisés pendant l'analyse des données du Sub-Bassin du Brejo das Freiras.

Comme dans le sub-bassin précédent on a traité les deux sous-groupes de données séparément. Les résultats sont consignés sur les figures 56-sousa1 et 56-sousa2.

L'analyse de concentrations des axes de la déformation incrémentale du groupe de 46 données de ce sub-bassin a présenté une grande dispersion (Fig 57). Cette dispersion reflète le fait que ce groupe est composé de données qui appartiennent à deux sous-groupes différents. L'analyse indépendante de ces sous-groupes produit des résultats plus homogènes (Fig 58 et 59).

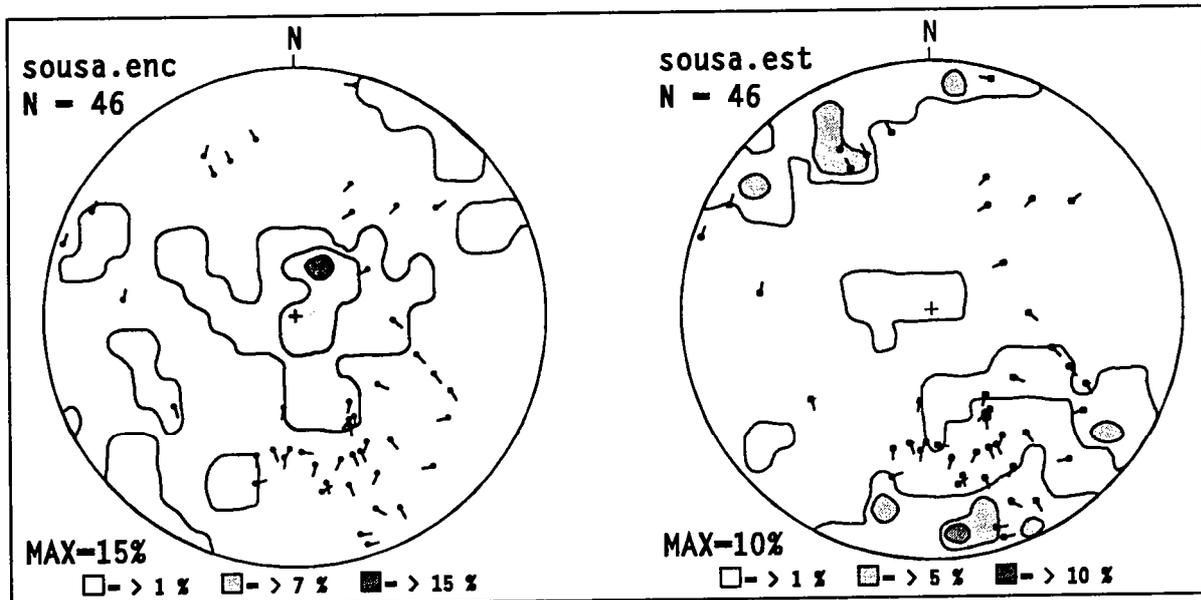


Fig 57 - Concentrations des axes principaux de la déformation et direction des vecteurs de déplacement des blocs faillés du Sub-Bassin de Sousa. Le graphique de gauche se réfère au raccourcissement et celui de droite à l'allongement. Projection en diagramme de Schmidt - hémisphère inférieure.

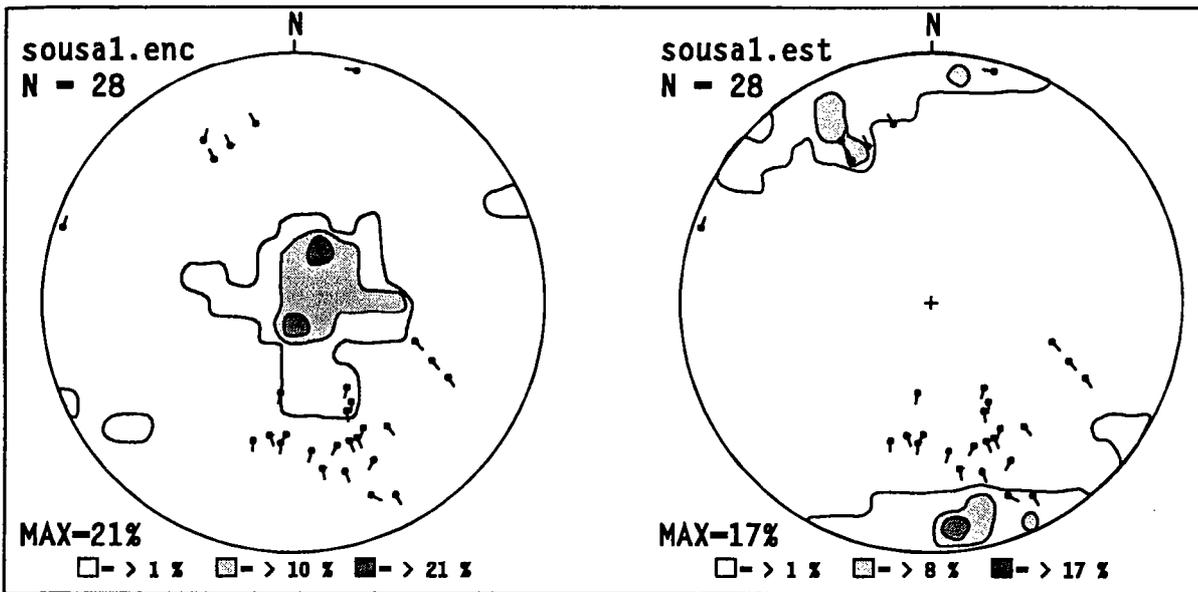


Fig 58 - Concentrations des axes principaux de la déformation et directions des vecteurs de déplacement des blocs faillés du premier sous-groupe de données du Sub-Bassin de Sousa. Le graphique de gauche se réfère au raccourcissement et celui de droite à l'allongement. Projection sur diagramme de Schmidt - hémisphère inférieur.

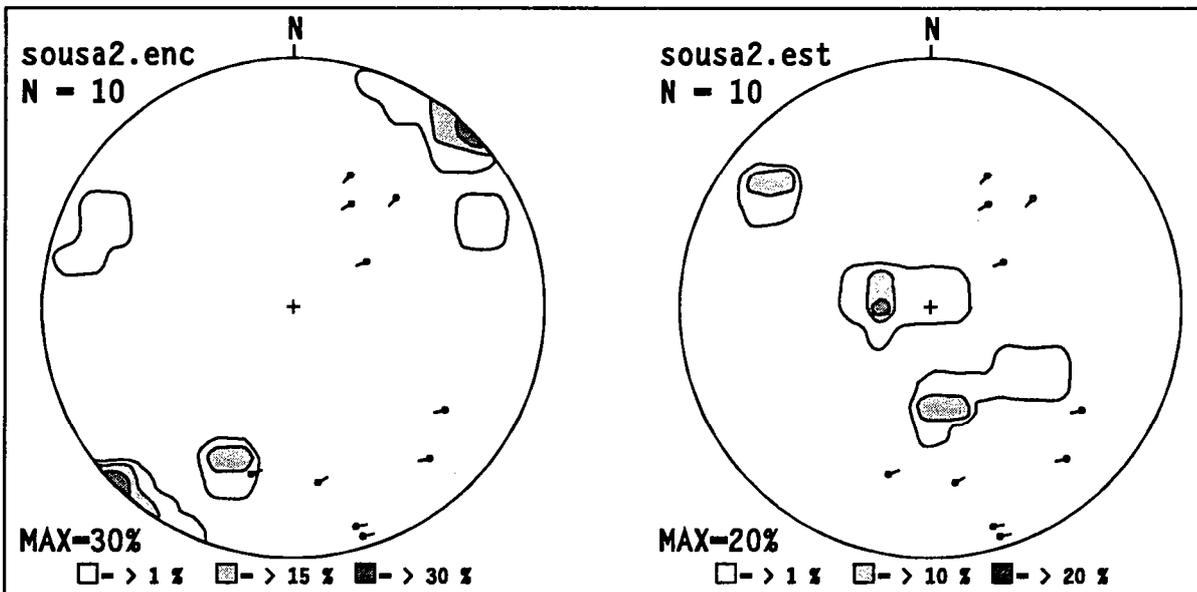


Fig 59 - Concentrations des axes principaux de la déformation et directions des vecteurs de déplacement des blocs faillés du second sous-groupe de données du Sub-Bassin de Sousa. Le graphique de gauche se réfère au raccourcissement et celui de droite à l'allongement. Projection sur diagramme de Schmidt - hémisphère inférieur.

### 3. Sub-Bassin de Pombal

La qualité de l'analyse des 30 données du Sub-Bassin de Pombal (fig 60) par la méthode d'Etchecopar est évaluée par un histogramme d'écart divisé en 17 classes et un écart moyen de 34°. La soustraction de 8 données apporte une amélioration sur la qualité des résultats, notamment sur l'histogramme d'écart, qui ne se compose plus que de 3 classes. Par conséquent, les analyses seront réalisées sur un groupe réduit à 22 données (Fig 61) après avoir écarté 8 données.

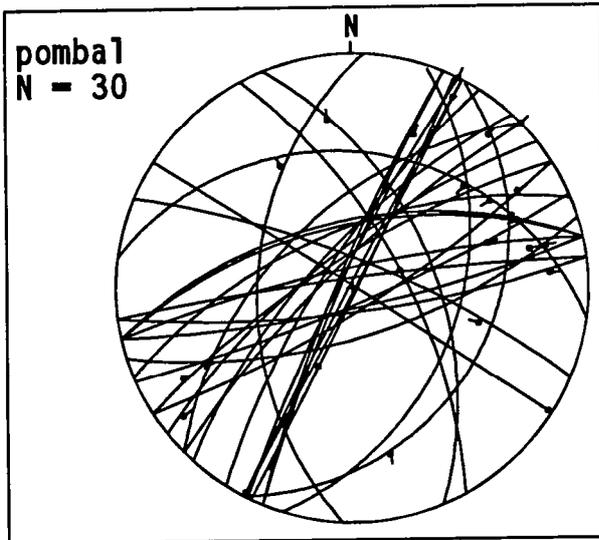


Fig 60 - Diagramme de Wulff (hémisphère inférieur) avec les 30 failles et stries du Sub-Bassin de Pombal.

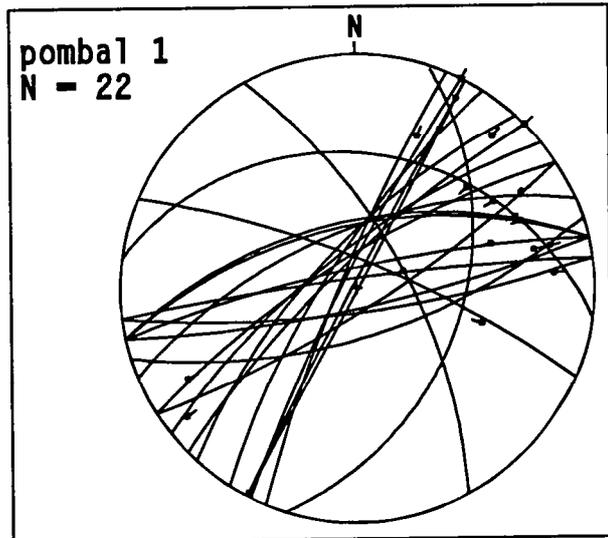


Fig 61 - Diagramme de Wulff avec le groupe de données utilisées pour l'analyse du Sub-Bassin de Pombal.

SUB-BASSIN DE POMBAL -Solution unique-22 données -écart moyen=9° - R=0.03

tableau5	VALEUR	DIRECTION	PENDAGE
$\sigma_1$	0.66	56	10
$\sigma_2$	-0.31	146	1
$\sigma_3$	-0.34	240	80

Les 30 données traitées par la méthode des dièdres droits produisent des diagrammes dont la zone en compression est mieux définie que la zone en extension, mais sur lesquels la valeur de MAX est la même et égal à 29 (Fig 62). Les symboles utilisés ici sont les mêmes que ceux utilisés pour les sub-bassins précédents.

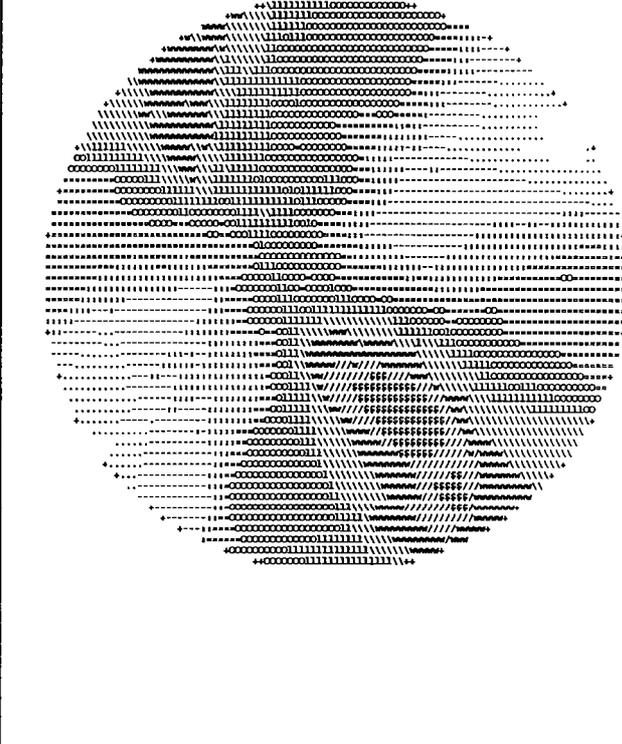
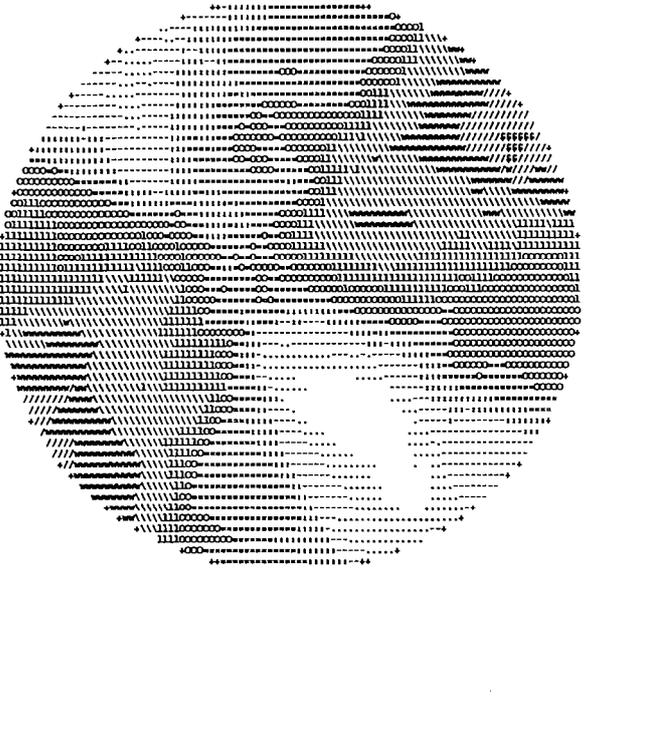
Fig 62 - POMBAL SCHMIDT LOWER HEMISPHERE

Compression diagram

Tension diagram

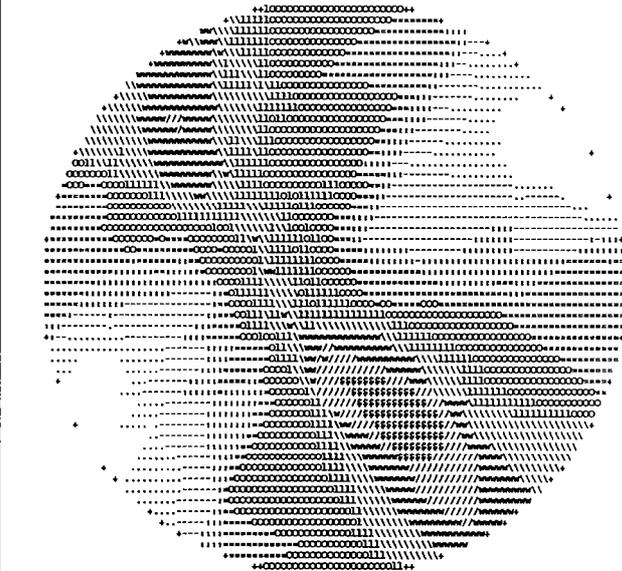
pombal N:30 MAX:29

pombal N:30 MAX:29



pombal1 N:22 MAX:22

pombal1 N:22 MAX:22



Les résultats de la méthode d'analyse des concentrations des axes de la déformation incrémentale sont présentés par les figures 63 et 64.

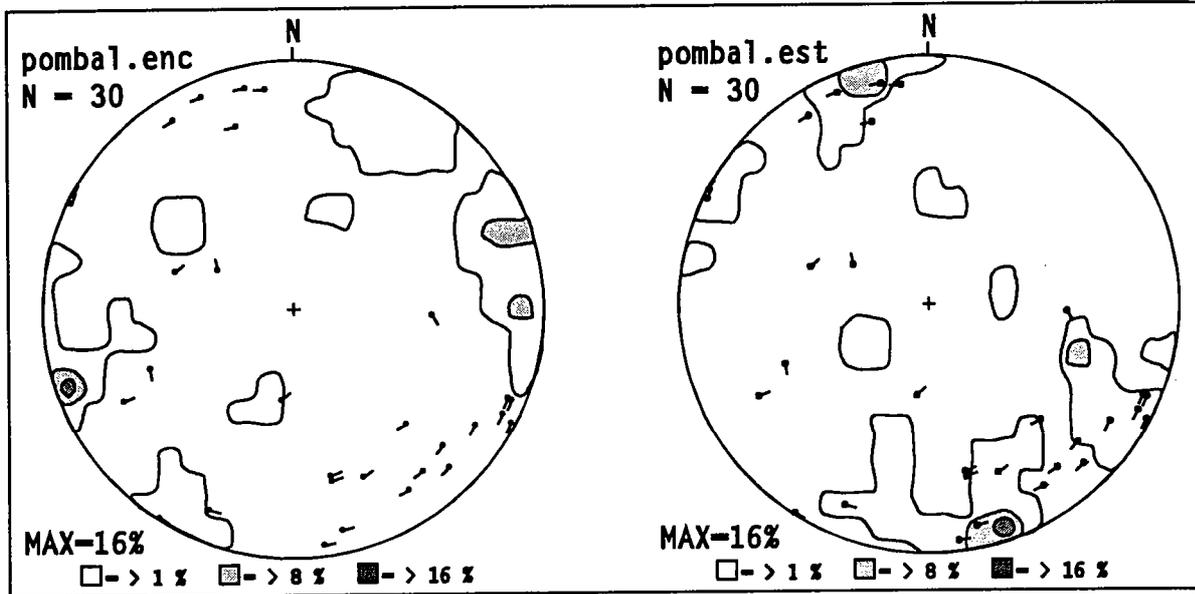


Fig 63 - Lignes d'isoconcentration des axes principales de déformation et des vecteurs de déplacements des blocs faillés des données du Sub-Bassin de Pombal (diagramme de Schmidt, - hémisphère inférieur). Le graphique de gauche présente les concentrations des axes de raccourcissement et celui de droite les axes d'allongement.

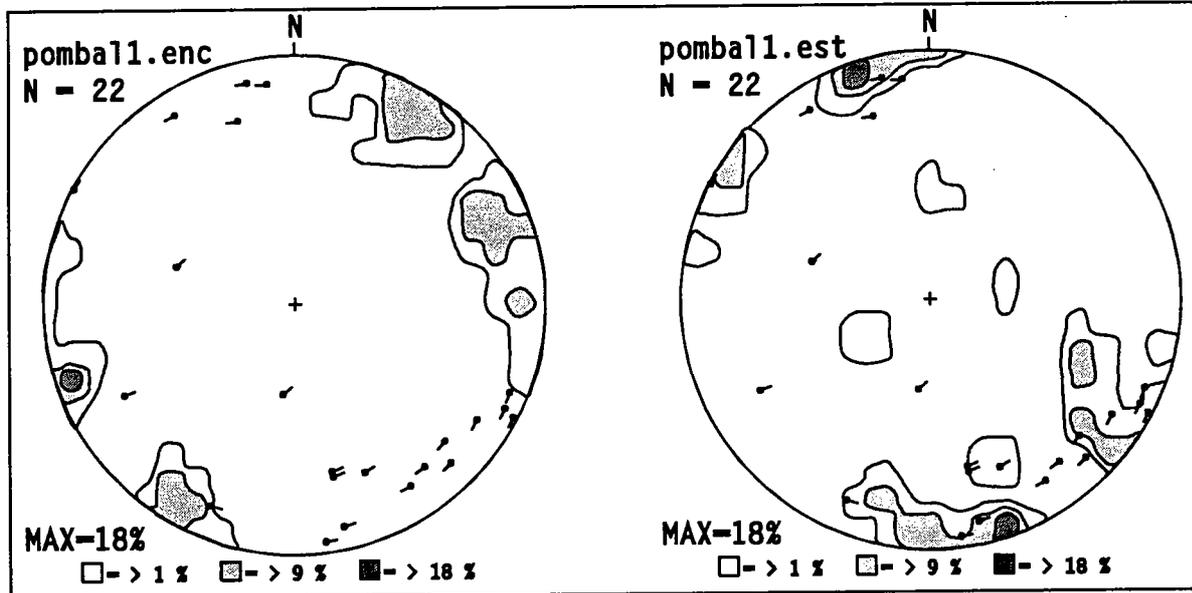


Fig 64 - Lignes d'isoconcentration des axes principaux de déformation et vecteurs déplacement des blocs faillés des données sélectionnées du Sub-Bassin de Pombal (diagramme de Schmidt, hémisphère inférieur). Le graphique de gauche présente les concentrations des axes de raccourcissement et celui de droit les axes d'allongement.

#### 4. Haut-fond de Santa Helena

L'application de la méthode d'Etchecopar sur les 43 données du Haut-fond de Santa Helena (Fig 65) montre un histogramme d'écart composé de 20 classes et un écart moyen de  $67^\circ$  (cf annexe 3).

Un tri des données a permis de les diviser en 2 sous-groupes (sh1 et sh2) contenant respectivement 21 et 11 données (Fig 66). Onze données ont été ignorées.

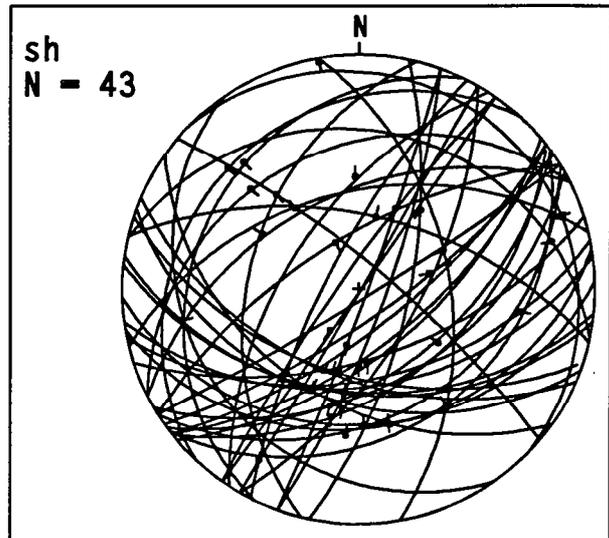


Fig 65 - Projection stéréographique (Wulff - hémisphère inférieur) des données du Haut-fond de Santa Helena.

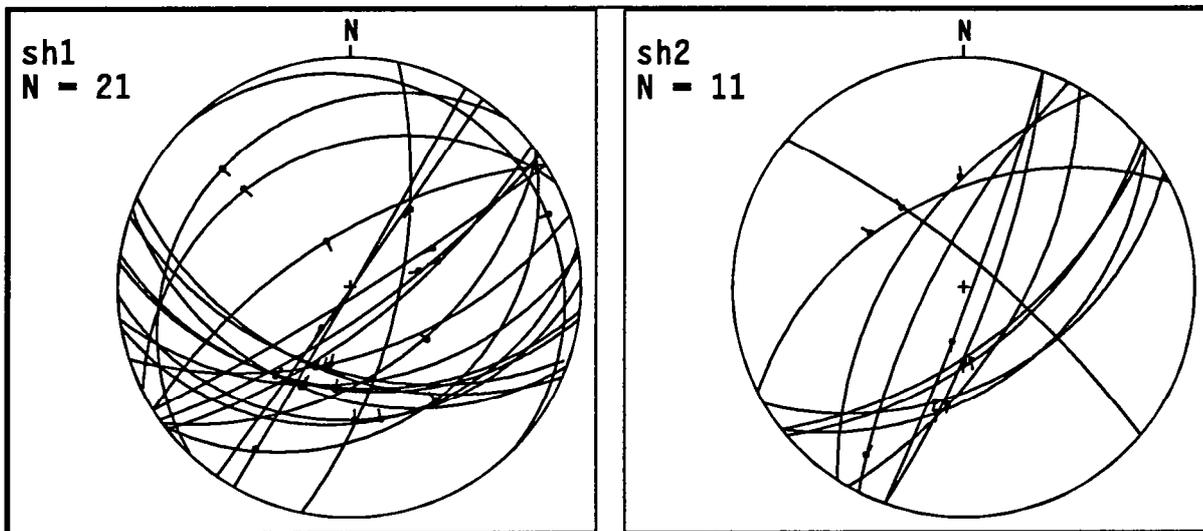


Fig 66 - Projection stéréographique (Wulff - hémisphère inférieur) du premier (sh1) et du second (sh2) sous-groupe de données du Haut-fond de Santa Helena.

Les tableaux ci-dessous présentent les résultats des 2 sous-groupes de données analysées par la méthode d'Etchecopar

SANTA HELENA - Première solution - 21 données - écart moyen=13° - R=0.64

tableau6	VALEUR	DIRECTION	PENDAGE
$\sigma_1$	0.45	243	1
$\sigma_2$	0.09	333	2
$\sigma_3$	-0.55	109	88

SANTA HELENA - seconde solution - 11 données - écart moyen=10° - R=0.41

tableau7	VALEUR	DIRECTION	PENDAGE
$\sigma_1$	0.53	261	58
$\sigma_2$	-0.06	55	29
$\sigma_3$	-0.47	152	11

Le graphique résultant de l'analyse des 43 données du Haut-fond de Santa Helena par la méthode des dièdres droits présente une faible qualité, en raison de l'hétérogénéité des données. Pour le graphique d'extension MAX = 33 et pour celui de compression MAX = 39 (Fig 67-sh). De la même façon que dans les cas antérieurs, on a analysé les données divisées en sous-groupes. Les résultats sont présentés sur les Figures 67-sh1 et 67-sh2.

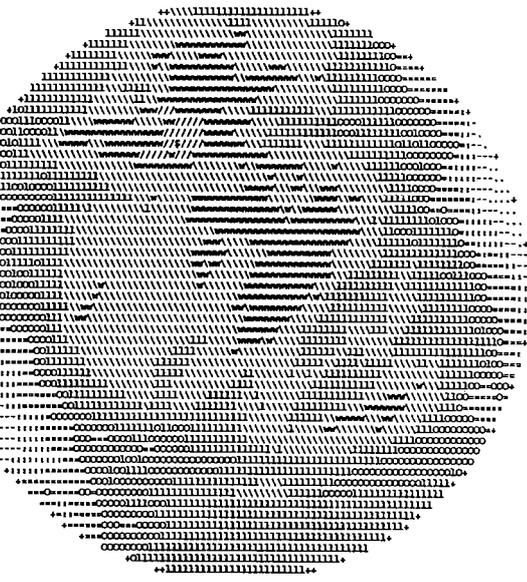
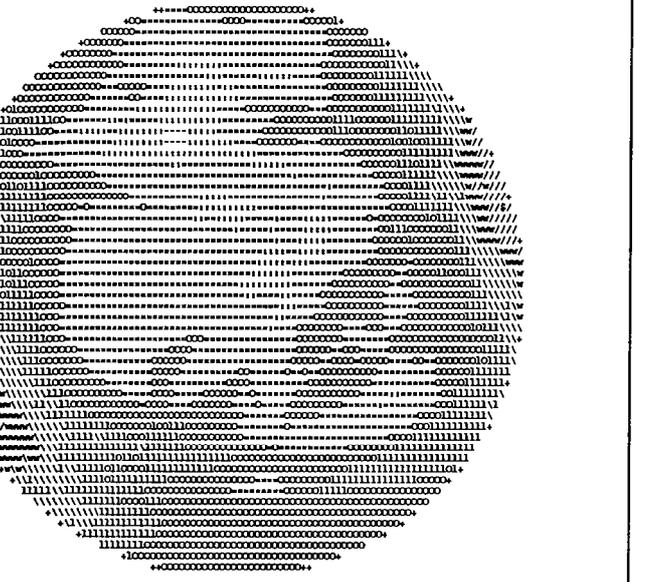
Les résultats de la méthode des concentrations des axes de déformation pour le Haut-fond de Santa Helena reflètent aussi l'hétérogénéité des données de cette zone (fig 68). Après la division des données en sous-groupes persiste encore la dispersion des données dans le graphique relatif aux axes de raccourcissement du premier sous-groupe (Fig 69). La figure 70 présente les résultats du second sous-groupe de données.

Compression diagram

Tension diagram

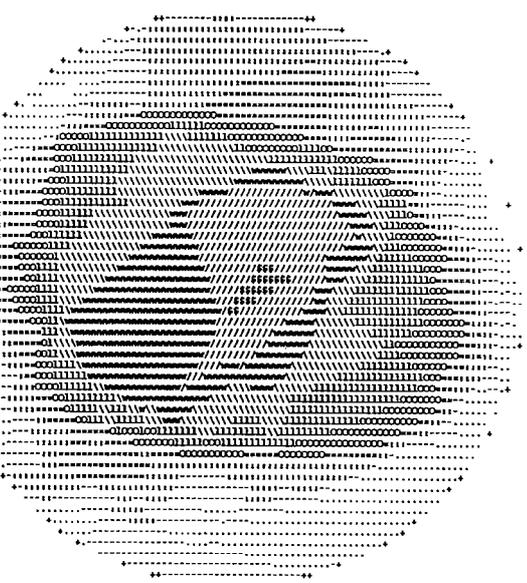
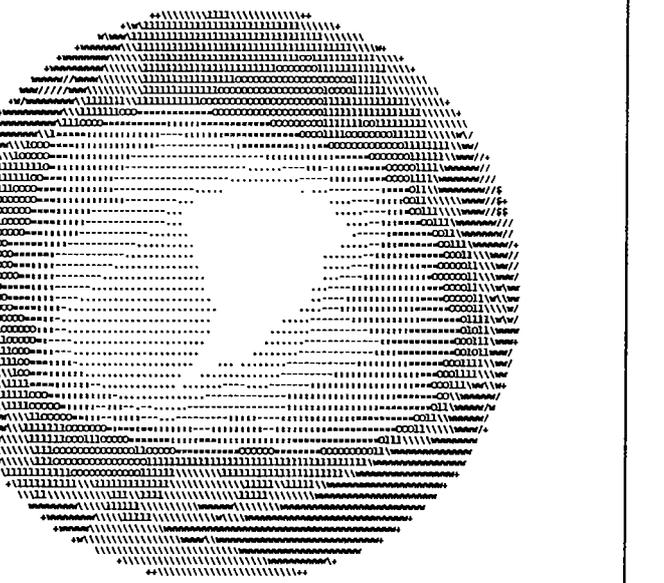
sh N:43 MAX:39

sh N:43 MAX:33



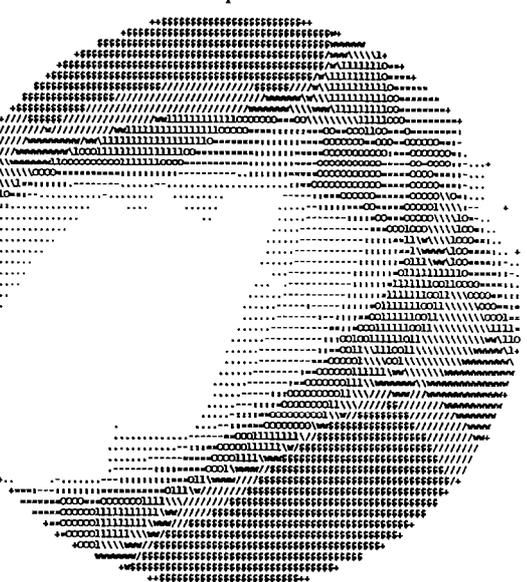
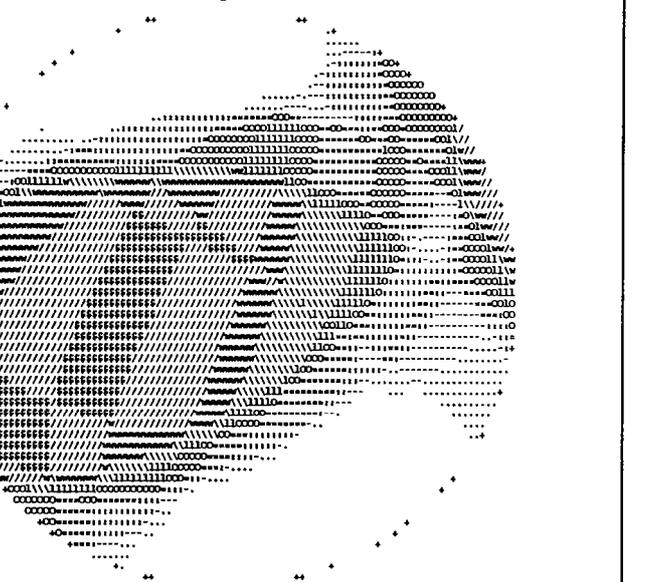
sh1 N:21 MAX:21

sh1 N:21 MAX:21



sh2 N:11 MAX:11

sh2 N:11 MAX:11



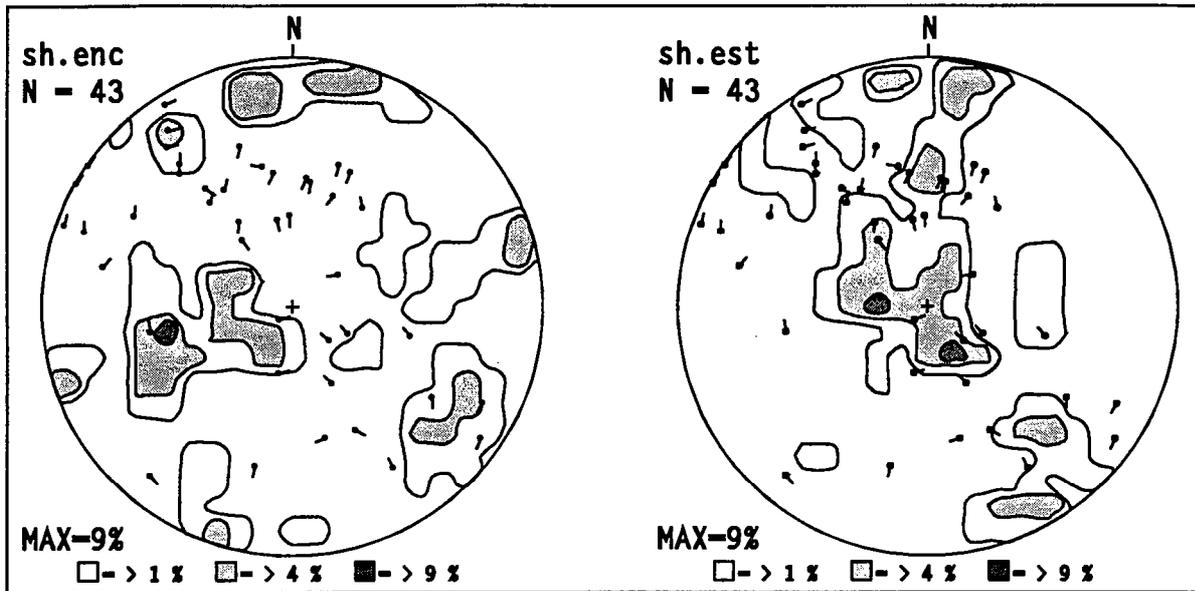


Fig 68 - Lignes d'isoconcentration des axes principales de déformation et des vecteurs déplacement des blocs faillés du Haut-fond de Santa Helena sur diagramme de Schmidt - hémisphère inférieur. Le graphique de gauche présente les concentrations des axes de raccourcissement et celui de droit représente les axes d'allongement.

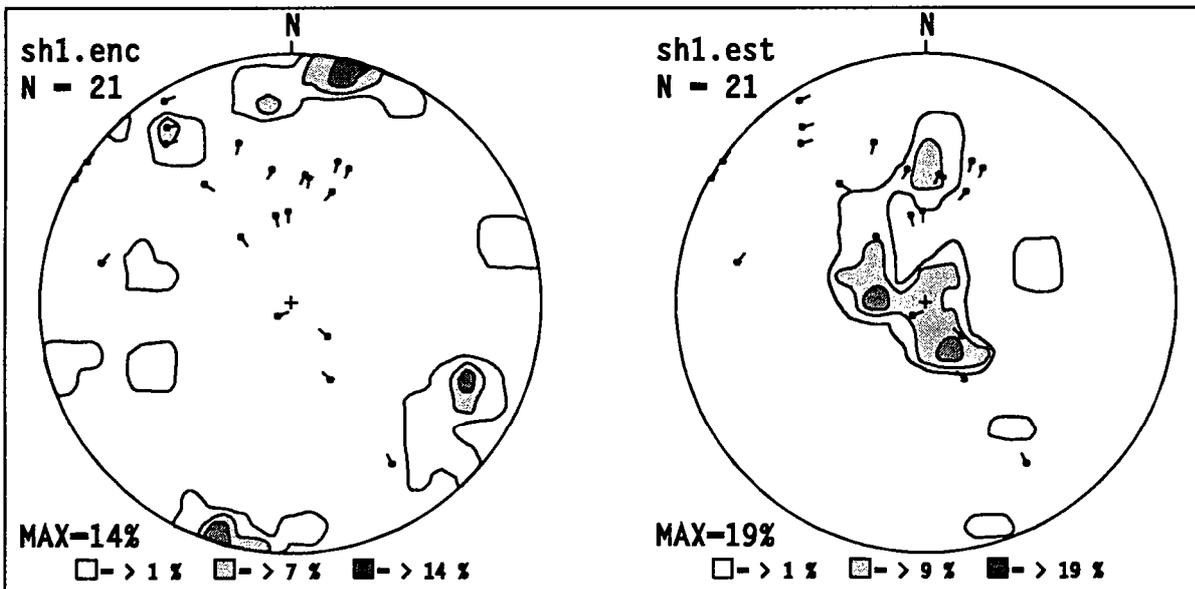


Fig 69 - Lignes d'isoconcentration des axes principales de déformation et des vecteurs déplacement des blocs faillés du premier sous-groupe de données du Haut-fond de Santa Helena sur diagramme de Schmidt - hémisphère inférieur. Le graphique de gauche présente les concentrations des axes de raccourcissement et celui de droit représente les axes d'allongement.

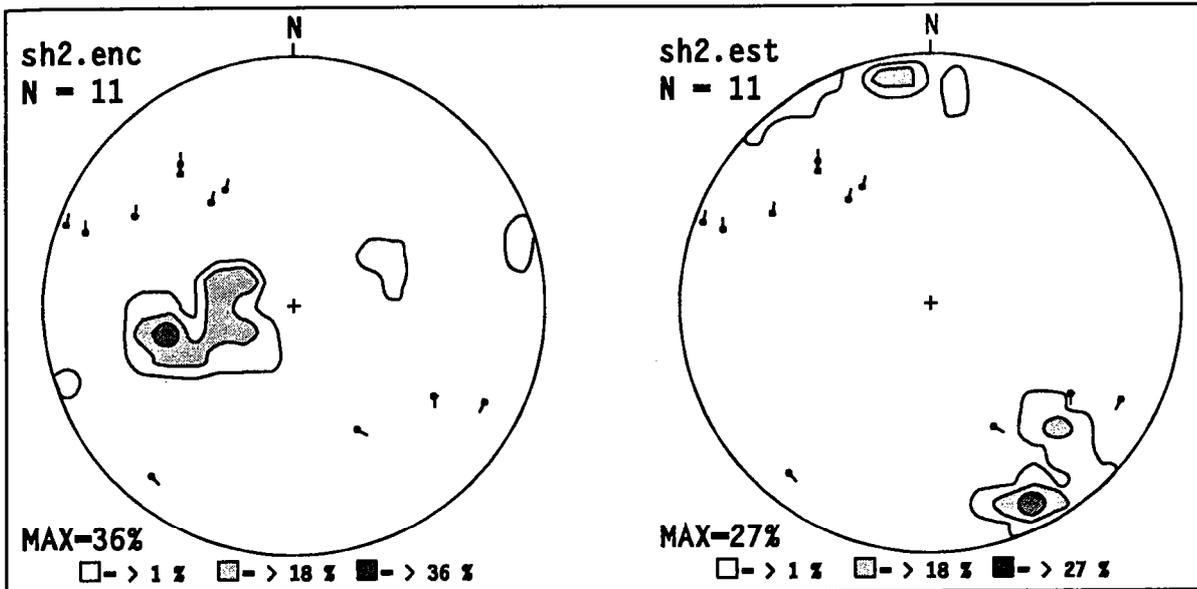


Fig 70 - Lignes d'isoconcentration des axes principales de déformation et des vecteurs déplacement des blocs faillés du second sous-groupe de données du Haut-fond de Santa Helena sur diagramme de Schmidt - hémisphère inférieure. Le graphique de gauche présente les concentrations des axes de raccourcissement et celui de droit présent les axes d'allongement.

#### D. Interprétation

Les résultats obtenus avec les méthodes d'Etchecopar et des dièdres droits sont pratiquement identiques. Les différences entre ces résultats sont:

- pour les données Bf1 (premier groupe du Sub-Bassin de Brejo das Freiras) le résultat obtenu par la méthode d'Etchecopar pour  $\sigma_1$  n'est pas inclus dans la région délimitée par l'isoligne 100% de Max la méthode des dièdres droits, mais concorde avec 90% de Max ,
- pour les données Pombal1 (données du Sub-Bassin de Pombal) on observe le même fait, mais avec la position de  $\sigma_3$ .

Les données ont été regroupées de deux façons différentes:

- de manière traditionnelle: chaque affleurement est considéré comme une station,
- par regroupement régional: toutes les données d'un même sub-bassin sont rassemblés (chaque sub-bassin est traité comme étant une seule station).

### Sub-Bassin de Brejo das Freiras

Les résultats obtenus avec les différents regroupements des données du Sub-Bassin de Brejo das Freiras sont très proches les uns de les autres:

- le résultat BF1 du regroupement par sub-bassin (tableau1) est proche de ceux des sites Brejo das Freiras NW (Fig 47A) et Brejo das Freiras SE (Fig 47B).
- le résultat BF2 du regroupement par sub-bassin (tableau2) est proche de ce du site Brejo das Freiras NE (Fig 47C).

Cette analyse montre des contraintes  $\sigma_1$  et  $\sigma_3$  sub-horizontales typiques des systèmes décrochants. La zone Est du sub-bassin (données BF2) présente un  $\sigma_1$  de direction E/W et un  $\sigma_3$  de direction N/S; la zone Ouest (données BF1) présente un  $\sigma_1$  de direction ENE/WSW et un  $\sigma_3$  de direction NWN/SES.

Les résultats des groupes BF1 et BF2 sont suffisamment proches pour présenter un bon résultat quand analysés conjointement par la méthode des dièdres (Fig 50), dont la précision est inférieure à la différence des résultats partiels (les zones de compression et extension des groupes BF1 et BF2 sont partiellement superposées). Ce résultat reflète l'état régional de contraintes pour ces sub-bassins. La figure 51 présente les directions des axes de raccourcissement et d'allongement régional.

Sous ce régime de contraintes ont été générés ou réactivés des failles NE/SW (Faille de Portalegre et parallèles) avec des rejets normaux/dextres et des failles NW/SE (faille du bord Ouest du sub-bassin) avec un rejet sénestre/normal. Au centre Sud du sub-bassin des failles E/W (faille de la limite Nord du Haut-fond de Santa Helena et parallèles) se sont formées avec des rejets normaux.

Ces failles occasionnent, sur la zone Est du sub-bassin, une déformation dont l'axe principal de raccourcissement a été sub-parallèle à  $\sigma_1$  et l'axe d'allongement est incliné de  $45^\circ$  dans la direction  $170^\circ$  (Fig 53). Dans la région Ouest la déformation est représentée par un axe principal de raccourcissement sub-horizontale et d'azimut  $70^\circ$  et un axe d'allongement sub-horizontale et d'azimut  $340^\circ$  (Fig 52).

Le début de l'épisode tectonique a généré une grande quantité de brèches tectoniques, dont une partie a subi un faible transport (brèches de la zone SW de la

faille de Portalegre cité antérieurement) et dont une autre partie a été transportée vers les zones topographiques plus basses par un drainage intermittent. Ces dépôts constituent la base de la formation Antenor Navarro. La subsidence plus accentuée dans la zone Sud du sub-bassin, où les failles de direction NE/SW sont coupées par les failles de direction E/W, a permis l'évolution du drainage vers un système fluvial-lacustre. L'implantation du système fluvial-lacustre a permis un transport efficace des sédiments, qui a favorisé la sélection de la granulométrie et la maturation minéralogique. Le résultat de cette évolution a été le dépôt simultané des sédiments des parties moyenne et supérieure de la Formation Antenor Navarro (fluvial) et de la Formation Sousa (lacustre).

### Sub-Bassin de Sousa

Dans le Sub-Bassin de Sousa on a analysé 3 sites: sur les deux sites, localisés au Nord et Sud-Est du sub-bassin, les résultats (Fig 47G et 47H) indiquent une prépondérance de l'amincissement ( $\sigma_1$  sub-vertical et  $\sigma_3$  horizontal) et sur le troisième, localisé à Ouest, un régime de transpression ( $r=0.07$ ;  $\sigma_3$  et  $\sigma_2$  permutables - Fig 47I).

Les données Sousa1 et Sousa2 (regroupement par sub-bassin) traitées conjointement par la méthode des dièdres droites montre un axe de compression (mal défini) incliné  $50^\circ$  vers la direction  $55^\circ$  et un axe d'extension (mieux défini) sub-horizontale et de direction proche à  $325^\circ$  (fig 56-sousa). Ce résultat représente le champ de contraintes régional qui a agi pendant la formation du Sub-Bassin de Sousa.

Ce champ de contraintes a activé les failles sub-parallèles à la direction E/W (zone de Patos) avec des rejets normaux/sénesres et les failles NE/SW (parallèles à la faille de Portalegre) avec des rejets dextres/normaux. La subsidence découlant de ces failles a été concentrée à l'intersection des failles NE/SW et des failles E/W. L'axe principal de raccourcissement est sub-vertical et l'axe d'allongement est sub-horizontale et de direction N/S (fig 57). Dans cet environnement ont été déposées les couches de la Formation Antenor Navarro sur toute la surface du sub-bassin. La progression du mouvement sénesre de la faille de Malta (limite Sud du sub-bassin) a occasionné une convergence entre le Nord-Est du Sub-Bassin de Sousa et le Haut-fond de Santa Helena. Cette convergence a provoqué, dans un premier temps, l'arrêt de la subsidence de cette zone et, dans un deuxième temps, le chevauchement des couches de grès vers le WSW. Les effets de cette

convergence sont observables sur le terrain, dans la zone sud-ouest du sub-bassin, où les couches épaisses de la base de la Formation Antenor Navarro se trouvent extrêmement fragmentés, inclinées (18 à 20°) et sont encore aujourd'hui plus élevées que le socle (ailleurs dans le bassin les couches sédimentaires se trouvent toujours en niveau topographique plus bas que le socle).

La détermination des paléo-contraintes liées aux données Sousa1 a permis de déterminer une compression sub-vertical (71°) de direction 117° concomitante à des contraintes extensive sub-horizontale (14°) de direction 342° (tableau 3 et fig 56-sousa1). Ces résultats sont compatibles avec ceux obtenus pour le sous-groupe Sousa SE (Fig 47H) de la zone proche à la limite Sud-Ouest du sub-bassin. Sur cette zone la limite socle/bassin est faite par des failles orientées ENE/WSW avec des rejets normaux. Dans cette zone l'allongement est horizontal (fig 58) et le raccourcissement est sub-vertical.

Le groupe de données Sousa2 indique des contraintes compressives sub-horizontales (7°) de direction 237° et extension sub-vertical (74°) de direction 351° (tableau 4). Ce résultat est proche de celui du groupe Sousa SW (Fig 47I). La déformation résultante de ce champ de contraintes est caractérisée par un raccourcissement horizontal et un allongement sub-vertical (Fig 59). L'effet du raccourcissement horizontal est bien marqué surtout dans la zone SW du sub-bassin (cf description ci-dessus) mais aussi sur toutes les failles de direction WNW/ESE qui limitent le sud-bassin au Sud. Les résultats de cette compression sont observables principalement sur les couches de la Formation Antenor Navarro, qui présentent des pendages de 60 à 80° vers le centre du bassin, et également sur les couches de la Formation Sousa, qui au Sud de la localité de Varzea da Ema (affleurement 67A - annexe 2) sont fortement déformées.

### Sub-Bassin de Pombal

Dans le Sub-Bassin de Pombal les mesures ont été faites sur deux sites différents. Les résultats obtenus sur le site de la zone Sud-Ouest du sub-bassin sont présentés sur la figure 47J et indiquent une transtension ( $|\sigma_3| > |\sigma_1|$  et  $r=0.91$ ; la position des axes  $\sigma_1$  et  $\sigma_2$  peuvent être permutés). L'analyse du site situé dans la zone Sud-Est de ce sub-bassin indique des contraintes de transpression (Fig 47K) avec la position de  $\sigma_3$  variant entre sub-vertical et sub-horizontale ( $r=0.04$ ).

Le regroupement des données par sub-bassin a défini un résultat unique, basé sur l'analyse de 22 données (Fig 61) sélectionnées entre les 30 mesures existantes (Fig 60). Ce résultat montre un axe de compression sub-horizontale ( $10^\circ$ ) de direction  $56^\circ$  et un axe d'extension sub-vertical ( $80^\circ$ ) de direction  $240^\circ$  (Tableau 5). Ce champ de contraintes a occasionné principalement des failles dextres de direction NNE/SSW et des failles sénestres de direction ENE/WSW. La déformation résultante de ces failles est représentée par un axe de raccourcissement sub-horizontale de direction  $70^\circ$  et un axe d'allongement sub-horizontale de direction approximativement  $340^\circ$  (Fig 64).

On a constaté une grande abondance de matériel détritique au moment de la sédimentation. Sur la zone Sud-Est de ce sub-bassin, des affleurements proche de la localité de Sao Domingos montrent la présence d'une grosse quantité de brèche de failles: l'affleurement 88, proche de la limite de ce sub-bassin (cf annexe 2) montre un paquet de conglomérats/brèches d'au moins 7 mètres d'épaisseur (partie visible) et approximativement 50 mètres de large. Les sédiments qui remplissent ce sub-bassin sont le résultat du transport et de la sélection fluviatile de ces brèches tectoniques. Malgré l'abondance de matériel détritique disponible, l'épaisseur sédimentaire du sub-bassin est peu significative, car les dénivellations produites par les failles sont petites.

#### Haut-fond de Santa Helena

Le Haut-fond de Santa Helena est situé dans une zone de convergence de failles et présente une faible couverture sédimentaire. Le regroupement des données par sites montre que:

- la région Ouest de ce haut-fond présente  $\sigma_1$  horizontal,  $\sigma_2$  et  $\sigma_3$  sub-verticales et permutable ( $r=0.01$ ), indiquant un régime de transpression (décrochement sur régime compressif - Fig 47D).
- dans la région Est, une station présente deux résultats: une phase de transtension (Fig 47E) et une phase franchement compressive (Fig 47F).

Le regroupement par sub-bassin montre:

- diagramme de compression horizontale et extension verticale (tableau 6),
- diagramme avec  $\sigma_1$  sub-vertical et  $\sigma_3$  sub-horizontale (tableau 7).

Pour cette zone, il a été possible d'établir un ordre chronologique aux événements, grâce aux failles chevauchantes tardives de la région Est de ce haut-fond:

- Au début la région a été soumise à une compression sub-verticale de direction WSW/ENE et à une extension sub-horizontale ( $11^\circ$ ) de direction SSE/NNW (tableau 7). Ce système de contraintes a initié des failles de direction NE/SW et de rejet oblique normal/dextre qui ont résulté en une déformation dont l'axe d'allongement principal est sub-horizontale et de direction  $155^\circ$  et celui de raccourcissement est incliné d'à peu près  $45^\circ$  vers la direction  $245^\circ$  (fig 70). Durant cette phase a eu lieu la formation de brèches tectoniques et de dépressions topographiques qui ont été remplies rapidement par des sédiments grossiers et immatures (base de la Formation Antenor Navarro).

- Avec la progression de la déformation, la portion Est du Haut-fond de Santa Helena a été "envahie" par le bloc haut du socle existant à l'Est (bloc élevé de la faille de Portalegre, cf annexe1) qui se déplaçait vers la direction Ouest à chaque incrément de la déformation. Ainsi, au fur et à mesure que la déformation augmentait, la région Est du Haut-fond de Santa Helena a été soumise à des contraintes compressives horizontales de direction  $243^\circ$  (tableau 6) à chaque fois plus intenses. L'augmentation progressive de la compression a provoqué la suppression de la subsidence sur tout le Haut-fond de Santa Helena et a entraîné, dans sa zone Nord-Est, une inversion tectonique. Cette région d'inversion tectonique est caractérisée par la présence d'une vaste "cuesta" constituée par des couches de grès grossiers coupées par plusieurs failles inverses. La figure 69 montre la déformation liée à cette phase: un axe de raccourcissement horizontal (mal défini) de direction  $20^\circ$  et un axe d'allongement vertical.

La suppression de la subsidence a transformé le Haut-fond de Santa Helena en un barrage qui a contribué à la formation d'un lac dans le Sub-Bassin de Brejo das Freiras. Ce lac a entraîné la déposition des sédiments de la Formation Sousa dans les zones localisées au Nord, tandis que sur le haut-fond les sédiments déposés antérieurement ont été remobilisés par les éventuels débordements du lac.

Le champ de contraintes régional, donné par la méthode des dièdres droits et calculé sur toutes les données du Haut-fond de Santa Helena (Fig 67), montre une compression horizontale bien définie de direction  $70^\circ$  et une extension mal définie (qui varie de verticale à sub-horizontale) de direction  $340^\circ$ .

De façon simplifiée les résultats peuvent être résumés en:

- 1) un régime de contraintes de transtension dans le Sub-Bassin de Brejo das Freiras,
- 2) une prédominance de transpression sur le Haut-font de Santa Helena,
- 3) une transpression dans la zone Ouest et une extension dans la zone Est et Nord du Sub-Bassin de Sousa,
- 4) un décrochement sur le Sub-Bassin de Pombal, avec une prédominance des contraintes de compression sur la zone Est et de celles d'extension sur la zone Ouest.

## **E. Conclusions**

- 1) Les données des trois chapitres précédents permettent de tirer les conclusions suivantes:

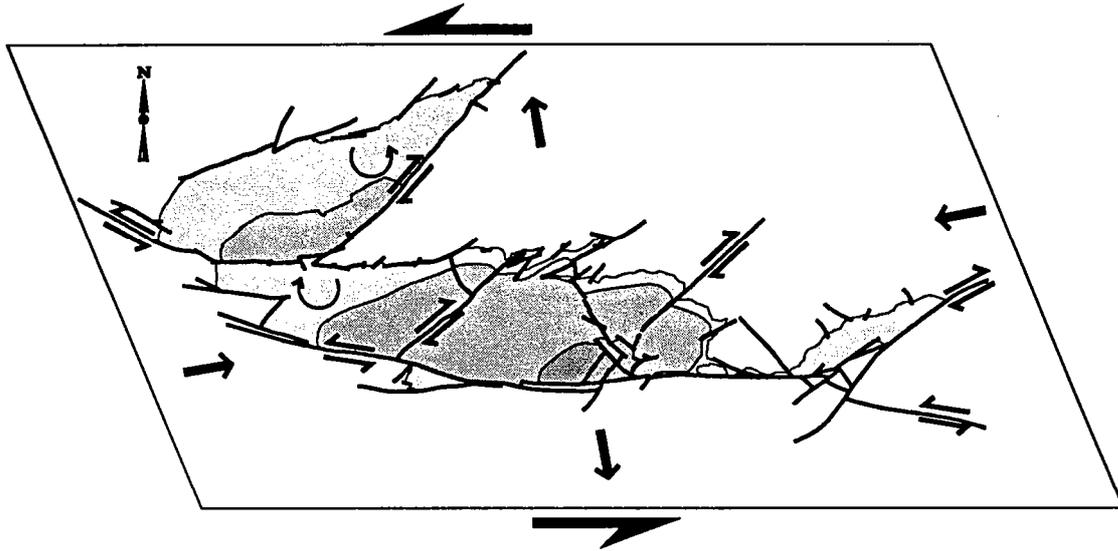
Le bassin sédimentaire du Rio do Peixe a un âge Berriasien à Barremien Inférieur, et est contemporain des bassins Potiguar (localisé au Nord) et Reconcavo/Tucano (localisé au Sud).

L'histoire tectonique du bassin est liée à la rupture du continent Gondwana et à la formation de l'Océan Atlantique Sud.

Les structures anciennes présentes dans le socle, qui sont héritées de la phase tectonique Brasiliana, ont joué un rôle décisif pour la formation du bassin.

La subsidence de la zone sédimentaire a été hétérogène dans le temps et dans l'espace. En effet, la Formation Antenor Navarro présente une épaisseur plus importante dans le Sub-Bassin de Brejo das Freiras que dans le Sub-Bassin de Sousa. Ainsi, dans un premier temps, la subsidence dans le Sub-Bassin de Brejo das Freiras a été plus intense (peut-être antérieure). En revanche la situation s'inverse pendant la sédimentation de la Formation Sousa (dont l'épaisseur est plus importante dans le Sub-Bassin de Sousa).

Les caractéristiques de la déformation et du champ de contraintes, présentées ci-dessus, additionnées aux résultats paléomagnétiques (cf chapitre V), permettent de proposer un modèle de formation pour ce bassin dans une large zone de cisaillement sénestre. Les accidents de direction E/W et ESE/WNW représentent les failles synthétiques sénestres et celles de direction NE/SW représentent les failles antithétiques dextres.



2) L'utilisation de différentes méthodes d'analyse des données de failles et de stries a permis les conclusions méthodologiques suivantes:

Si on accepte le principe de Bott, lequel postule que les stries sont représentatives de la direction et du sens de la contrainte tangentielle au plan de la faille, la méthode d'Etchecopar est un outil important pour déterminer la position et les intensités relatives des contraintes principales qui ont agi sur une zone. L'automatisation de la méthode (programme informatique) apporte, en même temps, des avantages et des inconvénients. Le principal avantage est la facilité et la rapidité d'application. Quand les données sont traitées manuellement, elles sont sujetes à un contrôle permanent de la part de l'interpréteur et l'automatisation peut occasionner un relâchement sur le contrôle de la qualité des données et des résultats.

Nous avons utilisé également la méthode des dièdres droits, qui a été conçue pour déterminer les directions des contraintes principales  $\sigma_1$  et  $\sigma_3$ . Elle est cependant moins précise et moins fiable que la méthode d'Etchecopar, dans la mesure où elle ne permet pas un triage des données et détermine seulement une aire du graphique susceptible de contenir les axes principaux de contraintes.

L'autre méthode proposée dans ce travail est plus restreinte que les deux précédentes, car pour son utilisation il faut prendre en considération, entre autre, l'homogénéité des rejets des plans de failles. Elle peut cependant aider dans l'analyse cinématique d'une région, en indiquant les directions principales de raccourcissement et d'allongement de la zone.

Ces trois méthodes doivent être considérées comme un outil complémentaire utilisable dans le cadre des analyses structurales d'une région, mais ne doivent pas être l'outil principal sur lequel repose tout le poids de l'interprétation.

**V ANALYSE PALEOMAGNETIQUE**



## A. Introduction

L'étude paléomagnétique a été, au début, utilisée pour déterminer les déplacements, sur la sphère, qu'ont subi les grands blocs (continents ou micro-plaques), en utilisant comme marqueur l'aimantation rémanente naturelle (ARN) des roches. L'amélioration des appareils de mesure (magnétomètres cryogéniques) a permis la détection de champs magnétiques faibles, en étendant l'utilisation de la technique aux roches sédimentaires. L'analyse paléomagnétique de roches sédimentaires présente des difficultés supplémentaires, comme par exemple la détermination de l'âge de l'aimantation. Contrairement aux roches magmatiques basiques (outil standard) pour lesquelles l'âge de l'aimantation est, souvent, l'âge de refroidissement du magma, les directions magnétiques dans les roches sédimentaires peuvent être enregistrées pendant la sédimentation (alignement des minéraux magnétiques avec le champ magnétique), pendant la diagenèse (ciments ferrugineux) ou après la diagenèse principale (réchauffement par enfouissement, diagenèse secondaire, etc.). Malgré ces problèmes les roches sédimentaires sont, de plus en plus, l'objet d'étude paléomagnétique, et les problèmes exposés ci-dessus sont résolus par des analyses complémentaires spécifiques (test de pli, test de contact) ou venues d'autres disciplines géologiques (histoire de la sédimentation, renseignements tectoniques, histoire diagénétique, etc.).

Les bassins sédimentaires sont le résultat de la déformation de la croûte où interviennent fréquemment des rotations de blocs de grandes dimensions. Dans les bassins formés par une extension uniaxiale les rotations se font autour d'axes sub-horizontaux (basculement de blocs) et sont enregistrées par l'inclinaison des couches sédimentaires, lesquelles sont originellement horizontales. Dans les bassins formés dans les zones décrochantes, les blocs séparés par des failles subissent fréquemment, des rotations autour d'axes verticaux. Les rotations autour d'axes horizontaux sont détectées par le pendage des couches sédimentaires tandis que les rotations autour d'axes verticaux sont difficilement détectées par les outils classiques de la géologie (cartographie de surface, profils sismiques, etc.). Dans ces cas, l'étude paléomagnétique des couches sédimentaires peut constituer un excellent outil d'interprétation, principalement quand il est utilisé en conjonction avec d'autres disciplines géologiques.

L'histoire de la séparation des continents Africain et Sud Américain peut être divisée en deux périodes différentes: 1) Déformation du continent Gondwana (avant la formation de la croûte océanique). 2) dérive des plaques récemment formées (après la formation de la croûte océanique). Les données

paléomagnétiques existantes (de la croûte continentale et des fonds océaniques) permettent de reconstruire l'histoire de la séparation continentale en terme de rotations subies par les plaques. La figure 71A montre les trajectoires dans le temps des pôles magnétiques de référence des continents Africain et Sud Américain. La figure 71B montre les mêmes données présentées sous la forme des rotations hypothétiques pour deux points, contigus à 200 Ma, pour lesquels ont été appliquées les mêmes rotations que celles subies par les continents Sud Américain et Africain, respectivement. Les rotations du point connecté au continent Africain ont été calculées à partir des données (PGV) de Besse & Courtillot (1991) et les rotations du point connecté au continent Sud Américain utilise les données (PGV) de Roperch (1992). Ces données sont résumées dans le tableau 1 ci-dessous:

PGV - AFRIQUE			PGV - AMERIQUE DU SUD		
AGE (Ma)	lat (°N)	long (°E)	AGE(Ma)	lat (°N)	long (°E)
10	84,3	159,0	10	84,5	137,4
30	82,0	155,2	30	80,5	107,3
50	76,9	191,1	50	78,9	127,0
60	73,1	216,1	60	80,5	160,7
80	66,4	232,2	80	78,9	183,0
100	61,6	245,6	100	84,4	174,9
130	51,0	262,4	130	87,4	344,9
150	54,8	245,9	150	80,3	87,8
170	63,5	231,8	170	69,6	72,5
200	66,3	242,9	200	71,1	56,8

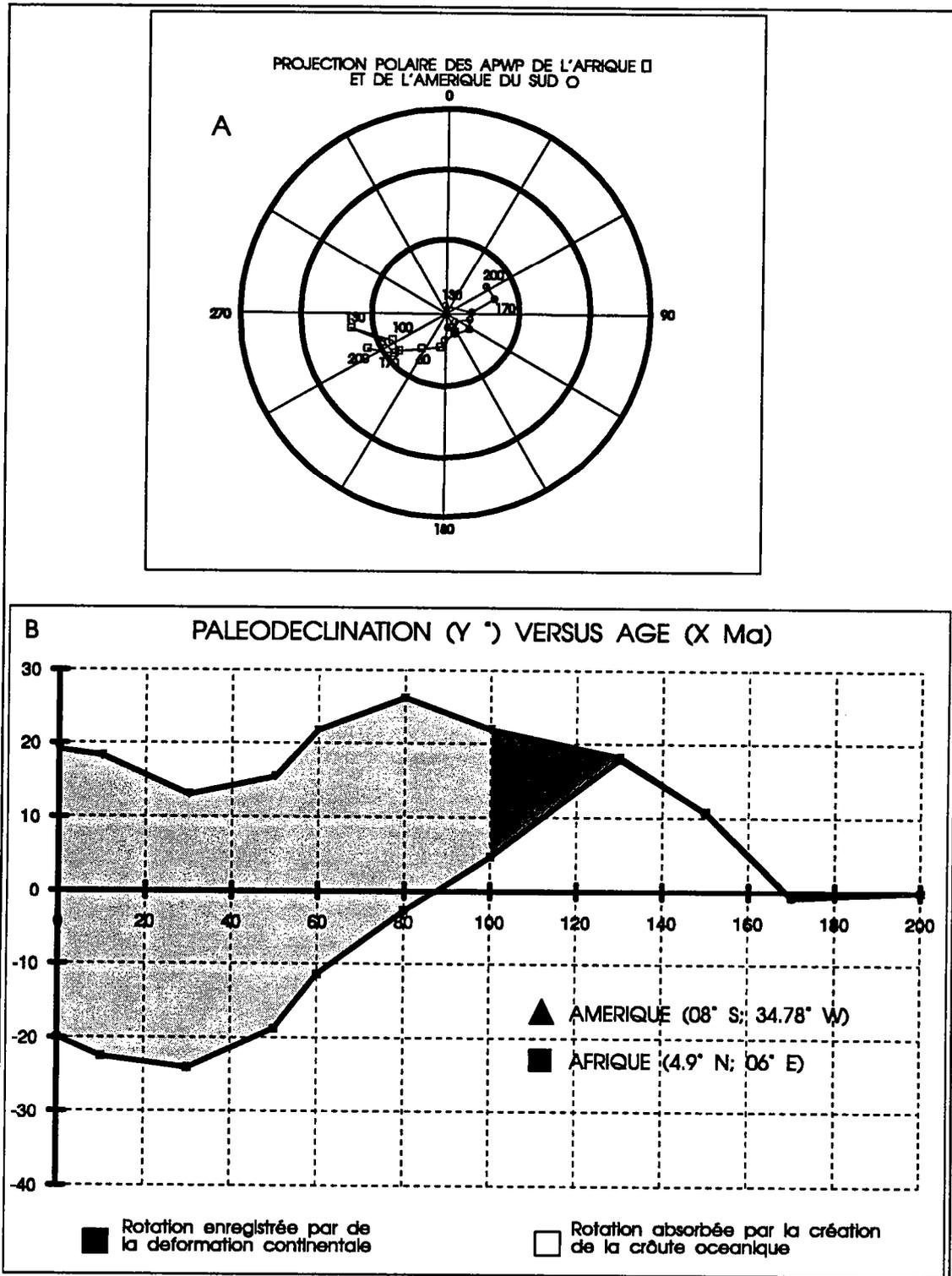


Fig 71 - Positions relatives des pôles magnétiques de référence de l'Afrique et de l'Amérique du Sud, basées sur les données de Besse & Courtillot, 1991 (Afrique) et Roperch, 1992 (Amérique du Sud). A) projection polaire (hémisphère supérieur) des APWP. B) Rotations subies par des points localisés sur les coordonnées 08°S, 34.78°W et 4.9°N, 06°E liés aux continents Sud Américain (courbe supérieur) et Africain (courbe inférieur) respectivement. Les écarts entre les courbes représentent les écarts angulaires dus à des rotations entre les deux continents pendant la période de 200Ma jusqu'à nos jours.

Les points où ont été calculés les rotations étaient côte à côte il y a 200 Ma et correspondent aujourd'hui aux coordonnées 08°S, 34.78°W du continent Sud Américain et 4.9°N, 06°E du continent Africain. L'écart angulaire entre les deux courbes de la figure 71B indique la variation de la rotation qu'a subie un continent par rapport à l'autre, en fonction du temps:

- de 200 à 130 Ma, les continents tournent ensemble,
- de 130 (début de la divergence des courbes) à 100 Ma (l'âge minimal admis pour le début de la formation de la croûte océanique), on observe une rotation de 18° entre les deux continents,
- de 100 Ma à nos jours la rotation d'un continent par rapport à l'autre a été absorbée par la formation de croûte océanique.

Pendant la période de 130 à 100 Ma la rotation relative entre les deux continents a été, nécessairement, absorbée par la déformation de la croûte continentale. Des auteurs de différents modèles tectoniques ont interprété différemment les effets causés par cette rotation (Rabinowitz & LaBrecque, 1979; Conceicao et al, 1988; Nürnberg & Müller, 1991). Nous considérons que la structuration au Crétacé inférieur du secteur nord-est du continent Sud Américain est intimement liée à la rotation décrite ci-dessus.

Le Bassin du Rio do Peixe est localisé au nord-est du Brésil (fig 72) et s'est formé pendant la déformation continentale qui a produit la séparation des continents Sud Américain et Africain (Françolin & Szatmari, 1987).

L'analyse structurale du bassin montre qu'il s'est formé dans une large zone décrochante sénestre, avec la possibilité d'avoir eu des rotations de blocs pendant la déformation de la croûte.

Nous présentons dans ce chapitre le résultat des analyses paléomagnétiques, où nous cherchons à déterminer l'âge des aimantations, l'existence de rotations des blocs les uns par rapport aux autres et par rapport au pôle magnétique de référence.

## B. Géologie

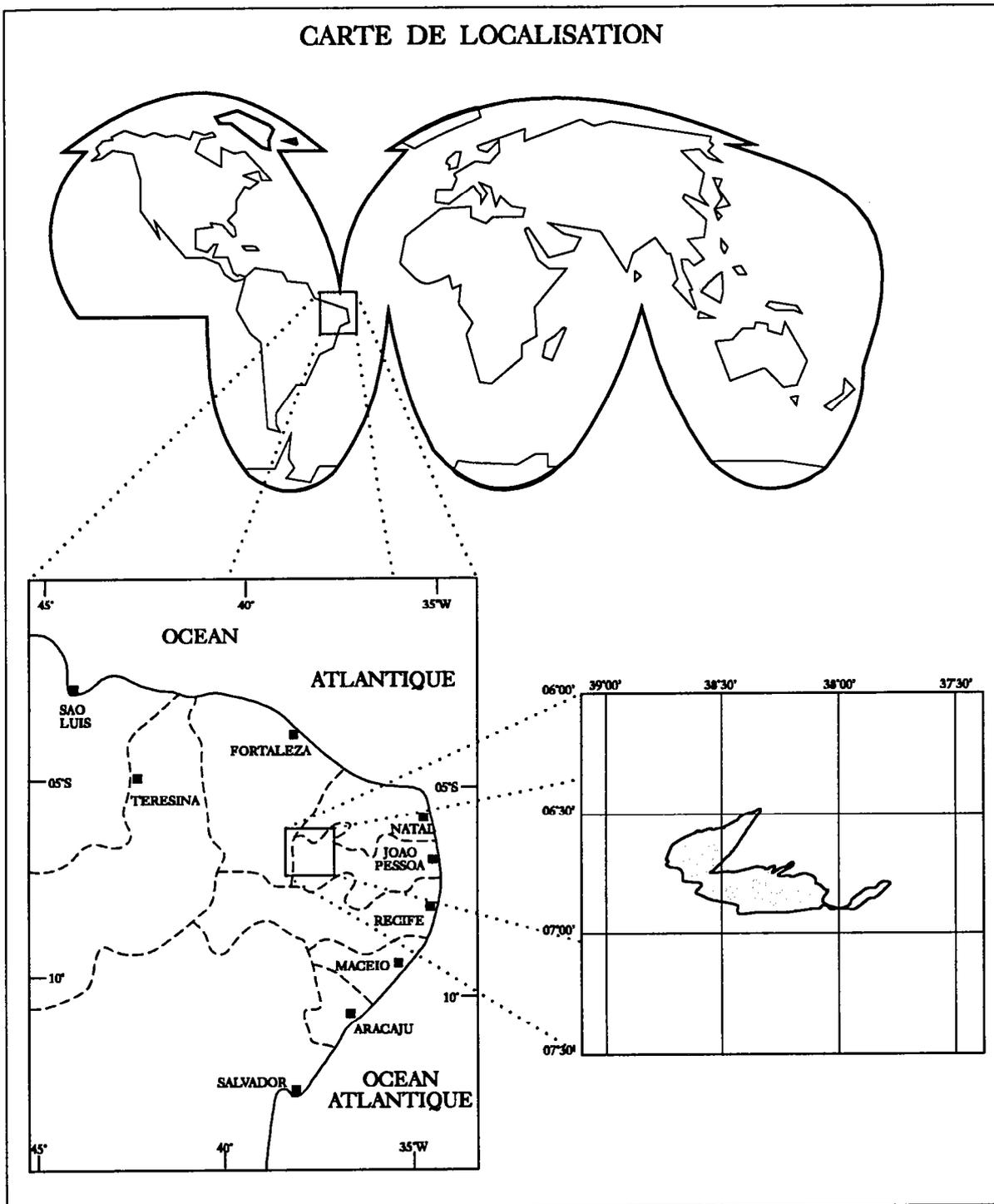


Fig 72 - Localisation du Bassin du Rio do Peixe

Le Bassin du Rio do Peixe est localisé dans le nord-est du Brésil entre les parallèles 6 et 7° sud et les méridiens 37°30' et 39° ouest et couvre une surface approximative de 1300 Km<sup>2</sup> (Fig 72). Son socle est constitué de roches cristallines formées ou remaniées à la fin du Précambrien pendant le cycle orogénique "Brasiliano" (Panafricain). Ce socle est affecté par de grandes failles décrochantes

de direction E/W et NE/SW, d'âge brasiliano (550 à 600 Ma) réactivées pendant le Crétacé Inférieur, durant la formation du bassin (Braun, 1969).

Des données gravimétriques (Rand, 1984) et de magnétométrie (Rand, 1982) couplées à celles d'un forage nous ont permis d'estimer l'épaisseur sédimentaire maximum à environ 2100m.

Le bassin contient quatre dépocentres principaux séparés entre eux par des hauts structuraux du socle. Certains auteurs considèrent chaque dépocentre comme un bassin individualisé, et les nomment individuellement. Nous considérons ici qu'il s'agit d'un bassin unique (Bassin du Rio do Peixe), lequel contient les régions de Brejo das Freiras (ou Uirauna), Sousa et Pombal.

L'étude paléomagnétique a été concentrée sur deux dépocentres principaux du bassin (Brejo das Freiras et Sousa) et sur le haut structural de Santa Helena qui les sépare (Fig 73).

L'évolution du bassin date entièrement du Crétacé Inférieur et la sédimentation est syntectonique. Les datations réalisées par diverses méthodes (pollens, ostracodes et traces de reptiles) indiquent l'âge Berriasien pour les sédiments plus anciens et Barremien inférieur pour les plus récents (Mabesoone & Campanha, 1974; Lima, 1987; Arai et al., 1989).

La pile sédimentaire qui remplit le bassin peut être divisée en 3 formations: Formation Antenor Navarro; Formation Sousa et Formation Rio Piranhas (Braun 1969; Albuquerque, 1970; Mabesoone & Campanha, 1974).

1) La Formation Antenor Navarro est déposée en discordance sur le socle et est constituée de grès grossiers avec des conglomérats à la base (système fluvial alluvial) et évolue, vers le haut, à des grès fins avec intercalations d'argilites (système fluvial de basse énergie).

2) La Formation Sousa est déposée en concordance sur la Formation Antenor Navarro et est constitué d'argilites et siltites intercalés avec des grès fins et des couches carbonatées de faible épaisseur (environnement lacustre).

3) La Formation Rio Piranhas repose en concordance sur la Formation Sousa et est constituée de grès grossiers intercalés avec des grès à grains de taille intermédiaire à fin. Cette formation représente la dernière période de remplissage du bassin. Sa zone d'occurrence est restreinte à la région sud du Sub-Bassin de Sousa.

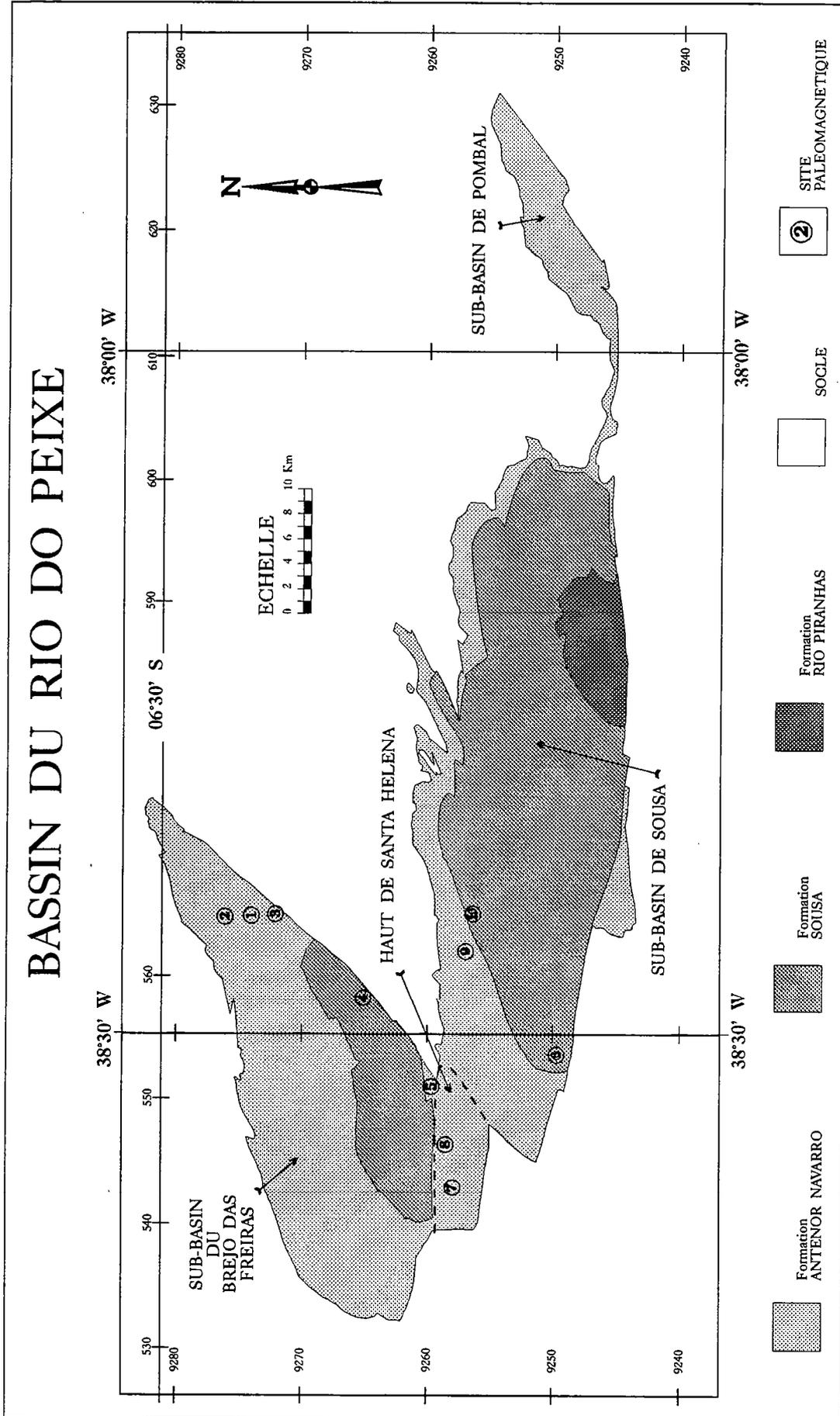


Fig 73 - Localisation des sites paléomagnétiques.

Les analyses tectoniques réalisées sur des failles striées (160 failles) avec les méthodes d'Etchecopar et des Dièdres droits, montrent que le bassin s'est formé dans un système régional de décrochement sénestre de direction est/ouest (cf. Chapitre IV).

Il a été choisi 10 sites différents pour prélever des échantillons pour l'analyse paléomagnétique. Ces sites ont été appelés PM1 à PM10 (Fig 73), et leurs caractéristiques sont consignées dans le tableau 2 ci-dessous.

Site	coordonnées	Formation	lithologie	nombre d'échant.
PM 1	06°34'00"S 38°24'50"W	Antenor Navarro	grès fin rouge	6
PM 2	06°33'00"S 38°24'50"W	Antenor Navarro	grès fin rouge	8
PM 3	06°35'10"S 38°24'37"W	Antenor Navarro	grès gros. ocre/rouge	7
PM 4	06°39'40"S 38°29'07"W	Sousa	siltite rouge	8
PM 5	06°41'50"S 38°31'50"W	Antenor Navarro	grès gros. lie- de-vin	7
PM 6	06°47'20"S 38°31'30"W	Sousa	siltite rouge/ocre	8
PM 7	06°42'40"S 38°36'45"W	Antenor Navarro	grès gros. rouge	10
PM 8	06°42'20"S 38°35'05"W	Antenor Navarro	grès fin rouge	8
PM 9	06°43'50"S 38°26'25"W	Antenor Navarro	grès gros. lie- de-vin	8
PM 10	06°44'00"S 38°25'50"W	Sousa	argilite lie-de- vin	8

La majorité des échantillons a été prélevée sur la formation plus ancienne (Antenor Navarro), susceptible d'enregistrer les éventuelles rotations précoces au cours de la déformation. Des échantillons ont été pris aussi dans la section basale

de la Formation Sousa, en cherchant toujours à prélever les couches de couleur lie-de-vin, potentiellement riches en minéraux ferriques.

D'autres auteurs ayant déjà étudiés ces roches en lame mince (Lima, 1979; Vasconcelos, 1980), aucune analyse minéralogique détaillée n'a été faite pour le matériel échantillonné.

Les grès sont minéralogiquement immatures, avec des grains constitués principalement de fragments de quartz, mais aussi de feldspaths et parfois même de fragments de roches. La granulométrie est mal sélectionnée en permettant, fréquemment, la présence de matrice constituée de silts et argiles de couleur rouge, où sont supposés se concentrer les minéraux ferromagnétiques. Le groupement (matrice + grains) a été soumis, pendant la lithification, à une cimentation carbonatée et ferrugineuse. Les ciments ferrugineux ont contribué à augmenter la susceptibilité magnétique de la roche. On suppose que les principaux minéraux responsables de l'aimantation des échantillons sont l'hématite et la magnétite. L'analyse des courbes de désaimantation a confirmé cette hypothèse.

### **C. Appareillage et méthode d'analyse**

Les échantillons ont été collectés à l'aide d'une foreuse portable munie d'un moteur à essence. L'orientation des échantillons a été définie à l'aide d'une tête d'orientation munie d'une boussole et d'un inclinomètre. Quand les conditions d'affleurement le permettaient, des mesures d'orientation avec une boussole solaire ont été effectuées, pour éviter les perturbations dues à des anomalies magnétiques locales.

En laboratoire les carottes ont été coupées en échantillons d'environ 2.5 cm de longueur pour 2.5 cm de diamètre (12 cm<sup>3</sup> de volume rocheux).

Les méthodes de désaimantation progressive par champs alternatifs et par réchauffement ont été employées. Comme la seconde méthode a donné les meilleurs résultats, elle a été utilisée pour l'ensemble des échantillons.

Les aimantations ont été mesurées avec un magnétomètre cryogénique prototype LETI (sensibilité =  $10^{-6}$  A/m) et un magnétomètre rotatif Schonstedt (sensibilité  $10^{-4}$  A/m). Les susceptibilités magnétiques ont été mesurées avec un Bartington MS-2.

Les directions paléomagnétiques ont été déterminées à l'aide des projections orthogonales des trajectoires de désaimantation (Zijderveld, 1967) et soumises à l'analyse statistique de Fisher (1953). L'archivage et le traitement des données ont été réalisés à l'aide d'un programme informatique écrit par Herve Perroud.

## D. Résultats

### 1. ARN

L'aimantation rémanente naturelle (ARN) présente une variation d'intensité de  $10^{-3}$  à  $4.10^{-2}$  A/m (fig 74B), avec un maximum de concentration en  $13.10^{-3}$  A/m. Les susceptibilités magnétiques varient entre  $5.10^{-5}$  et  $4.10^{-4}$  SI, avec un maximum à  $7.10^{-5}$  SI (Fig 74A).

Les directions ARN sont concentrées dans le quadrant NW d'un stéréogramme et présentent des inclinaisons négatives (87% des mesures) avec de rares valeurs positives (Fig 74C).

L'analyse de Fisher appliquée aux mesures ARN sans correction de pendage indique une direction moyenne proche du champ magnétique actuel (fig 74F).

Quand les valeurs de l'inclinaison négatives et positives sont traitées séparément, on peut observer que les directions à inclinaison positives présentent deux concentrations: à faible inclinaison vers une direction 330, et à fort inclinaison vers une direction ouest (fig 74D).

La majorité des directions à inclinaisons négatives est proche de la position du champ magnétique actuel (proche aussi du résultat de Fisher sur toutes les mesures).

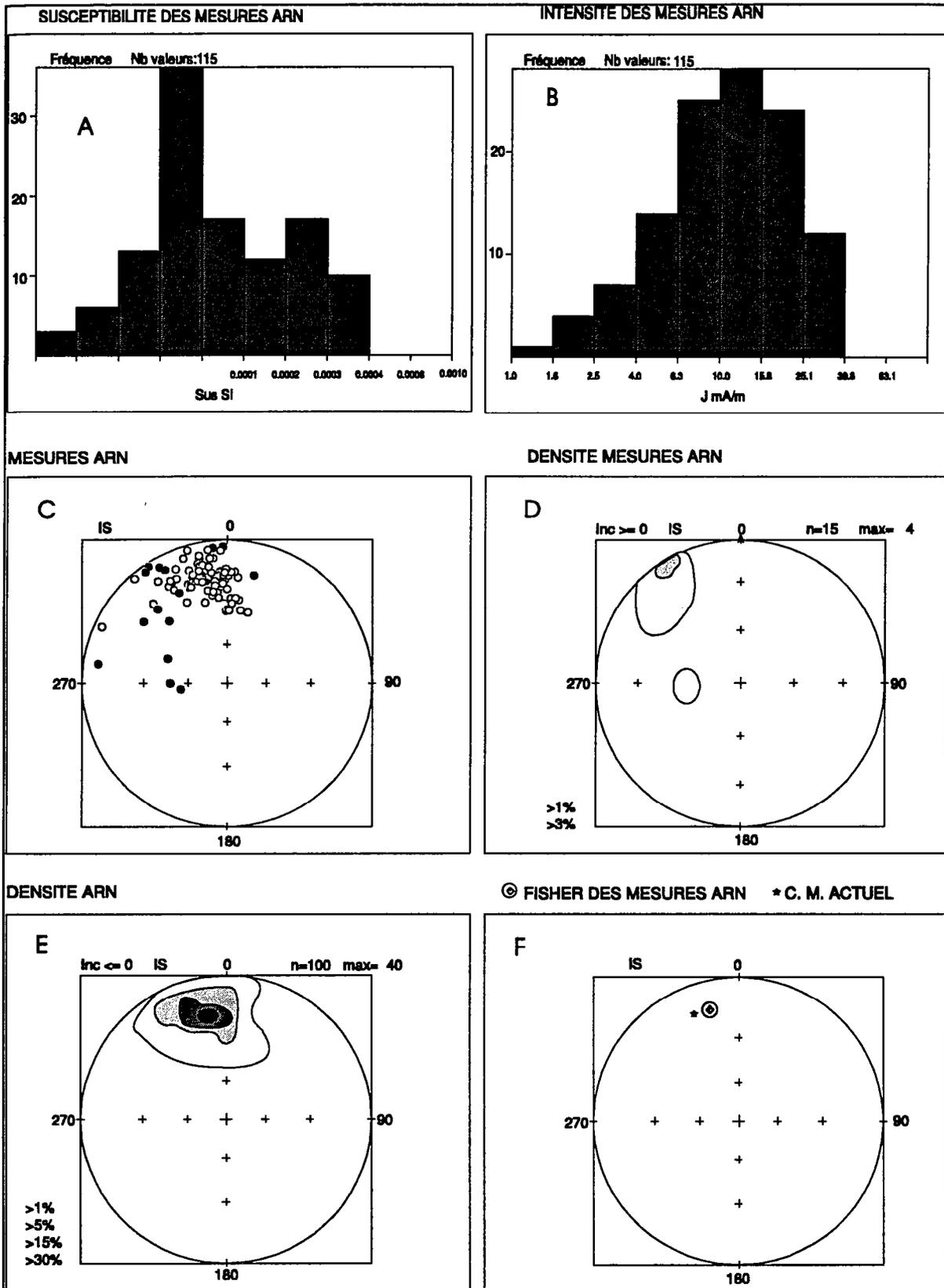


Fig 74 - Résultats ARN. A) Susceptibilité magnétique. B) Intensité magnétique. C) Projection stéréographique des mesures ARN "in situ". D) Projection stéréographique des concentrations des mesures ARN avec inclinaisons positifs. E) Projection stéréographique des concentrations des mesures ARN avec inclinaisons négatifs. F) Projection du résultat de l'analyse de Fisher sur toutes les mesures ARN.

## 2. Désaimantation

On a d'abord essayé les méthodes de désaimantation progressive par champs alternatifs et par réchauffement pour quelques échantillons. La méthode de désaimantation thermique a présenté de meilleurs résultats, et fut utilisée pour tous les autres échantillons.

Les sites ont été réunis en 4 groupes différents, selon leur comportement pendant la désaimantation progressive:

1) Les échantillons des sites PM1, PM5 et PM9 présentent une intensité ARN plus grande que 0.01 A/m, laquelle diminue lentement avec le réchauffement jusqu'à la température d'environ 550°C, en subissant, à partir de cette température, une désaimantation plus rapide et l'augmentation de la susceptibilité magnétique (Fig 75A et 75B). La décomposition vectorielle des échantillons appartenant à ce groupe donnée deux directions qui sont contenues dans le secteur NW:

- la composante haute température proche du nord géographique actuel et
- la composante basse température plus orientée vers l'ouest et proche au nord magnétique actuel, sauf au site PM5 où la direction de basse température présente une inclinaison anormale (Fig 75C à 75G).

2) Les échantillons des sites PM2, PM6 et PM8 présentent un comportement similaire au groupe antérieur par rapport à l'intensité et à la susceptibilité magnétique, mais présentent une direction unique pendant la désaimantation progressive (fig 76).

3) Les sites PM3 et PM7 présentent comme caractéristiques communes une intensité magnétique ARN inférieur à 0.01 A/m et une rapide diminution d'intensité magnétique avec l'augmentation de la température (Fig 77A). La susceptibilité magnétique reste pratiquement insensible pendant la désaimantation (Fig 77B). Dans ce groupe la désaimantation progressive a résulté en:

- une composante de basse température (bien définie) à faible pendage et de direction nord-ouest,
- une composante de température moyenne avec une direction proche du nord géographique et

- une composante de haute température à polarité inverse et mal définie (Fig 77C à 77F).

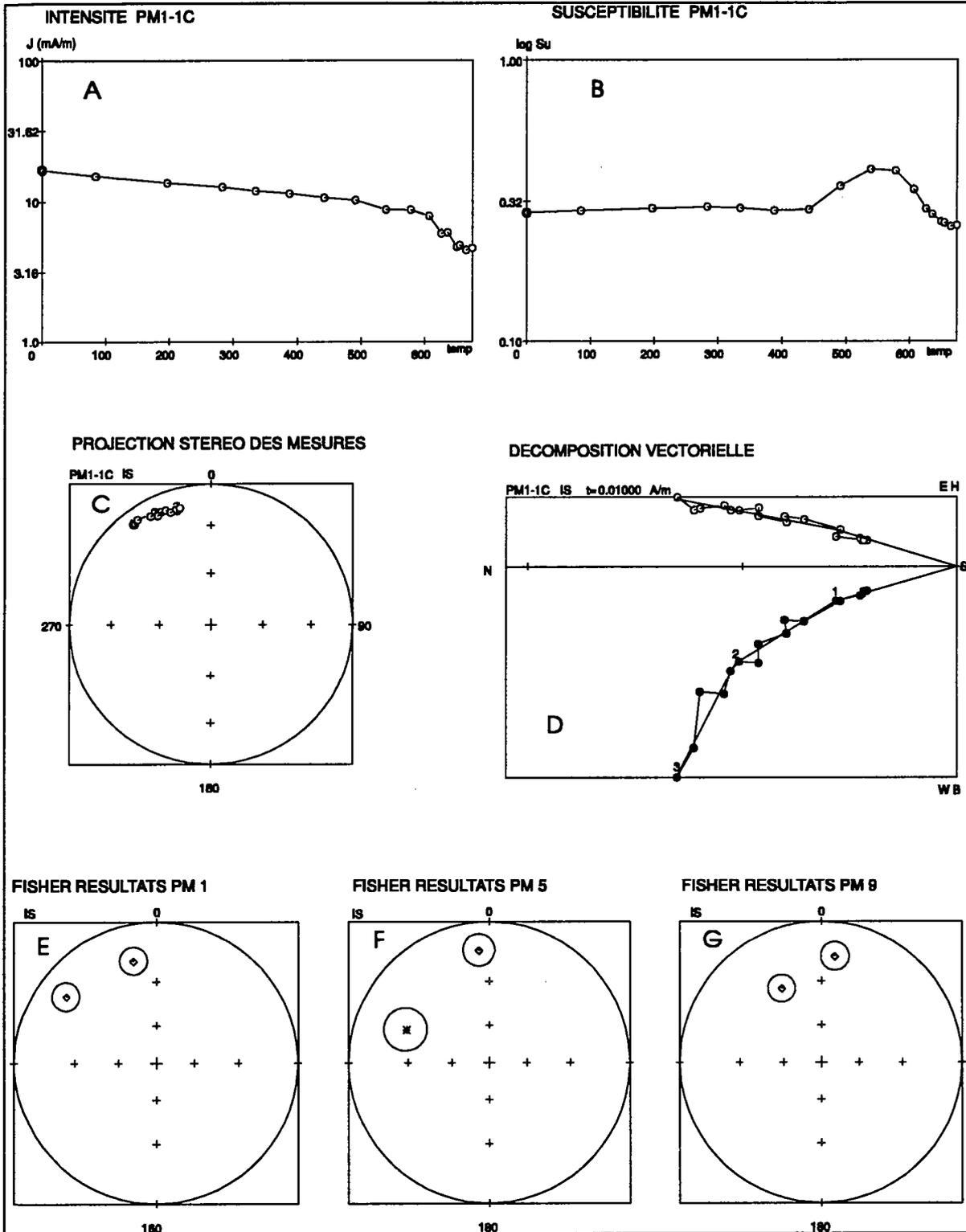


Fig 75 - Résultats des désaimantations des mesures des sites PM1, PM5 et PM9.

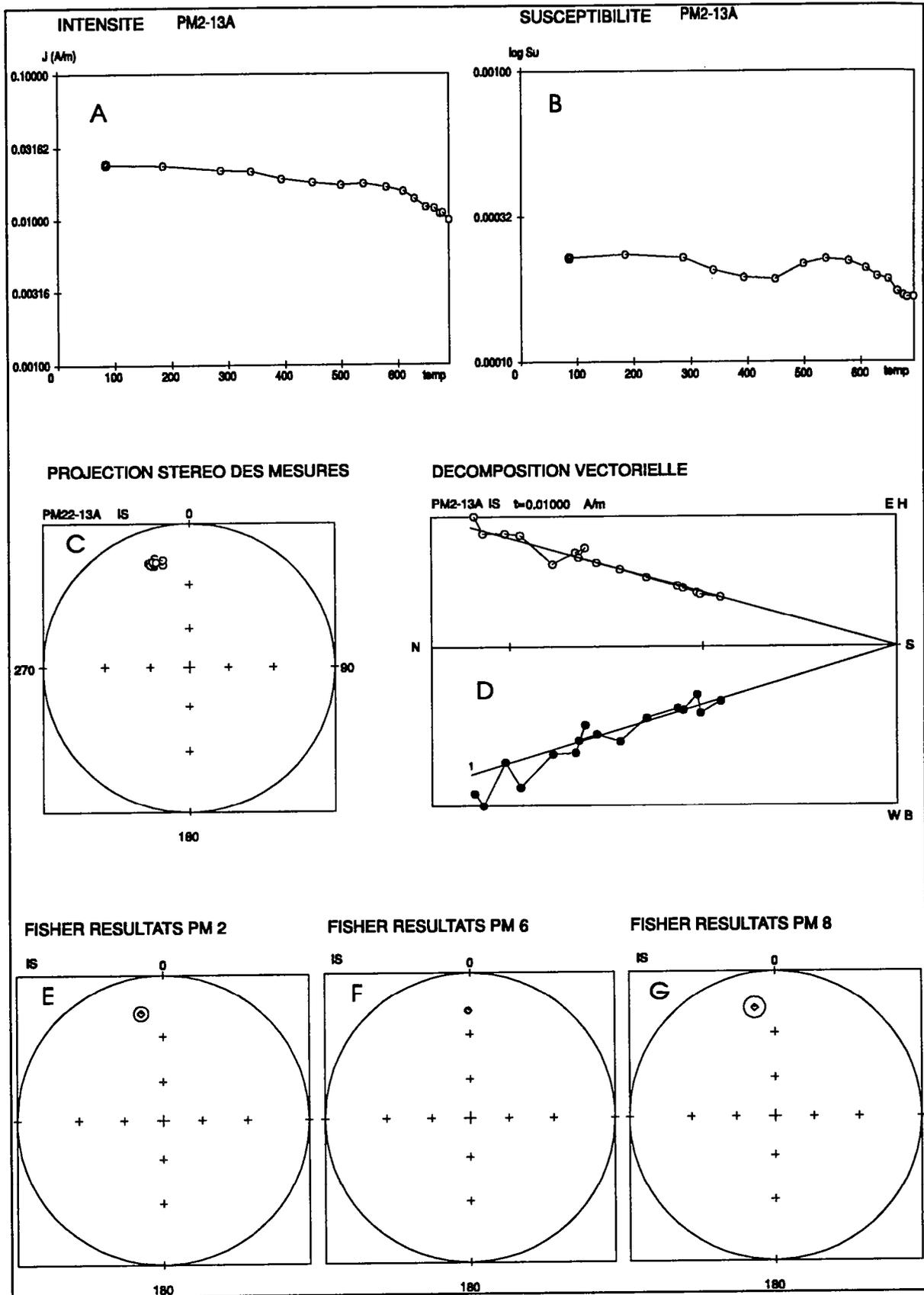


Fig 76 - Résultats des désaimantations des mesures des sites PM2, PM6 et PM8.

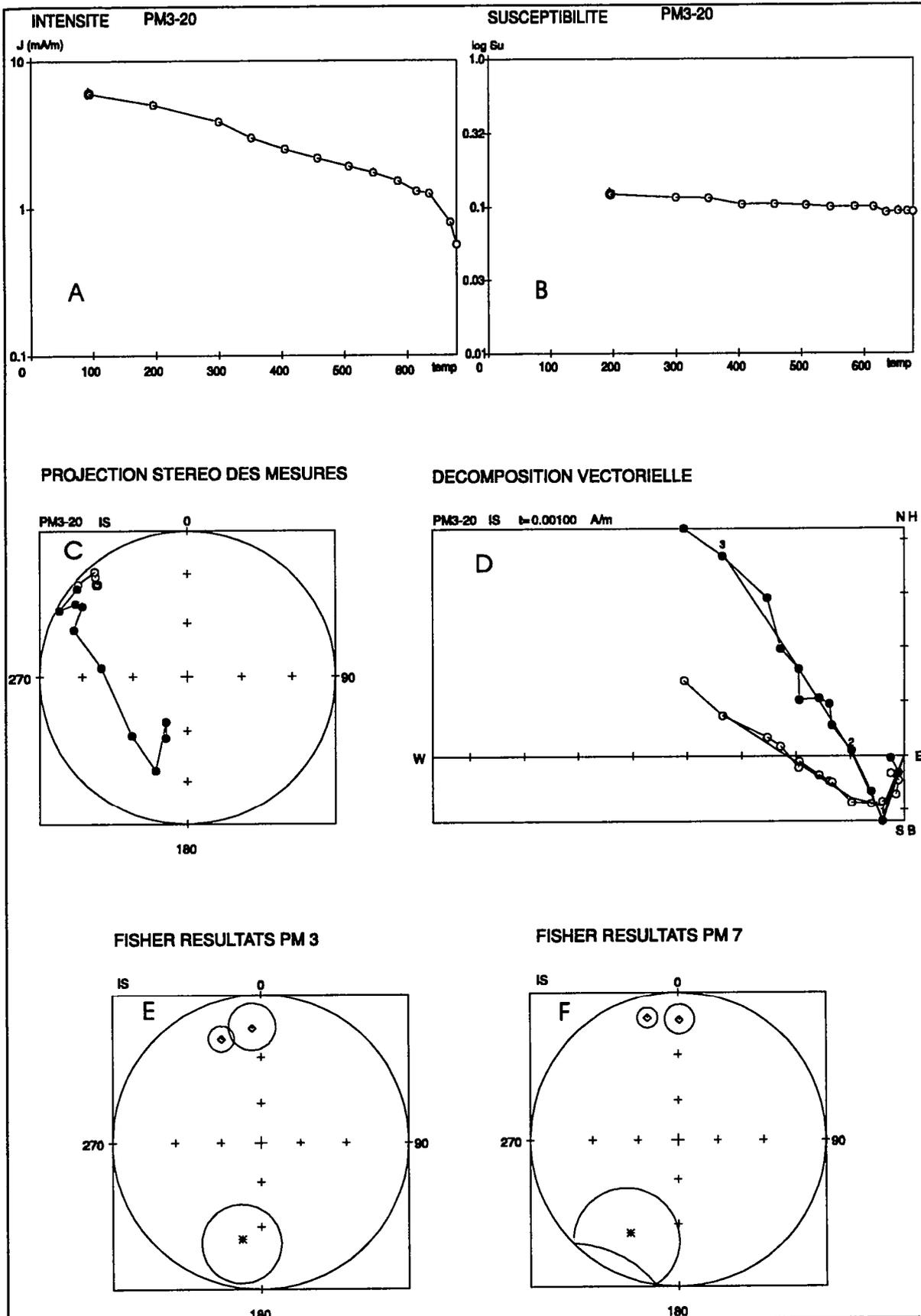


Fig 77 - Résultats des désaimantations des mesures des sites PM3 et PM7.

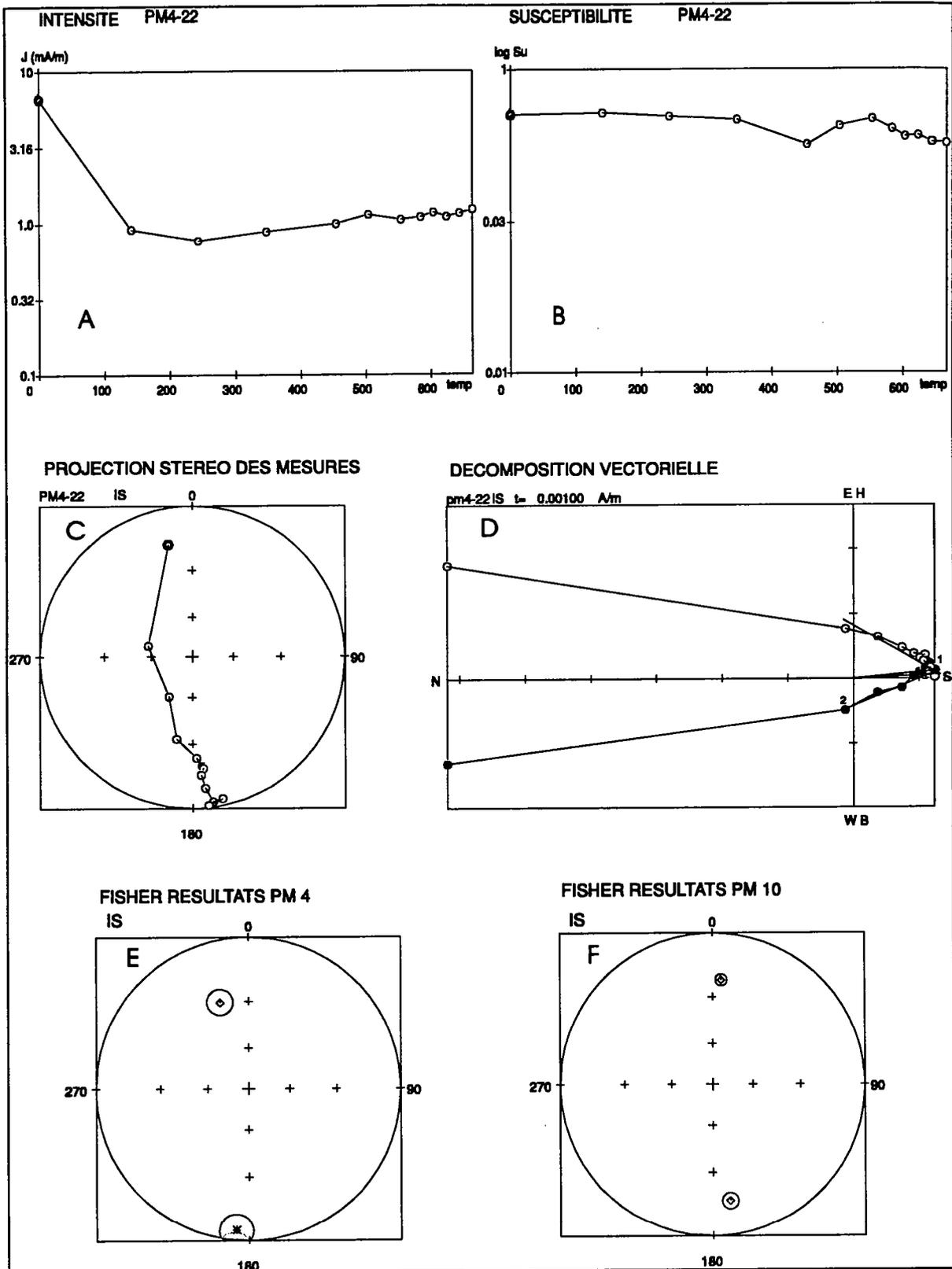


Fig 78 - Résultats des désaimantations des mesures des sites PM4 et PM10.

4) Le dernier groupe, constitué par les échantillons des sites PM4 et PM10 (Fig 78), présente une intensité magnétique ARN inférieur à 0.01 A/m, laquelle diminue rapidement jusqu'à 150°C en restant stable autour de 0.001 M/là jusqu'à la fin de la désaimantation (environ 670°C). Ce groupe présente:

- une composante de basse température de polarité normale et proche du nord géographique actuel et
- une composante de polarité inverse.

Les deux composantes sont bien déterminées (Fig 78E et 78F). Pourtant ces échantillons ont été exclus de l'interprétation car ils présentaient des inclinaisons non compatibles avec les autres groupes: les échantillons du site PM4 présentent une composante de polarité inverse (haute température) à inclinaison positive faible (+4°), et les échantillons du site PM10 présentent le vecteur équivalent à inclinaison négative (Fig 78A à 78F).

### 3. Composantes

Le tableau 3 ci-dessous résume les résultats obtenus après les désaimantations thermiques progressives:

Site	Couche		Fisher								
			Nomb. echant		Interv	Result IS		Result CP		$\alpha_{95}$ (IS)	k (IS)
	Dir.	Pend.	Mesuré	Utilisé		Temp.	Dir.	incl.	Dir.		
PM 1	220	2	6	6	171491	306,5	-13,3	306,9	-13,4	7,0	91,3
				6	491654	347,4	-17,0	347,8	-15,7	7,2	86,7
PM 2	173	8	8	8	100670	348,5	-16,4	348,6	-8,4	3,6	235,7
PM 3	342	45	7	7	180660	339,2	-16,6	336,3	-61,5	6,3	90,4
				7	560670	355,7	-14,6	7,2	-57,4	11,3	29,3
				5	670685	190,8	22,2	217,5	57,2	20,5	14,7
PM 4	300	25	8	8	130660	341,8	-28,3	356,0	-44,9	7,1	60,6
				8	660660	185,2	4,0	188,8	13,8	6,7	67,3
PM 5	230	10	7	7	200660	291,7	25,3	288,0	20,2	12,4	24,5
				7	550660	354,7	-12,9	356,1	-7,0	7,9	58,8
PM 6	155	8	8	8	120640	359,1	-17,2	358,3	-9,8	1,5	1271
PM 7	260	32	10	10	300660	346,0	-9,4	351,6	-10,0	4,5	112,3
				6	600660	0,8	-11,9	5,4	-4,4	6,9	94,0
				2	660660	206,9	18,9	210,8	-1,5	---	---
PM 8	140	10	8	8	150660	349,6	-15,8	348,6	-7,0	5,3	108,3
PM 9	165	12	8	8	100510	331,8	-28,6	332,9	-16,8	8,1	46,8
				7	510675	7,2	-15,8	6,3	-4,6	7,3	68,9
PM 10	158	12	8	8	190620	4,8	-20,7	3,3	-9,9	3,0	327,8
				8	620675	171,5	-14,6	172,5	-26,2	3,8	204,0

Les composantes peuvent être regroupées de la façon suivante:

- une composante basse température sur 5 sites (PM1, PM3, PM5, PM7 et PM9), isolée entre 0° et 550°C en général, de direction moyenne  $D=323$ ,  $I=-9$ ,  $k=7$ ,  $\alpha_{95}=30^\circ$ . La large dispersion de cette composante et son caractère basses températures suggèrent une composante parasite d'origine visqueuse, sans intérêt géologique,
- une composante caractéristique, sur tous les sites, isolée entre 550° et 650°, voire 680°C, de polarité systématiquement normale et bien groupée, à l'exception peut-être du site PM4. La direction moyenne est  $D=355$ ,  $I=-17$ ,  $k=82$ ,  $\alpha_{95}=5.4$  si on conserve tous les sites, ou  $D=356$ ,  $I=-16$ ,  $k=125$ ,  $\alpha_{95}=4.6$  si on écarte le site PM4, sur la foi de son inclinaison anormale ( $-28^\circ$ ),
- Sur 4 sites (PM3, PM4, PM7 et PM10), on peut isoler entre 650° et 680°C une composante de polarité inverse, pas toujours très bien déterminée, de direction moyenne  $D=188$ ,  $I=8$ ,  $k=14$ ,  $\alpha_{95}=26$ . La dispersion importante observée s'explique par la difficulté d'isoler cette composante en fin de désaimantation, après l'élimination de la composante caractéristique citée ci-dessus.

La majorité des échantillons ont perdu leur signal magnétique à partir des températures supérieures à 670°C, ce qui indique que le minéral responsable, en majeure partie de l'aimantation est l'hématite (Perroud et al., 1986).

Le test de pli effectué sur les mesures a été négatif: amener les couches a l'horizontal augmente la dispersion des mesures (cf tableau 3), indiquant que l'aimantation a été acquise après l'épisode tectonique. Il faut signaler que la sédimentation est syntectonique et qu'un grand nombre de failles et plis observés sur le terrain ont été mis en place avant le début de la lithification des sédiments.

### Inversion de polarité

La présence de polarités inverses observées pour les échantillons du troisième et du quatrième groupes a permis d'exclure une aimantation d'âge Crétacé Supérieur (pendant le Superchron Normal 118 à 84 Ma) pour cette composante.

## E. Interprétation

L'objectif du travail est de chercher les éventuelles rotations de blocs provoquées par la tectonique. L'existence et la quantification des rotations sont définies à partir de la comparaison avec un pôle magnétique de référence.

L'absence d'un pôle magnétique de référence bien déterminé, pour cette région, pendant cette époque, et l'ignorance de l'âge des composantes d'aimantation des échantillons nous a conduit à reconstituer la trajectoire du pôle magnétique de référence au cours du temps géologique. A partir des données bibliographiques et, en utilisant l'inclinaison magnétique (paléolatitute), on peut déterminer l'âge de l'aimantation et la position du pôle de référence à utiliser (fig 79).

La figure 79 montre la variation, dans le temps, des courbes d'inclinaison et de déclinaison magnétique pour le site du Bassin du Rio do Peixe. Pour la construction du graphique on a utilisé les données de Roperch (1992), lesquelles sont basés sur Besse & Courtillot (1991)

Avec les graphiques de Paléodéclinaison en fonction du Temps (fig 79B) et Paléolatitute en fonction du Temps (Fig 79A) on a interprété l'âge de l'aimantation caractéristique (118 Ma), et la paléodéclinaison correspondante de  $-0.5^\circ$ .

De cette manière le pôle magnétique de référence utilisé présente une déclinaison de  $-0.5^\circ$  (direction  $359.5^\circ$ ) et l'inclinaison de  $-16^\circ$  (paléolatitute de  $8^\circ\text{S}$  au Crétacé Inférieur).

Les résultats des sites PM4 et PM10 n'ont pas été utilisés durant la procédure de détermination du pôle de référence:

- le premier (PM4) a présenté des résultats d'inclinaison magnétique non compatibles avec les autres sites et
- le second (PM10) qui a présenté une inclinaison de valeur absolue compatible (14.6), mais de signe inverse (négatif).

Ces sites ne sont pas pris en compte dans l'interprétation.

Les sites PM2, PM6 et PM8 présentent des résultats unidirectionnels de bonne qualité (cf tableau 3), qui peuvent être comparés directement avec le pôle magnétique de référence.

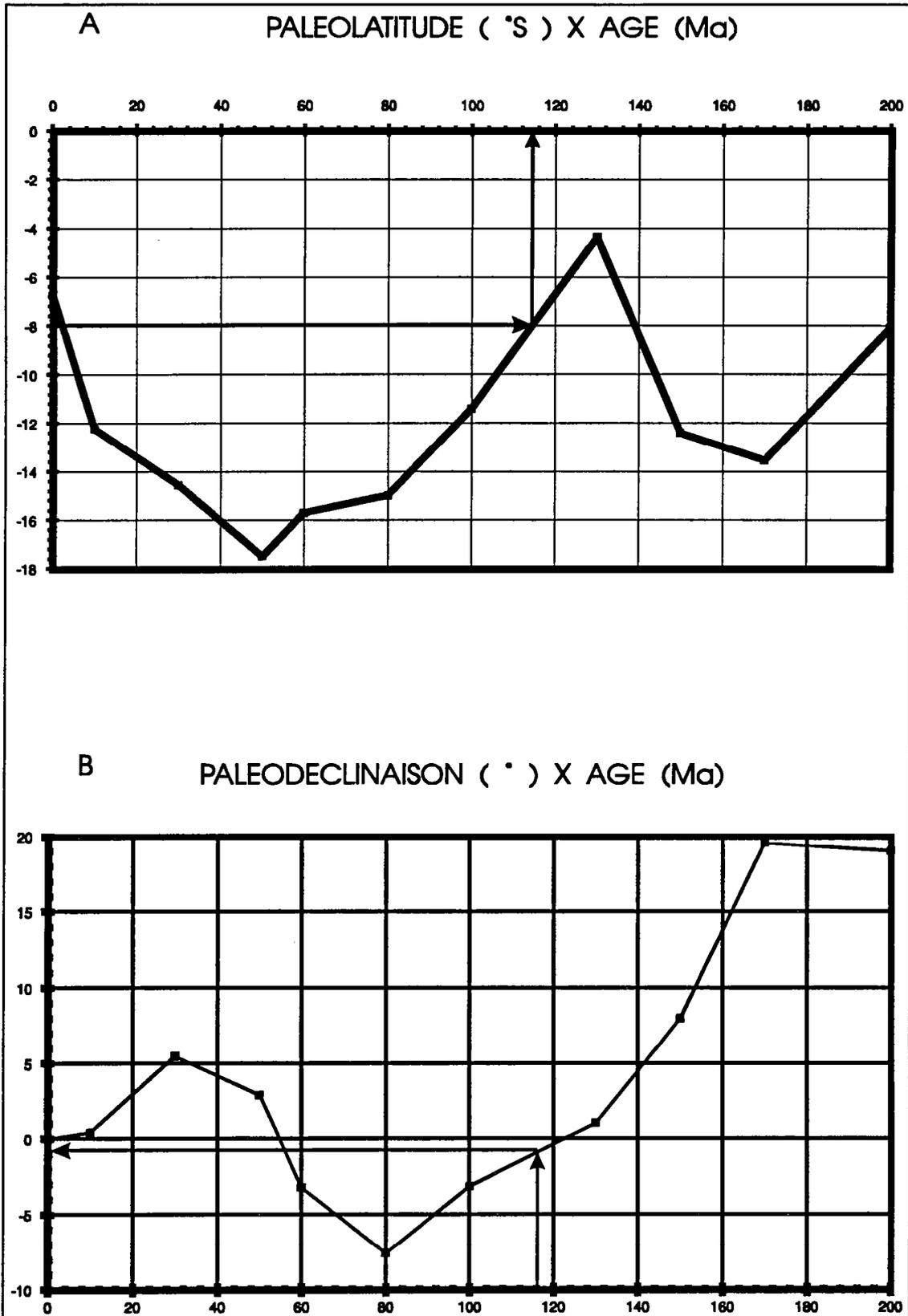


Fig 79 - Positions attendues des pôles de référence à travers le temps. Nous avons défini l'âge des aimantations à travers le graphique (A):  $-7.7^{\circ}$  de paléolatitue (mesures sur les échantillons) correspondent à l'âge de 118 Ma, laquelle correspond à une paléodéclinaison de  $-0.5^{\circ}$  ( $359.5^{\circ}$ ) pour le pôle magnétique de référence (B).

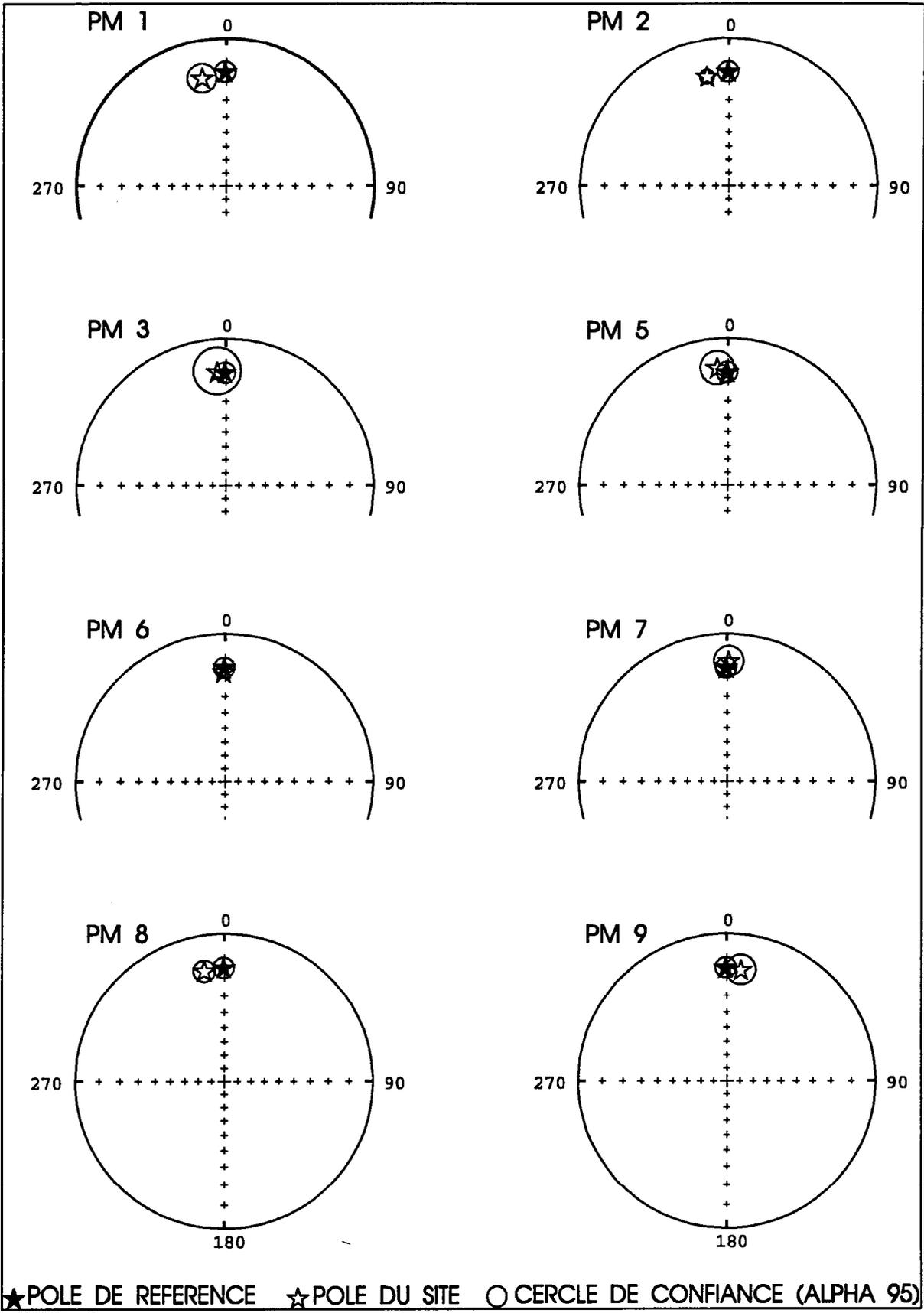


Fig 80 - Position des pôles magnétiques de chaque site.

Pour les sites PM1, PM5 et PM9 les composantes haute température (composante caractéristique) sont considérées comme représentatives de l'aimantation primaire.

Pour les sites PM3 et PM7 la détermination de 3 composantes (basse, moyenne et haute température) a été possible. La composante haute température est mal définie et n'existe pas sur tous les échantillons. De cette manière la composante de moyenne température a été interprétée comme représentative de l'aimantation primaire, et la composante haute température a été considérée comme la direction antiparallèle pauvrement déterminée.

Sur tous les sites qui présentent une composante basse température celle-ci peuvent être mis en relation avec le champ magnétique actuel, sauf dans le cas PM5 et PM10 où les inclinaisons associées à ces composantes ne peuvent être reliées à aucune direction connue.

La figure 80 montre les positions des composantes primaires de chaque site et du pôle de référence. Les sites PM1, PM2 et PM8, localisés dans le Sub-Bassin du Brejo das Freiras présentent une faible rotation anti-horaire, et le site PM9, localisé dans le Sub-Bassin de Sousa présente une légère rotation horaire, par rapport au pôle de référence. Les autres sites ne montrent pas de rotation (PM6 et PM7) ou présentent une rotation inférieure au cercle de confiance (PM3 et PM5). Les rotations détectées sur les sites PM3 et PM5 sont inférieures à leurs cercles de confiance. Elles sont, toutefois dans le sens anti-horaire, en concordance avec les résultats obtenus pour le Sub-Bassin de Brejo das Freiras. Il faut aussi noter que si on se base sur la composante normale, qu'on peut supposer synchrone partout, le site PM4 (Sub-Bassin de Brejo das Freiras) présente une rotation anti-horaire et le site PM10 (Sub-Bassin de Sousa) présente une rotation horaire. Cela confirme la différence de sens de rotation entre les deux sub-bassins.

On a calculé les rotations et les erreurs possibles pour chaque site présentant des rotations significatives par rapport à la direction de référence. Ces calculs ont été faits selon les méthodes de Demarest (1983) et de Beck (1980) et sont présentés dans le tableau ci-dessous:

SITE	ROTATION	ERREUR
PM1	-12.1	+7.2
PM2	-11.0	+5.0
PM8	-9.9	+5.9
PM9	+7.7	+7.2

## **F. Conclusion**

Les données paléomagnétiques n'ont pas détecté des rotations importantes de blocs dans le Bassin do Rio do Peixe.

Les petites rotations détectées sont cohérentes avec le modèle tectonique qui a été interprété grâce aux données de failles et stries.

La déformation a un âge crétacé inférieur, plus ancien que 118 Ma (âge de l'aimantation), étant en accord avec les datations paléontologiques.

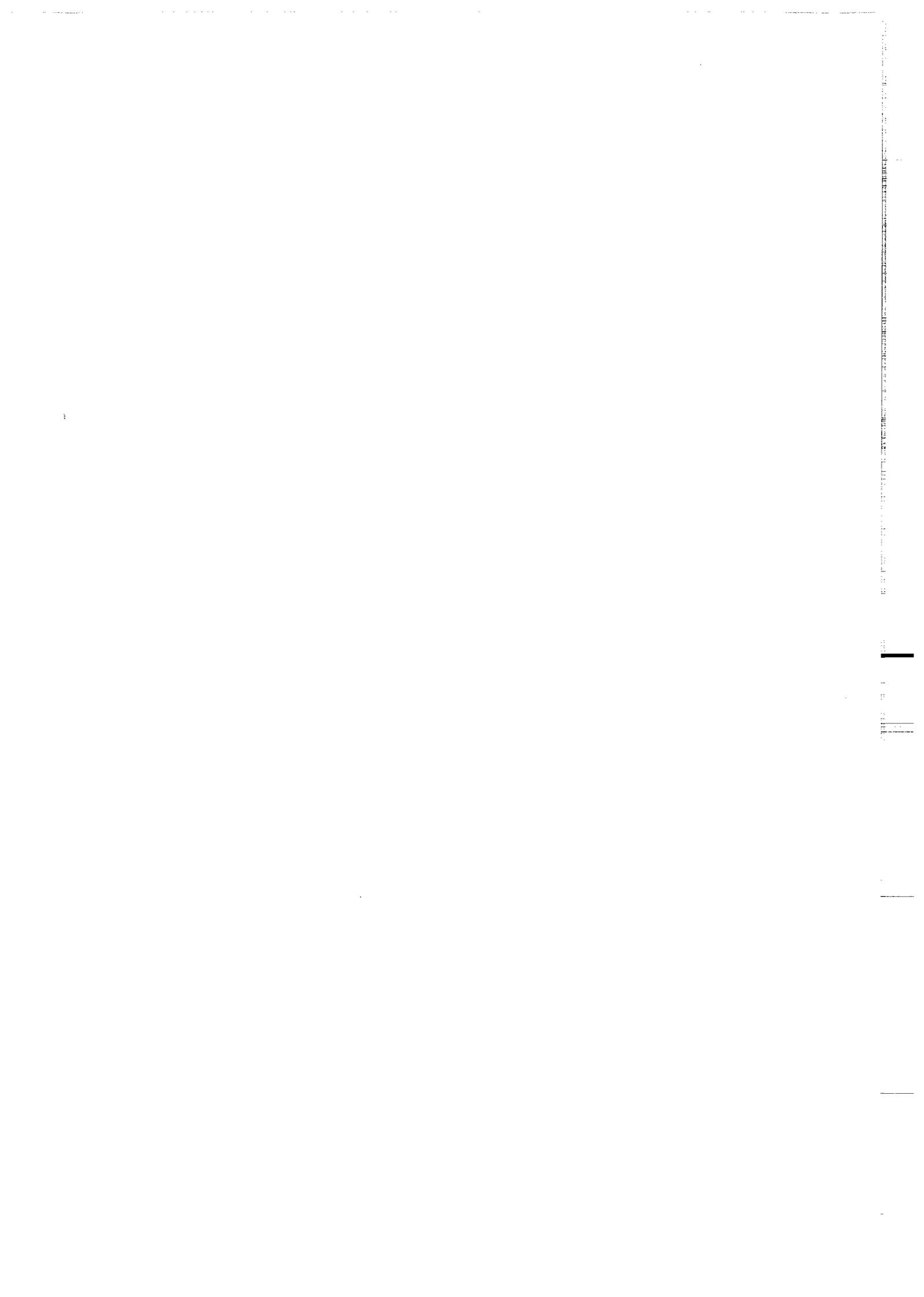
Le bloc crustal de la région du Sub-Bassin de Brejo das Freiras a subi une rotation, pendant le processus de déformation, de 10° dans le sens anti-horaire. Le bloc du Sub-Bassin de Sousa a subi une rotation d'environ 7° dans le sens horaire.

La concordance entre des résultats obtenus par différentes méthodes (analyse tectonique et paléomagnétique) permet d'interpréter le Bassin du Rio do Peixe comme le résultat d'une déformation régionale décrochante sénestre.

Dans la région du bassin les anciennes zones de faiblesse ont été réactivées avec des rejets mixtes (composante horizontale et verticale), résultant en failles senestres/normales de direction E/W ou NW/SE et dextres/normales de direction NE/SW.

Ces résultats sont incompatibles avec les modèles qui considèrent que le continent sud américain tout entier a été soumis à des contraintes d'extension de direction E/W ou ESE/WNW.

## VI CINEMATIQUE DES PLAQUES



La connaissance de l'histoire de la séparation des continents Sud Américain et Africain a subi une évolution grâce à deux outils différents et complémentaires: les données de la géophysique et de la télédétection d'une part et les données de terrain d'autre part. L'intégration de ces deux types de données permet la réalisation de modèles tectoniques à l'échelle continentale.

Durant les dernières 15 années, plusieurs auteurs se sont penché sur ce problème:

- Sibuet & Mascle (1978) ont présenté un modèle cinématique divisé en 4 périodes;
- Rabinowitz & LaBrecque (1979) ont proposé un modèle basé sur la rotation horaire de la plaque sud américaine par rapport à la plaque africaine. Dans ce modèle ont été différenciés, chronologiquement, les événements de la formation des marges méridionale et équatoriale sud américaines ;
- Gorini (1981) a relié la Marge Equatoriale brésilienne avec les zones de fractures océaniques et certains bassins africains;
- Figueiredo (1982) relie les structures compressives observées par Miura & Barbosa (1972) au décrochement dextre existant le long de la Marge Equatoriale;
- Pindell & Dewey (1982) ont relié la formation de la Marge Méridionale de l'Amérique du Sud à celle de la Fosse de Bénoué;
- Asmus & Guazelli (1984) ont établi une description précise des sédiments de la plate-forme brésilienne en les correlant avec les phases tectoniques connues.
- L'évolution de la Marge Est brésilienne a été analysé par Szatmari et al. (1984), Milani (1985), Lana (1985), Lana & Milani (1986) et Milani (1987) et celle de la Marge Equatoriale par Szatmari et al. (1985a, 1985b), Françolin & Szatmari (1985, 1987) et Zanotto & Szatmari (1987) . Ces différents auteurs ont proposé un modèle de rotation horaire de la plaque Sud Américaine par rapport à la plaque Africaine, autour d'un pôle de rotation différent de celui de Rabinowitz & LaBrecque (1979).
- Marinho & Mascle (1987) ont publié un modèle basé sur des données du Plateau de Guinée dans lequel ils tiennent compte des différences entre l'histoire de l'ouverture de l'Atlantique Nord (Jurassique) et celle de l'Atlantique Sud (Crétacé);
- Conceição et al (1988) ont proposé un modèle d'ouverture de l'Atlantique Sud envisageant la progression simultanée de deux rifts indépendants: pour la Marge Equatoriale le rift se propage d'Ouest en Est et pour la Marge Méridionale, du Sud vers le Nord;
- Nürnberg & Müller (1991) divisent l'ouverture en 4 phases successives: le rift se propage en commençant au Sud et en progressant vers le Nord jusqu'au golf du Niger pour tourner ensuite vers l'ouest, jusqu'au le Plateau de Demarara.

- Senant & Popoff (1991) ont utilisé les données de la formation du Bassin du Rio do Peixe pour proposer la formation de l'Océan Atlantique Sud grâce à une extension de direction NNW/SSE. Ceci est en contradiction avec les résultats de notre étude.

Ces modèles peuvent être résumés en 3 groupes selon leur point de vue sur les événements:

1) Dans un premier temps (Fig 81-1a) la Marge Est et la Marge Equatoriale sont divergentes et synchrones, dans un deuxième temps (Fig 81-1b) la Marge Est est divergente et la Marge Equatoriale est transformante (Conceição et al., 1988)

2) Dans un premier temps (Fig 81-2a) la Marge Est est divergent et la Marge Equatoriale est convergente dans sa partie Ouest et divergente a son extrémité Est (grâce à la rotation de l'un des continents par rapport à l'autre). Dans un deuxième temps (Fig 81-2b) la Marge Est est divergente et la Marge Equatoriale est transformante (Rabinowitz & LaBrecque, 1978; Szatmari et al., 1984, 1985a, 1987; Milani, 1985; Lana, 1985; Françolin & Szatmari, 1987; Zanotto & Szatmari, 1987).

3) La Marge Est est divergente et la Marge Equatoriale est transformante durant toute la période de séparation des continents (Fig 81-3), avec des variations dans la chronologie des événements selon les différents auteurs.

Dans tous les cas la Marge Est est considérée comme divergente et la Marge Equatoriale comme transformante durant au moins une période de son existence.

Les analyses et les résultats présentés dans les chapitres précédents permettent d'envisager un modèle basé sur les points suivants:

Le début de la séparation des continents Africain et Sud Américain a eu lieu durant le Crétacé inférieur. Les évidences d'activité tectonique jurassique ne sont liées qu'aux événements de la séparation de l'Amérique du Nord et sont concentrées sur la partie orientale de la Marge Equatoriale:

- le Graben du Cassiporé, localisé au Nord de l'estuaire de l'Amazone et à l'Est du Plateau de Demarara (Fig 82) présente des couches sédimentaires et des coulées de basalte d'âge Jurassique, datées de 206 Ma (Szatmari et al., 1987; Conceição et al., 1988),

- le Bassin du Marajo, localisé sur l'estuaire de l'Amazone (Fig 82), présente des couches sédimentaires d'âge Albien (datées par forage) déposées en discordance

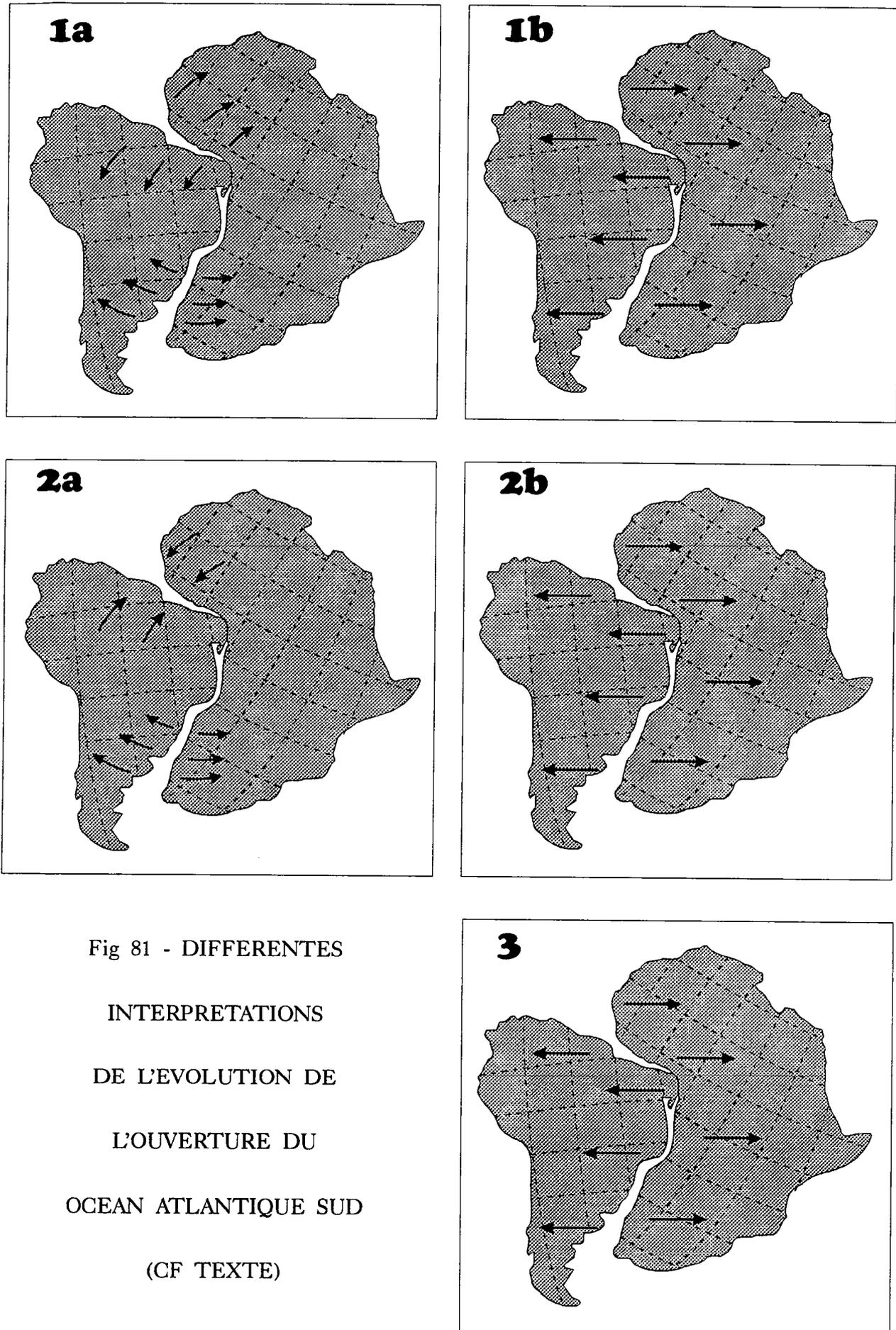


Fig 81 - DIFFERENTES  
 INTERPRETATIONS  
 DE L'EVOLUTION DE  
 L'OUVERTURE DU  
 OCEAN ATLANTIQUE SUD  
 (CF TEXTE)

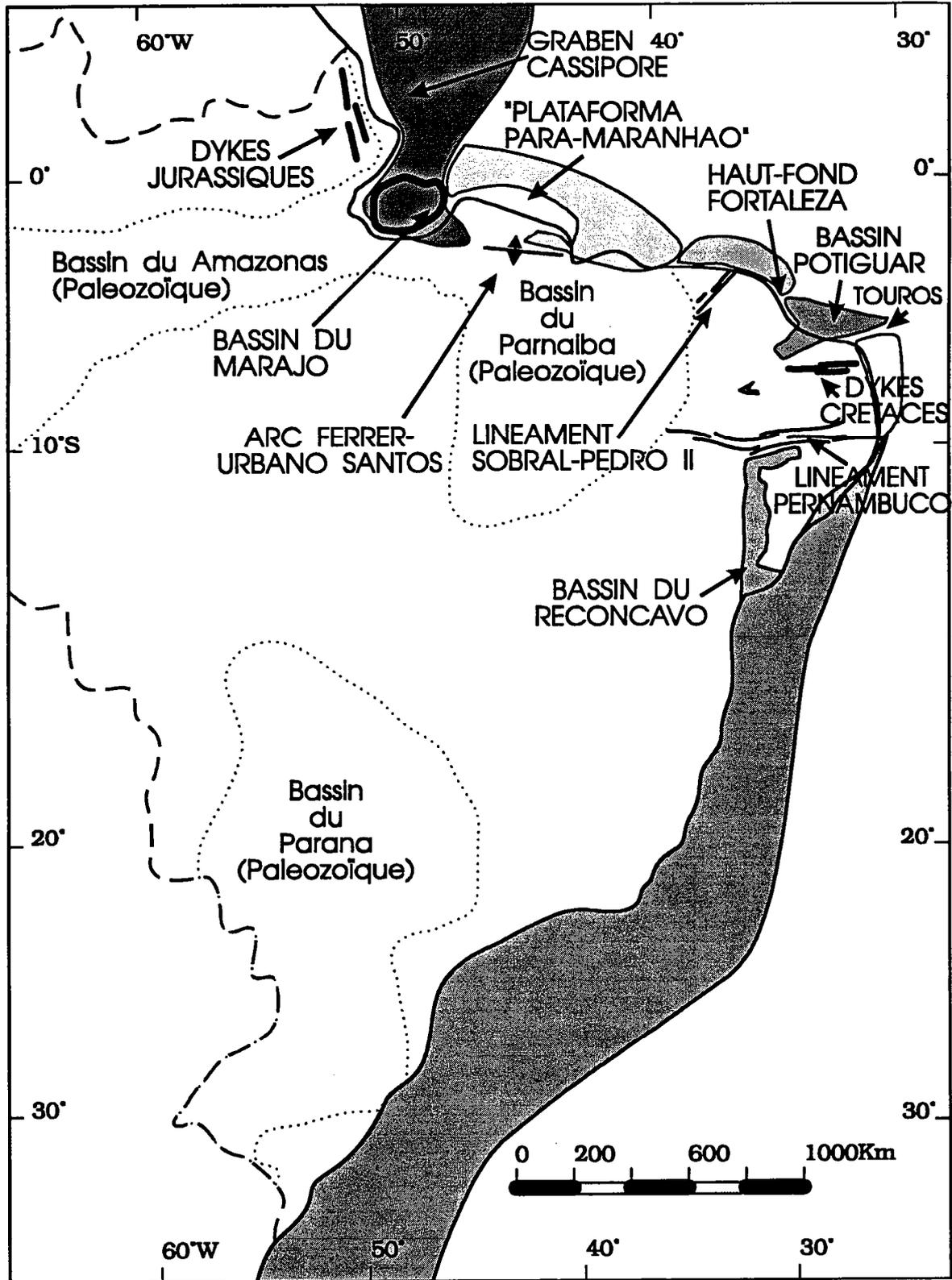


Fig 82- Localisation des principales unités géologiques cités dans le texte.

sur des couches non datées que l'on interprète comme jurassique (profils sismiques).

- les dykes de diabase de direction NNW/SSE, proches du littoral, au Nord du Bassin Paléozoïque de l'Amazone (Fig 82) sont d'âge Jurassique, datés de 225 à 176 Ma (Szatmari et al., 1987; Conceição et al., 1988).

- Les événements liés à l'ouverture de l'Océan Atlantique Nord sont également enregistrés sur le Continent Africain, au niveau de la Marge de Guinée (Marinho & Mascle, 1987).

Du Berriasien au Barremien la sédimentation se fait sur toute la Marge Est de l'Amérique du Sud (rifting), tandis que sur la Marge Equatoriale, elle est limitée au Bassin Potiguar (Fig 82). A la même époque, le Bassin du Rio do Peixe se forme sous un régime de contraintes compressives ENE/WSW associées à des contraintes extensives NNW/SSE (chapitre IV). Cet état de contraintes est lié à une large zone de cisaillement sénestre où les accidents de direction E/W et ESE/WNW représentent les failles synthétiques sénestres et celles de direction NE/SW représentent les failles antithétiques dextres. Cette interprétation est confirmée par l'analyse des rotations des blocs qui constituent le bassin (chapitre V). La sédimentation sur la Marge Est alors que rien ne se dépose sur la marge Equatoriale et la formation du Bassin du Rio do Peixe résultent donc, d'un seule et même événement: la rotation horaire de l'Amérique du Sud par rapport à l'Afrique (Fig 71 et 83).

La rotation citée ci-dessus a été détectée par des données indépendantes, obtenues principalement au Sud du continent Sud Américain (Rabinowitz & LaBrecque, 1979), et antérieurement proposée par Szatmari et al (1985a et 1987) et Françolin & Szatmari (1985 et 1987). L'analyse structurale détaillée du Bassin du Rio do Peixe confirme également ce modèle.

Les différences du modèle présenté, par rapport à celui de Rabinowitz & LaBrecque (1979), concernent (1) la position du pôle de rotation et (2) la chronologie de cette rotation:

1) Le pôle de rotation calculé par Rabinowitz & LaBrecque (1979) est localisé sur la côte, à proximité de la Ville de Sao Luis. Nous considérons que ce pôle se trouve, en réalité, à l'intérieure du continent (Fig 83), sur l'intersection de deux lignes, perpendiculaires aux marges. Ces lignes sont positionnées grâce aux limites de la sédimentation pré-aptienne. Sur la Marge Est cette limite se trouve sur la côte,

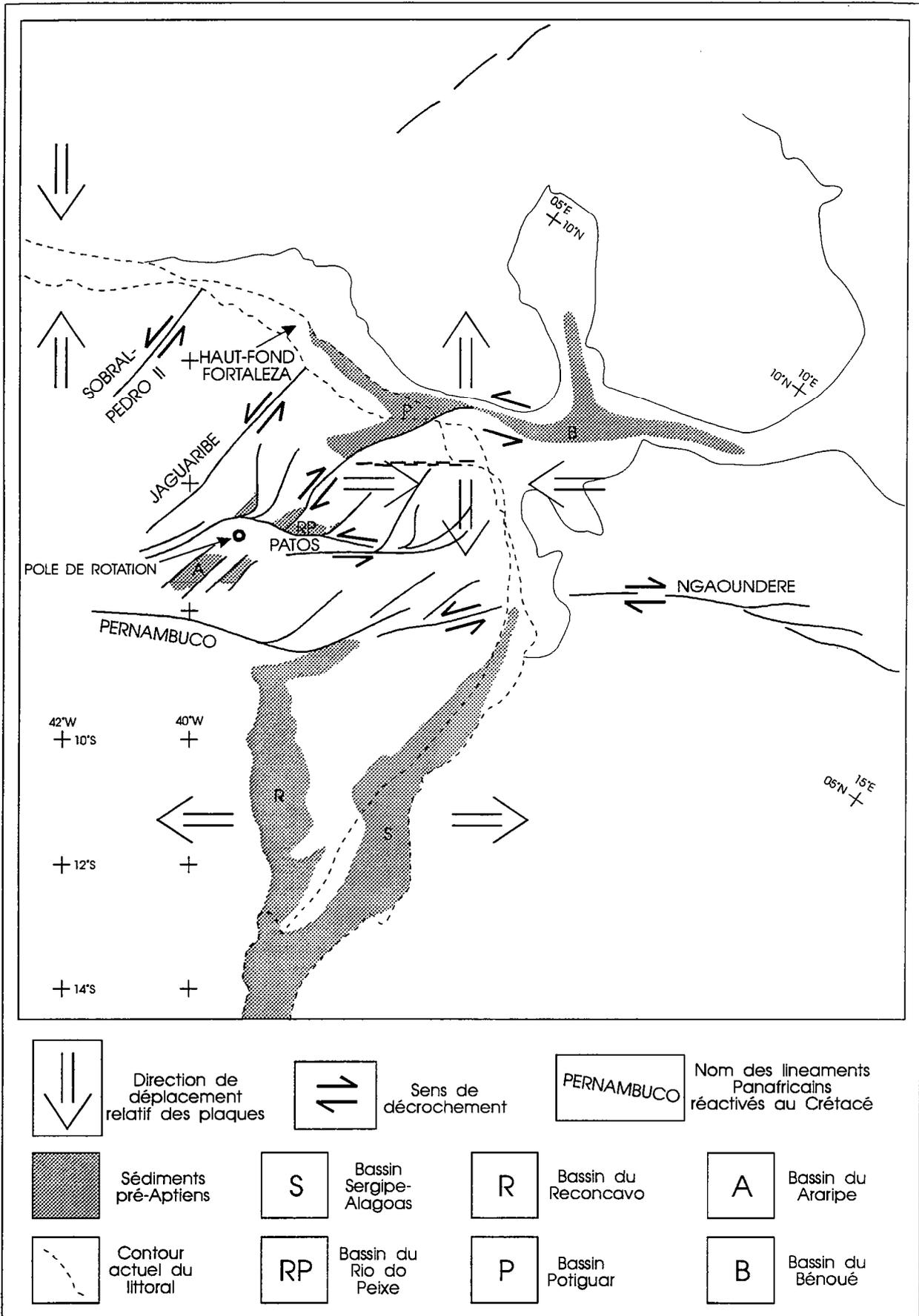


Fig 83 - Cadre structural pré-Aptien du Nord-Est du Brésil et des régions voisines de l'Afrique (d'après Szatmari et al., 1987)

devant le Linéament de Pernambuco (Figs 6 et 82); sur la Marge Equatoriale elle se trouve sur le Haut-fond de Fortaleza (Fig 82).

2) Selon Rabinowitz & LaBrecque (1979) les effets de la rotation se font sentir sur la Marge Equatoriale pendant l'Aptien. Cependant l'âge des sédiments des bassins Potiguar et Rio do Peixe (dont l'évolution est liée à la rotation) et l'absence de sédimentation Berriasienne/Barremienne à l'Ouest du Haut-fond de Fortaleza (Fig 82) nous conduisent à considérer que les effets de la rotation se font sentir dès le Berriasien.

L'Amérique du Sud est caractérisée par deux marges de directions presque orthogonales. Une telle forme associées à un pôle de rotation comme décrit ci-dessus, a provoqué une convergence entre les plaques Africaine et Sud Américaine sur la Marge Equatoriale à Ouest du Haut-fond de Fortaleza. Au même temps l'extrémité Est de cette marge est en extension (Fig 83).

Pour les mêmes motifs, sur la Marge Est, il a eu une divergence au Sud du Linéament de Pernambuco, accompagné d'une convergence au Nord.

Sur les deux marges, les zones divergentes sont caractérisées par le rifting et la sédimentation associé. Les zones convergentes sont caractérisées par une compression et par l'absence de sédimentation.

Les effets de la compression pré-aptienne sur la marge Equatoriale se font sentir sur le Linéament de Sobral-Pedro II, zone de cisaillement d'âge "Brasilianna" (Panafricain) de direction NE/SW (Fig 82), qui a été remobilisé en faille décrochante sénestre durant le Crétacé (Szatmari et al., 1987). Les autres effets de cette compression sont: (1) la formation de l'Arc Ferrer-Urbano Santos, ample anticlinal d'axe E/W (Fig 82) ; (2) le soulèvement de la "Plataforma du Para-Maranhao" (Fig 82), durant le Crétacé inférieur (Zanotto & Szatmari, 1987).

La compression sur l'extrême Nord de la Marge Est, associée à l'extension de la zone méridionale de cette marge, a soumis le Nord-Est du Brésil à une déformation décrochante sénestre de direction E/W. Le bassin du Rio do Peixe s'est formé dans cet environnement tectonique. L'extension N/S de l'extrême Ouest de la marge Equatoriale a produit des failles en transtension sur la zone Nord du Nord-Est du Brésil. Ces failles ont permis la mise en place du Bassin Potiguar. La direction de l'extension dans cette zone est bien marquée par la présence de dykes de basaltes/diabases d'âge K-Ar 125 à 130 Ma (Sial, 1975), localisés au Sud du Bassin Potiguar et de direction E/W. Ces dykes forment un linéament E/W de plus de 200

Km de long, constitué de plusieurs corps, les plus grands faisant 32 Km de long par 150 mètres de large (Sial, 1975).

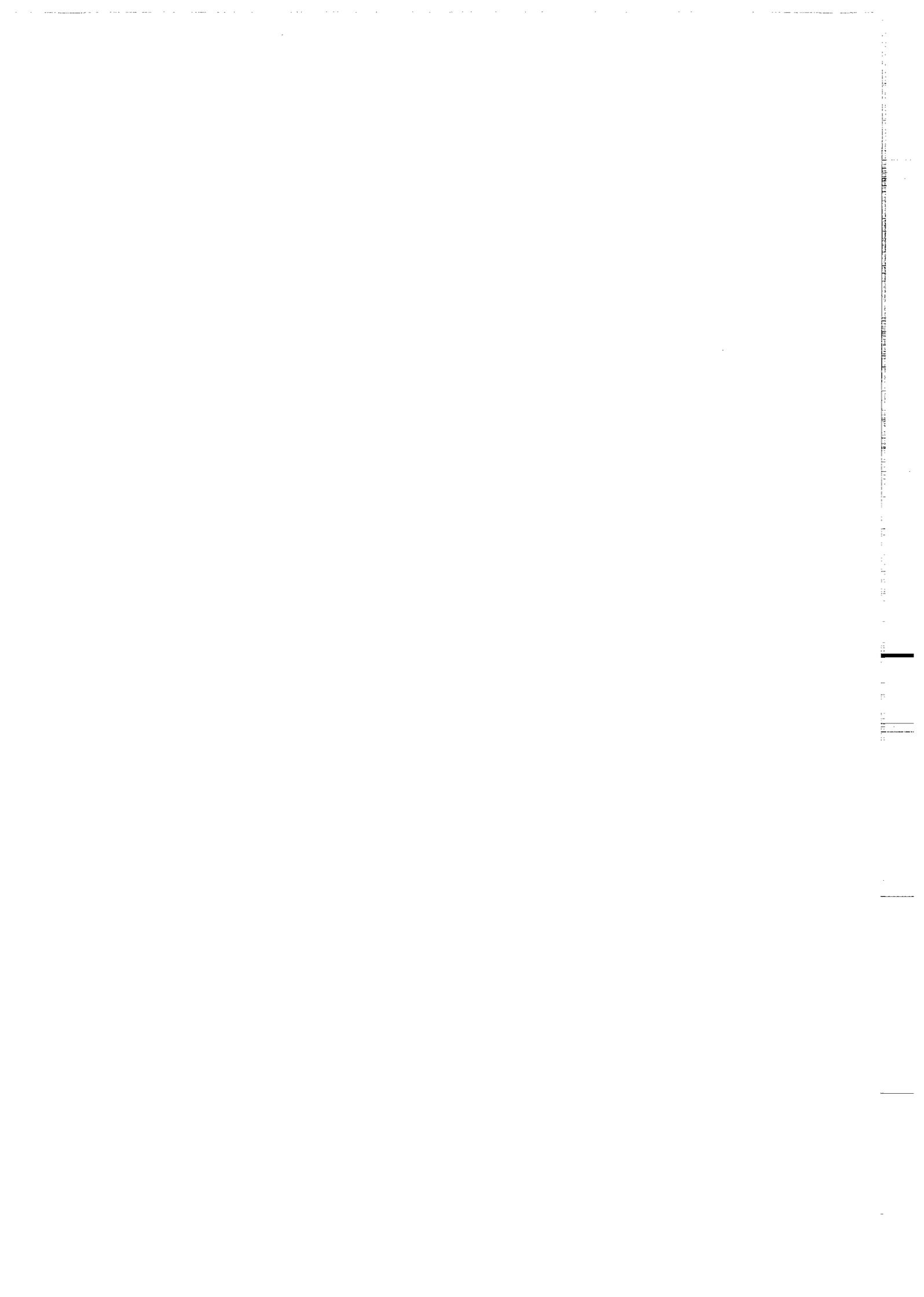
Sur le continent Africain, la formation du Système de Rifts de l'Ouest Africain et, en particulier, le fossé de Bénoué, a été liée, par divers auteurs, à des décrochements senestres (Guiraud, 1990; Fairhead & Binks, 1991; Guiraud & Maurin, 1991). Nous proposons que les décrochements senestres du fossé de Bénoué soient liés au système général ci-dessus présenté (Fig 83).

L'état de contraintes présenté sur la figure 83 a persisté au moins jusqu'à l'Aptien: la sédimentation à l'Ouest du Haut-fond de Fortaleza montre que le rift se propage au même temps que le pôle de rotation migre en direction à l'Ouest, entre l'Aptien et l'Albien inférieur. La propagation du rifting en direction à l'Ouest est enregistrée par l'âge des dépôts (Fig 82). Durant cette période l'extrême Nord de la plaque Sud Américaine glisse latéralement en contact avec la plaque Africaine. La migration du pôle de rotation vers l'Ouest est marquée par une surface de discordance dans le Bassin Potiguar et par l'arrêt définitif de la sédimentation dans le Bassin du Rio do Peixe. Au niveau de l'Afrique ce événement est caractérisé par un changement de la direction principale d'allongement dans les bassins du Système de Rifts de l'Ouest Africains (Guiraud & Maurin, 1991).

Au début de l'Albien les deux continents se trouvent séparés par un rift de quelques milliers de kilomètres de long (du Plateau des Malouines jusqu'au Plateau de Demarara) et la croûte continentale est suffisamment affaiblie pour permettre le mouvement E/W entre les deux continents. A partir de ce moment la Marge Equatoriale se comporte comme une marge transformante.

Comme le dernier événement de la séparation continentale sur la Marge Equatoriale a été celui d'une marge transformante, la majorité des structures visibles aujourd'hui sur cette marge sont liées à cet événement. Les structures des phases antérieures sont moins visibles et ont amené certains auteurs à les rattacher à une phase tectonique unique et homogène.

**Références Bibliographiques**



**ALBUQUERQUE, J.P.T.,1970.** *Inventario hidrogeologico basico do nordeste,folha 15 Jaguaribe-SE.* Recife, SUDENE/Divisao de Documentação, series hidrogeologicas, n° 32.

**ALEKSANDROWSKI, P.,1985.** *Graphical determination of principal stress directions for slickenside lineation populations: an attempt to modify Arthaud's method.* J. Struct. Geol., 7, 73-82.

**ALLMENDINGER, R.W., STRECKER, M., EREMCHUK, J.E. & FRANCIS, P.,1989.** *Neotectonic deformation of the southern Puna Plateau, northwestern Argentina.* Journal of South American Earth Sciences, 8, n° 3, 111-130.

**ALMEIDA, F.F.M.,1967.** *Origem e evolucao da plataforma brasileira.* Boletim Divisao Geologia Mineralogia (DNPM), Rio de Janeiro, n° 241, 36p.

**ALVES, A.C.,1990.** *Nota preliminar sobre medidas de paleocorrentes efetuadas na Bacia do Rio do Peixe.* Relatorio Interno-Petrobras/Debar/Dinter/Selab, Natal, 3p.

**ANGELIER, J. & MECHLER, P.,1977.** *Sur une méthode graphique de recherche des contraintes principales également utilisable en tectonique et séismologie: la méthode des dièdres droits.* Bull. Soc. Géol. de France, 7, XIX, n° 6, 1309-1318.

**ANGELIER, J.,1979.** *Determination of the mean principal directions of stresses for a given fault population.* Tectonophysics, 56, 17-26.

**ARAI, M., HASHIMOTO, A.T. & UESUGUI, N.,1989.** *Significado cronoestratigrafico da associacao microfloristica do cretaceo inferior do Brasil.* Boletim Geociencias Petrobras, 3, n° 1/2, 87-103.

**ARMIJO, R., CAREY, E. & CISTERNAS, A.,1982.** *The inverse problem in microtectonics and the separation of tectonics phases.* Tectonophysics 82, 145-160.

**ARTHAUD, F.,1969.** *Méthode de détermination graphique des directions de raccourcissement, d'allongement et intermédiaire d'une population de failles.* Bull. Soc. Géol. de France, 11, 729-737.

**ASMUS, E.H. & GUAZELLI, W.,1984.** *Descricao sumaria das estruturas da margem continental brasileira et das zones oceanicas et continentais adjacentes.* In: Estruturas e tectonismo da margem continental brasileira e suas implicacoes nos processos sedimentares e na avaliacao do potencial de recursos minerais. Rio de Janeiro, Petrobras/Cenpes/Dintep, serie Projeto Remac 9, 187-269.

**BARBOSA, O.,1966.** *Inventario dos recursos minerais do Estado da Paraiba.* Relatorio Interno (DNPM), Rio de Janeiro.

**BECK JR., M.E.,1980.** *Paleomagnetic record of plate-margin tectonic processes along the western edge of North America.* J. Geophys. Res., 85/B12, 7115-7131.

**BESSE, J. & COURTILLOT, V.,1991.** *Revised and synthetic Apparent Polar Wander paths of the African, Eurasian, North American and Indian plates, and True Polar Wander since 200 Ma.* J. Geophys. Res., 96/B3, 4029-4050.

- BLAREZ, E. & MASCLE, J.,1988.** *Shallow structures and evolution of the Ivory Coast and Ghana transform margin.* Marine and Petroleum Geology, 5, 54-64.
- BOTT, M.H.P.,1959.** *The mechanics of oblique slip faulting.* Geol. Mag., 96, 2, 109-117.
- BRAUN, O.P.G.,1969.** *Geologia da Bacia do Rio do Peixe, nordeste do Brasil.* Relatório Prospec/Ministerio das Minas e Energias - 4° Distrito do Nordeste, 23p.
- BRITO NEVES, B. B.,1975.** *Regionalização geotectonica do pre-cambriano nordestino.* Tese de Doutorado, Instituto Geociencias USP, Sao Paulo, 198p.
- CONCEICAO, J.C.J., ZALAN, P.V. & WOLFF, S.,1988.** *Mecanismo, evolução e cronologia do rift sul-atlantico.* Boletim Geociencias Petrobras, 2, nº 2/4, 255-265.
- CORSINI, M., VAUCHEZ, A., ARCANJO, C. & SA, E.F.J.,1991.** *Strain transfer at continental scale from a transcurrent shear zone to a transpressional fold belt: The Patos-Serido system, northeastern Brazil.* Geology, 19, 586-589.
- DEMAREST JR., H.H.,1983.** *Error analysis for the determination of tectonic rotation from paleomagnetic data.* J. Geophys. Res., 88/B5, 4321-4328.
- DNPM,1984.** *Mapa geologico do Brasil e da area oceanica adjacente incluindo depositos minerais.* Escala 1:2.500.000. Minist. Minas Energias - DNPM, Brasilia.
- ETCHECOPAR, A., VASSEUR, G. & DAIGNIERES, M.,1981.** *An inverse problem in microtectonics for the determination of stress tensors from fault striation analysis.* J. Struct. Geol., 3, nº 1, 51-65.
- ETCHECOPAR, A.,1984.** *Etude des états de contrainte en tectonique cassante et simulations de déformations plastiques.* Thèse d'Etat, Montpellier, 269p.
- FAIRHEAD, J.D. & BINKS, R.M.,1991.** *Differential opening of the Central and South Atlantic Oceans and the opening of the West African rift system.* Tectonophysics, 187, 191-203.
- FIGUEIREDO, A.M.F., TEIXEIRA, L., AMORIM, J. & CARMINATTI, M.,1982.** *Projeto Barreirinhas, reavaliação da bacia cretacea; area terrestre e maritima.* Relatório interno Petrobras/Depex, Rio de Janeiro, 103-239.
- FISHER, R.A.,1953.** *Dispersion on a sphere.* Proc. R. Soc. London, Ser A, 217, 295-305.
- FRANCOLIN, J.B.L. & SZATMARI, P.,1985.** *Mecanismo de Riftingamento da porção oriental da margem norte brasileira.* In: Boletim de Resumos do IX Congresso Brasileiro de Paleontologia, Fortaleza.
- FRANCOLIN, J.B.L. & SZATMARI, P.,1987.** *Mecanismo de Riftingamento da porção oriental da margem norte brasileira.* Revista Brasileira de Paleontologia, 17, nº 2, 196-207.

**GHIGNONE, J.I.,1988.** *Mapeamento geologico das Bacias do Araripe, Iguatu e Rio do Peixe.* Relatório Geoquisa, Salvador, 45p.

**GORINI, M.A.,1981.** *The tectonic fabric of the Equatorial Atlantic an adjoining continental margins. Gulf of Guinee to northeastern Brazil.* In: Estruturas e tectonismo da margem continental brasileira e suas implicações nos processos sedimentares e na avaliação do potencial de recursos minerais. Rio de Janeiro, Petrobras/Cenpes/Dintep, serie Projeto Remac 9,.187-269.

**GUIRAUD, M.,1990.** *Mecanisme de formation du bassin sur décrochements multiples de la Haute-Bénoué (Nigeria): facies et geometrie des corps sédimentaires, microtectonique et deformations synsédimentaires.* Thèse de l'Academie de Montpellier, Université de Sciences et Techniques du Languedoc. 415p.

**GUIRAUD, M. & MAURIN, J.,1991.** *Le rifting en Afrique au Crétacé inférieur: synthèse structurale, mise en évidence de deux étapes dans la genèse des bassins, relations avec les ouvertures océaniques péri-africaines.* Bull. Soc. géol. France, 162, n° 5, 811-823.

**KAMB, W.B.,1959.** *Ice petrofabric observations from Blue Glacier, Washington in relation to theory and experiment.* J. Geophys. Res., 64, 1891-1909.

**LE PICHON, X. & HAYES, D.E.,1971.** *Marginal offsets, fracture zones and early opening of the South Atlantic.* J. Geophys. Res., 26, 6283-6293.

**LANA, M.C.,1985.** *Rifteamento na Bacia de Sergipe-Alagoas, Brasil.* Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto, 124p.

**LANA, M.C. & MILANI, E.J.,1986.** *A microplaca do Nordeste Brasileiro - um elemento dinamico no rifteamento cretácico inferior.* In: Anais do XXXIV Congresso Brasileiro de Geologia, Goiana, 3, 1131-1144.

**LIMA, M.R. & COELHO, M.P.C.A.,1987.** *Estudo palinológico da sondagem estratigráfica de Lagoa do Forno, Bacia do Rio do Peixe, Cretáceo do nordeste do Brasil.* Boletim Instituto Geociências-USP, 18, 67-83.

**LIMA, P.J.,1979.** *Estudo faciológico da Formação Antenor Navarro.* Tese de Mestrado da Universidade Federal de Pernambuco, 130p.

**MABESOONE, J.M. & CAMPANHA, V.A.,1974.** *Caracterização estratigráfica dos grupos Rio do Peixe e Iguatu.* Estudos Sedimentológicos, Natal, 3/4, 21-41.

**MARINHO, M. & MASCLE, J.,1987.** *Evolução Estrutural do Platô da Guiné e sua relação com a formação do Oceano Atlântico Centro-Equatorial.* Revista Brasileira de Paleontologia, 17, n° 2, 111-117.

**MARRETT, R. & ALLMENDINGER, R.W.,1990.** *Kinematic analysis of fault-slip data.* J. Struct. Geol., 12, n° 8, 973-986.

**MARSHAK, M. and MITRA, G.,1988.** *Basic Methods of Structural Geology* (London), 446p.

**MATOS, R.M.D.,1987.** *Sistema de rifts cretaceos do Nordeste Brasileiro.* Tectos I, 1º Seminário de Tectônica da Petrobras, 126-142.

**MILANI, E.J.,1985.** *Tectônica cisalhante na evolução do Rift do Reconcavo-Tucano-Jatoba.* Revista Brasileira de Geociências,15, nº 4, 287-292.

**MILANI, E.J., 1987.** *Aspectos da evolução tectônica das Bacias do Reconcavo e Tucano Sul, Bahia, Brasil.* Rio de Janeiro, Petrobras/Ciência-Técnica-Petróleo, 18, 34p.

**NÜRNBERG, D. & MÜLLER, R.D.,1991.** *The tectonic evolution of the South Atlantic from Late Jurassic to present.* Tectonophysics, 191, 27-53.

**PEGORARO, O.,1972.** *Application de la microtectonique à une étude de néotectonique. Le golfe maliaque (Grèce Centrale).* Thèse de 3ème cycle, Montpellier.

**PERROUD, H., BONHOMMET, N. & THEBAULT, J.P.,1986.** *Palaeomagnetism of the Ordovician Moulin de Chateaupanne formation, Vendee, western France.* Geophys. J. R. astr. Soc., 85, 573-582.

**PFIFFNER, O.A. & BURKHARD, M.,1987.** *Determination of paleo-stress orientation from fault, twin and earthquake data.* Annales Tectonicae, I, nº 1, 48-57.

**PINDELL, J. & DEWEY, J.F.,1982.** *Permo-Triassic reconstruction of western Pangea and the evolution of the Gulf of Mexico-Caribbean domain.* Tectonics, 1, 179-211.

**RABINOWITZ, P.D. & LaBRECQUE, V.,1979.** *The mesozoic South Atlantic ocean and evolution of its continental margin.* J. Geophys. Res., 84, B11, 5973-6002.

**RADAMBRASIL,1981.** Ministerio das Minas e Energias, 23, 133-136.

**RAMSAY, J.G. and HUBER, M.I.,1983** *The techniques of modern structural geology.* Vol. 1: Strain Analysis. Academic Press (London). 307p.

**RAND, H.M.,1982.** *Levantamento magnetométrico na Bacia do Rio do Peixe (PB).* Universidade Federal de Pernambuco, Serie B: Estudos e Pesquisas, 5, 71-74.

**RAND, H.M.,1984.** *Reconhecimento gravimétrico da Bacia do Rio do Peixe, Paraíba.* In: Anais do XI Simposio de Geologia do Nordeste, Natal, Sociedade Brasileira Geologia/núcleo Nordeste, 7p.

**REGALI, M.S.P. & VIANA, C.F.,1989.** *Sedimentos do Neojurássico-Eocretáceo do Brasil: Idade e correlação com a escala internacional.* Petrobras-Serviço Desenvolvimento Recursos Humanos., Rio de Janeiro, 95p.

**ROPERCH, P. & CARLIER, G.,1992.** *Paleomagnetic mesozoic rocks from the central Andes of South of Peru: importance of rotations in the development of the Bolivian orocline.* J. Geophys. Res. , soumis.

**SENANT, J. & POPOFF, M.,1989.** *Les bassins du Rio do Peixe (NE Brésil): Extension intracontinentale crétacée et réactivation des grands cisaillements ductiles pan-africains.* C. R. Acad. Sci. Paris, 308, série II, 1613-1619.

**SENANT, J. & POPOFF, M.,1991.** *Early cretaceous extension in Northeast Brazil related to the South Atlantic opening.* Tectonophysics, 198, 35-46.

**SIAL, A.N.,1975.** *Petrologia e significado tectonico dos diabasios do Rio Grande do Norte e Paraiba.* Ata do VII Simposio de Geologia de Fortaleza, 207-221.

**SIBUET, J.C. & MASCLE, J.,1978.** *Plate kinematic implications of equatorial fracture zone trends.* J. Geophys. Res., 83, 3401-3421.

**SOURIOT, T.,1992.** *Cinématique de l'extension post-pliocène en Afar.* Thèse de l'Université de Rennes I, 197p.

**SZATMARI, P., CONCEICAO, J.C.J., LANA, M.S., MILANI, E.J. & LOBO, A.P.,1984.** *Mecanismo tectonico do rifteamento sud-atlantico.* In: Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia, Rio de Janeiro, SBG, 4, 1529-1601.

**SZATMARI, P., ZANOTTO, O., FRANCOLIN, J.B.L. & WOLFF, S.,1985a.** *Rifting and early tectonic evolution of the Equatorial Atlantic.* In: Geol. Soc. America 98th, Annual Meeting, Orlando, Florida, Abstracts with programs, p.731.

**SZATMARI, P., FRANCOLIN, J.B.L., ZANOTTO, O. & WOLFF, S.,1985b.** *Rifteamento da margem equatorial do Brasil.* In: Boletim de Resumos do IX Congresso Brasileiro de Paleontologia, Fortaleza, p. 91.

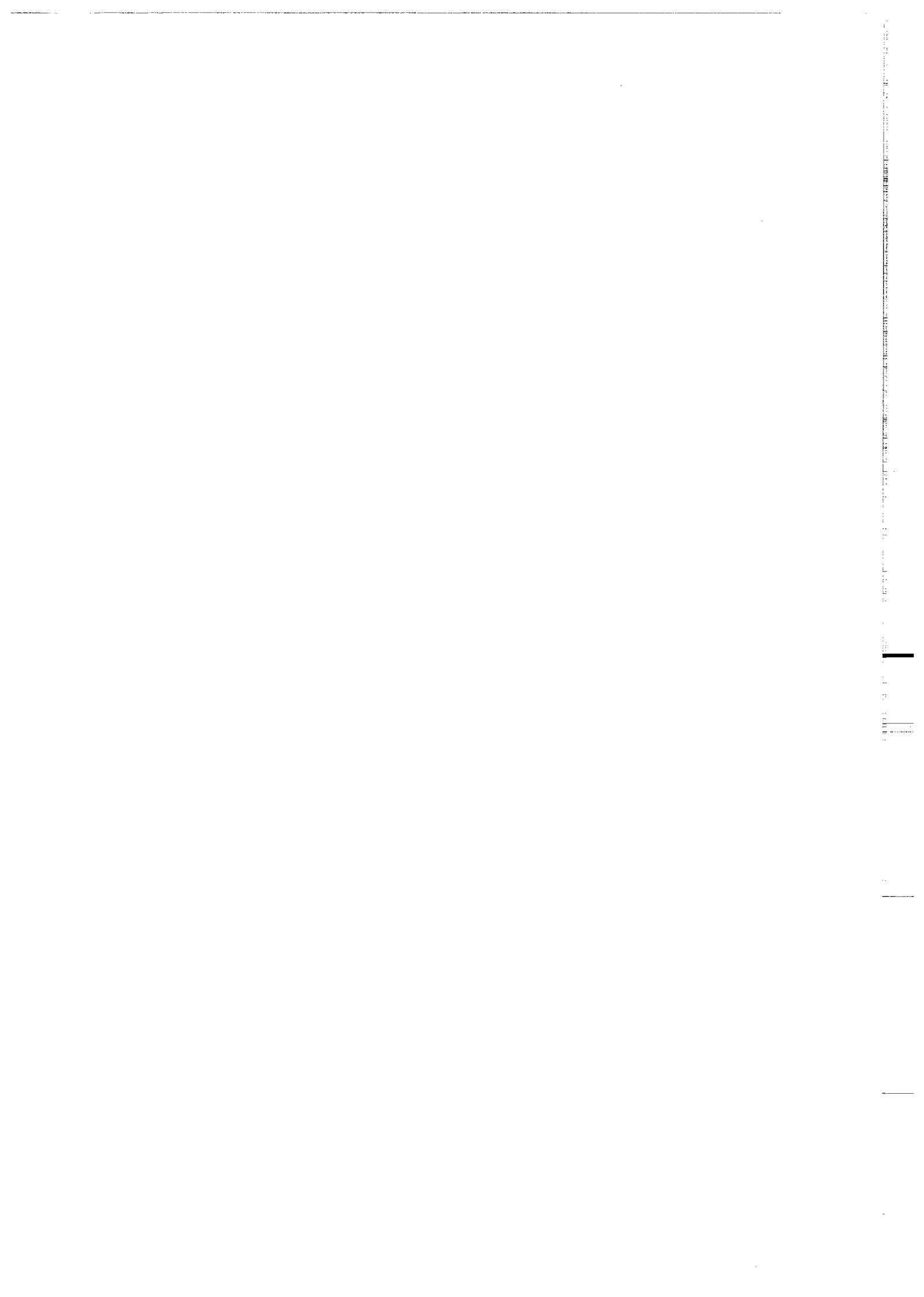
**SZATMARI, P., FRANCOLIN, J.B.L., ZANOTTO, O. & WOLFF, S.,1987.** *Evolucao tectonica da margem equatorial brasileira.* Revista Brasileira Geociencias, 17, n° 2, 180-188.

**TINOCO, I.M. & MABESOONE, J.M.,1975.** *Observações paleocologicas sobre as bacias mesozoicas de Iguatu, Rio do Peixe e intermediarias.* Atas do VII Simposio de Geologia, Fortaleza, 95-107.

**VASCONCELOS, E.C.,1980.** *Estudo fasciologico da Formation Sousa.* Tese de mestrado da Universidade Federal de Pernambuco. 130p.

**ZANOTTO, O. & SZATMARI, P.,1987.** *Mecanismo de rifteamento da porção ocidental da margem Norte Brasileira, Bacia do Para-Maranhao.* Revista Brasileira de Paleontologia, 17, n° 2, 189-195.

**ZIJDERVELD, J.D.A.,1967.** *Demagnetization of rocks: analysis of results.* In: Methods in paleomagnetism (D.M. Collinson, K.M. Creer and Runcorn edits, New York), 254-286.



ANNEXE 3

METHODE D'ETCHECOPAR

DONNEES ET RESULTATS



1

```
***** PARAMETRES CHOISIS *****
*
* bf TOUTES LES FAILLES DE BREJO DAS FREIRAS
*
*
* VALEUR DE INDX CHOISIE 1
* POURCENTAGE SERVANT A LA MINIMISATION 100
* NOMBRE DE TIRAGES AU HASARD 200
* NOMBRE SERVANT A CE TIRAGE 500
* NOMBRE DE TRIS DURANT LA MINIMISATION 50
*
*****
```

NBRE DE DONNEES 41 PARAMETRES 2.8814 1.3398 .0676 .8759 FONCTION .984621E+02

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 1

\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 2

TENSEUR A L ITERATION 12

bf TOUTES LES FAILLES DE BREJO DAS FREIRAS

NO	TENSEUR EN X Y Z	DANS LES AXES PRINCIPAUX *****		
	SIGMA(1)= .47868	DIRECTION 87.3	PENDAGE 10.9	
	SIGMA(2)= .04264	DIRECTION 266.2	PENDAGE 79.1	
	SIGMA(3)= -.52132	DIRECTION 357.3	PENDAGE .2	

RAPPORT R = .56

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 24.2348 POUR LES 41 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
ET A 24.2348 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 2

\*\*\*\*\* DEBUT DE LA TROISIEME ETAPE

REGRESSION MOINDRE CARR SUR LES 41 PLUS FAIBLES ECARTS

ECART MOYEN EN DEGRES 46.39397

COMP NO 1	ERR SUR DIREC 30.5	ERR SUR PEND 68.5
COMP NO 2	ERR SUR DIREC 277.5	ERR SUR PEND 68.3
COMP NO 3	ERR SUR DIREC 33.6	ERR SUR PEND 50.2

ERREUR SUR R .10E+01

bf TOUTES LES FAILLES DE BREJO DAS FREIRAS

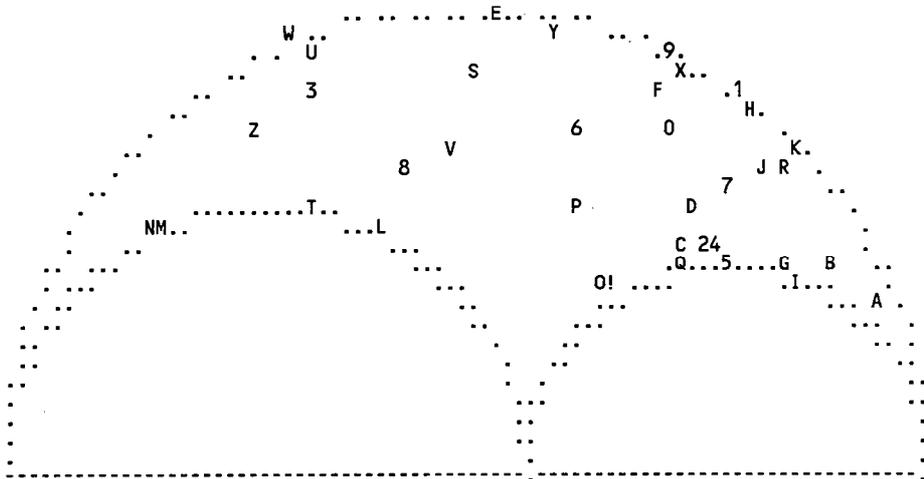
NO	TENSEUR EN X Y Z	DANS LES AXES PRINCIPAUX *****		
	SIGMA(1)= .47877	DIRECTION 87.3	PENDAGE 11.0	
	SIGMA(2)= .04246	DIRECTION 266.3	PENDAGE 79.0	
	SIGMA(3)= -.52123	DIRECTION 357.3	PENDAGE .2	

RAPPORT R = .56

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 24.2348 POUR LES 41 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
 ET A 24.2348 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

1

REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR



LE CARACTERE A	CORRESPOND AUX DONNEES	22	
LE CARACTERE B	CORRESPOND AUX DONNEES	15	14
LE CARACTERE C	CORRESPOND AUX DONNEES	5	
LE CARACTERE D	CORRESPOND AUX DONNEES	20	
LE CARACTERE E	CORRESPOND AUX DONNEES	24	
LE CARACTERE F	CORRESPOND AUX DONNEES	25	
LE CARACTERE G	CORRESPOND AUX DONNEES	32	
LE CARACTERE H	CORRESPOND AUX DONNEES	21	
LE CARACTERE I	CORRESPOND AUX DONNEES	12	
LE CARACTERE J	CORRESPOND AUX DONNEES	34	
LE CARACTERE K	CORRESPOND AUX DONNEES	17	16
LE CARACTERE L	CORRESPOND AUX DONNEES	41	
LE CARACTERE M	CORRESPOND AUX DONNEES	11	
LE CARACTERE N	CORRESPOND AUX DONNEES	39	
LE CARACTERE O	CORRESPOND AUX DONNEES	33	
LE CARACTERE P	CORRESPOND AUX DONNEES	4	
LE CARACTERE Q	CORRESPOND AUX DONNEES	29	
LE CARACTERE R	CORRESPOND AUX DONNEES	6	
LE CARACTERE S	CORRESPOND AUX DONNEES	23	
LE CARACTERE T	CORRESPOND AUX DONNEES	40	
LE CARACTERE U	CORRESPOND AUX DONNEES	19	
LE CARACTERE V	CORRESPOND AUX DONNEES	35	
LE CARACTERE W	CORRESPOND AUX DONNEES	10	
LE CARACTERE X	CORRESPOND AUX DONNEES	2	13
LE CARACTERE Y	CORRESPOND AUX DONNEES	18	
LE CARACTERE Z	CORRESPOND AUX DONNEES	37	36
LE CARACTERE 1	CORRESPOND AUX DONNEES	3	
LE CARACTERE 2	CORRESPOND AUX DONNEES	31	
LE CARACTERE 3	CORRESPOND AUX DONNEES	38	
LE CARACTERE 4	CORRESPOND AUX DONNEES	26	
LE CARACTERE 5	CORRESPOND AUX DONNEES	27	
LE CARACTERE 6	CORRESPOND AUX DONNEES	30	
LE CARACTERE 7	CORRESPOND AUX DONNEES	1	
LE CARACTERE 8	CORRESPOND AUX DONNEES	7	
LE CARACTERE 9	CORRESPOND AUX DONNEES	28	
LE CARACTERE 0	CORRESPOND AUX DONNEES	8	
LE CARACTERE !	CORRESPOND AUX DONNEES	9	

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPR NO 3

\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 4

.109703E+02 .790280E+02 .189688E+00 .872959E+02 .266281E+03 .357259E+03

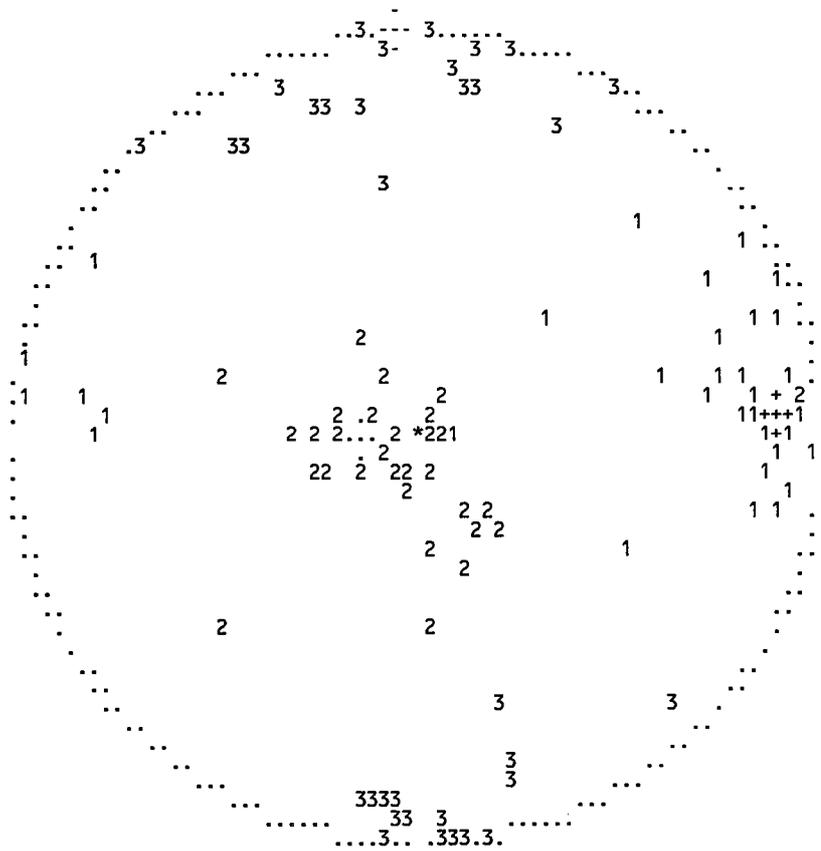
1

bf TOUTES LES FAILLES DE BREJO DAS FREIRAS

GAMME	NBRE	INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME
1	0- 6	4 22 15 5 20
2	6- 11	8 24 25 32 21
3	11- 17	13 12 34 17 41 11
4	17- 23	15 39 33
5	23- 29	20 4 29 6 23 40
6	29- 34	24 19 35 10 2
7	34- 40	28 18 13 37 3
8	40- 46	29 31
9	46- 52	32 16 14 38
10	52- 57	32
11	57- 69	34 36 26
12	69- 80	38 27 30 1 7
13	80- 92	40 28 8
14	92-103	41 9

1 PROJECTION SUR DIAGRAMME DE SCHMITT DES AXES DES TENSEURS CORRESPONDANT A CHAQUE STRIE

bf TOUTES LES FAILLES DE BREJO DAS FREIRAS



bf TOUTES LES FAILLES DE BREJO DAS FREIRAS

20	44	W	0	310	I	1
30	66	W	0	225	D	2
25	74	W	0	217	D	3
40	27	W	0	245	D	4
165	53	E	0	125	S	5
20	60	W	0	222	D	6
72	36	N	0	278	D	7
30	50	W	0	320	N	8
23	20	W	0	320	N	9
55	78	N	0	44	D	10
95	58	N	0	5	N	11
180	45	W	0	240	I	12
30	64	W	0	228	D	13
10	56	W	0	275	I	14
10	56	W	0	214	D	15
20	73	W	0	220	D	16

20	76	W	0	16	D	17
40	64	W	0	18	D	18
57	66	N	0	32	D	19
20	36	W	0	224	D	20
24	77	W	0	21	D	21
6	63	W	0	206	D	22
135	67	N	0	122	S	23
40	89	E	0	220	D	24
26	75	E	0	28	D	25
10	35	W	0	3	D	26
180	34	W	0	338	S	27
30	82	W	0	300	N	28
5	50	E	0	95	I	29
40	40	W	0	330	N	30
15	34	W	0	285	I	31
175	43	W	0	265	I	32
10	40	E	0	80	I	33
20	54	W	0	220	D	34
60	38	N	0	60	D	35
70	55	N	0	320	N	36
71	55	N	0	357	N	37
62	57	N	0	350	N	38
85	60	N	0	350	N	39
80	40	S	0	140	N	40
70	34	S	0	167	N	41
450						

\*\*\*\*\*FIN FINALE

1

```

*****
PARAMETRES CHOISIS
*****
*
* fb1 *
*
*
* VALEUR DE INDX CHOISIE 1
* POURCENTAGE SERVANT A LA MINIMISATION 100
* NOMBRE DE TIRAGES AU HASARD 200
* NOMBRE SERVANT A CE TIRAGE 500
* NOMBRE DE TRIS DURANT LA MINIMISATION 50
*
*****

```

NBRE DE DONNEES 20 PARAMETRES .2933 1.0783 .1175 .6906 FONCTION .296291E+02

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 1

\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 2

TENSEUR A L ITERATION 4

fb1 \*

NO	TENSEUR EN X Y Z	DANS LES AXES PRINCIPAUX *****		
	SIGMA(1)= .50647	DIRECTION 249.7	PENDAGE 3.2	
	SIGMA(2)= -.01293	DIRECTION 152.1	PENDAGE 66.7	
	SIGMA(3)= -.49353	DIRECTION 341.0	PENDAGE 23.0	

RAPPORT R = .48

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: .7017 POUR LES 20 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
ET A .7017 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 2

\*\*\*\*\* DEBUT DE LA TROISIEME ETAPE

REGRESSION MOINDRE CARR SUR LES 20 PLUS FAIBLES ECARTS

ECART MOYEN EN DEGRES 12.00444

COMP NO 1	ERR SUR DIREC	6.4	ERR SUR PEND	10.9
COMP NO 2	ERR SUR DIREC	28.7	ERR SUR PEND	8.1
COMP NO 3	ERR SUR DIREC	5.5	ERR SUR PEND	8.0

ERREUR SUR R .22E+00

fb1 \*

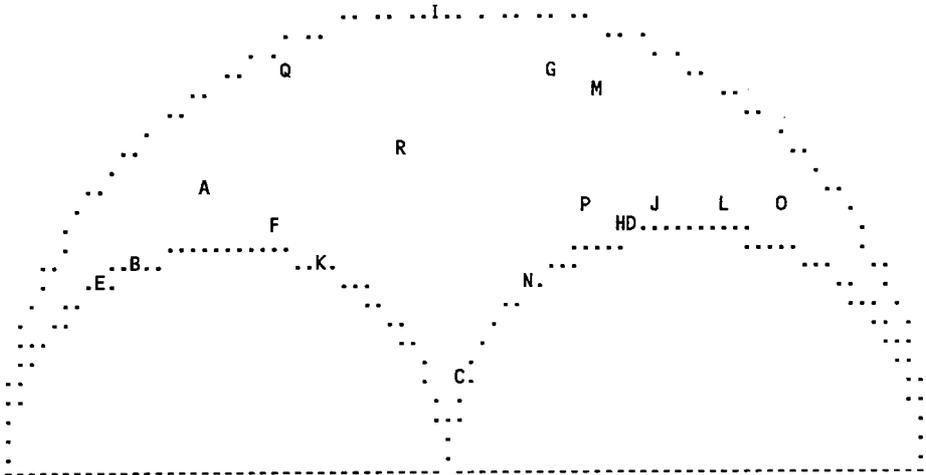
NO	TENSEUR EN X Y Z	DANS LES AXES PRINCIPAUX *****		
	SIGMA(1)= .50641	DIRECTION 249.7	PENDAGE 3.3	
	SIGMA(2)= -.01282	DIRECTION 152.1	PENDAGE 66.7	
	SIGMA(3)= -.49359	DIRECTION 341.0	PENDAGE 23.1	

RAPPORT R = .48

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: .7016 POUR LES 20 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
 ET A .7016 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

1

REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR



LE CARACTERE A CORRESPOND AUX DONNEES 2  
 LE CARACTERE B CORRESPOND AUX DONNEES 20  
 LE CARACTERE C CORRESPOND AUX DONNEES 1  
 LE CARACTERE D CORRESPOND AUX DONNEES 3  
 LE CARACTERE E CORRESPOND AUX DONNEES 19  
 LE CARACTERE F CORRESPOND AUX DONNEES 7  
 LE CARACTERE G CORRESPOND AUX DONNEES 9  
 LE CARACTERE H CORRESPOND AUX DONNEES 14  
 LE CARACTERE I CORRESPOND AUX DONNEES 13  
 LE CARACTERE J CORRESPOND AUX DONNEES 4  
 LE CARACTERE K CORRESPOND AUX DONNEES 16 18 17  
 LE CARACTERE L CORRESPOND AUX DONNEES 10  
 LE CARACTERE M CORRESPOND AUX DONNEES 5  
 LE CARACTERE N CORRESPOND AUX DONNEES 8  
 LE CARACTERE O CORRESPOND AUX DONNEES 11  
 LE CARACTERE P CORRESPOND AUX DONNEES 15  
 LE CARACTERE Q CORRESPOND AUX DONNEES 12  
 LE CARACTERE R CORRESPOND AUX DONNEES 6

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPR NO 3

\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 4

.325446E+01 .668885E+02 .230564E+02 .249651E+03 .152068E+03 .341038E+03  
 fb1 \*

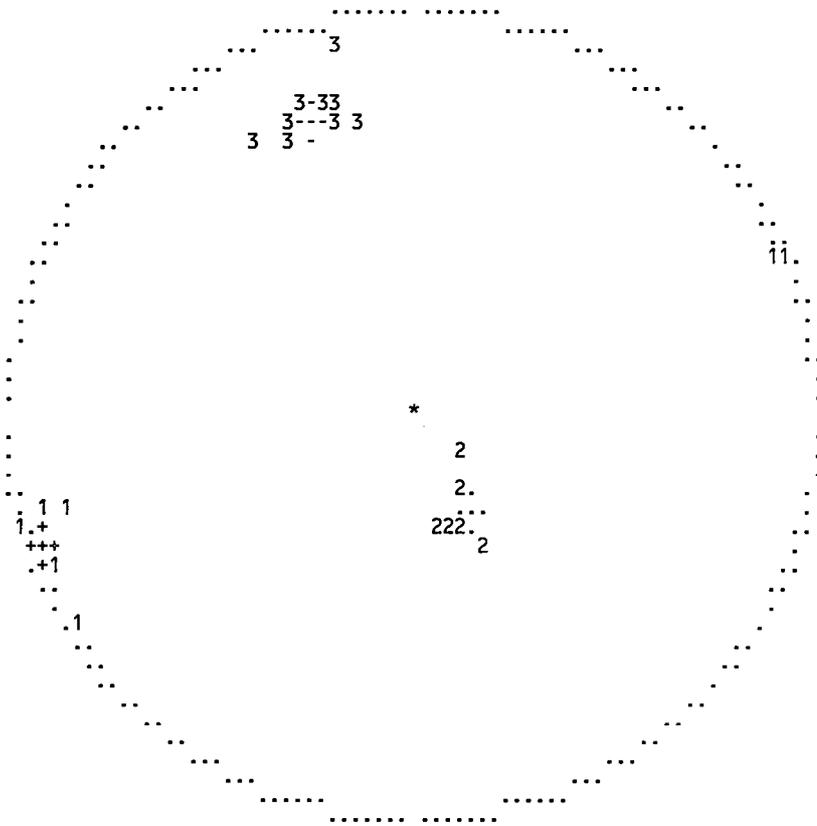
1

GAMME	NBRE	INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME
1	0- 6 8	2 20 1 3 19 7 9 14
2	6- 11 13	13 4 16 10 18
3	11- 17 18	5 8 11 17 15
4	17- 23 20	12 6

1

PROJECTION SUR DIAGRAMME DE SCHMITT DES AXES DES TENSEURS CORRESPONDANT A CHAQUE STRIE

fb1 \*



fb1 \*

40	27	W	0	245	D	1
55	78	N	0	44	D	2
180	45	W	0	240	I	3
10	56	W	0	214	D	4
20	76	W	0	16	D	5
40	64	W	0	18	D	6
57	66	N	0	32	D	7
20	36	W	0	224	D	8
24	77	W	0	21	D	9
6	63	W	0	206	D	10
135	67	N	0	122	S	11
40	89	E	0	220	D	12
26	75	E	0	28	D	13
175	43	W	0	265	I	14
20	54	W	0	220	D	15
70	55	N	0	320	N	16
71	55	N	0	357	N	17
62	57	N	0	350	N	18
80	40	S	0	140	N	19
70	34	S	0	167	N	20
450						

\*\*\*\*\*FIN FINALE

1

```

***** PARAMETRES CHOISIS *****
*
* bf2
*
*
* VALEUR DE INDX CHOISIE 1
* POURCENTAGE SERVANT A LA MINIMISATION 100
* NOMBRE DE TIRAGES AU HASARD 100
* NOMBRE SERVANT A CE TIRAGE 500
* NOMBRE DE TRIS DU RANT LA MINIMISATION 50
*
*****

```

NBRE DE DONNEES 12 PARAMETRES 2.6197 3.0580 2.3364 .0369 FONCTION .260223E+02

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 1

\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 2

TENSEUR A L ITERATION 5

bf2

NO	TENSEUR EN X Y Z	DANS LES AXES PRINCIPAUX *****		
	SIGMA(1)= .58532	DIRECTION 275.5	PENDAGE .9	
	SIGMA(2)= -.17064	DIRECTION 39.0	PENDAGE 88.4	
	SIGMA(3)= -.41468	DIRECTION 185.5	PENDAGE 1.3	

RAPPORT R = .24

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: .2774 POUR LES 12 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
ET A .2774 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 2

\*\*\*\*\*DEBUT DE LA TROISIEME ETAPE

REGRESSION MOINDRE CARR SUR LES 12PLUS FAIBLES ECARTS

ECART MOYEN EN DEGRES 9.09459

COMP NO 1	ERR SUR DIREC	3.4	ERR SUR PEND	8.1
COMP NO 2	ERR SUR DIREC	52.9	ERR SUR PEND	14.7
COMP NO 3	ERR SUR DIREC	3.6	ERR SUR PEND	15.5

ERREUR SUR R .20E+00

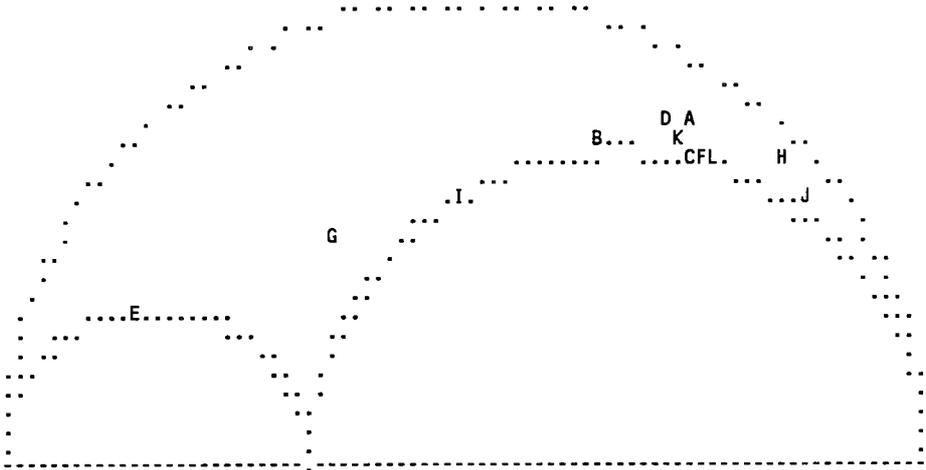
bf2

NO	TENSEUR EN X Y Z	DANS LES AXES PRINCIPAUX *****		
	SIGMA(1)= .55580	DIRECTION 275.8	PENDAGE 3.5	
	SIGMA(2)= -.11159	DIRECTION 165.9	PENDAGE 79.8	
	SIGMA(3)= -.44420	DIRECTION 6.4	PENDAGE 9.5	

RAPPORT R = .33

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: .2014 POUR LES 12 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
 1 ET A .2014 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR



LE CARACTERE A CORRESPOND AUX DONNEES 2  
 LE CARACTERE B CORRESPOND AUX DONNEES 19  
 LE CARACTERE C CORRESPOND AUX DONNEES 11  
 LE CARACTERE D CORRESPOND AUX DONNEES 10  
 LE CARACTERE E CORRESPOND AUX DONNEES 9  
 LE CARACTERE F CORRESPOND AUX DONNEES 16  
 LE CARACTERE G CORRESPOND AUX DONNEES 20  
 LE CARACTERE H CORRESPOND AUX DONNEES 3  
 LE CARACTERE I CORRESPOND AUX DONNEES 18  
 LE CARACTERE J CORRESPOND AUX DONNEES 12  
 LE CARACTERE K CORRESPOND AUX DONNEES 4  
 LE CARACTERE L CORRESPOND AUX DONNEES 5

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPR NO 3

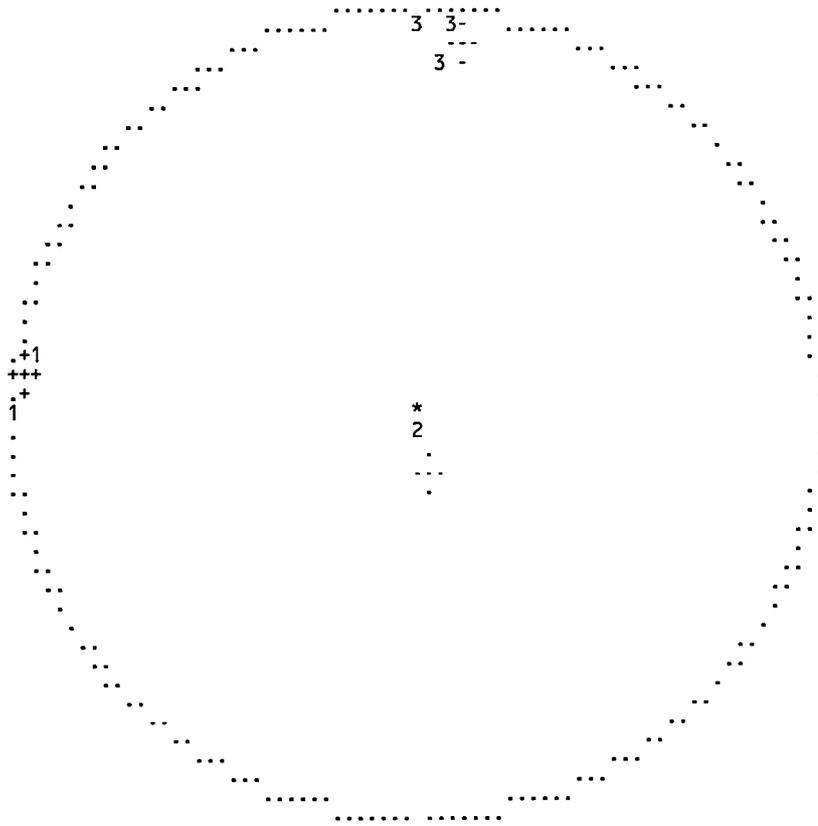
\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 4

1 .350551E+01 .798229E+02 .954229E+01 .275806E+03 .165853E+03 .639586E+01  
 bf2

GAMME	NBRE	INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME
1	0- 6	7 2 19 11 10 9 16 20
2	6- 11	11 3 18 12 4
3	11- 17	11
4	17- 23	12 5

1 PROJECTION SUR DIAGRAMME DE SCHMITT DES AXES DES TENSEURS CORRESPONDANT A CHAQUE STRIE

bf2



bf2

30	66	W	0	225	D	2
25	74	W	0	217	D	3
165	53	E	0	125	S	4
20	60	W	0	222	D	5
95	58	N	0	5	N	9
30	64	W	0	228	D	10
10	56	W	0	275	I	11
20	73	W	0	220	D	12
5	50	E	0	95	I	16
15	34	W	0	285	I	18
10	40	E	0	80	I	19
60	38	N	0	60	D	20
450						

\*\*\*\*\*FIN FINALE

1

```

*****          PARAMETRES CHOISIS          *****
*
* BFNE   BREJO NE
*
*
*   VALEUR DE INDX CHOISIE 1
*   POURCENTAGE SERVANT A LA MINIMISATION 100
*   NOMBRE DE TIRAGES AU HASARD 200
*   NOMBRE SERVANT A CE TIRAGE 500
*   NOMBRE DE TRIS DURANT LA MINIMISATION 50
*
*****

```

NBRE DE DONNEES 16 PARAMETRES .1691 .7186 2.8803 .1321 FONCTION .411971E+02

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 1

\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 2

TENSEUR A L ITERATION 8

BFNE BREJO NE

```

NO      TENSEUR EN X Y Z          DANS LES AXES PRINCIPAUX *****
SIGMA(1)= .49404  DIRECTION 267.7  PENDAGE 2.8
SIGMA(2)= .01191  DIRECTION 160.7  PENDAGE 80.5
SIGMA(3)= -.50596  DIRECTION 358.1  PENDAGE 9.0

```

RAPPORT R = .52

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 3.3880 POUR LES 16 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
ET A 3.3880 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 2

\*\*\*\*\* DEBUT DE LA TROISIEME ETAPE

REGRESSION MOINDRE CARR SUR LES 16 PLUS FAIBLES ECARTS

ECART MOYEN EN DEGRES 30.45972

```

COMP NO 1  ERR SUR DIREC 21.6  ERR SUR PEND 59.5
COMP NO 2  ERR SUR DIREC 309.0  ERR SUR PEND 50.6
COMP NO 3  ERR SUR DIREC 15.7  ERR SUR PEND 38.7

```

ERREUR SUR R .63E+00

BFNE BREJO NE

```

NO      TENSEUR EN X Y Z          DANS LES AXES PRINCIPAUX *****
SIGMA(1)= .49372  DIRECTION 267.6  PENDAGE 2.9
SIGMA(2)= .01257  DIRECTION 160.3  PENDAGE 80.4
SIGMA(3)= -.50628  DIRECTION 358.1  PENDAGE 9.1

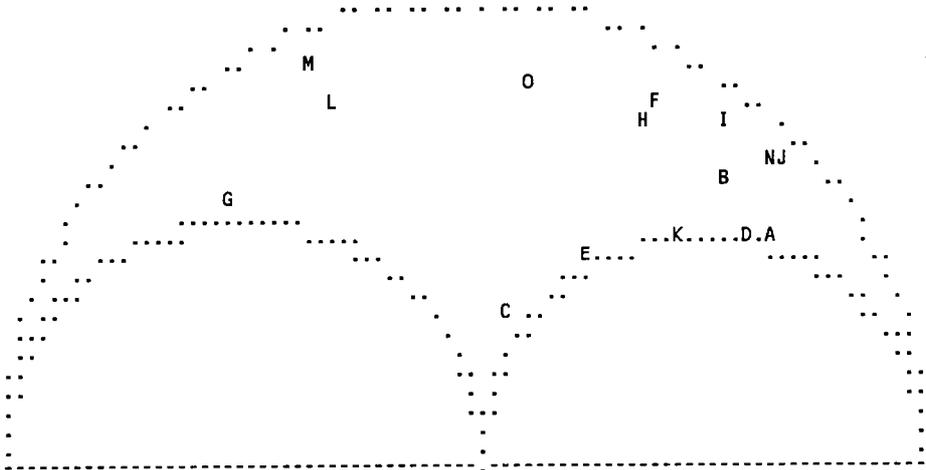
```

RAPPORT R = .52

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 3.3880 POUR LES 16 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
 ET A 3.3880 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

1

REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR



LE CARACTERE A CORRESPOND AUX DONNEES 5  
 LE CARACTERE B CORRESPOND AUX DONNEES 6  
 LE CARACTERE C CORRESPOND AUX DONNEES 4  
 LE CARACTERE D CORRESPOND AUX DONNEES 13 12  
 LE CARACTERE E CORRESPOND AUX DONNEES 18  
 LE CARACTERE F CORRESPOND AUX DONNEES 2  
 LE CARACTERE G CORRESPOND AUX DONNEES 20  
 LE CARACTERE H CORRESPOND AUX DONNEES 11  
 LE CARACTERE I CORRESPOND AUX DONNEES 3  
 LE CARACTERE J CORRESPOND AUX DONNEES 15  
 LE CARACTERE K CORRESPOND AUX DONNEES 10  
 LE CARACTERE L CORRESPOND AUX DONNEES 17  
 LE CARACTERE M CORRESPOND AUX DONNEES 19  
 LE CARACTERE N CORRESPOND AUX DONNEES 14  
 LE CARACTERE O CORRESPOND AUX DONNEES 16

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPR NO 3

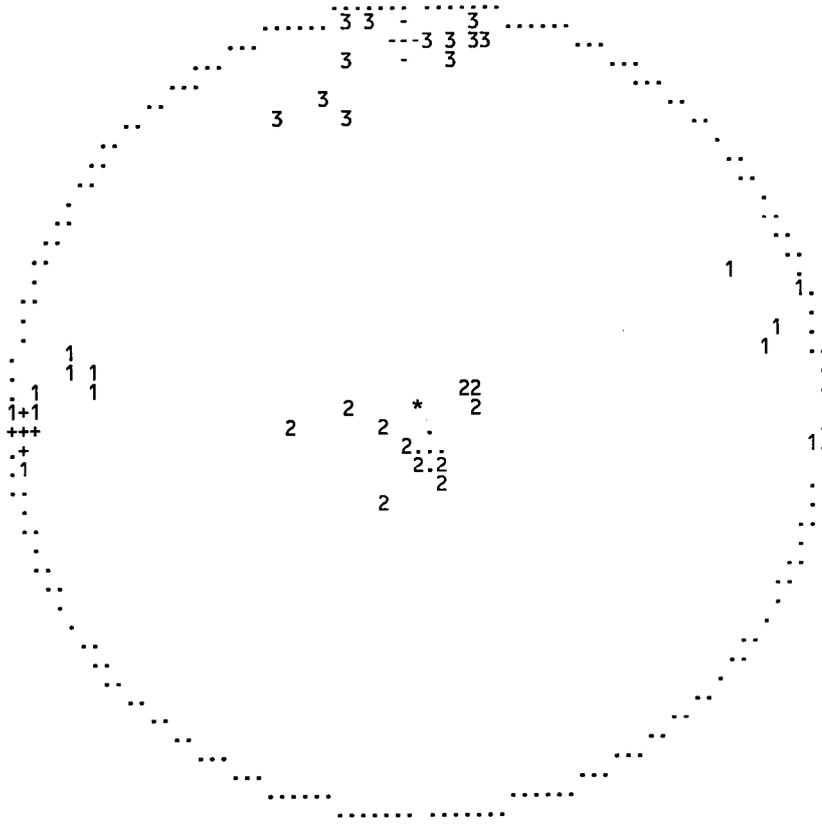
\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 4

.288101E+01 .804324E+02 .911571E+01 .267639E+03 .160267E+03 .358102E+03  
 1 BFNE BREJO NE

GAMME	NBRE	INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME
1 0- 6	1	5
2 6- 11	2	6
3 11- 17	3	4
4 17- 23	4	13
5 23- 29	10	18 2 20 11 12 3
6 29- 34	14	15 10 17 19
7 34- 40	15	14
8 40- 46	16	16

1 PROJECTION SUR DIAGRAMME DE SCHMITT DES AXES DES TENSEURS CORRESPONDANT A CHAQUE STRIE

BFNE BREJO NE



BFNE	BREJO	NE				
30	66	W	0	225	D	2
25	74	W	0	217	D	3
40	27	W	0	245	D	4
165	53	E	0	125	S	5
20	60	W	0	222	D	6
180	45	W	0	240	I	10
30	64	W	0	228	D	11
10	56	W	0	275	I	12
10	56	W	0	214	D	13
20	73	W	0	220	D	14
20	76	W	0	16	D	15
40	64	W	0	18	D	16
57	66	N	0	32	D	17
20	36	W	0	224	D	18
55	78	N	0	44	D	19
95	58	N	0	5	N	20
450						

\*\*\*\*\*FIN FINALE

1

```
*****
PARAMETRES CHOISIS
*****
*
* BFNW BREJO NW
*
*
*
* VALEUR DE INDX CHOISIE 1
* POURCENTAGE SERVANT A LA MINIMISATION 100
* NOMBRE DE TIRAGES AU HASARD 200
* NOMBRE SERVANT A CE TIRAGE 500
* NOMBRE DE TRIS DURANT LA MINIMISATION 50
*
*****
```

NBRE DE DONNEES 7 PARAMETRES .6117 .8028 2.4481 .7355 FONCTION .135295E+02

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 1

\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 2

TENSEUR A L ITERATION 9

BFNW BREJO NW

NO	TENSEUR EN X Y Z	DANS LES AXES PRINCIPAUX *****		
	SIGMA(1)= .44688	DIRECTION 251.4	PENDAGE .5	
	SIGMA(2)= .10625	DIRECTION 160.7	PENDAGE 53.1	
	SIGMA(3)= -.55312	DIRECTION 341.7	PENDAGE 36.9	

RAPPORT R = .66

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: .4689 POUR LES 7 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
ET A .4689 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 2

\*\*\*\*\* DEBUT DE LA TROISIEME ETAPE

REGRESSION MOINDRE CARR SUR LES 7 PLUS FAIBLES ECARTS

ECART MOYEN EN DEGRES 22.66210

COMP NO 1	ERR SUR DIREC 8.3	ERR SUR PEND 18.5
COMP NO 2	ERR SUR DIREC 28.8	ERR SUR PEND 3.1
COMP NO 3	ERR SUR DIREC 13.4	ERR SUR PEND 3.1

ERREUR SUR R .30E+00

BFNW BREJO NW

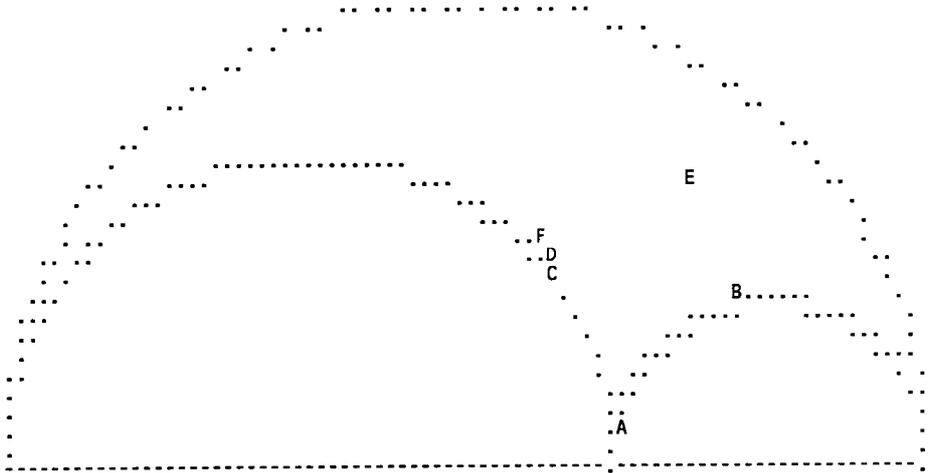
NO	TENSEUR EN X Y Z	DANS LES AXES PRINCIPAUX *****		
	SIGMA(1)= .44679	DIRECTION 251.3	PENDAGE .5	
	SIGMA(2)= .10642	DIRECTION 160.6	PENDAGE 53.1	
	SIGMA(3)= -.55321	DIRECTION 341.7	PENDAGE 36.9	

RAPPORT R = .66

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: .4689 POUR LES 7 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
 ET A .4689 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

1

REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR



LE CARACTERE A CORRESPOND AUX DONNEES 4  
 LE CARACTERE B CORRESPOND AUX DONNEES 3  
 LE CARACTERE C CORRESPOND AUX DONNEES 6 5  
 LE CARACTERE D CORRESPOND AUX DONNEES 7  
 LE CARACTERE E CORRESPOND AUX DONNEES 1  
 LE CARACTERE F CORRESPOND AUX DONNEES 8

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPR NO 3

\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 4

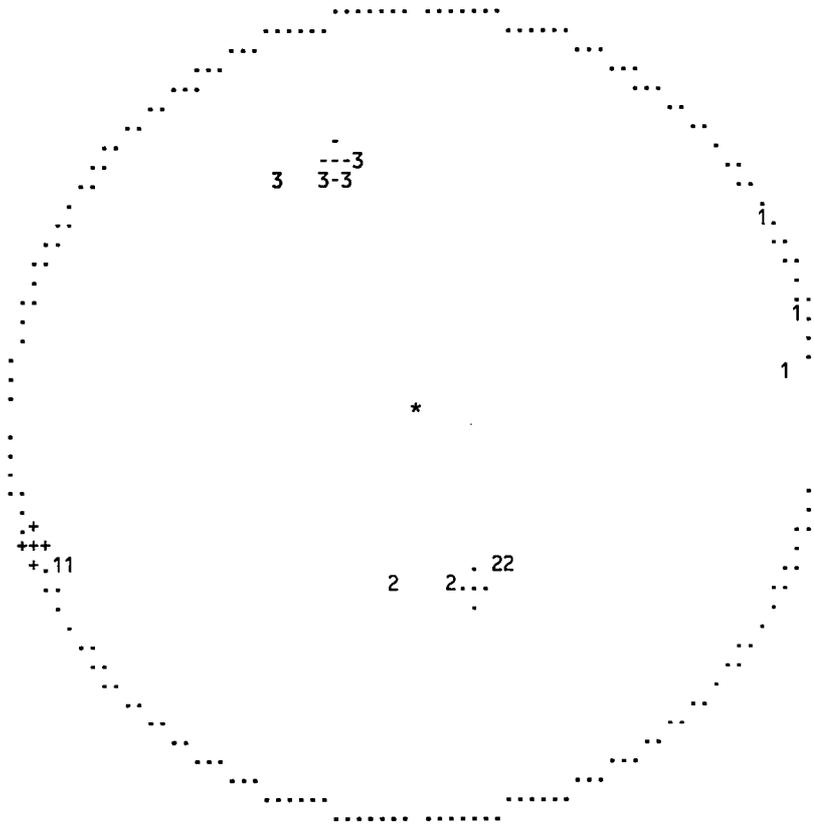
1 .533124E+00 .531407E+02 .368541E+02 .251339E+03 .160628E+03 .341738E+03  
 BFNW BREJO NW

GAMME NBRE INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME

1	0- 6	1	4
2	6- 11	4	3 6 7
3	11- 17	5	5
4	17- 23	6	1
5	23- 29	7	8

1 PROJECTION SUR DIAGRAMME DE SCHMITT DES AXES DES TENSEURS CORRESPONDANT A CHAQUE STRIE

BFNW BREJO NW



BFNW	BREJO NW					
175	43	W	0	265	I	1
20	54	W	0	220	D	3
60	38	N	0	60	D	4
70	55	N	0	320	N	5
71	55	N	0	357	N	6
62	57	N	0	350	N	7
85	60	N	0	350	N	8
450						

\*\*\*\*\*FIN FINALE

1

```

*****          PARAMETRES CHOISIS          *****
*
* BFSE  BREJO SE
*
*
* VALEUR DE INDX CHOISIE 1
* POURCENTAGE SERVANT A LA MINIMISATION 100
* NOMBRE DE TIRAGES AU HASARD 200
* NOMBRE SERVANT A CE TIRAGE 500
* NOMBRE DE TRIS DU RANT LA MINIMISATION 50
*
*****

```

NBRE DE DONNEES 10 PARAMETRES .2933 1.0783 .1175 .6906 FONCTION .123726E+02

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 1

\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 2

TENSEUR A L ITERATION 7

BFSE BREJO SE

NO	TENSEUR EN X Y Z	DANS LES AXES PRINCIPAUX *****		
	SIGMA(1)= .49167	DIRECTION 239.3	PENDAGE 15.8	
	SIGMA(2)= .01666	DIRECTION 128.7	PENDAGE 51.2	
	SIGMA(3)= -.50833	DIRECTION 340.4	PENDAGE 34.4	

RAPPORT R = .52

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 1.0970 POUR LES 10 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
ET A 1.0970 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 2

\*\*\*\*\* DEBUT DE LA TROISIEME ETAPE

REGRESSION MOINDRE CARR SUR LES 10 PLUS FAIBLES ECARTS

ECART MOYEN EN DEGRES 24.50850

COMP NO 1	ERR SUR DIREC 5.1	ERR SUR PEND 5.3
COMP NO 2	ERR SUR DIREC 19.4	ERR SUR PEND 17.2
COMP NO 3	ERR SUR DIREC 9.8	ERR SUR PEND 20.1

ERREUR SUR R .29E+00

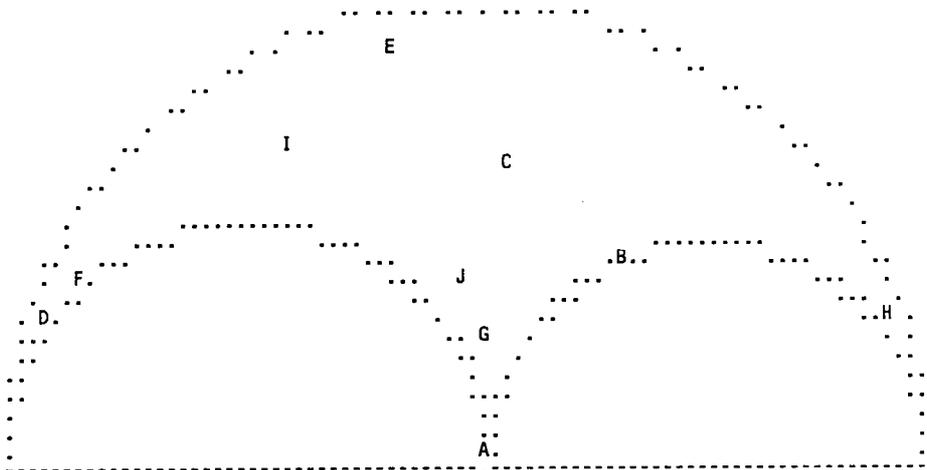
BFSE BREJO SE

NO	TENSEUR EN X Y Z	DANS LES AXES PRINCIPAUX *****		
	SIGMA(1)= .49173	DIRECTION 239.2	PENDAGE 15.7	
	SIGMA(2)= .01655	DIRECTION 128.8	PENDAGE 51.1	
	SIGMA(3)= -.50827	DIRECTION 340.4	PENDAGE 34.6	

RAPPORT R = .52

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 1.0967 POUR LES 10 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
 1 ET A 1.0967 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR



LE CARACTERE A CORRESPOND AUX DONNEES 10  
 LE CARACTERE B CORRESPOND AUX DONNEES 2  
 LE CARACTERE C CORRESPOND AUX DONNEES 1  
 LE CARACTERE D CORRESPOND AUX DONNEES 12  
 LE CARACTERE E CORRESPOND AUX DONNEES 5  
 LE CARACTERE F CORRESPOND AUX DONNEES 13  
 LE CARACTERE G CORRESPOND AUX DONNEES 11  
 LE CARACTERE H CORRESPOND AUX DONNEES 3  
 LE CARACTERE I CORRESPOND AUX DONNEES 4  
 LE CARACTERE J CORRESPOND AUX DONNEES 7

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPR NO 3

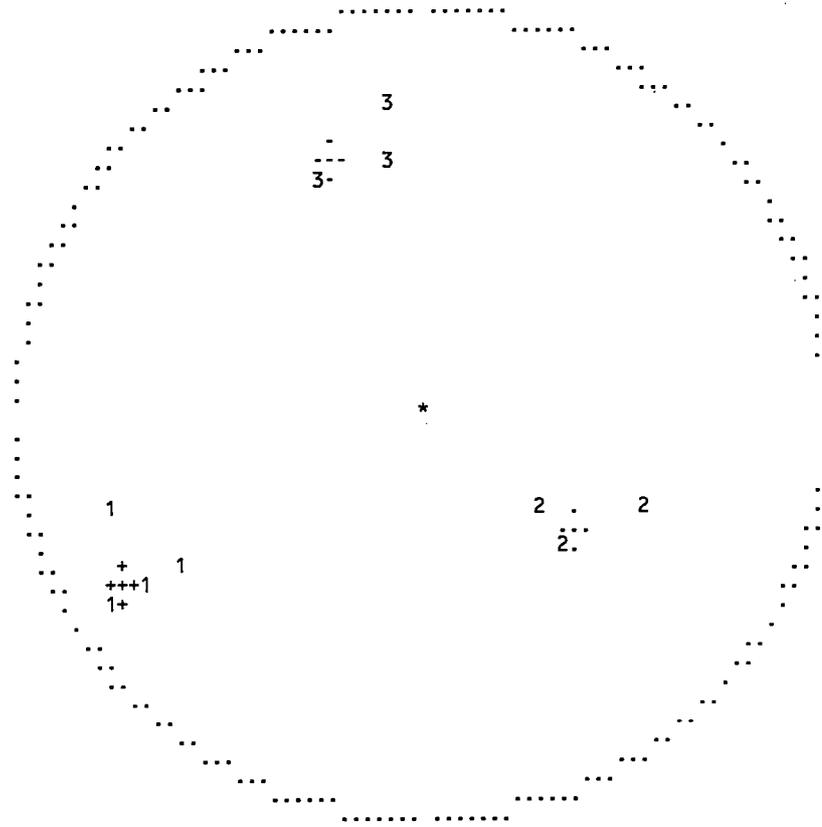
\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 4

1 .156917E+02 .510669E+02 .345575E+02 .239197E+03 .128847E+03 .340354E+03  
 BFSE BREJO SE

GAMME	NBRE	INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME
1	0- 6	3 10 2 1
2	6- 11	7 12 5 13 11
3	11- 17	7
4	17- 23	7
5	23- 29	8 3
6	29- 34	9 4
7	34- 40	9
8	40- 46	10 7

1 PROJECTION SUR DIAGRAMME DE SCHMITT DES AXES DES TENSEURS CORRESPONDANT A CHAQUE STRIE

BFSE BREJO SE



BFSE	BREJO	SE				
24	77	W	0	21	D	1
6	63	W	0	206	D	2
135	67	N	0	122	S	3
40	89	E	0	220	D	4
26	75	E	0	28	D	5
180	34	W	0	338	S	7
40	40	W	0	330	N	10
15	34	W	0	285	I	11
80	40	S	0	140	N	12
70	34	S	0	167	N	13
450						

\*\*\*\*\*FIN FINALE

1

```

***** PARAMETRES CHOISIS *****
*
*  sousa TOUTES LES FAILLES DE SOUSA
*
*
*  VALEUR DE INDX CHOISIE 1
*  POURCENTAGE SERVANT A LA MINIMISATION 100
*  NOMBRE DE TIRAGES AU HASARD 200
*  NOMBRE SERVANT A CE TIRAGE 500
*  NOMBRE DE TRIS DU RANT LA MINIMISATION 50
*
*****

```

NBRE DE DONNEES 46 PARAMETRES .1552 1.3183 1.5871 .6296 FONCTION .122186E+03

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 1

\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 2

TENSEUR A L ITERATION 7

sousa TOUTES LES FAILLES DE SOUSA

NO	TENSEUR EN X Y Z	DANS LES AXES PRINCIPAUX *****		
	SIGMA(1)= .44089	DIRECTION 61.6	PENDAGE 42.3	
	SIGMA(2)= .11822	DIRECTION 245.9	PENDAGE 47.6	
	SIGMA(3)= -.55911	DIRECTION 153.5	PENDAGE 2.1	

RAPPORT R = .68

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 32.1796 POUR LES 46 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
ET A 32.1796 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 2

\*\*\*\*\* DEBUT DE LA TROISIEME ETAPE

REGRESSION MOINDRE CARR SUR LES 46 PLUS FAIBLES ECARTS

ECART MOYEN EN DEGRES 50.17739

COMP NO 1	ERR SUR DIREC	30.1	ERR SUR PEND	76.4
COMP NO 2	ERR SUR DIREC	68.3	ERR SUR PEND	76.1
COMP NO 3	ERR SUR DIREC	35.9	ERR SUR PEND	34.6

ERREUR SUR R .11E+01

sousa TOUTES LES FAILLES DE SOUSA

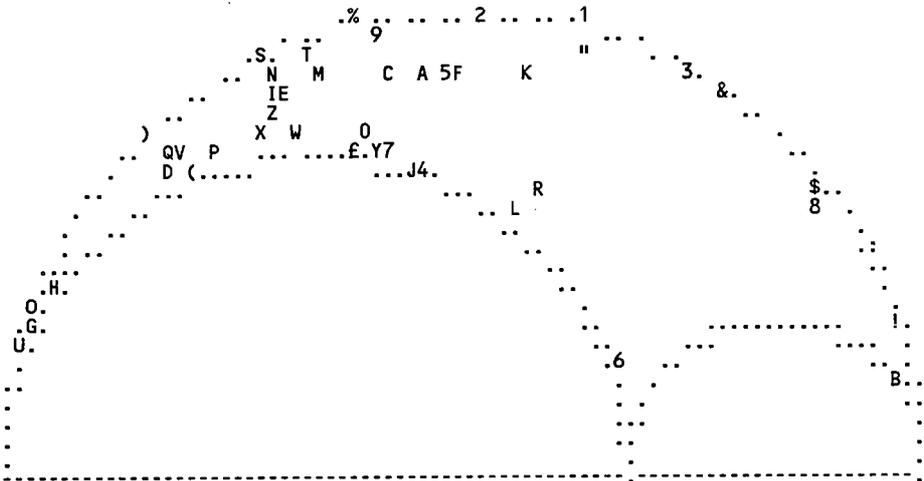
NO	TENSEUR EN X Y Z	DANS LES AXES PRINCIPAUX *****		
	SIGMA(1)= .44105	DIRECTION 61.6	PENDAGE 42.4	
	SIGMA(2)= .11790	DIRECTION 245.8	PENDAGE 47.5	
	SIGMA(3)= -.55895	DIRECTION 153.5	PENDAGE 2.1	

RAPPORT R = .68

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 32.1795 POUR LES 46 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
 ET A 32.1795 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

1

REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR



LE CARACTERE A	CORRESPOND AUX DONNEES	14
LE CARACTERE B	CORRESPOND AUX DONNEES	9
LE CARACTERE C	CORRESPOND AUX DONNEES	12
LE CARACTERE D	CORRESPOND AUX DONNEES	25
LE CARACTERE E	CORRESPOND AUX DONNEES	24
LE CARACTERE F	CORRESPOND AUX DONNEES	21
LE CARACTERE G	CORRESPOND AUX DONNEES	34
LE CARACTERE H	CORRESPOND AUX DONNEES	46
LE CARACTERE I	CORRESPOND AUX DONNEES	42
LE CARACTERE J	CORRESPOND AUX DONNEES	19
LE CARACTERE K	CORRESPOND AUX DONNEES	29
LE CARACTERE L	CORRESPOND AUX DONNEES	11
LE CARACTERE M	CORRESPOND AUX DONNEES	28
LE CARACTERE N	CORRESPOND AUX DONNEES	10
LE CARACTERE O	CORRESPOND AUX DONNEES	3
LE CARACTERE P	CORRESPOND AUX DONNEES	4
LE CARACTERE Q	CORRESPOND AUX DONNEES	27
LE CARACTERE R	CORRESPOND AUX DONNEES	17
LE CARACTERE S	CORRESPOND AUX DONNEES	43
LE CARACTERE T	CORRESPOND AUX DONNEES	23
LE CARACTERE U	CORRESPOND AUX DONNEES	35
LE CARACTERE V	CORRESPOND AUX DONNEES	44
LE CARACTERE W	CORRESPOND AUX DONNEES	16
LE CARACTERE X	CORRESPOND AUX DONNEES	40
LE CARACTERE Y	CORRESPOND AUX DONNEES	5
LE CARACTERE Z	CORRESPOND AUX DONNEES	18
LE CARACTERE 1	CORRESPOND AUX DONNEES	20
LE CARACTERE 2	CORRESPOND AUX DONNEES	39
LE CARACTERE 3	CORRESPOND AUX DONNEES	22
LE CARACTERE 4	CORRESPOND AUX DONNEES	15
LE CARACTERE 5	CORRESPOND AUX DONNEES	30
LE CARACTERE 6	CORRESPOND AUX DONNEES	31
LE CARACTERE 7	CORRESPOND AUX DONNEES	26
LE CARACTERE 8	CORRESPOND AUX DONNEES	32
LE CARACTERE 9	CORRESPOND AUX DONNEES	7
LE CARACTERE 0	CORRESPOND AUX DONNEES	36
LE CARACTERE !	CORRESPOND AUX DONNEES	41
LE CARACTERE "	CORRESPOND AUX DONNEES	33
LE CARACTERE £	CORRESPOND AUX DONNEES	1
LE CARACTERE \$	CORRESPOND AUX DONNEES	2
LE CARACTERE %	CORRESPOND AUX DONNEES	37
LE CARACTERE &	CORRESPOND AUX DONNEES	8
LE CARACTERE (	CORRESPOND AUX DONNEES	45
LE CARACTERE )	CORRESPOND AUX DONNEES	38
LE CARACTERE :	CORRESPOND AUX DONNEES	13

\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 4

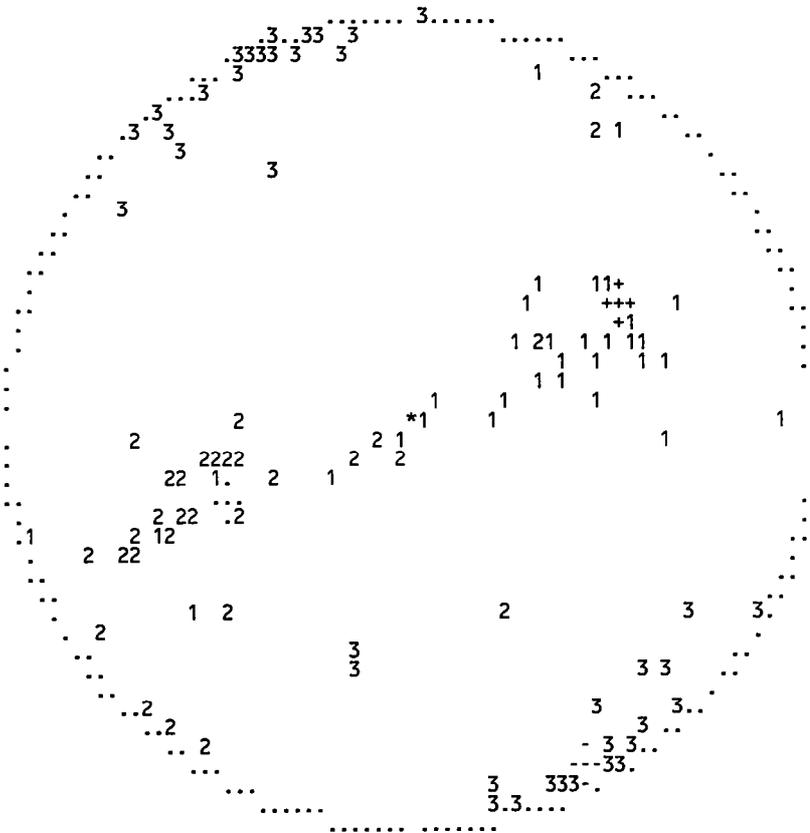
.423799E+02 .475405E+02 .213104E+01 .615659E+02 .245842E+03 .153512E+03

1 sousa TOUTES LES FAILLES DE SOUSA

GAMME	NBRE	INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME
1	0- 6	3
2	6- 11	9
3	11- 17	12
4	17- 23	19
5	23- 29	20
6	29- 34	24
7	34- 40	29
8	40- 46	32
9	46- 52	34
10	52- 57	37
11	57- 69	39
12	69- 80	40
13	80- 92	41
14	92-103	44
15	103-115	46

1 PROJECTION SUR DIAGRAMME DE SCHMITT DES AXES DES TENSEURS CORRESPONDANT A CHAQUE STRIE

sousa TOUTES LES FAILLES DE SOUSA



sousa TOUTES LES FAILLES DE SOUSA

104	58	N	0	70	S	1
119	39	S	0	240	I	2
62	76	N	0	332	N	3
80	57	N	0	350	N	4
95	47	N	0	5	N	5
65	50	N	0	335	N	6
105	85	S	0	282	S	7

113	48	S	0	223	I	8
148	28	W	0	248	I	9
68	57	S	0	153	N	10
6	58	E	0	10	D	11
18	86	E	0	19	D	12
133	50	S	0	223	I	13
64	40	N	0	353	N	14
106	48	N	0	1	N	15
83	50	N	0	15	N	16
98	30	N	0	12	N	17
73	50	N	0	30	N	18
100	45	N	0	338	N	19
23	50	W	0	323	N	20
60	38	N	0	4	N	21
18	42	W	0	318	N	22
53	52	N	0	323	N	23
68	50	N	0	338	N	24
73	60	N	0	338	N	25
93	44	N	0	33	N	26
63	60	N	0	28	N	27
61	48	N	0	18	N	28
58	33	N	0	15	N	29
63	38	N	0	38	N	30
144	50	E	0	345	S	31
3	32	W	0	310	N	32
40	35	W	0	293	N	33
74	80	N	0	262	S	34
73	85	N	0	257	S	35
88	45	N	0	278	S	36
34	62	W	0	255	I	37
48	70	N	0	258	D	38
26	58	W	0	328	N	39
28	80	E	0	200	N	40
143	60	W	0	233	N	41
61	55	S	0	151	N	42
78	62	S	0	148	N	43
61	63	S	0	198	N	44
82	60	N	0	58	S	45
68	72	N	0	300	N	46
450						

\*\*\*\*\*FIN FINALE

1

```

*****          PARAMETRES CHOISIS          *****
*
*  sousa1 primeira triagem DE SOUSA
*
*
*  VALEUR DE INDX CHOISIE 1
*  POURCENTAGE SERVANT A LA MINIMISATION 100
*  NOMBRE DE TIRAGES AU HASARD 200
*  NOMBRE SERVANT A CE TIRAGE 500
*  NOMBRE DE TRIS DU RANT LA MINIMISATION 50
*
*****

```

NBRE DE DONNEES 28 PARAMETRES .1552 1.3183 1.5871 .6296 FONCTION .667767E+02

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 1

\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 2

TENSEUR A L ITERATION 5

sousa1 primeira triagem DE SOUSA

NO	TENSEUR EN X Y Z	DANS LES AXES PRINCIPAUX *****		
	SIGMA(1)= .47272	DIRECTION 117.0	PENDAGE 70.8	
	SIGMA(2)= .05457	DIRECTION 248.2	PENDAGE 12.9	
	SIGMA(3)= -.52728	DIRECTION 341.5	PENDAGE 14.0	

RAPPORT R = .58

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 1.7766 POUR LES 28 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
ET A 1.7766 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 2

\*\*\*\*\*DEBUT DE LA TROISIEME ETAPE

REGRESSION MOINDRE CARR SUR LES 28PLUS FAIBLES ECARTS

ECART MOYEN EN DEGRES 15.59652

COMP NO 1	ERR SUR DIREC 52.9	ERR SUR PEND 24.0
COMP NO 2	ERR SUR DIREC 22.5	ERR SUR PEND 22.0
COMP NO 3	ERR SUR DIREC 17.6	ERR SUR PEND 18.8

ERREUR SUR R .49E+00

sousa1 primeira triagem DE SOUSA

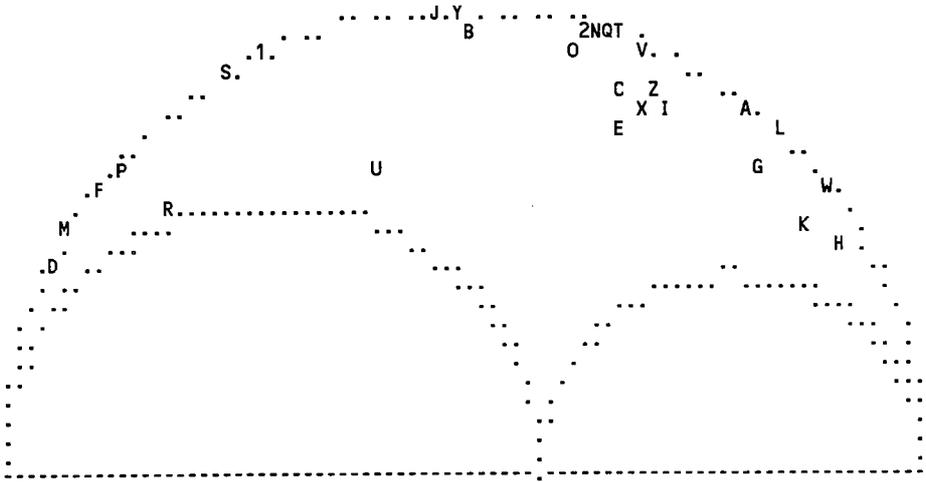
NO	TENSEUR EN X Y Z	DANS LES AXES PRINCIPAUX *****		
	SIGMA(1)= .47257	DIRECTION 117.0	PENDAGE 70.8	
	SIGMA(2)= .05487	DIRECTION 248.2	PENDAGE 12.9	
	SIGMA(3)= -.52743	DIRECTION 341.5	PENDAGE 14.0	

RAPPORT R = .58

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 1.7766 POUR LES 28 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
 ET A 1.7766 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

1

REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR



- LE CARACTERE A CORRESPOND AUX DONNEES 14
- LE CARACTERE B CORRESPOND AUX DONNEES 4
- LE CARACTERE C CORRESPOND AUX DONNEES 5
- LE CARACTERE D CORRESPOND AUX DONNEES 44
- LE CARACTERE E CORRESPOND AUX DONNEES 15
- LE CARACTERE F CORRESPOND AUX DONNEES 10
- LE CARACTERE G CORRESPOND AUX DONNEES 20
- LE CARACTERE H CORRESPOND AUX DONNEES 22
- LE CARACTERE I CORRESPOND AUX DONNEES 39
- LE CARACTERE J CORRESPOND AUX DONNEES 25
- LE CARACTERE K CORRESPOND AUX DONNEES 17
- LE CARACTERE L CORRESPOND AUX DONNEES 21
- LE CARACTERE M CORRESPOND AUX DONNEES 43
- LE CARACTERE N CORRESPOND AUX DONNEES 24
- LE CARACTERE O CORRESPOND AUX DONNEES 16
- LE CARACTERE P CORRESPOND AUX DONNEES 42
- LE CARACTERE Q CORRESPOND AUX DONNEES 6
- LE CARACTERE R CORRESPOND AUX DONNEES 7
- LE CARACTERE S CORRESPOND AUX DONNEES 3
- LE CARACTERE T CORRESPOND AUX DONNEES 23
- LE CARACTERE U CORRESPOND AUX DONNEES 12
- LE CARACTERE V CORRESPOND AUX DONNEES 28
- LE CARACTERE W CORRESPOND AUX DONNEES 29
- LE CARACTERE X CORRESPOND AUX DONNEES 19
- LE CARACTERE Y CORRESPOND AUX DONNEES 27
- LE CARACTERE Z CORRESPOND AUX DONNEES 26
- LE CARACTERE 1 CORRESPOND AUX DONNEES 46
- LE CARACTERE 2 CORRESPOND AUX DONNEES 18

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPR NO 3

\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 4

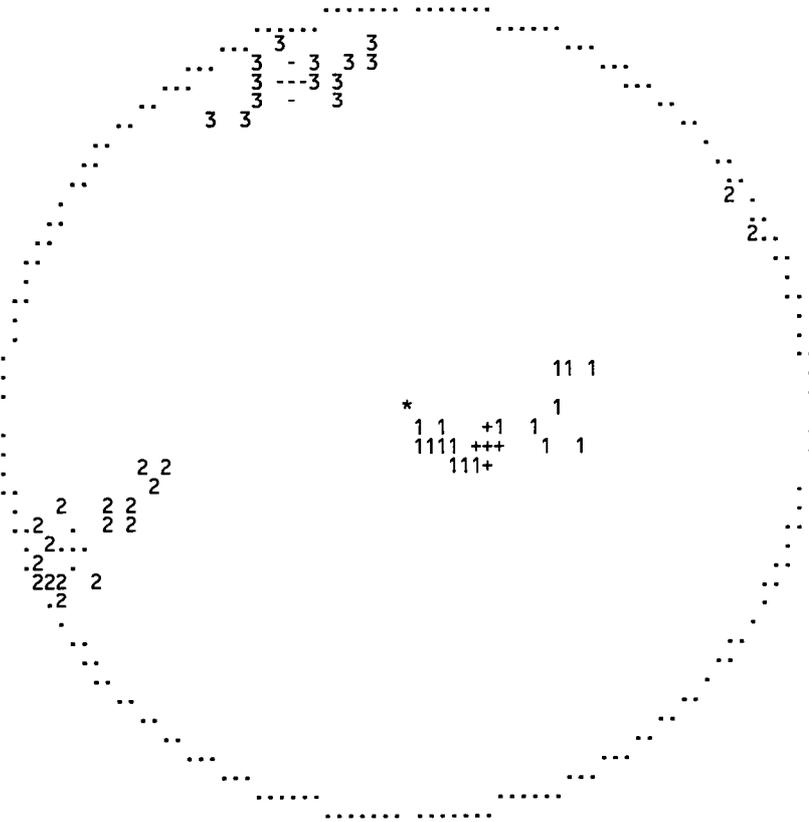
.707905E+02 .129200E+02 .139678E+02 .117010E+03 .248187E+03 .341458E+03  
 1 sousa1 primeira triagem DE SOUSA

GAMME	NBRE	INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME
1	0- 6	8 14 4 5 44 15 10 20 22
2	6- 11	14 39 25 17 21 43 24
3	11- 17	19 16 42 6 7 3
4	17- 23	26 23 12 28 29 19 27 26
5	23- 29	28 46 18

1

PROJECTION SUR DIAGRAMME DE SCHMITT DES AXES DES TENSEURS CORRESPONDANT A CHAQUE STRIE

sousa1 primeira triagem DE SOUSA



sousa1	primeira	triagem	DE	SOUSA	
62	76	N	0	332	N
80	57	N	0	350	N
95	47	N	0	5	N
65	50	N	0	335	N
105	85	S	0	282	S
68	57	S	0	153	N
18	86	E	0	19	D
64	40	N	0	353	N
106	48	N	0	1	N
83	50	N	0	15	N
98	30	N	0	12	N
73	50	N	0	30	N
100	45	N	0	338	N
23	50	W	0	323	N
60	38	N	0	4	N
18	42	W	0	318	N
53	52	N	0	323	N
68	50	N	0	338	N
73	60	N	0	338	N
93	44	N	0	33	N
63	60	N	0	28	N
61	48	N	0	18	N
58	33	N	0	15	N
26	58	W	0	328	N
61	55	S	0	151	N
78	62	S	0	148	N
61	63	S	0	198	N
68	72	N	0	300	N
450					

\*\*\*\*\*FIN FINALE

1

```

*****          PARAMETRES CHOISIS          *****
*
*  sousa2  segunda triagem
*
*
*  VALEUR DE INDX CHOISIE 1
*  POURCENTAGE SERVANT A LA MINIMISATION 100
*  NOMBRE DE TIRAGES AU HASARD 200
*  NOMBRE SERVANT A CE TIRAGE 500
*  NOMBRE DE TRIS DURANT LA MINIMISATION 50
*
*****

```

NBRE DE DONNEES 10 PARAMETRES 3.0477 2.8559 2.5136 .6077 FONCTION .214469E+02

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 1

\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 2

TENSEUR A L ITERATION 5

sousa2 segunda triagem

```

NO      TENSEUR EN X Y Z          DANS LES AXES PRINCIPAUX *****
SIGMA(1)= .48579  DIRECTION 237.5  PENDAGE 7.2
SIGMA(2)= .02842  DIRECTION 145.7  PENDAGE 14.0
SIGMA(3)= -.51421  DIRECTION 354.0  PENDAGE 74.2

```

RAPPORT R = .54

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: .2564 POUR LES 10 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
ET A .2564 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 2

\*\*\*\*\* DEBUT DE LA TROISIEME ETAPE

REGRESSION MOINDRE CARR SUR LES 10 PLUS FAIBLES ECARTS

ECART MOYEN EN DEGRES 11.83266

```

COMP NO 1  ERR SUR DIREC 19.6  ERR SUR PEND 7.3
COMP NO 2  ERR SUR DIREC 20.2  ERR SUR PEND 12.3
COMP NO 3  ERR SUR DIREC 53.5  ERR SUR PEND 10.0

```

ERREUR SUR R .14E+00

sousa2 segunda triagem

```

NO      TENSEUR EN X Y Z          DANS LES AXES PRINCIPAUX *****
SIGMA(1)= .48520  DIRECTION 236.6  PENDAGE 6.8
SIGMA(2)= .02961  DIRECTION 144.8  PENDAGE 14.5
SIGMA(3)= -.51480  DIRECTION 351.1  PENDAGE 73.9

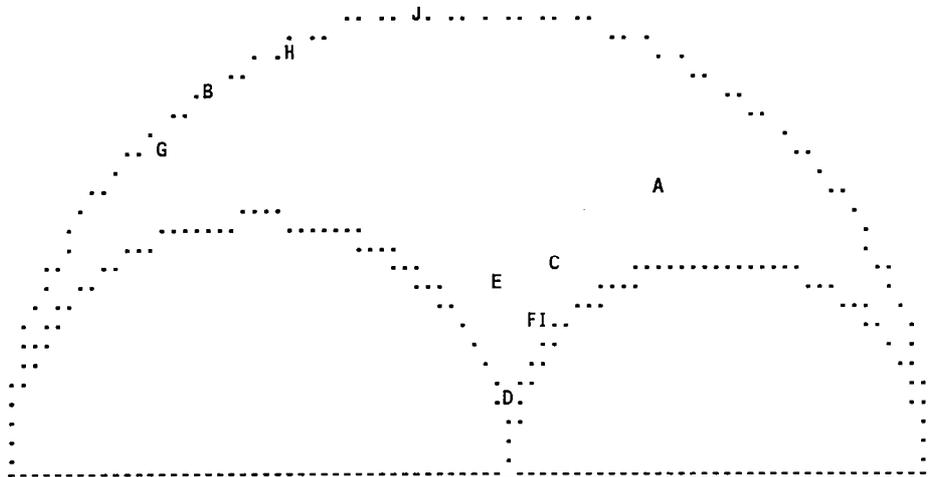
```

RAPPORT R = .54

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: .2556 POUR LES 10 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
 ET A .2556 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

1

REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR



LE CARACTERE A CORRESPOND AUX DONNEES 1  
 LE CARACTERE B CORRESPOND AUX DONNEES 2  
 LE CARACTERE C CORRESPOND AUX DONNEES 45  
 LE CARACTERE D CORRESPOND AUX DONNEES 38  
 LE CARACTERE E CORRESPOND AUX DONNEES 37  
 LE CARACTERE F CORRESPOND AUX DONNEES 35  
 LE CARACTERE G CORRESPOND AUX DONNEES 9  
 LE CARACTERE H CORRESPOND AUX DONNEES 8  
 LE CARACTERE I CORRESPOND AUX DONNEES 34  
 LE CARACTERE J CORRESPOND AUX DONNEES 13

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPR NO 3

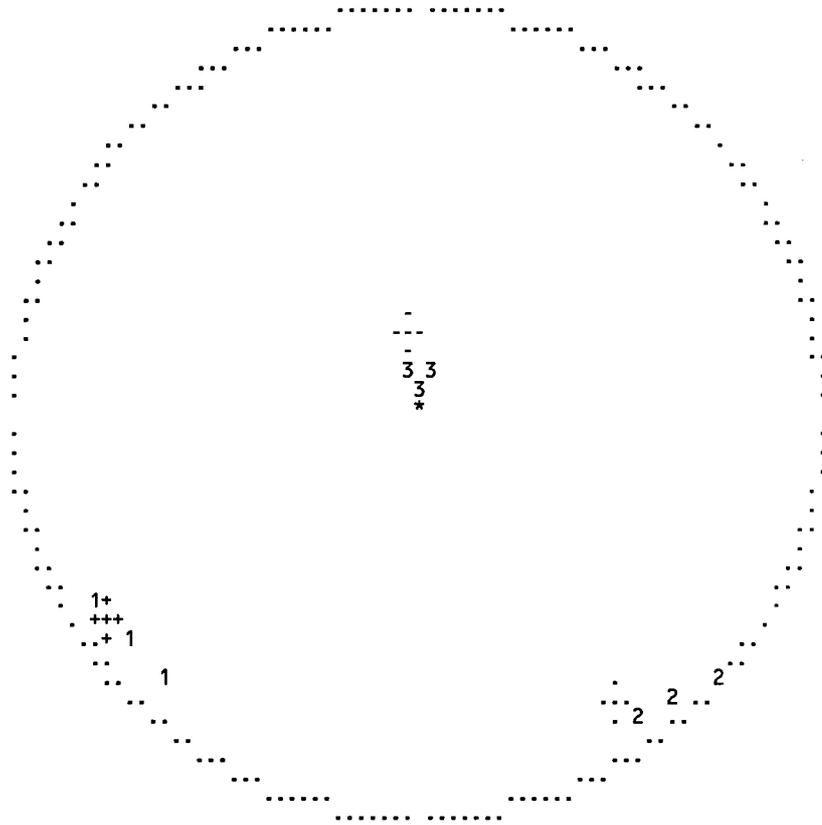
\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 4

1 .682177E+01 .145103E+02 .739018E+02 .236616E+03 .144842E+03 .351104E+03  
 sousa2 segunda triagem

GAMME	NBRE	INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME
1	0- 6	6 1 2 45 38 37 35
2	6- 11	7 9
3	11- 17	9 8 34
4	17- 23	10 13

1 PROJECTION SUR DIAGRAMME DE SCHMITT DES AXES DES TENSEURS CORRESPONDANT A CHAQUE STRIE

sousa2 segunda triagem



sousa2	segunda	triagem			
104	58	N	0	70	S
119	39	S	0	240	I
113	48	S	0	223	I
148	28	W	0	248	I
133	50	S	0	223	I
74	80	N	0	262	S
73	85	N	0	257	S
34	62	W	0	255	I
48	70	N	0	258	D
82	60	N	0	58	S
450					

\*\*\*\*\*FIN FINALE

1

```
*****
PARAMETRES CHOISIS *****
*
* SOUSAE EST DE SOUSA *
*
*
* VALEUR DE INDX CHOISIE 1 *
* POURCENTAGE SERVANT A LA MINIMISATION 100 *
* NOMBRE DE TIRAGES AU HASARD 200 *
* NOMBRE SERVANT A CE TIRAGE 500 *
* NOMBRE DE TRIS DURANT LA MINIMISATION 50 *
*****
```

NBRE DE DONNEES 26 PARAMETRES .1552 1.3183 1.5871 .6296 FONCTION .749777E+02

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 1

\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 2

TENSEUR A L ITERATION 16

SOUSAE EST DE SOUSA

NO	TENSEUR EN X Y Z	DANS LES AXES PRINCIPAUX *****		
	SIGMA(1)= .43671	DIRECTION 92.8	PENDAGE 60.7	
	SIGMA(2)= .12657	DIRECTION 249.2	PENDAGE 27.2	
	SIGMA(3)= -.56329	DIRECTION 344.4	PENDAGE 10.0	

RAPPORT R = .69

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 2.4959 POUR LES 26 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
ET A 2.4959 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 2

\*\*\*\*\* DEBUT DE LA TROISIEME ETAPE

REGRESSION MOINDRE CARR SUR LES 26 PLUS FAIBLES ECARTS

ECART MOYEN EN DEGRES 19.30062

COMP NO 1	ERR SUR DIREC 4.2	ERR SUR PEND 42.4
COMP NO 2	ERR SUR DIREC 37.7	ERR SUR PEND 34.3
COMP NO 3	ERR SUR DIREC 19.7	ERR SUR PEND 26.1

ERREUR SUR R .44E+00

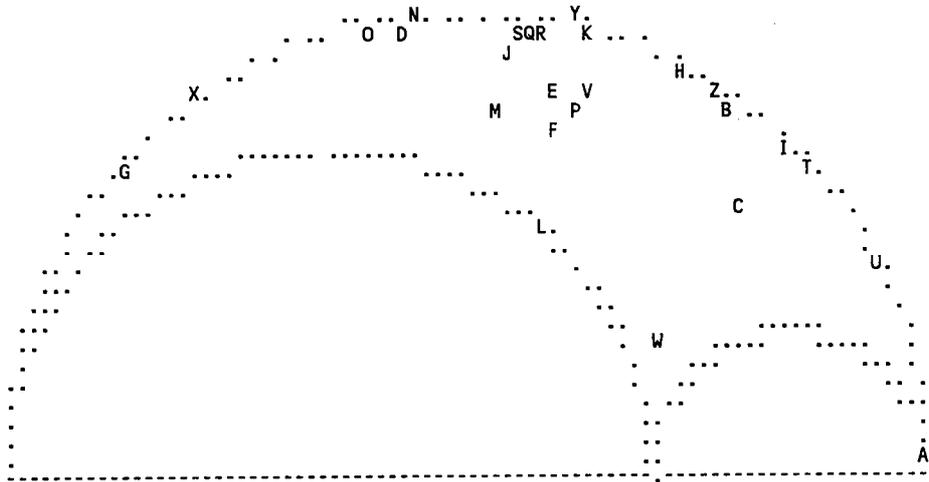
SOUSAE EST DE SOUSA

NO	TENSEUR EN X Y Z	DANS LES AXES PRINCIPAUX *****		
	SIGMA(1)= .43330	DIRECTION 92.9	PENDAGE 60.1	
	SIGMA(2)= .13339	DIRECTION 248.8	PENDAGE 27.7	
	SIGMA(3)= -.56670	DIRECTION 344.3	PENDAGE 10.4	

RAPPORT R = .70

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 2.4939 POUR LES 26 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
 ET A 2.4939 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET  
 1

REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR



- LE CARACTERE A CORRESPOND AUX DONNEES 29
- LE CARACTERE B CORRESPOND AUX DONNEES 18
- LE CARACTERE C CORRESPOND AUX DONNEES 14
- LE CARACTERE D CORRESPOND AUX DONNEES 2
- LE CARACTERE E CORRESPOND AUX DONNEES 3
- LE CARACTERE F CORRESPOND AUX DONNEES 12
- LE CARACTERE G CORRESPOND AUX DONNEES 7
- LE CARACTERE H CORRESPOND AUX DONNEES 11
- LE CARACTERE I CORRESPOND AUX DONNEES 26
- LE CARACTERE J CORRESPOND AUX DONNEES 13
- LE CARACTERE K CORRESPOND AUX DONNEES 25
- LE CARACTERE L CORRESPOND AUX DONNEES 8
- LE CARACTERE M CORRESPOND AUX DONNEES 9
- LE CARACTERE N CORRESPOND AUX DONNEES 24
- LE CARACTERE O CORRESPOND AUX DONNEES 22
- LE CARACTERE P CORRESPOND AUX DONNEES 16
- LE CARACTERE Q CORRESPOND AUX DONNEES 21
- LE CARACTERE R CORRESPOND AUX DONNEES 4
- LE CARACTERE S CORRESPOND AUX DONNEES 15
- LE CARACTERE T CORRESPOND AUX DONNEES 17
- LE CARACTERE U CORRESPOND AUX DONNEES 19
- LE CARACTERE V CORRESPOND AUX DONNEES 23
- LE CARACTERE W CORRESPOND AUX DONNEES 28
- LE CARACTERE X CORRESPOND AUX DONNEES 1
- LE CARACTERE Y CORRESPOND AUX DONNEES 20
- LE CARACTERE Z CORRESPOND AUX DONNEES 27

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPR NO 3

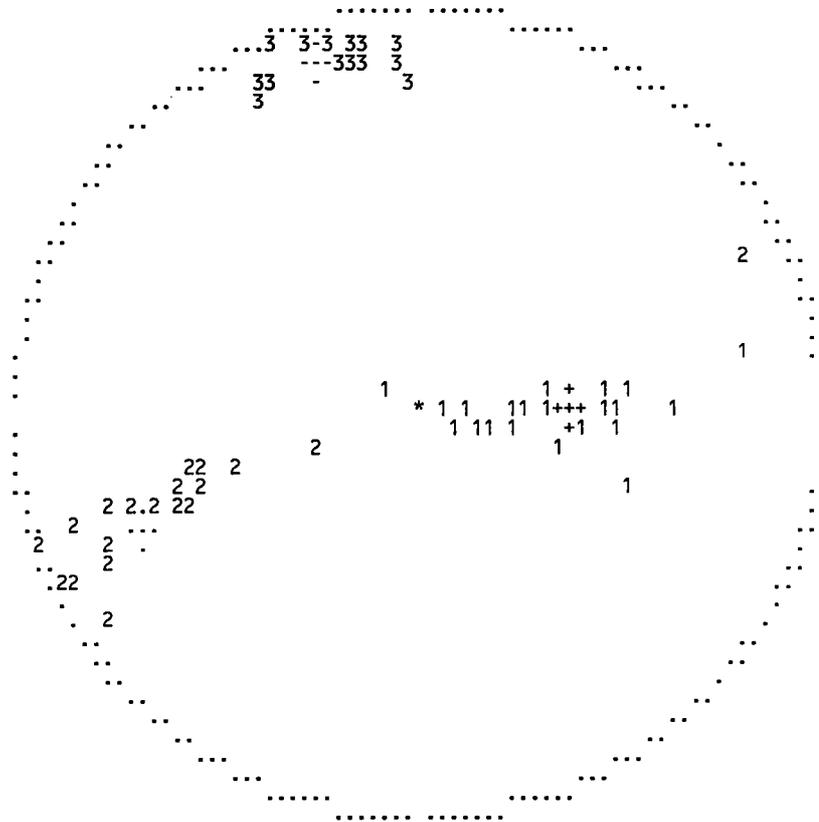
\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 4

1 .600874E+02 .277029E+02 .103958E+02 .929325E+02 .248809E+03 .344337E+03  
 SOUSAE EST DE SOUSA

GAMME	NBRE	INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME
1	0- 6	4 29 18 14 2
2	6- 11	10 3 12 7 11 26 13
3	11- 17	16 25 8 9 24 22 16
4	17- 23	19 21 4 15
5	23- 29	24 17 19 23 28 1
6	29- 34	26 20 27

1 PROJECTION SUR DIAGRAMME DE SCHMITT DES AXES DES TENSEURS CORRESPONDANT A CHAQUE STRIE

SOUSAE EST DE SOUSA



SOUSAE	EST DE SOUSA					
62	76	N	0	332	N	1
80	57	N	0	350	N	2
95	47	N	0	5	N	3
65	50	N	0	335	N	4
68	57	S	0	153	N	7
6	58	E	0	10	D	8
18	86	E	0	19	D	9
64	40	N	0	353	N	11
106	48	N	0	1	N	12
83	50	N	0	15	N	13
98	30	N	0	12	N	14
73	50	N	0	30	N	15
100	45	N	0	338	N	16
23	50	W	0	323	N	17
60	38	N	0	4	N	18
18	42	W	0	318	N	19
53	52	N	0	323	N	20
68	50	N	0	338	N	21
73	60	N	0	338	N	22
93	44	N	0	33	N	23
63	60	N	0	28	N	24
61	48	N	0	18	N	25
58	33	N	0	15	N	26
63	38	N	0	38	N	27
144	50	E	0	345	S	28
3	32	W	0	310	N	29
450						

\*\*\*\*\*FIN FINALE

1

```
***** PARAMETRES CHOISIS *****
*
* SOUSAN  NORD DE SOUSA
*
*
* VALEUR DE INDX CHOISIE 1
* POURCENTAGE SERVANT A LA MINIMISATION 100
* NOMBRE DE TIRAGES AU HASARD 200
* NOMBRE SERVANT A CE TIRAGE 500
* NOMBRE DE TRIS DURANT LA MINIMISATION 50
*
*****
```

NBRE DE DONNEES 5 PARAMETRES .2931 1.8015 1.4944 .0833 FONCTION .218748E+02

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 1

\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 2

TENSEUR A L ITERATION 8

SOUSAN NORD DE SOUSA

NO	TENSEUR EN X Y Z	DANS LES AXES PRINCIPAUX *****		
	SIGMA(1)= .44715	DIRECTION 306.6	PENDAGE 72.3	
	SIGMA(2)= .10570	DIRECTION 64.8	PENDAGE 8.6	
	SIGMA(3)= -.55285	DIRECTION 157.2	PENDAGE 15.4	

RAPPORT R = .66

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: .1190 POUR LES 5 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
ET A .1190 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 2

\*\*\*\*\* DEBUT DE LA TROISIEME ETAPE

REGRESSION MOINDRE CARR SUR LES 5 PLUS FAIBLES ECARTS

ECART MOYEN EN DEGRES 19.77823

COMP NO 1	ERR SUR DIREC 222.6	ERR SUR PEND 70.7
COMP NO 2	ERR SUR DIREC 14.6	ERR SUR PEND 20.6
COMP NO 3	ERR SUR DIREC 27.7	ERR SUR PEND 84.4

ERREUR SUR R .24E+01

SOUSAN NORD DE SOUSA

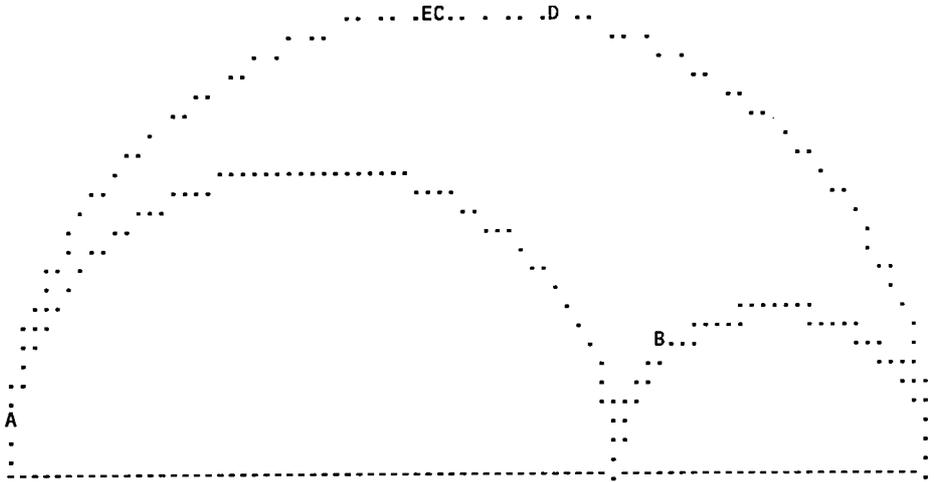
NO	TENSEUR EN X Y Z	DANS LES AXES PRINCIPAUX *****		
	SIGMA(1)= .44715	DIRECTION 306.6	PENDAGE 72.3	
	SIGMA(2)= .10570	DIRECTION 64.8	PENDAGE 8.6	
	SIGMA(3)= -.55285	DIRECTION 157.2	PENDAGE 15.4	

RAPPORT R = .66

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: .1190 POUR LES 5 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
 ET A .1190 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

1

REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR



LE CARACTERE A CORRESPOND AUX DONNEES 7  
 LE CARACTERE B CORRESPOND AUX DONNEES 2  
 LE CARACTERE C CORRESPOND AUX DONNEES 4  
 LE CARACTERE D CORRESPOND AUX DONNEES 3  
 LE CARACTERE E CORRESPOND AUX DONNEES 5

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPR NO 3

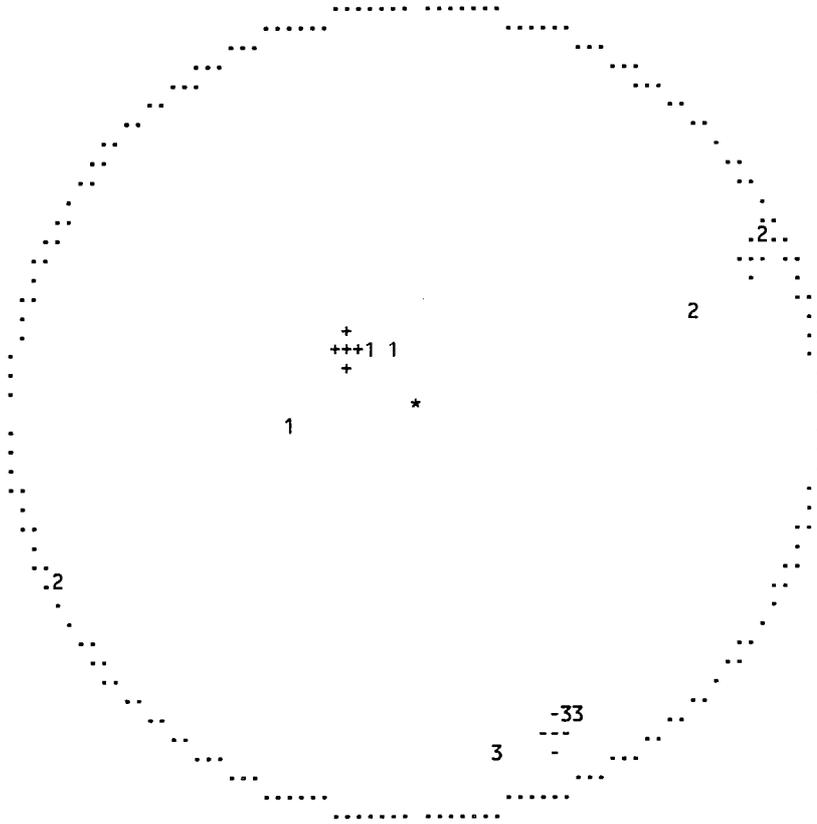
\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 4

1 .722852E+02 .857368E+01 .153821E+02 .306634E+03 .647981E+02 .157175E+03  
 SOUSAN NORD DE SOUSA

GAMME	NBRE	INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME
1	0- 6	3 7 2 4
2	6- 11	4 3
3	11- 17	5 5

1 PROJECTION SUR DIAGRAMME DE SCHMITT DES AXES DES TENSEURS CORRESPONDANT A CHAQUE STRIE

SOUSAN NORD DE SOUSA



SOUSAN	NORD DE SOUSA					
143	60	W	0	233	N	2
61	55	S	0	151	N	3
78	62	S	0	148	N	4
61	63	S	0	198	N	5
68	72	N	0	300	N	7
450						

\*\*\*\*\*FIN FINALE

1

```

*****          PARAMETRES CHOISIS          *****
*
* SOUSAS   SUD DE SOUSA
*
*
* VALEUR DE INDX CHOISIE 1
* POURCENTAGE SERVANT A LA MINIMISATION 100
* NOMBRE DE TIRAGES AU HASARD 200
* NOMBRE SERVANT A CE TIRAGE 500
* NOMBRE DE TRIS DU RANT LA MINIMISATION 50
*
*****

```

NBRE DE DONNEES 7 PARAMETRES 2.0192 2.8635 1.3994 .1630 FONCTION .158055E+02

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 1

\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 2

TENSEUR A L ITERATION 11

SOUSAS SUD DE SOUSA

```

NO      TENSEUR EN X Y Z          DANS LES AXES PRINCIPAUX *****
SIGMA(1)= .64398  DIRECTION 250.1  PENDAGE 35.0
SIGMA(2)= -.28796  DIRECTION 156.4  PENDAGE 5.3
SIGMA(3)= -.35602  DIRECTION 58.9   PENDAGE 54.5

```

RAPPORT R = .07

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: .0872 POUR LES 7 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
ET A .0872 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 2

\*\*\*\*\*DEBUT DE LA TROISIEME ETAPE

REGRESSION MOINDRE CARR SUR LES 7PLUS FAIBLES ECARTS

ECART MOYEN EN DEGRES 9.77201

```

COMP NO 1  ERR SUR DIREC 20.6  ERR SUR PEND 8.7
COMP NO 2  ERR SUR DIREC 24.0  ERR SUR PEND 14.4
COMP NO 3  ERR SUR DIREC 38.1  ERR SUR PEND 8.0

```

ERREUR SUR R .14E+00

SOUSAS SUD DE SOUSA

```

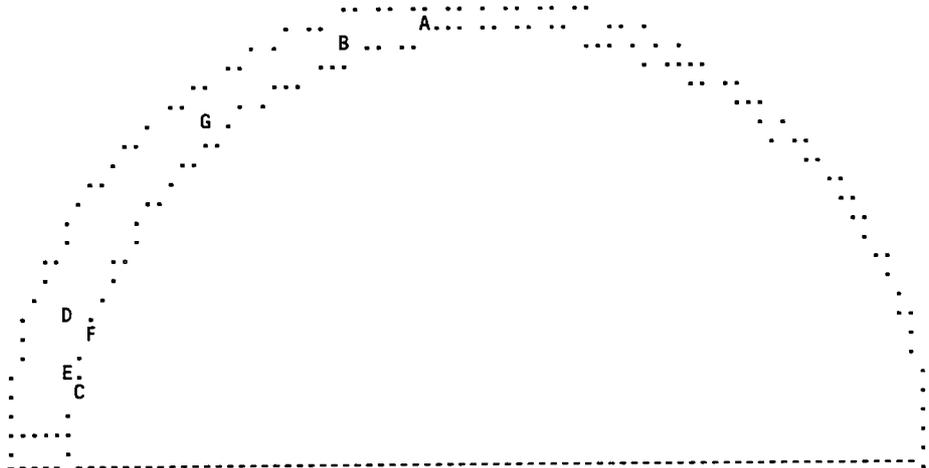
NO      TENSEUR EN X Y Z          DANS LES AXES PRINCIPAUX *****
SIGMA(1)= .64308  DIRECTION 250.4  PENDAGE 34.8
SIGMA(2)= -.28617  DIRECTION 156.7  PENDAGE 5.3
SIGMA(3)= -.35692  DIRECTION 59.2   PENDAGE 54.6

```

RAPPORT R = .07

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: .0872 POUR LES 7 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
 1 ET A .0872 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR



LE CARACTERE A CORRESPOND AUX DONNEES 9  
 LE CARACTERE B CORRESPOND AUX DONNEES 5  
 LE CARACTERE C CORRESPOND AUX DONNEES 4  
 LE CARACTERE D CORRESPOND AUX DONNEES 6  
 LE CARACTERE E CORRESPOND AUX DONNEES 7  
 LE CARACTERE F CORRESPOND AUX DONNEES 3  
 LE CARACTERE G CORRESPOND AUX DONNEES 2

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPR NO 3

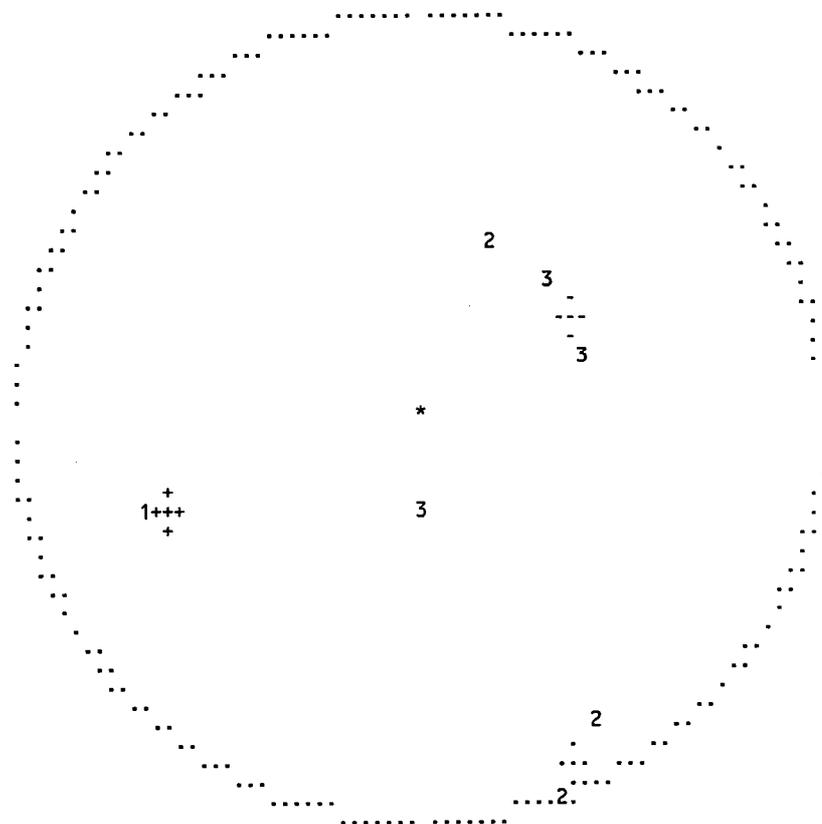
\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 4

1 .348497E+02 .529485E+01 .546317E+02 .250431E+03 .156731E+03 .592291E+02  
 SOUSAS SUD DE SOUSA

GAMME	NBRE	INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME
1	0- 6	6 9 5 4 6 7 3
2	6- 11	6
3	11- 17	7 2

1 PROJECTION SUR DIAGRAMME DE SCHMITT DES AXES DES TENSEURS CORRESPONDANT A CHAQUE STRIE

SOUSAS SUD DE SOUSA



SOUSAS	SUD	DE	SOUSA			
105	85	S	0	282	S	2
74	80	N	0	262	S	3
73	85	N	0	257	S	4
88	45	N	0	278	S	5
34	62	W	0	255	I	6
48	70	N	0	258	D	7
28	80	E	0	200	N	9
450						

\*\*\*\*\*FIN FINALE

1

```
*****          PARAMETRES CHOISIS          *****
*
* POMBAL-TOUTES LES FAILLES DE POMBAL
*
*
* VALEUR DE INDX CHOISIE 1
* POURCENTAGE SERVANT A LA MINIMISATION 100
* NOMBRE DE TIRAGES AU HASARD 200
* NOMBRE SERVANT A CE TIRAGE 500
* NOMBRE DE TRIS DU RANT LA MINIMISATION 50
*
*****
```

NBRE DE DONNEES 30 PARAMETRES .5052 1.8790 .0089 .6606 FONCTION .641285E+02

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 1

\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 2

TENSEUR A L ITERATION 17

POMBAL-TOUTES LES FAILLES DE POMBAL

NO	TENSEUR EN X Y Z	DANS LES AXES PRINCIPAUX *****		
	SIGMA(1)= .64717	DIRECTION 54.8	PENDAGE 13.4	
	SIGMA(2)= -.29433	DIRECTION 291.7	PENDAGE 66.5	
	SIGMA(3)= -.35283	DIRECTION 149.5	PENDAGE 19.0	

RAPPORT R = .06

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 9.3283 POUR LES 30 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
ET A 9.3283 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 2

\*\*\*\*\*DEBUT DE LA TROISIEME ETAPE

REGRESSION MOINDRE CARR SUR LES 30PLUS FAIBLES ECARTS

ECART MOYEN EN DEGRES 34.33653

COMP NO 1	ERR SUR DIREC 12.0	ERR SUR PEND 9.1
COMP NO 2	ERR SUR DIREC 209.3	ERR SUR PEND 123.8
COMP NO 3	ERR SUR DIREC 53.3	ERR SUR PEND 141.5

ERREUR SUR R .41E+00

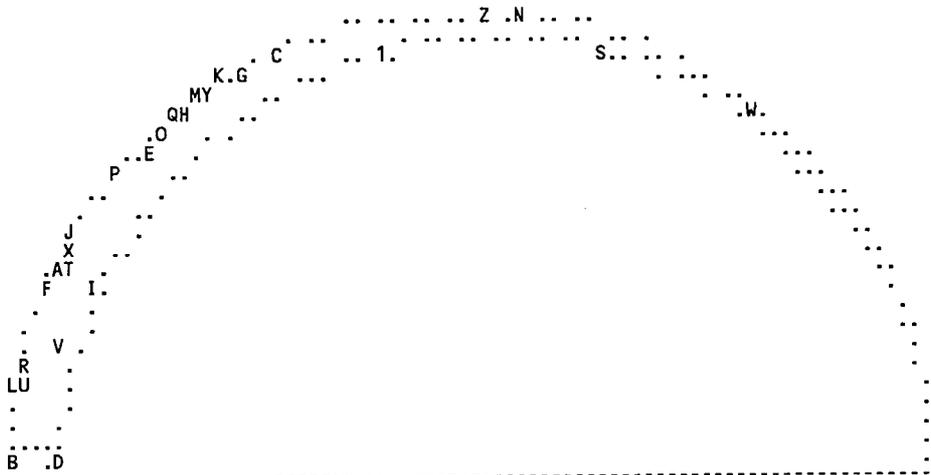
POMBAL-TOUTES LES FAILLES DE POMBAL

NO	TENSEUR EN X Y Z	DANS LES AXES PRINCIPAUX *****		
	SIGMA(1)= .64717	DIRECTION 54.8	PENDAGE 13.4	
	SIGMA(2)= -.29433	DIRECTION 291.7	PENDAGE 66.5	
	SIGMA(3)= -.35283	DIRECTION 149.5	PENDAGE 19.0	

RAPPORT R = .06

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 9.3283 POUR LES 30 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
 ET A 9.3283 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR



LE CARACTERE A	CORRESPOND AUX DONNEES	7	
LE CARACTERE B	CORRESPOND AUX DONNEES	26	
LE CARACTERE C	CORRESPOND AUX DONNEES	16	8
LE CARACTERE D	CORRESPOND AUX DONNEES	25	
LE CARACTERE E	CORRESPOND AUX DONNEES	20	
LE CARACTERE F	CORRESPOND AUX DONNEES	12	15
LE CARACTERE G	CORRESPOND AUX DONNEES	23	
LE CARACTERE H	CORRESPOND AUX DONNEES	18	4
LE CARACTERE I	CORRESPOND AUX DONNEES	2	
LE CARACTERE J	CORRESPOND AUX DONNEES	14	
LE CARACTERE K	CORRESPOND AUX DONNEES	11	
LE CARACTERE L	CORRESPOND AUX DONNEES	10	
LE CARACTERE M	CORRESPOND AUX DONNEES	29	
LE CARACTERE N	CORRESPOND AUX DONNEES	30	
LE CARACTERE O	CORRESPOND AUX DONNEES	17	
LE CARACTERE P	CORRESPOND AUX DONNEES	6	
LE CARACTERE Q	CORRESPOND AUX DONNEES	21	
LE CARACTERE R	CORRESPOND AUX DONNEES	13	
LE CARACTERE S	CORRESPOND AUX DONNEES	5	
LE CARACTERE T	CORRESPOND AUX DONNEES	19	
LE CARACTERE U	CORRESPOND AUX DONNEES	22	
LE CARACTERE V	CORRESPOND AUX DONNEES	9	
LE CARACTERE W	CORRESPOND AUX DONNEES	1	
LE CARACTERE X	CORRESPOND AUX DONNEES	28	
LE CARACTERE Y	CORRESPOND AUX DONNEES	27	
LE CARACTERE Z	CORRESPOND AUX DONNEES	24	
LE CARACTERE 1	CORRESPOND AUX DONNEES	3	

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPR NO 3

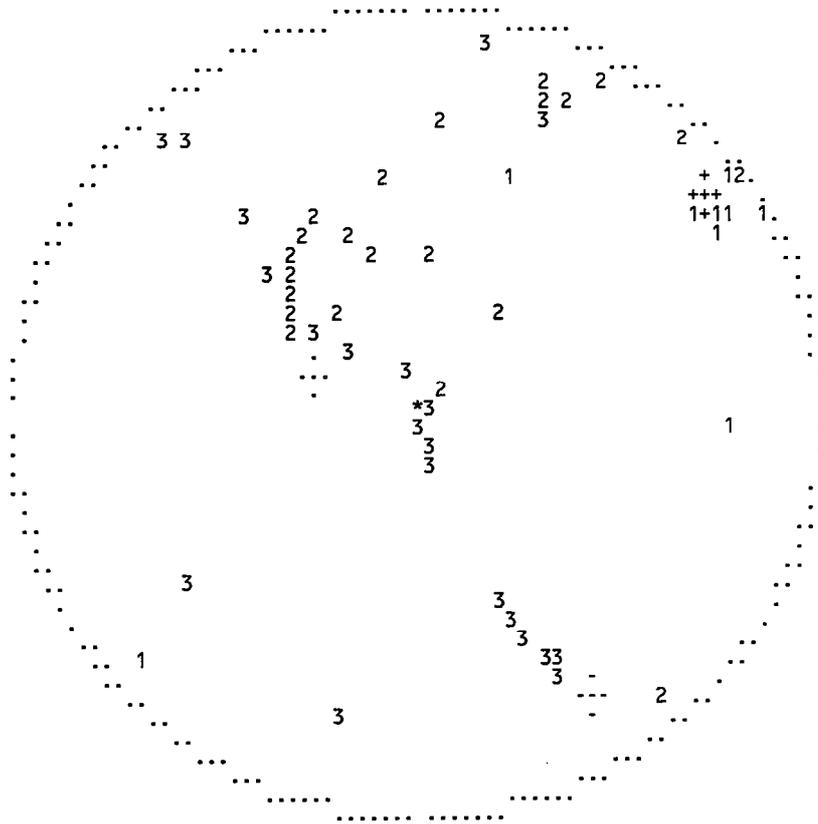
\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 4

1 .133593E+02 .665030E+02 .189610E+02 .547957E+02 .291686E+03 .149476E+03  
 POMBAL-TOUTES LES FAILLES DE POMBAL

GAMME	NBRE	INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME
1	0- 6	10
2	6- 11	15
3	11- 17	23
4	17- 23	24
5	23- 29	25
6	29- 34	26
7	34- 40	27
8	40- 46	27
9	46- 52	27
10	52- 57	27
11	57- 69	28
12	69- 80	29
13	80- 92	29
14	92-103	29
15	103-115	29
16	115-126	29
17	126-138	30

1 PROJECTION SUR DIAGRAMME DE SCHMITT DES AXES DES TENSEURS CORRESPONDANT A CHAQUE STRIE

POMBAL-TOUTES LES FAILLES DE POMBAL



POMBAL-TOUTES LES FAILLES DE POMBAL

123	89	N	0	123	S	1
18	41	E	0	48	D	2
158	52	E	0	352	S	3
28	89	E	0	28	D	4
152	66	E	0	70	I	5
78	80	N	0	72	S	6
78	60	N	0	68	S	7
23	84	W	0	205	D	8
98	30	N	0	48	I	9
68	62	N	0	58	S	10
27	83	W	0	27	D	11
78	58	N	0	66	S	12
52	72	N	0	233	D	13
43	70	W	0	42	D	14
46	78	N	0	46	D	15

23	82	W	0	22	D	16
33	75	W	0	28	D	17
83	85	N	0	81	S	18
67	82	S	0	72	S	19
73	66	S	0	78	S	20
78	80	S	0	78	S	21
58	79	S	0	60	S	22
83	78	S	0	86	S	23
3	46	W	0	330	D	24
28	28	E	0	168	N	25
58	75	N	0	242	D	26
26	88	E	0	204	D	27
46	54	N	0	242	D	28
28	88	W	0	208	D	29
113	76	N	0	106	S	30
450						

\*\*\*\*\*FIN FINALE

1

```

*****          PARAMETRES CHOISIS          *****
*
* POMBAL1- primeira triagem DE POMBAL
*
*
* VALEUR DE INDX CHOISIE 1
* POURCENTAGE SERVANT A LA MINIMISATION 100
* NOMBRE DE TIRAGES AU HASARD 200
* NOMBRE SERVANT A CE TIRAGE 500
* NOMBRE DE TRIS DU RANT LA MINIMISATION 50
*
*****

```

NBRE DE DONNEES 22 PARAMETRES 1.9965 .2586 1.6527 .0579 FONCTION .347761E+02

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 1

\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 2

TENSEUR A L ITERATION 9

POMBAL1- primeira triagem DE POMBAL

```

NO      TENSEUR EN X Y Z          DANS LES AXES PRINCIPAUX *****
SIGMA(1)= .65729  DIRECTION  56.2  PENDAGE  10.0
SIGMA(2)= -.31459  DIRECTION  146.3  PENDAGE  .7
SIGMA(3)= -.34271  DIRECTION  240.2  PENDAGE  80.0

```

RAPPORT R = .03

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: .4861 POUR LES 22 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
ET A .4861 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 2

\*\*\*\*\*DEBUT DE LA TROISIEME ETAPE

REGRESSION MOINDRE CARR SUR LES 22PLUS FAIBLES ECARTS

ECART MOYEN EN DEGRES 9.42061

```

COMP NO 1  ERR SUR DIREC  5.3  ERR SUR PEND  7.9
COMP NO 2  ERR SUR DIREC  8.5  ERR SUR PEND  66.1
COMP NO 3  ERR SUR DIREC 409.6  ERR SUR PEND  9.5

```

ERREUR SUR R .88E-01

POMBAL1- primeira triagem DE POMBAL

```

NO      TENSEUR EN X Y Z          DANS LES AXES PRINCIPAUX *****
SIGMA(1)= .65729  DIRECTION  56.2  PENDAGE  10.0
SIGMA(2)= -.31459  DIRECTION  146.3  PENDAGE  .7
SIGMA(3)= -.34271  DIRECTION  240.2  PENDAGE  80.0

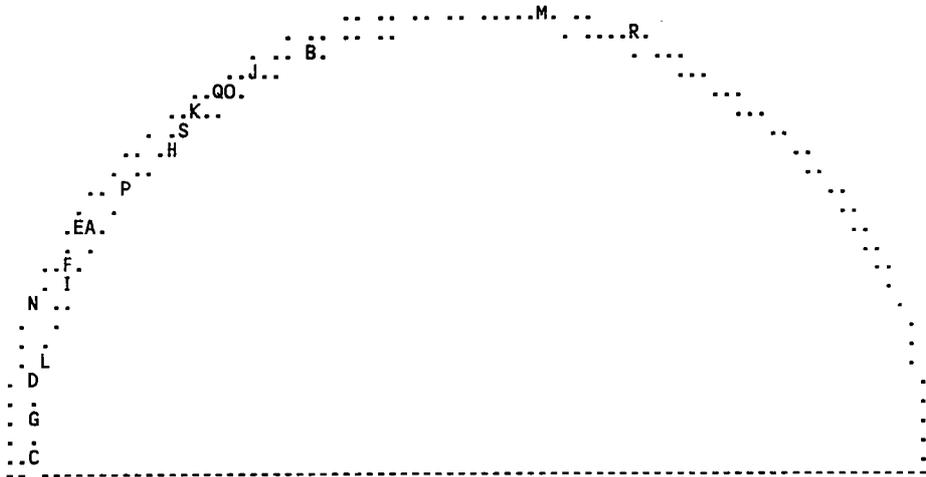
```

RAPPORT R = .03

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: .4861 POUR LES 22 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
 ET A .4861 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

1

REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR



LE CARACTERE A	CORRESPOND AUX DONNEES	14	
LE CARACTERE B	CORRESPOND AUX DONNEES	16	
LE CARACTERE C	CORRESPOND AUX DONNEES	26	
LE CARACTERE D	CORRESPOND AUX DONNEES	10	
LE CARACTERE E	CORRESPOND AUX DONNEES	2	
LE CARACTERE F	CORRESPOND AUX DONNEES	12	7
LE CARACTERE G	CORRESPOND AUX DONNEES	22	
LE CARACTERE H	CORRESPOND AUX DONNEES	21	
LE CARACTERE I	CORRESPOND AUX DONNEES	15	
LE CARACTERE J	CORRESPOND AUX DONNEES	11	
LE CARACTERE K	CORRESPOND AUX DONNEES	18	
LE CARACTERE L	CORRESPOND AUX DONNEES	13	
LE CARACTERE M	CORRESPOND AUX DONNEES	30	
LE CARACTERE N	CORRESPOND AUX DONNEES	9	
LE CARACTERE O	CORRESPOND AUX DONNEES	23	29
LE CARACTERE P	CORRESPOND AUX DONNEES	20	6
LE CARACTERE Q	CORRESPOND AUX DONNEES	4	
LE CARACTERE R	CORRESPOND AUX DONNEES	5	
LE CARACTERE S	CORRESPOND AUX DONNEES	17	

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPR NO 3

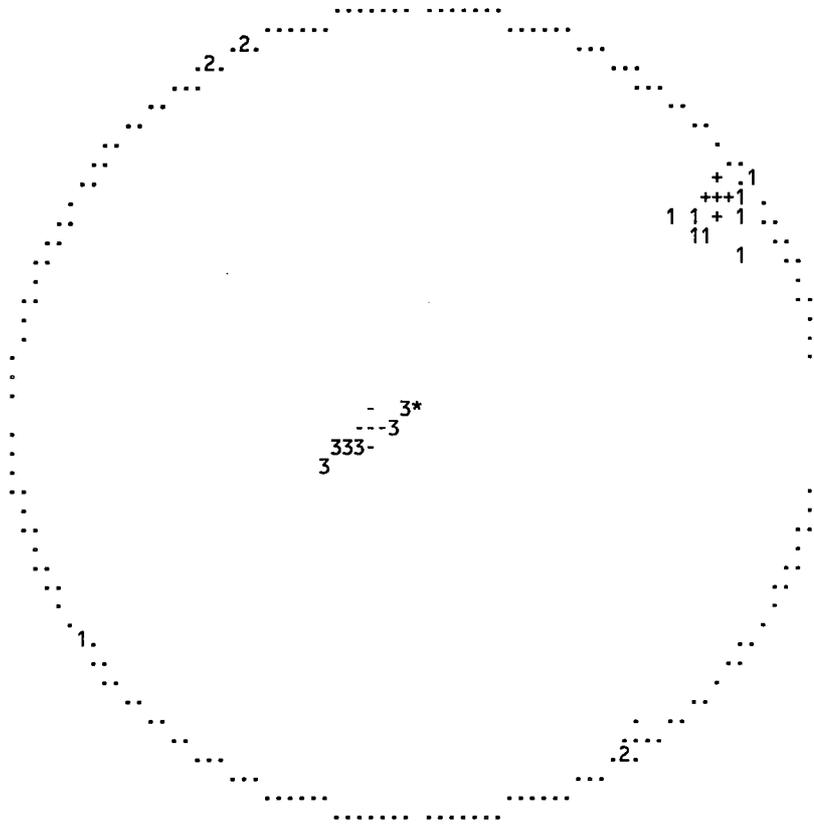
\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 4

1 .999788E+01 .677801E+00 .799787E+02 .562074E+02 .146327E+03 .240166E+03  
 POMBAL1- primeira triagem DE POMBAL

GAMME	NBRE	INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME
1	0- 6	7 14 16 26 10 2 12 7
2	6- 11	18 22 21 15 11 18 13 30 9 23 29 20
3	11- 17	22 4 5 17 6

1 PROJECTION SUR DIAGRAMME DE SCHMITT DES AXES DES TENSEURS CORRESPONDANT A CHAQUE STRIE

POMBAL1- primeira triagem DE POMBAL



POMBAL1- primeira triagem DE POMBAL

18	41	E	0	48	D	2
28	89	E	0	28	D	4
152	66	E	0	70	I	5
78	80	N	0	72	S	6
78	60	N	0	68	S	7
98	30	N	0	48	I	9
68	62	N	0	58	S	10
27	83	W	0	27	D	11
78	58	N	0	66	S	12
52	72	N	0	233	D	13
43	70	W	0	42	D	14
46	78	N	0	46	D	15
23	82	W	0	22	D	16
33	75	W	0	28	D	17
83	85	N	0	81	S	18
73	66	S	0	78	S	20
78	80	S	0	78	S	21
58	79	S	0	60	S	22
83	78	S	0	86	S	23
58	75	N	0	242	D	26
28	88	W	0	208	D	29
113	76	N	0	106	S	30
450						

※

\*\*\*\*\*FIN FINALE

1

```

*****          PARAMETRES CHOISIS          *****
*
*  POMBALE  EST DE POMBAL                      *
*
*
*  VALEUR DE INDX CHOISIE 1                    *
*  POURCENTAGE SERVANT A LA MINIMISATION 100   *
*  NOMBRE DE TIRAGES AU HASARD 200            *
*  NOMBRE SERVANT A CE TIRAGE 500            *
*  NOMBRE DE TRIS DURANT LA MINIMISATION 50   *
*
*****

```

NBRE DE DONNEES 22 PARAMETRES .6146 2.0751 2.8763 .2206 FONCTION .328215E+02

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 1

\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 2

TENSEUR A L ITERATION 20

POMBALE EST DE POMBAL

```

NO      TENSEUR EN X Y Z          DANS LES AXES PRINCIPAUX *****
SIGMA(1)= .65421  DIRECTION 56.1  PENDAGE 7.9
SIGMA(2)= -.30841  DIRECTION 321.2  PENDAGE 31.5
SIGMA(3)= -.34579  DIRECTION 158.6  PENDAGE 57.3

```

RAPPORT R = .04

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: .9103 POUR LES 22 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
ET A .9103 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 2

\*\*\*\*\* DEBUT DE LA TROISIEME ETAPE

REGRESSION MOINDRE CARR SUR LES 22 PLUS FAIBLES ECARTS

ECART MOYEN EN DEGRES 12.85472

```

COMP NO 1  ERR SUR DIREC 19.1  ERR SUR PEND 10.5
COMP NO 2  ERR SUR DIREC 34.2  ERR SUR PEND 99.6
COMP NO 3  ERR SUR DIREC 105.0  ERR SUR PEND 95.0

```

ERREUR SUR R .12E+00

POMBALE EST DE POMBAL

```

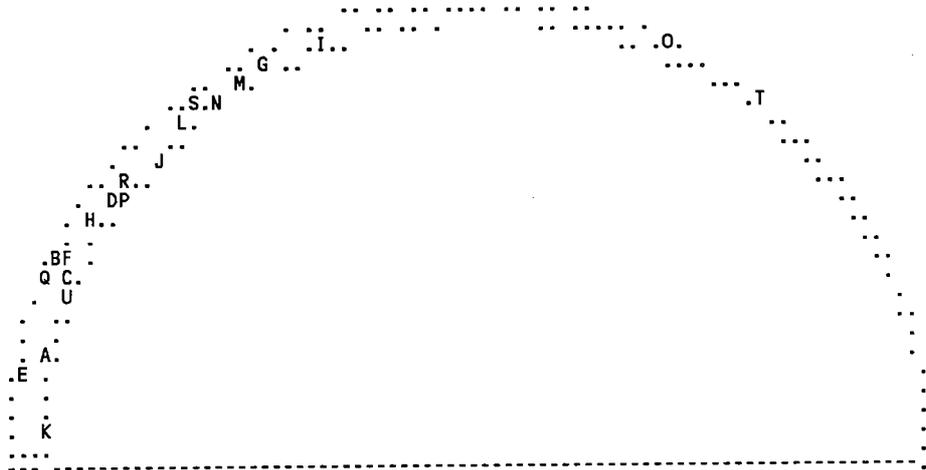
NO      TENSEUR EN X Y Z          DANS LES AXES PRINCIPAUX *****
SIGMA(1)= .65392  DIRECTION 57.1  PENDAGE 8.0
SIGMA(2)= -.30784  DIRECTION 324.0  PENDAGE 21.3
SIGMA(3)= -.34608  DIRECTION 166.6  PENDAGE 67.1

```

RAPPORT R = .04

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: .9051 POUR LES 22 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
 ET A .9051 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET  
 1

REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR



- LE CARACTERE A CORRESPOND AUX DONNEES 13
- LE CARACTERE B CORRESPOND AUX DONNEES 12
- LE CARACTERE C CORRESPOND AUX DONNEES 15
- LE CARACTERE D CORRESPOND AUX DONNEES 2
- LE CARACTERE E CORRESPOND AUX DONNEES 10
- LE CARACTERE F CORRESPOND AUX DONNEES 7
- LE CARACTERE G CORRESPOND AUX DONNEES 11
- LE CARACTERE H CORRESPOND AUX DONNEES 14
- LE CARACTERE I CORRESPOND AUX DONNEES 16 8
- LE CARACTERE J CORRESPOND AUX DONNEES 21
- LE CARACTERE K CORRESPOND AUX DONNEES 22
- LE CARACTERE L CORRESPOND AUX DONNEES 18
- LE CARACTERE M CORRESPOND AUX DONNEES 4
- LE CARACTERE N CORRESPOND AUX DONNEES 23
- LE CARACTERE O CORRESPOND AUX DONNEES 5
- LE CARACTERE P CORRESPOND AUX DONNEES 20
- LE CARACTERE Q CORRESPOND AUX DONNEES 9
- LE CARACTERE R CORRESPOND AUX DONNEES 6
- LE CARACTERE S CORRESPOND AUX DONNEES 17
- LE CARACTERE T CORRESPOND AUX DONNEES 1
- LE CARACTERE U CORRESPOND AUX DONNEES 19

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPR NO 3

\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 4

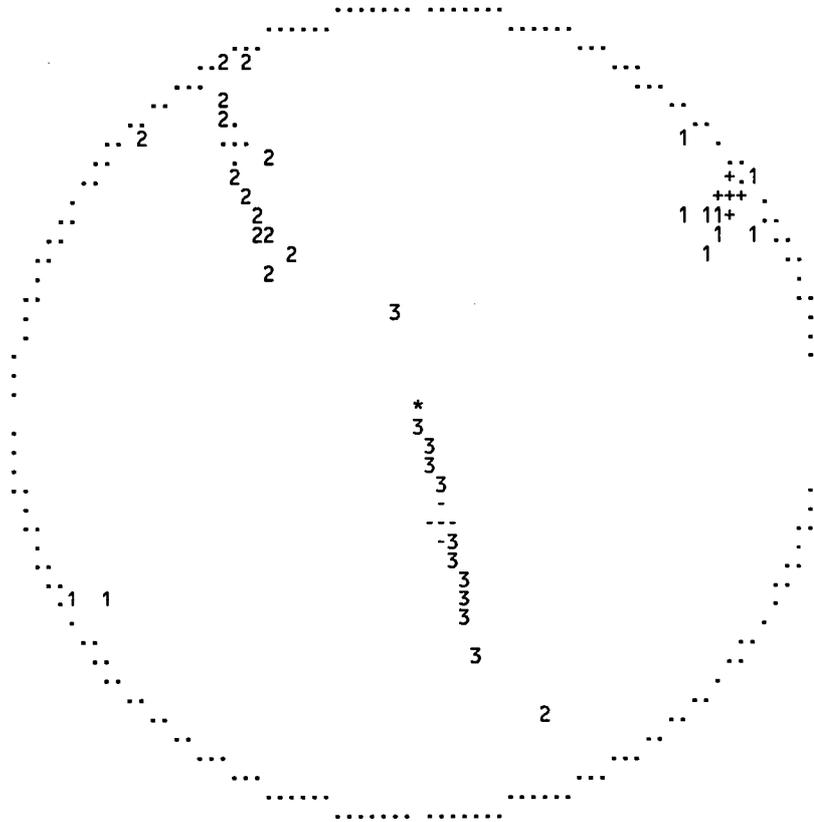
1 .800470E+01 .213304E+02 .670772E+02 .571282E+02 .323980E+03 .166551E+03  
 POMBALE EST DE POMBAL

GAMME	NBRE	INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME
1	0- 6	9 13 12 15 2 10 7 11 14 16
2	6- 11	16 21 22 18 4 23 5 20
3	11- 17	18 9 6
4	17- 23	22 17 1 19 8

1

PROJECTION SUR DIAGRAMME DE SCHMITT DES AXES DES TENSEURS CORRESPONDANT A CHAQUE STRIE

POMBALE EST DE POMBAL



POMBALE EST DE POMBAL

123	89	N	0	123	S	1
18	41	E	0	48	D	2
28	89	E	0	28	D	4
152	66	E	0	70	I	5
78	80	N	0	72	S	6
78	60	N	0	68	S	7
23	84	W	0	205	D	8
98	30	N	0	48	I	9
68	62	N	0	58	S	10
27	83	W	0	27	D	11
78	58	N	0	66	S	12
52	72	N	0	233	D	13
43	70	W	0	42	D	14
46	78	N	0	46	D	15
23	82	W	0	22	D	16
33	75	W	0	28	D	17
83	85	N	0	81	S	18
67	82	S	0	72	S	19
73	66	S	0	78	S	20
78	80	S	0	78	S	21
58	79	S	0	60	S	22
83	78	S	0	86	S	23
450						

\*\*\*\*\*FIN FINALE

1

```
*****          PARAMETRES CHOISIS          *****
*
* POMBALW  OUEST DE POMBAL
*
*
*
* VALEUR DE INDX CHOISIE 1
* POURCENTAGE SERVANT A LA MINIMISATION 100
* NOMBRE DE TIRAGES AU HASARD 200
* NOMBRE SERVANT A CE TIRAGE 500
* NOMBRE DE TRIS DU RANT LA MINIMISATION 50
*
*****
```

NBRE DE DONNEES 6 PARAMETRES .2942 1.7461 1.3337 .7060 FONCTION .165430E+02

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 1

\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 2

TENSEUR A L ITERATION 21

POMBALW OUEST DE POMBAL

```
NO      TENSEUR EN X Y Z          DANS LES AXES PRINCIPAUX *****
SIGMA(1)= .36206  DIRECTION 266.0  PENDAGE 59.6
SIGMA(2)= .27588  DIRECTION 51.1  PENDAGE 25.7
SIGMA(3)= -.63794  DIRECTION 148.6  PENDAGE 15.1
```

RAPPORT R = .91

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: .6986 POUR LES 6 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
ET A .6986 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 2

\*\*\*\*\*DEBUT DE LA TROISIEME ETAPE

REGRESSION MOINDRE CARR SUR LES 6PLUS FAIBLES ECARTS

ECART MOYEN EN DEGRES 33.88084

```
COMP NO 1  ERR SUR DIREC 858.4  ERR SUR PEND 510.3
COMP NO 2  ERR SUR DIREC 356.3  ERR SUR PEND 595.5
COMP NO 3  ERR SUR DIREC 168.5  ERR SUR PEND 33.2
```

ERREUR SUR R .17E+01

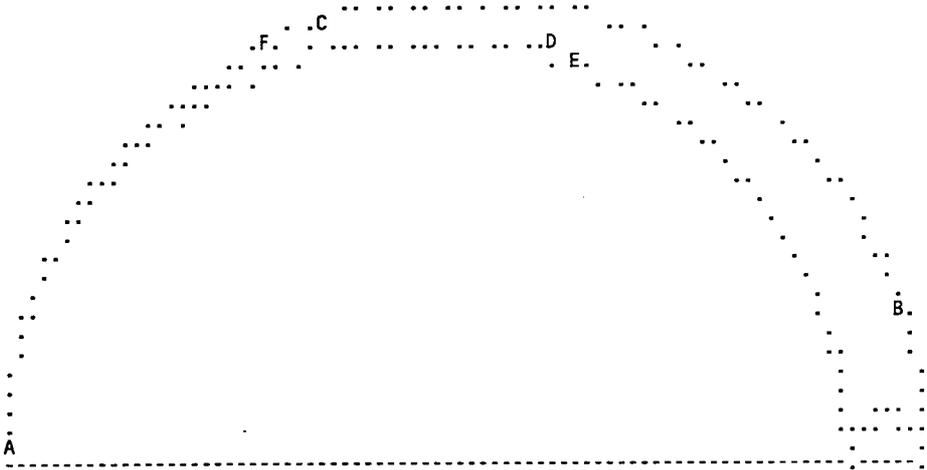
POMBALW OUEST DE POMBAL

```
NO      TENSEUR EN X Y Z          DANS LES AXES PRINCIPAUX *****
SIGMA(1)= .36206  DIRECTION 266.0  PENDAGE 59.6
SIGMA(2)= .27588  DIRECTION 51.1  PENDAGE 25.7
SIGMA(3)= -.63794  DIRECTION 148.6  PENDAGE 15.1
```

RAPPORT R = .91

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: .6986 POUR LES 6 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
 1 ET A .6986 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR



LE CARACTERE A CORRESPOND AUX DONNEES 3  
 LE CARACTERE B CORRESPOND AUX DONNEES 2  
 LE CARACTERE C CORRESPOND AUX DONNEES 4  
 LE CARACTERE D CORRESPOND AUX DONNEES 7  
 LE CARACTERE E CORRESPOND AUX DONNEES 1  
 LE CARACTERE F CORRESPOND AUX DONNEES 6

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPR NO 3

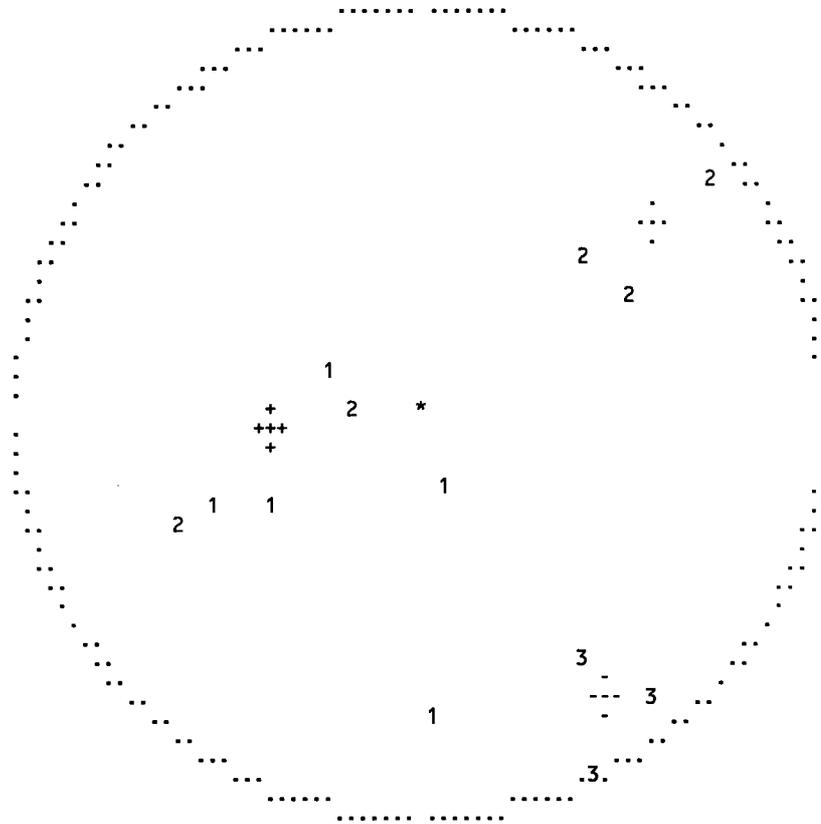
\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 4

1 .596277E+02 .256706E+02 .151144E+02 .266013E+03 .511113E+02 .148570E+03  
 POMBALW OUEST DE POMBAL

GAMME	NBRE	INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME
1 0- 6	1	3
2 6- 11	2	2
3 11- 17	3	4
4 17- 23	4	7
5 23- 29	6	1 6

1 PROJECTION SUR DIAGRAMME DE SCHMITT DES AXES DES TENSEURS CORRESPONDANT A CHAQUE STRIE

POMBALW OUEST DE POMBAL



POMBALW	OUEST DE	POMBAL				
3	46	W	0	330	D	1
28	28	E	0	168	N	2
58	75	N	0	242	D	3
26	88	E	0	204	D	4
46	54	N	0	242	D	5
28	88	W	0	208	D	6
113	76	N	0	106	S	7
450						

\*\*\*\*\*FIN FINALE

1

```

*****          PARAMETRES CHOISIS          *****
*
*  sh TOUTES LES FAILLES DE SANTA HELENA
*
*
*  VALEUR DE INDX CHOISIE 1
*  POURCENTAGE SERVANT A LA MINIMISATION 100
*  NOMBRE DE TIRAGES AU HASARD 200
*  NOMBRE SERVANT A CE TIRAGE 500
*  NOMBRE DE TRIS DU RANT LA MINIMISATION 50
*
*****

```

NBRE DE DONNEES 43 PARAMETRES 2.0192 2.8635 1.3994 .1630 FONCTION .945237E+02

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 1

\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 2

TENSEUR A L ITERATION 51

sh TOUTES LES FAILLES DE SANTA HELENA

```

NO      TENSEUR EN X Y Z          DANS LES AXES PRINCIPAUX *****
SIGMA(1)= .60629  DIRECTION 241.5  PENDAGE 8.6
SIGMA(2)= -.21259  DIRECTION 150.7  PENDAGE 5.3
SIGMA(3)= -.39371  DIRECTION 29.5   PENDAGE 79.9

```

RAPPORT R = .18

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 53.7906 POUR LES 43 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
ET A 53.7906 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 2

\*\*\*\*\* DEBUT DE LA TROISIEME ETAPE

REGRESSION MOINDRE CARR SUR LES 43 PLUS FAIBLES ECARTS

ECART MOYEN EN DEGRES 67.32304

```

COMP NO 1  ERR SUR DIREC 27.2  ERR SUR PEND 18.6
COMP NO 2  ERR SUR DIREC 26.6  ERR SUR PEND 118.7
COMP NO 3  ERR SUR DIREC 563.7  ERR SUR PEND 68.5

```

ERREUR SUR R .62E+00

sh TOUTES LES FAILLES DE SANTA HELENA

```

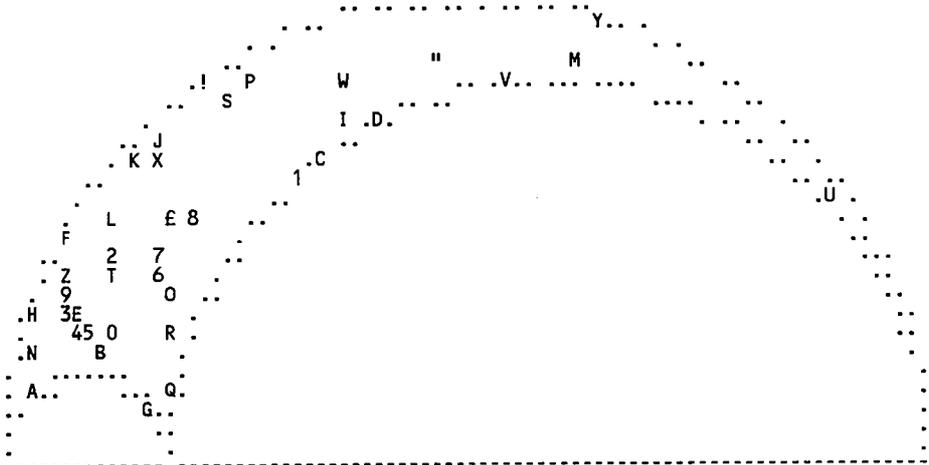
NO      TENSEUR EN X Y Z          DANS LES AXES PRINCIPAUX *****
SIGMA(1)= .60629  DIRECTION 241.5  PENDAGE 8.6
SIGMA(2)= -.21259  DIRECTION 150.7  PENDAGE 5.3
SIGMA(3)= -.39371  DIRECTION 29.5   PENDAGE 79.9

```

RAPPORT R = .18

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 53.7906 POUR LES 43 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
 ET A 53.7906 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR



LE CARACTERE A	CORRESPOND AUX DONNEES	25	38	37
LE CARACTERE B	CORRESPOND AUX DONNEES	21		
LE CARACTERE C	CORRESPOND AUX DONNEES	7		
LE CARACTERE D	CORRESPOND AUX DONNEES	8		
LE CARACTERE E	CORRESPOND AUX DONNEES	23		
LE CARACTERE F	CORRESPOND AUX DONNEES	10		
LE CARACTERE G	CORRESPOND AUX DONNEES	39		
LE CARACTERE H	CORRESPOND AUX DONNEES	28		
LE CARACTERE I	CORRESPOND AUX DONNEES	6		
LE CARACTERE J	CORRESPOND AUX DONNEES	11		
LE CARACTERE K	CORRESPOND AUX DONNEES	30		
LE CARACTERE L	CORRESPOND AUX DONNEES	32	19	
LE CARACTERE M	CORRESPOND AUX DONNEES	35		
LE CARACTERE N	CORRESPOND AUX DONNEES	24		
LE CARACTERE O	CORRESPOND AUX DONNEES	4		
LE CARACTERE P	CORRESPOND AUX DONNEES	22		
LE CARACTERE Q	CORRESPOND AUX DONNEES	9		
LE CARACTERE R	CORRESPOND AUX DONNEES	3		
LE CARACTERE S	CORRESPOND AUX DONNEES	15		
LE CARACTERE T	CORRESPOND AUX DONNEES	20		
LE CARACTERE U	CORRESPOND AUX DONNEES	5		
LE CARACTERE V	CORRESPOND AUX DONNEES	29	31	
LE CARACTERE W	CORRESPOND AUX DONNEES	33		
LE CARACTERE X	CORRESPOND AUX DONNEES	40		
LE CARACTERE Y	CORRESPOND AUX DONNEES	17		
LE CARACTERE Z	CORRESPOND AUX DONNEES	27		
LE CARACTERE 1	CORRESPOND AUX DONNEES	2		
LE CARACTERE 2	CORRESPOND AUX DONNEES	16		
LE CARACTERE 3	CORRESPOND AUX DONNEES	36		
LE CARACTERE 4	CORRESPOND AUX DONNEES	12		
LE CARACTERE 5	CORRESPOND AUX DONNEES	13		
LE CARACTERE 6	CORRESPOND AUX DONNEES	34		
LE CARACTERE 7	CORRESPOND AUX DONNEES	14		
LE CARACTERE 8	CORRESPOND AUX DONNEES	41		
LE CARACTERE 9	CORRESPOND AUX DONNEES	26		
LE CARACTERE 0	CORRESPOND AUX DONNEES	43		
LE CARACTERE !	CORRESPOND AUX DONNEES	18		
LE CARACTERE "	CORRESPOND AUX DONNEES	42		
LE CARACTERE £	CORRESPOND AUX DONNEES	1		

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPR NO 3

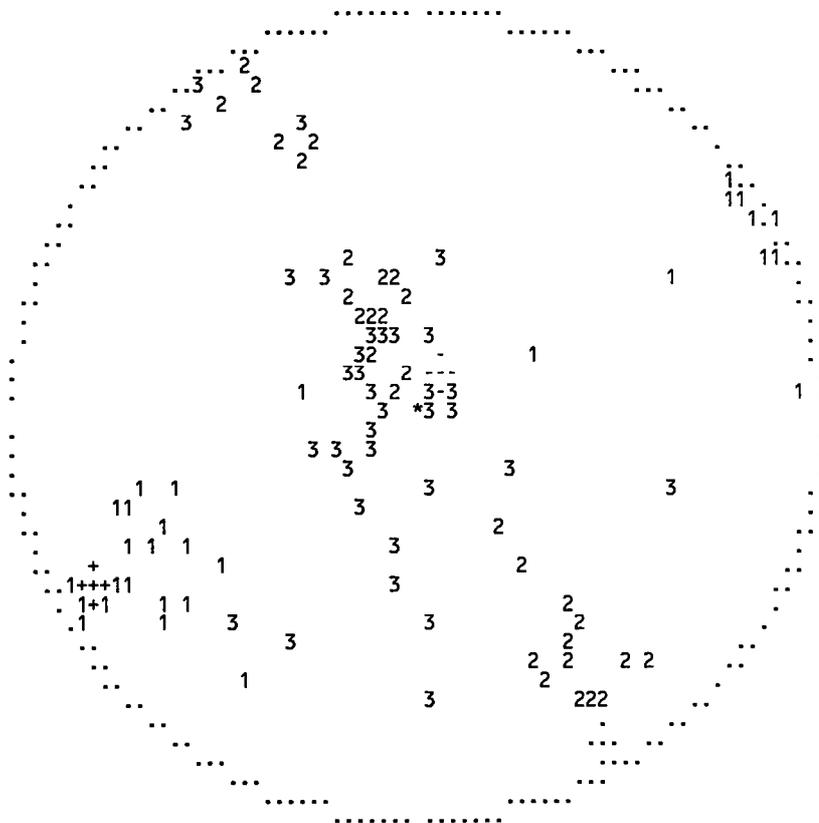
\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 4

.855663E+01 .525671E+01 .799369E+02 .241512E+03 .150718E+03 .294902E+02  
 1 sh TOUTES LES FAILLES DE SANTA HELENA

GAMME	NBRE	INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME
1	0- 6	2 25 21
2	6- 11	5 7 8 23
3	11- 17	9 10 39 28 6
4	17- 23	11 30
5	23- 29	15 38 32 35 24
6	29- 34	16 4
7	34- 40	20 22 9 3 15
8	40- 46	21 19
9	46- 52	22 20
10	52- 57	24 5 29
11	57- 69	30 33 40 17 37 31 27
12	69- 80	33 2 16 36
13	80- 92	37 12 13 34 14
14	92-103	40 41 26 43
15	103-115	40
16	115-126	42 18 42
17	126-138	42
18	138-149	42
19	149-160	42
20	160-172	43 1

1 PROJECTION SUR DIAGRAMME DE SCHMITT DES AXES DES TENSEURS CORRESPONDANT A CHAQUE STRIE

sh TOUTES LES FAILLES DE SANTA HELENA



## sh TOUTES LES FAILLES DE SANTA HELENA

76	45	N	0	70	D	1
35	81	W	0	24	D	2
55	75	S	0	77	D	3
52	70	S	0	74	D	4
130	77	N	0	322	S	5
27	74	W	0	210	D	6
35	89	E	0	215	D	7
30	89	E	0	210	D	8
58	85	S	0	65	D	9
135	6	N	0	70	I	10
102	22	N	0	76	S	11
78	48	S	0	98	S	12
60	45	S	0	194	N	13
50	59	S	0	174	N	14
108	50	S	0	198	I	15
52	44	S	0	192	D	16
170	48	E	0	350	D	17
125	40	S	0	168	S	18
98	42	S	0	188	I	19
54	49	S	0	124	I	20
72	57	S	0	194	I	21
113	49	S	0	203	I	22
82	45	S	0	206	I	23
88	30	S	0	178	I	24
80	29	S	0	167	I	25
58	33	S	0	185	I	26
53	27	S	0	143	I	27
145	18	W	0	260	I	28
20	86	E	0	192	D	29
110	39	S	0	220	I	30
20	77	E	0	180	D	31
96	43	S	0	205	I	32
30	62	E	0	188	D	33
52	62	S	0	180	N	34
12	66	E	0	38	D	35
63	28	N	0	313	I	36
43	16	W	0	313	I	37
26	20	W	0	318	I	38
58	65	N	0	333	I	39
14	40	W	0	319	I	40
33	56	W	0	358	D	41
103	55	N	0	13	N	42
63	46	N	0	300	N	43
450						

\*\*\*\*\*FIN FINALE

1

```

*****          PARAMETRES CHOISIS          *****
*
* sh1  PRINCIPALES FAILLES DE SANTA HELENA
*
*
* VALEUR DE INDX CHOISIE 1
* POURCENTAGE SERVANT A LA MINIMISATION 100
* NOMBRE DE TIRAGES AU HASARD 200
* NOMBRE SERVANT A CE TIRAGE 500
* NOMBRE DE TRIS DU RANT LA MINIMISATION 50
*
*****

```

NBRE DE DONNEES 21 PARAMETRES 2.8138 2.9830 3.0707 .6937 FONCTION .529859E+02

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 1

\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 2

TENSEUR A L ITERATION 42

sh1 PRINCIPALES FAILLES DE SANTA HELENA

```

NO      TENSEUR EN X Y Z          DANS LES AXES PRINCIPAUX *****
SIGMA(1)= .44914  DIRECTION 243.4  PENDAGE .4
SIGMA(2)= .10173  DIRECTION 333.4  PENDAGE 2.0
SIGMA(3)= -.55086  DIRECTION 141.5  PENDAGE 88.0

```

RAPPORT R = .65

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: .8718 POUR LES 21 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
ET A .8718 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 2

\*\*\*\*\*DEBUT DE LA TROISIEME ETAPE

REGRESSION MOINDRE CARR SUR LES 21PLUS FAIBLES ECARTS

ECART MOYEN EN DEGRES 12.75529

```

COMP NO 1  ERR SUR DIREC 14.0  ERR SUR PEND 5.3
COMP NO 2  ERR SUR DIREC 13.9  ERR SUR PEND 7.0
COMP NO 3  ERR SUR DIREC 179.9  ERR SUR PEND 5.6

```

ERREUR SUR R .27E+00

sh1 PRINCIPALES FAILLES DE SANTA HELENA

```

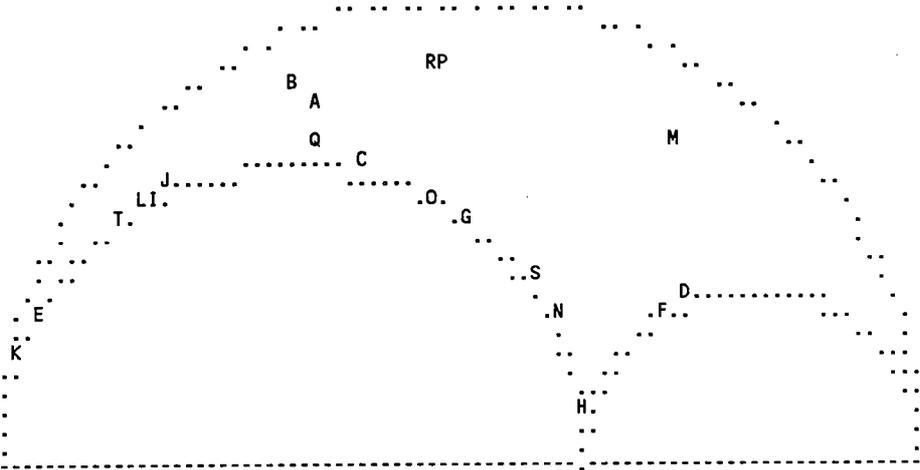
NO      TENSEUR EN X Y Z          DANS LES AXES PRINCIPAUX *****
SIGMA(1)= .45472  DIRECTION 243.0  PENDAGE 1.4
SIGMA(2)= .09057  DIRECTION 333.1  PENDAGE 1.5
SIGMA(3)= -.54528  DIRECTION 109.3  PENDAGE 87.9

```

RAPPORT R = .64

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: .8417 POUR LES 21 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
 1 ET A .8417 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR



LE CARACTERE A CORRESPOND AUX DONNEES 32 19  
 LE CARACTERE B CORRESPOND AUX DONNEES 30  
 LE CARACTERE C CORRESPOND AUX DONNEES 20  
 LE CARACTERE D CORRESPOND AUX DONNEES 8  
 LE CARACTERE E CORRESPOND AUX DONNEES 37  
 LE CARACTERE F CORRESPOND AUX DONNEES 7  
 LE CARACTERE G CORRESPOND AUX DONNEES 39  
 LE CARACTERE H CORRESPOND AUX DONNEES 9  
 LE CARACTERE I CORRESPOND AUX DONNEES 25  
 LE CARACTERE J CORRESPOND AUX DONNEES 24  
 LE CARACTERE K CORRESPOND AUX DONNEES 10  
 LE CARACTERE L CORRESPOND AUX DONNEES 27  
 LE CARACTERE M CORRESPOND AUX DONNEES 35  
 LE CARACTERE N CORRESPOND AUX DONNEES 3  
 LE CARACTERE O CORRESPOND AUX DONNEES 21  
 LE CARACTERE P CORRESPOND AUX DONNEES 22  
 LE CARACTERE Q CORRESPOND AUX DONNEES 23  
 LE CARACTERE R CORRESPOND AUX DONNEES 15  
 LE CARACTERE S CORRESPOND AUX DONNEES 4  
 LE CARACTERE T CORRESPOND AUX DONNEES 36

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPR NO 3

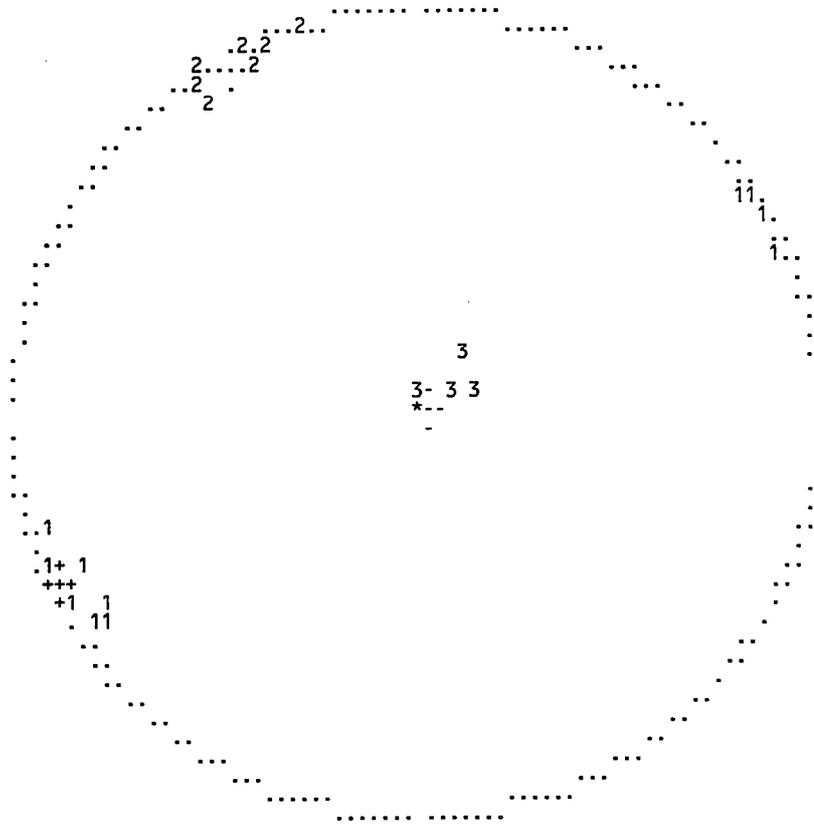
\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 4

1 .144954E+01 .151280E+01 .879046E+02 .243022E+03 .333060E+03 .109264E+03  
 sh1 PRINCIPALES FAILLES DE SANTA HELENA

GAMME	NBRE	INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME
1	0- 6	6 32 30 20 8 37 7
2	6- 11	13 39 9 25 24 10 27 35
3	11- 17	19 3 21 19 22 23 15
4	17- 23	21 4 36

1 PROJECTION SUR DIAGRAMME DE SCHMITT DES AXES DES TENSEURS CORRESPONDANT A CHAQUE STRIE

sh1 PRINCIPALES FAILLES DE SANTA HELENA



sh1 PRINCIPALES FAILLES DE SANTA HELENA

55	75	S	0	77	D	3
52	70	S	0	74	D	4
35	89	E	0	215	D	7
30	89	E	0	210	D	8
58	85	S	0	65	D	9
135	6	N	0	70	I	10
108	50	S	0	198	I	15
98	42	S	0	188	I	19
54	49	S	0	124	I	20
72	57	S	0	194	I	21
113	49	S	0	203	I	22
82	45	S	0	206	I	23
88	30	S	0	178	I	24
80	29	S	0	167	I	25
53	27	S	0	143	I	27
110	39	S	0	220	I	30
96	43	S	0	205	I	32
12	66	E	0	38	D	35
63	28	N	0	313	I	36
43	16	W	0	313	I	37
58	65	N	0	333	I	39
450						

※

\*\*\*\*\*FIN FINALE

1

```
*****          PARAMETRES CHOISIS          *****
*
* sh2  segunda triagem DE SANTA HELENA      *
*
*
* VALEUR DE INDX CHOISIE 1                  *
* POURCENTAGE SERVANT A LA MINIMISATION 100 *
* NOMBRE DE TIRAGES AU HASARD 200          *
* NOMBRE SERVANT A CE TIRAGE 500          *
* NOMBRE DE TRIS DU RANT LA MINIMISATION 50 *
*
*****
```

NBRE DE DONNEES 11 PARAMETRES .6738 1.8835 1.4227 .4334 FONCTION .212707E+02

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 1

\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 2

TENSEUR A L ITERATION 8

sh2 segunda triagem DE SANTA HELENA

NO	TENSEUR EN X Y Z	DANS LES AXES PRINCIPAUX *****		
	SIGMA(1)= .53075	DIRECTION 260.8	PENDAGE 58.5	
	SIGMA(2)= -.06150	DIRECTION 55.4	PENDAGE 29.0	
	SIGMA(3)= -.46925	DIRECTION 151.8	PENDAGE 11.3	

RAPPORT R = .41

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: .2305 POUR LES 11 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
 ET A .2305 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 2

\*\*\*\*\*DEBUT DE LA TROISIEME ETAPE

REGRESSION MOINDRE CARR SUR LES 11PLUS FAIBLES ECARTS

ECART MOYEN EN DEGRES 10.40202

COMP NO 1	ERR SUR DIREC	21.1	ERR SUR PEND	14.6
COMP NO 2	ERR SUR DIREC	29.0	ERR SUR PEND	13.9
COMP NO 3	ERR SUR DIREC	21.7	ERR SUR PEND	11.7

ERREUR SUR R .21E+00

sh2 segunda triagem DE SANTA HELENA

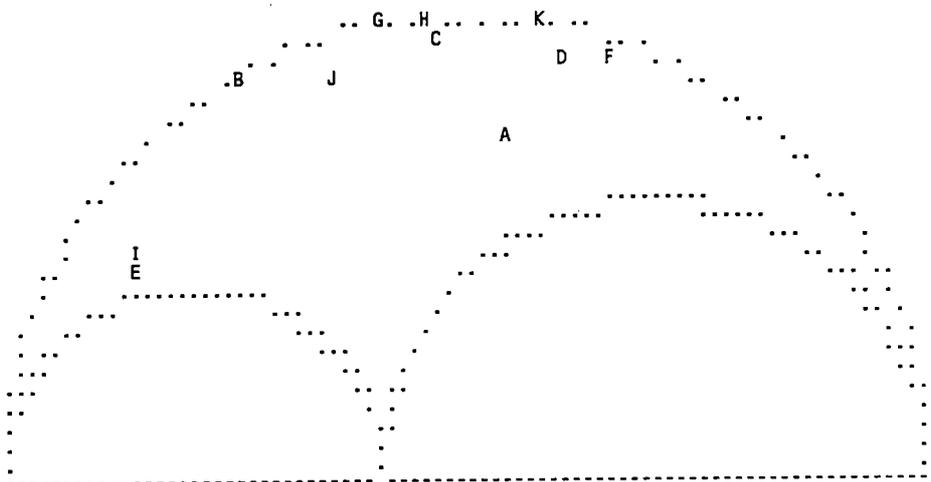
NO	TENSEUR EN X Y Z	DANS LES AXES PRINCIPAUX *****		
	SIGMA(1)= .53046	DIRECTION 260.7	PENDAGE 58.4	
	SIGMA(2)= -.06092	DIRECTION 55.2	PENDAGE 29.1	
	SIGMA(3)= -.46954	DIRECTION 151.6	PENDAGE 11.4	

RAPPORT R = .41

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: .2305 POUR LES 11 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
 ET A .2305 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

1

REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR



LE CARACTERE A CORRESPOND AUX DONNEES 5  
 LE CARACTERE B CORRESPOND AUX DONNEES 43  
 LE CARACTERE C CORRESPOND AUX DONNEES 31  
 LE CARACTERE D CORRESPOND AUX DONNEES 13  
 LE CARACTERE E CORRESPOND AUX DONNEES 41  
 LE CARACTERE F CORRESPOND AUX DONNEES 16  
 LE CARACTERE G CORRESPOND AUX DONNEES 34  
 LE CARACTERE H CORRESPOND AUX DONNEES 14  
 LE CARACTERE I CORRESPOND AUX DONNEES 6  
 LE CARACTERE J CORRESPOND AUX DONNEES 29  
 LE CARACTERE K CORRESPOND AUX DONNEES 33

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPR NO 3

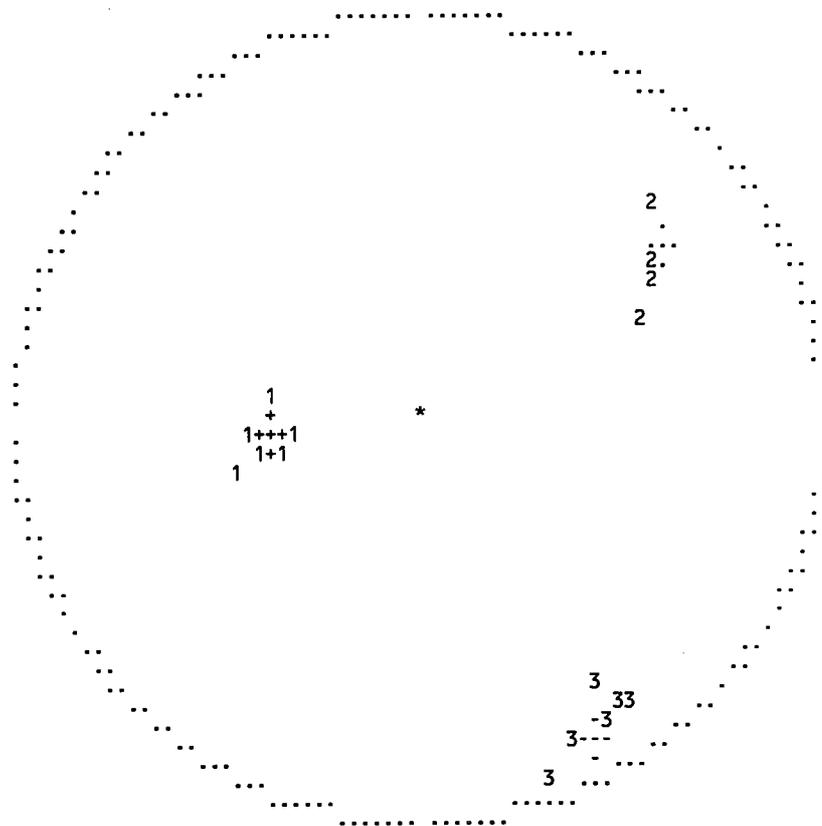
\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 4

1 .583912E+02 .290523E+02 .113727E+02 .260720E+03 .552280E+02 .151643E+03  
 sh2 segunda triagem DE SANTA HELENA

GAMME	NBRE	INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME
1	0- 6	5 43 31 13 41
2	6- 11	16 34 14 6
3	11- 17	29 33

1 PROJECTION SUR DIAGRAMME DE SCHMITT DES AXES DES TENSEURS CORRESPONDANT A CHAQUE STRIE

sh2 segunda triagem DE SANTA HELENA



sh2 segunda triagem DE SANTA HELENA

130	77	N	0	322	S	5
27	74	W	0	210	D	6
60	45	S	0	194	N	13
50	59	S	0	174	N	14
52	44	S	0	192	D	16
20	86	E	0	192	D	29
20	77	E	0	180	D	31
30	62	E	0	188	D	33
52	62	S	0	180	N	34
33	56	W	0	358	D	41
63	46	N	0	300	N	43
450						

\*\*\*\*\*FIN FINALE

1

```
***** PARAMETRES CHOISIS *****
*
* SHE EST DE SANTA HELENA
*
*
* VALEUR DE INDX CHOISIE 1
* POURCENTAGE SERVANT A LA MINIMISATION 100
* NOMBRE DE TIRAGES AU HASARD 200
* NOMBRE SERVANT A CE TIRAGE 500
* NOMBRE DE TRIS DURANT LA MINIMISATION 50
*
*****
```

NBRE DE DONNEES 13 PARAMETRES 3.0016 2.9465 1.6804 .9181 FONCTION .306437E+02

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 1

\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 2

TENSEUR A L ITERATION 9

SHE EST DE SANTA HELENA

```
NO TENSEUR EN X Y Z DANS LES AXES PRINCIPAUX *****
SIGMA(1)= .42919 DIRECTION 231.9 PENDAGE 6.1
SIGMA(2)= .14161 DIRECTION 141.4 PENDAGE 5.2
SIGMA(3)= -.57081 DIRECTION 11.4 PENDAGE 81.9
```

RAPPORT R = .71

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: .4119 POUR LES 13 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
ET A .4119 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 2

\*\*\*\*\*DEBUT DE LA TROISIEME ETAPE

REGRESSION MOINDRE CARR SUR LES 13PLUS FAIBLES ECARTS

ECART MOYEN EN DEGRES 12.26271

```
COMP NO 1 ERR SUR DIREC 30.7 ERR SUR PEND 6.1
COMP NO 2 ERR SUR DIREC 30.6 ERR SUR PEND 9.2
COMP NO 3 ERR SUR DIREC 58.9 ERR SUR PEND 7.9
```

ERREUR SUR R .32E+00

SHE EST DE SANTA HELENA

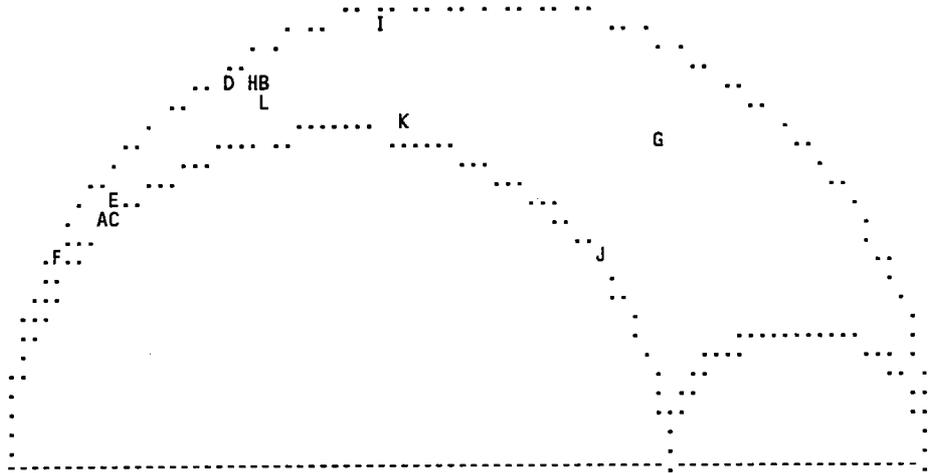
```
NO TENSEUR EN X Y Z DANS LES AXES PRINCIPAUX *****
SIGMA(1)= .42845 DIRECTION 231.9 PENDAGE 6.1
SIGMA(2)= .14310 DIRECTION 141.3 PENDAGE 5.3
SIGMA(3)= -.57155 DIRECTION 10.8 PENDAGE 81.9
```

RAPPORT R = .71

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: .4118 POUR LES 13 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
 ET A .4118 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

1

REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR



LE CARACTERE A CORRESPOND AUX DONNEES 13  
 LE CARACTERE B CORRESPOND AUX DONNEES 20  
 LE CARACTERE C CORRESPOND AUX DONNEES 26  
 LE CARACTERE D CORRESPOND AUX DONNEES 18  
 LE CARACTERE E CORRESPOND AUX DONNEES 12  
 LE CARACTERE F CORRESPOND AUX DONNEES 16  
 LE CARACTERE G CORRESPOND AUX DONNEES 23  
 LE CARACTERE H CORRESPOND AUX DONNEES 7  
 LE CARACTERE I CORRESPOND AUX DONNEES 10 3  
 LE CARACTERE J CORRESPOND AUX DONNEES 27  
 LE CARACTERE K CORRESPOND AUX DONNEES 9  
 LE CARACTERE L CORRESPOND AUX DONNEES 11

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPR NO 3

\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 4

.611527E+01 .526416E+01 .819179E+02 .231857E+03 .141291E+03 .108372E+02  
 1 SHE EST DE SANTA HELENA

GAMME	NBRE	INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME
1	0- 6	5 13 20 26 18 12
2	6- 11	8 16 23 7
3	11- 17	12 10 3 27 9
4	17- 23	13 11



1

```

*****          PARAMETRES CHOISIS          *****
*
* SHE EST DE SANTA HELENA
*
*
* VALEUR DE INDX CHOISIE 1
* POURCENTAGE SERVANT A LA MINIMISATION 100
* NOMBRE DE TIRAGES AU HASARD 200
* NOMBRE SERVANT A CE TIRAGE 500
* NOMBRE DE TRIS DURANT LA MINIMISATION 50
*
*****

```

NBRE DE DONNEES 16 PARAMETRES .2933 1.0783 .1175 .6906 FONCTION .316729E+02

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 1

\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 2

TENSEUR A L ITERATION 15

SHE EST DE SANTA HELENA

```

NO      TENSEUR EN X Y Z          DANS LES AXES PRINCIPAUX *****
SIGMA(1)= .35822  DIRECTION 254.5  PENDAGE 5.7
SIGMA(2)= .28355  DIRECTION 153.8  PENDAGE 62.0
SIGMA(3)= -.64178  DIRECTION 347.5  PENDAGE 27.3

```

RAPPORT R = .93

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 13.5412 POUR LES 16 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
ET A 13.5412 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 2

\*\*\*\*\* DEBUT DE LA TROISIEME ETAPE

REGRESSION MOINDRE CARR SUR LES 16 PLUS FAIBLES ECARTS

ECART MOYEN EN DEGRES 60.89478

```

COMP NO 1  ERR SUR DIREC 98.8  ERR SUR PEND 212.7
COMP NO 2  ERR SUR DIREC 495.3  ERR SUR PEND 17.8
COMP NO 3  ERR SUR DIREC 54.7  ERR SUR PEND 33.6

```

ERREUR SUR R .76E+00

SHE EST DE SANTA HELENA

```

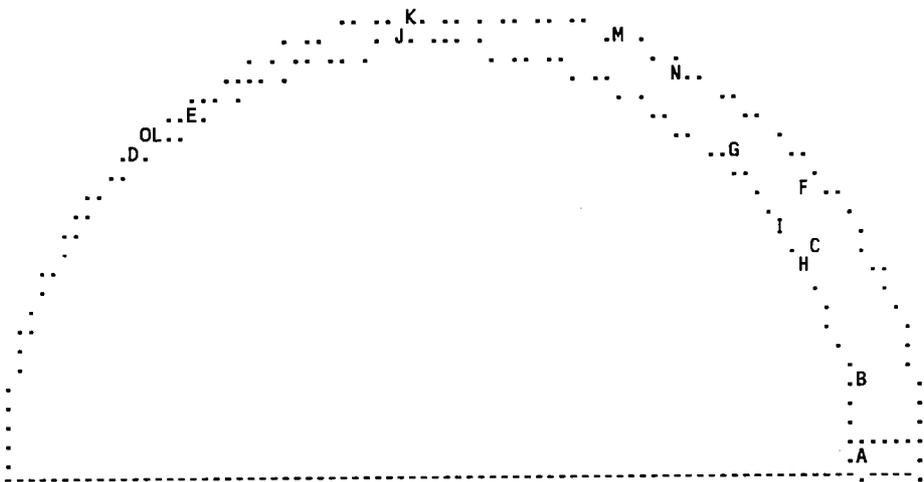
NO      TENSEUR EN X Y Z          DANS LES AXES PRINCIPAUX *****
SIGMA(1)= .35822  DIRECTION 254.5  PENDAGE 5.7
SIGMA(2)= .28355  DIRECTION 153.8  PENDAGE 62.0
SIGMA(3)= -.64178  DIRECTION 347.5  PENDAGE 27.3

```

RAPPORT R = .93

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 13.5412 POUR LES 16 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
 ET A 13.5412 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET  
 1

REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR



LE CARACTERE A CORRESPOND AUX DONNEES 24  
 LE CARACTERE B CORRESPOND AUX DONNEES 28  
 LE CARACTERE C CORRESPOND AUX DONNEES 29  
 LE CARACTERE D CORRESPOND AUX DONNEES 1 22  
 LE CARACTERE E CORRESPOND AUX DONNEES 4  
 LE CARACTERE F CORRESPOND AUX DONNEES 5  
 LE CARACTERE G CORRESPOND AUX DONNEES 30  
 LE CARACTERE H CORRESPOND AUX DONNEES 25  
 LE CARACTERE I CORRESPOND AUX DONNEES 31  
 LE CARACTERE J CORRESPOND AUX DONNEES 6  
 LE CARACTERE K CORRESPOND AUX DONNEES 21  
 LE CARACTERE L CORRESPOND AUX DONNEES 2  
 LE CARACTERE M CORRESPOND AUX DONNEES 19  
 LE CARACTERE N CORRESPOND AUX DONNEES 17  
 LE CARACTERE O CORRESPOND AUX DONNEES 8

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPR NO 3

\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 4

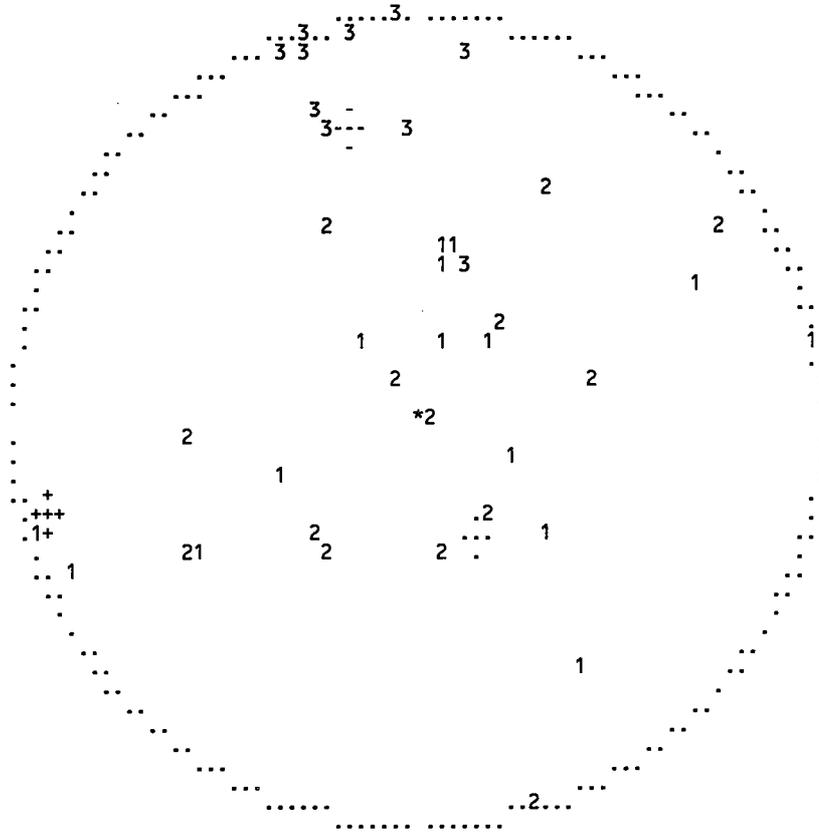
1 .566494E+01 .620289E+02 .272917E+02 .254521E+03 .153756E+03 .347455E+03  
 SHE EST DE SANTA HELENA

GAMME	NBRE	INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME
1 0- 6	2	24 28
2 6- 11	3	29
3 11- 17	4	1
4 17- 23	5	4
5 23- 29	6	5
6 29- 34	8	30 25
7 34- 40	10	31 6
8 40- 46	10	
9 46- 52	10	
10 52- 57	11	21
11 57- 69	11	
12 69- 80	13	2 22
13 80- 92	15	19 17
14 92-103	16	8

1

PROJECTION SUR DIAGRAMME DE SCHMITT DES AXES DES TENSEURS CORRESPONDANT A CHAQUE STRIE

SHE EST DE SANTA HELENA



SHE EST DE SANTA HELENA

60	45	S	0	194	N	1
50	59	S	0	174	N	2
52	44	S	0	192	D	4
170	48	E	0	350	D	5
125	40	S	0	168	S	6
54	49	S	0	124	I	8
20	86	E	0	192	D	17
20	77	E	0	180	D	19
30	62	E	0	188	D	21
52	62	S	0	180	N	22
63	28	N	0	313	I	24
43	16	W	0	313	I	25
14	40	W	0	319	I	28
33	56	W	0	358	D	29
103	55	N	0	13	N	30
63	46	N	0	300	N	31
450						

\*\*\*\*\*FIN FINALE

1

```

*****
PARAMETRES CHOISIS
*****
*
* SHW OUEST DE SANTA HELENA
*
*
* VALEUR DE INDX CHOISIE 1
* POURCENTAGE SERVANT A LA MINIMISATION 100
* NOMBRE DE TIRAGES AU HASARD 200
* NOMBRE SERVANT A CE TIRAGE 500
* NOMBRE DE TRIS DU RANT LA MINIMISATION 50
*
*****

```

NBRE DE DONNEES 10 PARAMETRES .2933 1.0783 .1175 .6906 FONCTION .165047E+02

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 1

\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 2

TENSEUR A L ITERATION 49

SHW OUEST DE SANTA HELENA

```

NO      TENSEUR EN X Y Z      DANS LES AXES PRINCIPAUX *****
SIGMA(1)= .66183      DIRECTION 81.3      PENDAGE 3.7
SIGMA(2)= -.32366      DIRECTION 175.4     PENDAGE 47.9
SIGMA(3)= -.33817      DIRECTION 348.0     PENDAGE 41.9

```

RAPPORT R = .01

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 1.7677 POUR LES 10 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
ET A 1.7677 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 2

\*\*\*\*\* DEBUT DE LA TROISIEME ETAPE

REGRESSION MOINDRE CARR SUR LES 10 PLUS FAIBLES ECARTS

ECART MOYEN EN DEGRES 31.11477

```

COMP NO 1  ERR SUR DIREC 29.2  ERR SUR PEND 22.4
COMP NO 2  ERR SUR DIREC 52.9  ERR SUR PEND 373.7
COMP NO 3  ERR SUR DIREC 25.1  ERR SUR PEND 373.6

```

ERREUR SUR R .28E+00

SHW OUEST DE SANTA HELENA

```

NO      TENSEUR EN X Y Z      DANS LES AXES PRINCIPAUX *****
SIGMA(1)= .66183      DIRECTION 81.3      PENDAGE 3.7
SIGMA(2)= -.32366      DIRECTION 175.4     PENDAGE 47.9
SIGMA(3)= -.33817      DIRECTION 348.0     PENDAGE 41.9

```

RAPPORT R = .01

PROGRAMME LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 1.7677 POUR LES 10 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
 1 ET A 1.7677 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR



LE CARACTERE A CORRESPOND AUX DONNEES 12  
 LE CARACTERE B CORRESPOND AUX DONNEES 11  
 LE CARACTERE C CORRESPOND AUX DONNEES 6  
 LE CARACTERE D CORRESPOND AUX DONNEES 7  
 LE CARACTERE E CORRESPOND AUX DONNEES 8  
 LE CARACTERE F CORRESPOND AUX DONNEES 10  
 LE CARACTERE G CORRESPOND AUX DONNEES 1  
 LE CARACTERE H CORRESPOND AUX DONNEES 4  
 LE CARACTERE I CORRESPOND AUX DONNEES 3  
 LE CARACTERE J CORRESPOND AUX DONNEES 9

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPR NO 3

\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 4

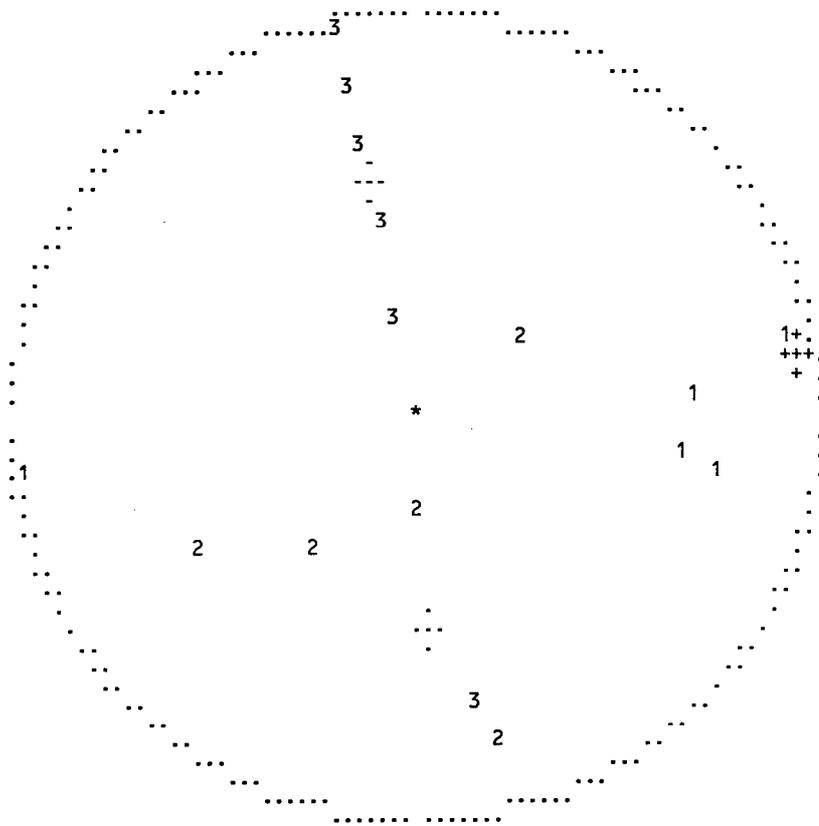
1 .367280E+01 .478786E+02 .418850E+02 .813078E+02 .175378E+03 .348008E+03  
 SHW OUEST DE SANTA HELENA

GAMME NBRE INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME

GAMME	NBRE	INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME
1 0- 6	3	12 11 6
2 6- 11	7	7 8 10 1
3 11- 17	7	
4 17- 23	7	
5 23- 29	7	
6 29- 34	7	
7 34- 40	8	4
8 40- 46	9	3
9 46- 52	10	9

1 PROJECTION SUR DIAGRAMME DE SCHMITT DES AXES DES TENSEURS CORRESPONDANT A CHAQUE STRIE

SHW OUEST DE SANTA HELENA



SHW	OUEST DE SANTA HELENA					
76	45	N	0	70	D	1
55	75	S	0	77	D	3
52	70	S	0	74	D	4
27	74	W	0	210	D	6
35	89	E	0	215	D	7
30	89	E	0	210	D	8
58	85	S	0	65	D	9
135	6	N	0	70	I	10
102	22	N	0	76	S	11
78	48	S	0	98	S	12
450						

\*\*\*\*\*FIN FINALE

ANNEXE 4

LE PROGRAMME DES DIEDRES DROITS

ET

LE PROGRAMME STRUCT



Diédres droits

```

10 CLS
20 PRINT "xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx"
30 PRINT "Programme pour calculer SIGMA1, SIGMA3 et axes de RACCOURCISSEMENT et"
40 PRINT "d'ALLONGEMENT à partir de FAILLES et de STRIES, écrit par Joao Batista"
50 PRINT "de Lellis Françolin (01/02/91), selon la méthode d'Angelier & Mechler"
60 PRINT "(1977) et Pfiffner & Burkhard (1987). Le resultat graphique a été"
70 PRINT "calculé par Burkhard (ici utilisé avec des petites modifications) et"
80 PRINT "présente de bons resultats avec des imprimantes matricielles de 9"
90 PRINT "ou 24 aiguilles (testé dans des imprimantes EPSON de la série LQ). "
100 PRINT "xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx"
110 PRINT "Le programme a besoin d'un fichier contenant les donnés à être trai-"
120 PRINT "tées. La 1ère ligne est reservée pour le nom de l'affileurement. A"
130 PRINT "partir de la 2ème ligne les données sont placées dans l'ordre suivant"
140 PRINT "et separées par des VIRGULES: "
150 PRINT "1)numéro de la donnée, 2)pendage de la faille (0-90 degrés), 3)dire-"
160 PRINT "ction du pendage de la faille (0-360), 4)plongement de la strie (0-90"
170 PRINT "degrés), 5)direction de la strie (0-360 degrés), 6) sens du mouvement"
180 PRINT "de la faille (N pour normal;I ou R pour inverse;D pour dextral et S"
190 PRINT "pour senestre), 7)litologie (GRES, SOCLE, etc...)."
200 PRINT "EXEMPLE:- 1,60,135,60,135,N,GRS - signifie: donnée numero 1 ; faille"
210 PRINT "qui pend 60 degrés vers la direction 135 (c'est une faille N45E 60SE)"
220 PRINT ";avec une strie qui pend 60 degrés vers 135 ( 60 c'est l'angle que la"
230 PRINT "strie fait avec le plan horizontal et 135 est la direction du plan"
240 PRINT "vertical que contient la strie); faille normal ; mesurée sur du grès."
250 PRINT : INPUT "Voulez vous Faire votre fichier DONNES ou il est déjà Prêt?(F=Faire ou P=Pre):", AB$
260 IF AB$ = "F" OR AB$ = "f" GOTO 2570
270 CLS
280 INPUT "Nom du votre fichier DONNES (sans extension)"; B$
285 ON ERROR GOTO 2890
290 OPEN B$ + ".DAT" FOR INPUT AS #2
300 INPUT "Nom pour le fichier RESULTAT (sans extension)"; A$
310 INPUT "Est-ce que vous voulez un diagramme de COMPRESSION (C) ou de TENSION (T)"; E$
320 IF E$ <> "T" AND E$ <> "t" AND E$ <> "C" AND E$ <> "c" THEN GOTO 310
330 OPEN A$ + "." + E$ FOR OUTPUT AS #1
340 PRINT #1, CHR$(27); CHR$(64);
350 PRINT #1, CHR$(27); "R"; CHR$(2);
360 DEFINT F, H-J, M-N
370 DIM GN%(200), DVT(200), MVT(200), PF(200), MPF(200), DE(200), ME(200)
380 DIM MA(52, 100), TSET%(200), DMF(200), MF(200), S$(200), C$(200), DVC(200), MVC(200)
390 RAD = .01745329252#
400 IF E$ = "C" OR E$ = "c" THEN F = 1 ELSE F = 2
410 H = 0
420 INPUT #2, EN$: PRINT : PRINT : PRINT "Je travaille avec les données:"; EN$
430 H = H + 1
440 INPUT #2, GN%(H), MF(H), DMF(H), ME(H), DE(H), S$(H), C$(H)
450 IF DMF(H) < 180 THEN PF(H) = DMF(H) + 180 ELSE PF(H) = DMF(H) - 180
460 MPF(H) = 90 - MF(H)
470 GOSUB 1630
480 IF EOF(2) GOTO 500
490 GOTO 430
500 PRINT #1, CHR$(18)
510 GOTO 640
520 PRINT #1, CHR$(27); "!" ; CHR$(8); CHR$(27); "2"
530 PRINT #1, " Date: "; DATE$; SPACE$(22); CHR$(14); "N="; H
540 PRINT #1, " Time: "; TIME$
550 PRINT #1, : PRINT #1, CHR$(14); " "; EN$

```

```

560 IF F = 3 GOTO 620 ELSE 570
570 SOUND 300, 3: LOCATE 17, 1: INPUT "Est-ce que vous voulez la liste des données? (O ou N)"; ED$
580 IF ED$ = "O" OR ED$ = "o" THEN GOSUB 1390
590 LOCATE 18, 1: INPUT "Est-ce que vous voulez le diagramme des stries?(O ou N)"; DE$
600 IF DE$ = "O" OR DE$ = "o" THEN F = 3 ELSE 620
610 GOTO 640
620 CLOSE #1
630 GOTO 1520
640 REM SUBPROGRAMA PARA PREPARAR A MATRIZ MA
650 ON F GOTO 660, 670, 680
660 PRINT #1, CHR$(14); SPACE$(5); "Compression diagram": GOTO 690
670 PRINT #1, CHR$(14); SPACE$(7); "Tension diagram": GOTO 690
680 PRINT #1, CHR$(12); CHR$(14); SPACE$(7); "SLIP direction diagram"
690 PRINT #1, CHR$(14); SPACE$(3); "Lambert"; SPACE$(6); CHR$(20); "lower hemisphere"
700 PRINT #1, CHR$(27); "!"; CHR$(4)
710 PRINT #1, CHR$(27); "3"; CHR$(20)
720 ON F GOTO 730, 730, 1100
730 FOR J = 0 TO 52
740 FOR I = 0 TO 100
750 LOCATE 10, 1: PRINT "JE CALCULE UNE MATRICE DE 100 COLONNES POUR 52 LIGNES"
760 LOCATE 11, 7: PRINT "COLONNE:"; : PRINT USING "###"; I; : PRINT SPACE$(4);
770 PRINT "LIGNE:"; : PRINT USING "##"; J
780  AXY = ((J - 26.5) * (J - 26.5) / 702.25) + ((I - 50.5) * (I - 50.5) / 2550.25)
790  IF AXY > 1 THEN GOTO 1000
800  IF ABS(AXY - 1) <= .013 GOTO 810 ELSE 820
810  MA(J, I) = -1000: GOTO 1000
820  IF AXY = 0 THEN BETA = 0 ELSE BETA = 2 * ATN(SQR(1 / (2 / AXY - 1)))
830  GAMMA = ATN(ABS((I / 50.5 - 1) / (J / 26.5 - 1)))
840  IF I > 50.5 GOTO 850 ELSE 870
850  IF J > 26.5 THEN GAMMA = 180 * RAD - GAMMA
860  GOTO 880
870  IF J < 26.5 THEN GAMMA = 360 * RAD - GAMMA ELSE GAMMA = 180 * RAD + GAMMA
880  FOR N = 1 TO H
890  CSEPS = SIN(ME(N) * RAD) * SIN(MVT(N) * RAD) + COS(ME(N) * RAD) * COS(MVT(N) * RAD) *
COS((DE(N) - DVT(N)) * RAD)
900  CSDEL = SIN(MPF(N) * RAD) * SIN(MVT(N) * RAD) + COS(MPF(N) * RAD) * COS(MVT(N) * RAD) *
COS((PF(N) - DVT(N)) * RAD)
910  CSE = SIN(MPF(N) * RAD) * COS(BETA) + COS(MPF(N) * RAD) * SIN(BETA) * COS(PF(N) * RAD -
GAMMA)
920  CSG = SIN(ME(N) * RAD) * COS(BETA) + COS(ME(N) * RAD) * SIN(BETA) * COS(DE(N) * RAD -
GAMMA)
930  ON F GOTO 940, 950
940  IF (CSEPS > 0) AND (CSDEL > 0) GOTO 960 ELSE 980
950  IF (CSEPS > 0) AND (CSDEL > 0) GOTO 980 ELSE 960
960  IF (CSE < 0 AND CSG > 0) OR (CSE > 0 AND CSG < 0) THEN MA(J, I) = MA(J, I) +1
970  GOTO 990
980  IF (CSE < 0 AND CSG < 0) OR (CSE > 0 AND CSG > 0) THEN MA(J, I) = MA(J, I) +1
990  NEXT N
1000 NEXT I
1010 NEXT J
1020 MAM = 0
1030 FOR J = 0 TO 52
1040 FOR I = 0 TO 100
1050 IF MA(J, I) > MAM THEN MAM = MA(J, I)
1060 NEXT I
1070 NEXT J
1080 PRINT #1, CHR$(14); SPACE$(10); "MAX="; MAM
1090 GOTO 1220
1100 FOR J = 0 TO 52
1110 FOR I = 0 TO 100

```

```

1120  AXY = ((J - 26.5) * (J - 26.5) / 702.25) + ((I - 50.5) * (I - 50.5) / 2550.25)
1130  IF ABS(AXY - 1) < .02 THEN MA(J, I) = -1000
1140  NEXT I
1150 NEXT J
1160 FOR N = 1 TO H
1170  D = SQR(2) * SIN((45 - ME(N) / 2) * RAD)
1180  I = INT(50.5 * (1 + D * SIN(DE(N) * RAD)))
1190  J = INT(26.5 * (1 - D * COS(DE(N) * RAD)))
1200  MA(J, I) = MA(J, I) + 1
1210 NEXT N
1220 REM DIAGRAMA DE DENSIDADE DIGITAL
1230 PRINT #1, : PRINT #1, SPACES(55); "I"
1240 FOR J = 0 TO 52
1250 FOR I = -5 TO -1: PRINT #1, " "; : NEXT I
1260 FOR I = 0 TO 100
1270 LOCATE 14, 1: PRINT "JE CALCULE LE RESULTAT GRAFIQUE ET JE L'ENREGISTRE": LOCATE
15, J + 1: PRINT "*"
1280 IF F < 3 AND MAM > 9 THEN MA(J, I) = INT(10 * MA(J, I) / MAM)
1290 IF MA(J, I) = 0 THEN PRINT #1, " "; ELSE IF MA(J, I) < 0 THEN PRINT #1, "+"; ELSE PRINT #1,
CHR$(MA(J, I) + 48);
1300 NEXT I
1310 PRINT #1,
1320 NEXT J
1330 FOR J = 0 TO 52
1340 FOR I = 0 TO 100
1350 MA(J, I) = 0
1360 NEXT I
1370 NEXT J
1380 GOTO 520
1390 REM SUB ROTINA PARA REGISTRAR OS DADOS
1400 CLOSE #2: OPEN B$ + ".DAT" FOR INPUT AS #2: INPUT #2, EN$
1410 LOCATE 15, 1: PRINT " "
1420 PRINT #1, CHR$(27); "!"; CHR$(4); "Original DATA:"
1430 PRINT #1, "Fault plane ";
1440 PRINT #1, " slip - direction      extension axis      compression axis"
1450 PRINT #1, " dip      azimuth      plunge      ";
1460 PRINT #1, " bearing      plunge      bearing      plunge      bearing      sent      litol."
1470 FOR I = 1 TO H
1480 PRINT #1, MF(I), DMF(I), ME(I), DE(I), MVT(I), DVT(I), MVC(I), DVC(I), S$(I), C$(I)
1490 NEXT I
1500 PRINT #1, CHR$(18)
1510 RETURN
1520 SOUND 300, 3
1530 LOCATE 19, 1: INPUT "Est-ce que vous voulez un fichier avec les axes d'ALLONGEMENT (O ou N)";
TA$
1540 IF TA$ = "N" OR TA$ = "n" GOTO 1570
1550 OPEN A$ + ".ALL" FOR OUTPUT AS #3
1560 FOR I = 1 TO H: PRINT #3, MVT(I); " "; DVT(I): NEXT I
1570 LOCATE 20, 1: INPUT "Est-ce que vous voulez un fichier avec les axes de RACCOURCISSEMENT (O
ou N)"; CB$
1580 IF CB$ = "N" OR CB$ = "n" GOTO 1620
1590 OPEN A$ + ".RAC" FOR OUTPUT AS #4
1600 FOR I = 1 TO H: PRINT #4, MVC(I); " "; DVC(I): NEXT I
1610 LOCATE 21, 1: PRINT "J'ai cree le(s) fichier(s) "; A$; " "; E$; " et "; A$; ".ALL et/ou "; A$; ".RAC ."
1620 LOCATE 23, 20: PRINT "C ' E S T   T E R M I N E .....": SOUND 300, 5: END
1630 REM SUB ROTINA PARA CALCULAR OS VET.ENCURTAMENTO E ESTIRAMENTO
1640 REM *****
1650 SF = DMF(H) + 90: IF SF > 360 THEN SF = SF - 360
1660 K = 1
1670 XA# = COS(DE(H) * RAD) * COS(ME(H) * RAD)

```

```

1680 YA# = SIN(DE(H) * RAD) * COS(ME(H) * RAD)
1690 ZA# = SIN(ME(H) * RAD)
1700 DR = SF: AR = -MF(H) + .5
1710 GOSUB 2030
1720 DVA = INT(ATN(YB# / XB#) / RAD)
1730 MVA = INT(ATN(ZB# / SQR(-ZB# * ZB# + 1)) / RAD)
1740 IF XB# < 0 THEN DVA = DVA + 180
1750 IF YB# < 0 AND XB# > 0 THEN DVA = 360 + DVA
1760 IF DVA > 360 THEN DVA = DVA - 360
1770 IF MVA <= 2 AND MVA >= -2 THEN GOTO 1830
1780 SOUND 500, 6
1790 LOCATE 6, 36: PRINT "FAILLE et STRIE"; H; "NE SONT PAS COMPATIBLES"
1800 LOCATE 7, 36: PRINT "L'ECART DE PENDAGE EST DE "; MVA; " DEGRES."
1810 LOCATE 8, 36: INPUT "JE M'ARRETE OU JE CONTINUE (A ou C)"; JB$
1820 IF JB$ = "A" OR JB$ = "a" GOTO 1620
1830 DSE = DVA + 90: IF DSE > 360 THEN DSE = DSE - 360
1840 DR = DSE: AR = 45
1850 X# = XB#: Y# = YB#: Z# = ZB#
1860 GOTO 1880
1870 DR = DSE: AR = -45
1880 XA# = X#: YA# = Y#: ZA# = Z#
1890 GOSUB 2030
1900 XA# = XB#: YA# = YB#: ZA# = ZB#
1910 DR = SF: AR = MF(H)
1920 GOSUB 2030
1930 DVA = INT(ATN(YB# / XB#) / RAD)
1940 MVA = INT(ATN(ZB# / SQR(-ZB# * ZB# + 1)) / RAD)
1950 IF XB# < 0 THEN DVA = DVA + 180
1960 IF YB# < 0 AND XB# > 0 THEN DVA = 360 + DVA
1970 IF DVA > 360 THEN DVA = DVA - 360
1980 IF K = 1 THEN DVB = DVA
1990 IF K = 1 THEN MVB = MVA
2000 K = K + 1
2010 IF K = 2 GOTO 1870
2020 GOTO 2070
2030 XB# = XA# * (COS(DR * RAD) * COS(DR * RAD) + SIN(DR * RAD) * SIN(DR * RAD) * COS(AR * RAD))
+ YA# * (COS(DR * RAD) * SIN(DR * RAD) * (1 - COS(AR * RAD))) - ZA# * (SIN(DR * RAD) * SIN(AR * RAD))
2040 YB# = XA# * (COS(DR * RAD) * SIN(DR * RAD) * (1 - COS(AR * RAD))) + YA# * (SIN(DR * RAD) *
SIN(DR * RAD) + COS(AR * RAD) * COS(DR * RAD) * COS(DR * RAD)) + ZA# * (SIN(AR * RAD) * COS(DR *
RAD))
2050 ZB# = XA# * (SIN(AR * RAD) * SIN(DR * RAD)) - YA# * (SIN(AR * RAD) * COS(DR * RAD)) + ZA# *
(COS(AR * RAD))
2060 RETURN
2070 IF S$(H) = "N" OR S$(H) = "n" THEN S = 1
2080 IF S$(H) = "I" OR S$(H) = "i" THEN S = 2
2090 IF S$(H) = "R" OR S$(H) = "r" THEN S = 2
2100 IF S$(H) = "D" OR S$(H) = "d" THEN S = 3
2110 IF S$(H) = "S" OR S$(H) = "s" THEN S = 4
2120 ON S GOTO 2130, 2180, 2230, 2340
2130 IF MVA ^ 2 > MVB ^ 2 THEN MVT = MVB ELSE MVT = MVA
2140 IF MVA ^ 2 > MVB ^ 2 THEN DVT = DVB ELSE DVT = DVA
2150 IF MVA ^ 2 > MVB ^ 2 THEN MVC = MVA ELSE MVC = MVB
2160 IF MVA ^ 2 > MVB ^ 2 THEN DVC = DVA ELSE DVC = DVB
2170 GOTO 2440
2180 IF MVA ^ 2 < MVB ^ 2 THEN MVT = MVB ELSE MVT = MVA
2190 IF MVA ^ 2 < MVB ^ 2 THEN DVT = DVB ELSE DVT = DVA
2200 IF MVA ^ 2 < MVB ^ 2 THEN MVC = MVA ELSE MVC = MVB
2210 IF MVA ^ 2 < MVB ^ 2 THEN DVC = DVA ELSE DVC = DVB
2220 GOTO 2440
2230 IF DVB - DVA > 182 THEN GOTO 2300

```

```

2240 IF DVA - DVB > 182 THEN GOTO 2320
2250 IF DVA > DVB THEN MVT = MVB ELSE MVT = MVA
2260 IF DVA > DVB THEN DVT = DVB ELSE DVT = DVA
2270 IF DVA > DVB THEN MVC = MVA ELSE MVC = MVB
2280 IF DVA > DVB THEN DVC = DVA ELSE DVC = DVB
2290 GOTO 2440
2300 DVT = DVB: MVT = MVB: DVC = DVA: MVC = MVA
2310 GOTO 2440
2320 DVT = DVA: MVT = MVA: DVC = DVB: MVC = MVB
2330 GOTO 2440
2340 IF DVA - DVB > 182 THEN GOTO 2410
2350 IF DVB - DVA > 182 THEN GOTO 2430
2360 IF DVA < DVB THEN MVT = MVB ELSE MVT = MVA
2370 IF DVA < DVB THEN DVT = DVB ELSE DVT = DVA
2380 IF DVA < DVB THEN MVC = MVA ELSE MVC = MVB
2390 IF DVA < DVB THEN DVC = DVA ELSE DVC = DVB
2400 GOTO 2440
2410 DVT = DVB: MVT = MVB: DVC = DVA: MVC = MVA
2420 GOTO 2440
2430 DVT = DVA: MVT = MVA: DVC = DVB: MVC = MVB
2440 IF MVT < -1 THEN DVT = DVT + 180
2450 IF MVC < -1 THEN DVC = DVC + 180
2460 IF MVT < -1 THEN MVT = -MVT
2470 IF MVT = -1 THEN MVT = 0
2480 IF MVC < -1 THEN MVC = -MVC
2490 IF MVC = -1 THEN MVC = 0
2500 IF DVT > 360 THEN DVT = DVT - 360
2510 IF DVC > 360 THEN DVC = DVC - 360
2520 DVT(H) = DVT: MVT(H) = MVT
2530 DVC(H) = DVC: MVC(H) = MVC
2540 LOCATE 10, 1: PRINT "JE CALCULE LES PARAMETRES DE LA FAILLE:"; H: RETURN
2550 REM SUB-ROUTINA PARA FAZER ARQUIVO DE DADOS
2560 REM -----
2570 CLS
2580 LOCATE 1, 10
2590 PRINT "POUR TERMINER IL FAUT METTRE UNE VALEUR NEGATIVE POUR LA PENDAGE DE LA
FAILLE"
2600 PRINT : PRINT : INPUT "Nom du fichier (sem extension)"; B$
2610 OPEN B$ + ".DAT" FOR OUTPUT AS 1#
2620 PRINT #1, B$
2630 INPUT "Declinaison Magnetique (zero si vos donn•es sont d•eclin•es)"; QQ
2640 B = 0
2650 B = B + 1
2660 PRINT B
2670 INPUT "PENDAGE DE LA FAILLE"; C
2680 IF C < 0 GOTO 2800
2690 INPUT "DIRECTION DU PENDAGE DE LA FAILLE"; DD
2700 D = DD - QQ
2710 IF D < 0 THEN D = 360 + D
2720 INPUT "PENDAGE DE LA STRIE"; E
2730 INPUT "DIRECTION DU PENDAGE DE LA STRIE"; FF
2740 F = FF - QQ
2750 IF F < 0 THEN F = 360 + F
2760 INPUT "SENS DE LA FAILLE"; G$
2770 INPUT "COMMENTAIRES"; H$
2780 PRINT #1, B; ", "; C; ", "; D; ", "; E; ", "; F; ", "; G$; ", "; H$
2790 GOTO 2650
2800 CLOSE #1: CLS
2810 PRINT "Est-ce que vous voulez:": PRINT
2820 PRINT "Travailler avec ces donn•es (1)"

```

```
2830 PRINT "Travailler avec d'autres donn•es (2)"
2840 INPUT "ou Sortir du programme (3)"; RES
2850 IF RES <> 1 AND RES <> 2 AND RES <> 3 THEN GOTO 2810
2860 IF RES = 1 THEN CLS : GOTO 290
2870 IF RES = 2 THEN GOTO 270
2880 IF RES = 3 THEN GOTO 1620
2890 IF ERL = 290 THEN PRINT "Je n'ai pas trouver le fichier"; B$; ".DAT": INPUT "Est-ce que vous voulez
essayer une autre fois ? (O=oui ou N=Non)"; KTR$
2900 IF KTR$ = "O" OR KTR$ = "o" THEN RESUME 270 ELSE RESUME 1620
```

Le Programme "Struct"

```

10 CLS
20 PRINT "Programme de géologie structurale écrit par Joao Françolin"
30 PRINT : PRINT : PRINT : PRINT "Voulez vous:(1)Plotter les failles"
40 PRINT "      (2)Faire une rosace des orientations"
50 PRINT "      (3)Voire le déplacement des blocs"
60 INPUT "      (4)Créer un fichier de donnée"; OP
70 IF OP <> 1 AND OP <> 2 AND OP <> 3 AND OP <> 4 THEN GOTO 10
80 PRINT : PRINT
90 IF OP = 2 THEN GOTO 1300
100 IF OP = 3 THEN GOTO 2290
110 IF OP = 4 THEN GOTO 3130
120 DIM XT(360), YT(360)
130 RAD = .017453292#
140 PI = 3.141592654#
150 N = 0
160 INPUT "Nom de votre fichier DONNEES (sans extension)"; B$
170 INPUT "D•but de l'intervalle (0 - 360)"; V(1)
180 INPUT "Fin de l'intervalle (0 - 360)"; V(2)
190 OPEN B$ + ".DAT" FOR INPUT AS #1
200 OPEN B$ + ".PLT" FOR OUTPUT AS #2
210 PRINT #2, "df; in; dt"; CHR$(3); " ;sp1"
220 PRINT #2, "ip 603.521 , 603.521 , 10603.7721 ,10603.7721 ;"
230 PRINT #2, "sc 0 , 1500 , 0 , 1500 ;"
240 INPUT #1, A$
250 CLS
260 SCREEN 9: LOCATE 2, 10: PRINT A$
270 CIRCLE (320, 175), 200
280 PRINT #2, "pu 320, 1325 ; ci 200"
290 LINE (315, 175)-(325, 175): LINE (320, 171)-(320, 179): LINE (320, 29)-(320, 20)
300 PRINT #2, "pu 315,1325": PRINT #2, "pd 325,1325"
310 PRINT #2, "pu 320,1330": PRINT #2, "pd 320,1320"
320 PRINT #2, "pu 320,1525": PRINT #2, "pd 320,1535"
330 PRINT #2, "pu 300,1540": PRINT #2, "si 0.4,0.3 ; lb N"; CHR$(3)
340 IF EOF(1) THEN GOTO 1230
350 INPUT #1, A, MF, DMF, ME, DME, C$, D$
360 IF DMF < V(1) OR DMF > V(2) THEN GOTO 340
370 N = N + 1: LOCATE 3, 10: PRINT "N="; N
380 IF MF = 90 THEN GOTO 1140
390 DA = 200 * (TAN((PI / 4) - (MF * RAD / 2)))
400 DB = 200 * TAN(MF * RAD)
410 DE = 200 * (TAN((PI / 4) - (ME * RAD / 2)))
420 XE = 320 + (DE * SIN(DME * RAD))
430 YE = 175 - (DE * COS(DME * RAD)) / 1.37
440 YE(1) = 1325 + (DE * COS(DME * RAD))
450 IF C$ = "N" OR C$ = "n" THEN GOTO 490
460 IF C$ = "I" OR C$ = "i" THEN GOTO 530
470 IF C$ = "D" OR C$ = "d" THEN GOTO 570
480 IF C$ = "S" OR C$ = "s" THEN GOTO 700
490 XXE = XE + (9 * SIN(DME * RAD))
500 YYE = YE - (9 * COS(DME * RAD)) / 1.37
510 YYE(1) = YE(1) + (9 * COS(DME * RAD))
520 GOTO 820
530 XXE = XE - (9 * SIN(DME * RAD))
540 YYE = YE + (9 * COS(DME * RAD)) / 1.37
550 YYE(1) = YE(1) - (9 * COS(DME * RAD))

```

```

560 GOTO 820
570 IF DME > 270 AND DMF < 90 THEN GOTO 660
580 IF DME > DMF THEN XXE = XE + (9 * SIN(DME * RAD)) ELSE GOTO 620
590 YYE = YE - (9 * COS(DME * RAD)) / 1.37
600 YYE(1) = YE(1) + (9 * COS(DME * RAD))
610 GOTO 820
620 IF DMF > 270 AND DME < 90 THEN XXE = XE + (9 * SIN(DME * RAD)) ELSE GOTO 660
630 YYE = YE - (9 * COS(DME * RAD)) / 1.37
640 YYE(1) = YE(1) + (9 * COS(DME * RAD))
650 GOTO 820
660 XXE = XE - (9 * SIN(DME * RAD))
670 YYE = YE + (9 * COS(DME * RAD)) / 1.37
680 YYE(1) = YE(1) - (9 * COS(DME * RAD))
690 GOTO 820
700 IF DMF > 270 AND DME < 90 THEN GOTO 790
710 IF DME < DMF THEN XXE = XE + (9 * SIN(DME * RAD)) ELSE GOTO 750
720 YYE = YE - (9 * COS(DME * RAD)) / 1.37
730 YYE(1) = YE(1) + (9 * COS(DME * RAD))
740 GOTO 820
750 IF DME > 270 AND DMF < 90 THEN XXE = XE + (9 * SIN(DME * RAD)) ELSE GOTO 790
760 YYE = YE - (9 * COS(DME * RAD)) / 1.37
770 YYE(1) = YE(1) + (9 * COS(DME * RAD))
780 GOTO 820
790 XXE = XE - (9 * SIN(DME * RAD))
800 YYE = YE + (9 * COS(DME * RAD)) / 1.37
810 YYE(1) = YE(1) - (9 * COS(DME * RAD))
820 CIRCLE (XE, YE), 2
830 PRINT #2, "pu"; XE; ", "; YE(1); "; ci 2"
840 LINE (XE, YE)-(XXE, YYE)
850 PRINT #2, "pu"; XE; ", "; YE(1); PRINT #2, "pd"; XXE; ", "; YYE(1)
860 IF MF = 90 THEN GOTO 340
870 R = DA + DB
880 J = ATN(1 / TAN(MF * RAD))
890 X = 320 - (DB * SIN(DMF * RAD))
900 Y = 175 + (DB * COS(DMF * RAD)) / 1.37
910 Y(1) = 1325 - (DB * COS(DMF * RAD))
920 FMD = 90 - DMF
930 IF FMD < 0 THEN FMD = (360 + FMD)
940 T = (FMD * RAD) - J
950 W = (FMD * RAD) + J
960 IF W > (2 * PI) THEN W = W - (2 * PI)
970 IF T < 0 THEN T = (2 * PI) + T
980 XT(0) = 320 + 200 * COS(DMF * RAD)
990 YT(0) = 1325 - 200 * SIN(DMF * RAD)
1000 CIRCLE (X, Y), R, , T, W
1010 PRINT #2, "pu"; XT(0); ", "; YT(0)
1020 IF MF > 10 THEN GOTO 1050
1030 PRINT #2, "AA"; X; ", "; Y(1); ", "; (2 * (J / RAD))
1040 GOTO 340
1050 FOR I = 1 TO INT(2 * (J / RAD))
1060 K = (DMF + (J / RAD)) - I
1070 IF K > 360 THEN K = K - 360
1080 IF K < 0 THEN K = 360 + K
1090 XT(I) = X + SIN(K * RAD) * R
1100 YT(I) = Y(1) + COS(K * RAD) * R
1110 PRINT #2, "pd"; XT(I); ", "; YT(I)
1120 NEXT I
1130 GOTO 340
1140 A(1) = 320 + 200 * COS(DMF * RAD)
1150 A(2) = 320 - 200 * COS(DMF * RAD)

```

```

1160 B(1) = 175 + 200 * SIN(DMF * RAD) / 1.37
1170 B(2) = 175 - 200 * SIN(DMF * RAD) / 1.37
1180 B(3) = 1325 - 200 * SIN(DMF * RAD)
1190 B(4) = 1325 + 200 * SIN(DMF * RAD)
1200 LINE (A(1), B(1))-(A(2), B(2))
1210 PRINT #2, "pu"; A(1); ";"; B(3): PRINT #2, "pd"; A(2); ";"; B(4)
1220 GOTO 410
1230 PRINT #2, "pu 20,1490": PRINT #2, "si 0.35,0.35 ; lb N ="; N; CHR$(3)
1240 PRINT #2, "pu 20,1520": PRINT #2, "lb "; A$; CHR$(3)
1250 PRINT #2, "pu 320,1325"
1260 LOCATE 24, 1: PRINT "Appuyez sur une touche"
1270 K$ = INKEY$: IF LEN(K$) > 0 THEN GOTO 1290
1280 GOTO 1270
1290 GOTO 3360
1300 DIM DIR(2000), X(100), NVAL(100), ANG(100), PVAL(100), XX(100), YY(100)
1310 DIM R(1000), XY(100), YX(100)
1320 PI = 3.141592
1330 N = 0
1340 INPUT "Nom de votre fichier DONNEES (sans extension)"; B$
1350 OPEN B$ + ".DAT" FOR INPUT AS #1
1360 INPUT #1, A$
1370 INPUT "Voulez vous analyser les STRIES (E) ou les FAILLES (F)"; E$
1380 IF E$ <> "E" AND E$ <> "e" AND E$ <> "F" AND E$ <> "f" THEN GOTO 1370
1390 INPUT "Normales(N), Inverses(I), Dextres(D), Sinistres(S) ou Toutes(T)"; F$
1400 IF F$ = "N" THEN F$ = "n"
1410 IF E$ = "I" THEN F$ = "i"
1420 IF F$ = "D" THEN F$ = "d"
1430 IF F$ = "S" THEN F$ = "s"
1440 IF F$ = "T" THEN F$ = "t"
1450 IF F$ <> "n" AND F$ <> "i" AND F$ <> "d" AND F$ <> "s" AND F$ <> "t" THEN GOTO 1430
1460 INPUT #1, A, B, C, D, E, C$, D$
1470 IF C$ = "N" THEN C$ = "n"
1480 IF C$ = "I" THEN C$ = "i"
1490 IF C$ = "R" THEN C$ = "i"
1500 IF C$ = "D" THEN C$ = "d"
1510 IF C$ = "S" THEN C$ = "s"
1520 IF C = 360 THEN C = 0
1530 IF E = 360 THEN E = 0
1540 IF E$ = "E" OR E$ = "e" THEN GOTO 1570
1550 F = C - 180
1560 GOTO 1580
1570 F = E - 90
1580 IF F < 0 THEN F = F + 360
1590 IF F$ = "t" THEN GOTO 1610
1600 IF F$ <> C$ THEN GOTO 1630
1610 N = N + 1
1620 DIR(N) = F
1630 IF EOF(1) THEN GOTO 1650
1640 GOTO 1460
1650 FOR H = 0 TO 36
1660 X(H) = 10 * H
1670 NEXT H
1680 FOR Z = 0 TO 35
1690 NVAL(Z) = 0
1700 FOR I = 1 TO N
1710 IF DIR(I) < X(Z + 1) AND DIR(I) >= X(Z) THEN NVAL(Z) = NVAL(Z) + 1
1720 NEXT I
1730 PVAL(Z) = NVAL(Z) * 100 / N
1740 IF PVAL(Z) > PMAX THEN PMAX = PVAL(Z)
1750 NEXT Z

```

```

1760 PMAX = 100 / PMAX
1770 FOR Z = 0 TO 36
1780 ANG(Z) = 2 * PI - (X(Z) * PI / 180)
1790 YY(Z) = COS(ANG(Z)) * PVAL(Z)
1800 XX(Z) = SIN(ANG(Z)) * PVAL(Z)
1810 R(Z) = SQR((XX(Z) * XX(Z) + (YY(Z) * YY(Z)))
1820 R(Z) = R(Z) * PMAX
1830 NEXT Z
1840 FOR Z = 0 TO 35
1850 YX(Z) = COS(ANG(Z + 1)) * PVAL(Z)
1860 XY(Z) = SIN(ANG(Z + 1)) * PVAL(Z)
1870 NEXT Z
1880 CLS : SCREEN 9: LINE (250, 200)-(450, 200): LINE (350, 125)-(350, 275)
1890 LOCATE 5, 5: PRINT A$
1900 LOCATE 6, 5: PRINT "N="; N
1910 CIRCLE (350, 200), (10 * PMAX)
1920 LOCATE 7, 5: PRINT "10%"
1930 IF PMAX > 5 THEN GOTO 1970 ELSE CIRCLE (350, 200), (20 * PMAX)
1940 LOCATE 7, 8: PRINT " , 20%"
1950 IF PMAX > 3.332 THEN GOTO 1970 ELSE CIRCLE (350, 200), (30 * PMAX)
1960 LOCATE 7, 15: PRINT " , 30%"
1970 FOR I = 0 TO 35
1980 CIRCLE (350, 200), R(I), , -(ANG(I + 1)), -(ANG(I))
1990 NEXT I
2000 LOCATE 24, 1: PRINT "Appuyez sur une touche"
2010 K$ = INKEY$: IF LEN(K$) > 0 THEN GOTO 2030
2020 GOTO 2010
2030 OPEN B$ + ".PLT" FOR OUTPUT AS #2
2040 PRINT #2, "df;in;dt"; CHR$(3); ";sp1;"
2050 PRINT #2, "ip 500.0 , 500.0 , 4052.0 ,4052.0 ;"
2060 PRINT #2, "sc 0 , 180 , 0 ,180 ;"
2070 PRINT #2, "pu 200, 350;ci"; (10 * PMAX)
2080 PRINT #2, "pu 100,430": PRINT #2, "lb 10%"; CHR$(3)
2090 IF PMAX > 5 THEN GOTO 2130 ELSE PRINT #2, "pu 200, 350;ci"; (20 * PMAX)
2100 PRINT #2, "pu 112,430": PRINT #2, "lb ,20%"; CHR$(3)
2110 IF PMAX > 3.332 THEN GOTO 2130 ELSE PRINT #2, "pu 200, 350;ci"; (30 * PMAX)
2120 PRINT #2, "pu 128,430": PRINT #2, "lb ,30%"; CHR$(3)
2130 PRINT #2, "pu 200,250": PRINT #2, "pd 200,450"
2140 PRINT #2, "pu 100,350": PRINT #2, "pd 300,350"
2150 PRINT #2, "pu 194,455": PRINT #2, "lb N"; CHR$(3)
2160 IF E$ = "F" OR E$ = "f" THEN PRINT #2, "pu 100,460": PRINT #2, "lb STRIKE OF FAULTS "; CHR$(3)
2170 IF E$ = "F" OR E$ = "f" THEN PRINT #2, "pu 100,450": PRINT #2, "lb"; A$; CHR$(3)
2180 IF E$ = "E" OR E$ = "e" THEN PRINT #2, "pu 100,460": PRINT #2, "lb BEARING OF LINEATIONS ";
CHR$(3)
2190 IF E$ = "E" OR E$ = "e" THEN PRINT #2, "pu 100,450": PRINT #2, "lb"; A$; CHR$(3)
2200 PRINT #2, "pu 100,440": PRINT #2, "lb N="; N; CHR$(3)
2210 FOR I = 0 TO 35
2220 PRINT #2, "pu 200,350"
2230 PRINT #2, "pd "; (YY(I) * PMAX + 200); ";"; (XX(I) * PMAX + 350)
2240 PRINT #2, "pd "; (YX(I) * PMAX + 200); ";"; (XY(I) * PMAX + 350)
2250 PRINT #2, "pd 200,350"
2260 NEXT I
2270 PRINT #2, "pu 200,350"
2280 GOTO 3360
2290 KEY OFF
2300 RAD = .017453292#
2310 PI = 3.141592654#
2320 N = 0
2330 INPUT "Nom de votre fichier DONNEES (sans extension)"; B$
2340 INPUT "DIAGRAMME DE WULFF (W) OU DE SCHMIDT (S)"; E$

```

```

2350 IF E$ <> "W" AND E$ <> "w" AND E$ <> "S" AND E$ <> "s" THEN GOTO 2340
2360 OPEN B$ + ".DAT" FOR INPUT AS #1
2370 OPEN B$ + ".PLT" FOR OUTPUT AS #2
2380 PRINT #2, "df; in; dt"; CHR$(3); " ;sp1"
2390 PRINT #2, "ip 603.521 , 603.521 , 10603.7721 ,10603.7721 ;"
2400 PRINT #2, "sc 0 , 1500 , 0 , 1500 ;"
2410 INPUT #1, A$
2420 CLS
2430 SCREEN 9: LOCATE 2, 10: PRINT A$
2440 CIRCLE (320, 200), 200
2450 PRINT #2, "pu 320, 1300 ; ci 200"
2460 LINE (315, 200)-(325, 200): LINE (320, 196)-(320, 204): LINE (320, 54)-(320, 45)
2470 PRINT #2, "pu 315,1300": PRINT #2, "pd 325,1300"
2480 PRINT #2, "pu 320,1305": PRINT #2, "pd 320,1295"
2490 PRINT #2, "pu 320,1500": PRINT #2, "pd 320,1510"
2500 PRINT #2, "pu 300,1515": PRINT #2, "si 0.4,0.3 ; lb N"; CHR$(3)
2510 IF EOF(1) THEN GOTO 3060
2520 INPUT #1, A, MF, DMF, ME, DME, C$, D$
2530 N = N + 1: LOCATE 3, 10: PRINT "N="; N
2540 DMP = DMF + 180
2550 IF DMP > 360 THEN DMP = DMP - 360
2560 IF E$ = "S" OR E$ = "s" THEN GOTO 2600
2570 MP = 90 - MF
2580 DP = 200 * (TAN((PI / 4) - (MP * RAD / 2)))
2590 GOTO 2610
2600 DP = 200 * SIN(MF * RAD / 2) * SQR(2)
2610 XP = 320 + (DP * SIN(DMP * RAD))
2620 YP = 200 - (DP * COS(DMP * RAD)) / 1.37
2630 YP(1) = 1300 + (DP * COS(DMP * RAD))
2640 IF C$ = "N" OR C$ = "n" THEN GOTO 2680
2650 IF C$ = "I" OR C$ = "i" THEN GOTO 2720
2660 IF C$ = "D" OR C$ = "d" THEN GOTO 2760
2670 IF C$ = "S" OR C$ = "s" THEN GOTO 2890
2680 XXP = XP + (-9 * SIN(DME * RAD))
2690 YYP = YP - (-9 * COS(DME * RAD)) / 1.37
2700 YYP(1) = YP(1) + (-9 * COS(DME * RAD))
2710 GOTO 3010
2720 XXP = XP - (-9 * SIN(DME * RAD))
2730 YYP = YP + (-9 * COS(DME * RAD)) / 1.37
2740 YYP(1) = YP(1) - (-9 * COS(DME * RAD))
2750 GOTO 3010
2760 IF DME > 270 AND DMF < 90 THEN GOTO 2850
2770 IF DME > DMF THEN XXP = XP + (-9 * SIN(DME * RAD)) ELSE GOTO 2810
2780 YYP = YP - (-9 * COS(DME * RAD)) / 1.37
2790 YYP(1) = YP(1) + (-9 * COS(DME * RAD))
2800 GOTO 3010
2810 IF DMF > 270 AND DME < 90 THEN XXP = XP + (-9 * SIN(DME * RAD)) ELSE GOTO 2850
2820 YYP = YP - (-9 * COS(DME * RAD)) / 1.37
2830 YYP(1) = YP(1) + (-9 * COS(DME * RAD))
2840 GOTO 3010
2850 XXP = XP - (-9 * SIN(DME * RAD))
2860 YYP = YP + (-9 * COS(DME * RAD)) / 1.37
2870 YYP(1) = YP(1) - (-9 * COS(DME * RAD))
2880 GOTO 3010
2890 IF DMF > 270 AND DME < 90 THEN GOTO 2980
2900 IF DME < DMF THEN XXP = XP + (-9 * SIN(DME * RAD)) ELSE GOTO 2940
2910 YYP = YP - (-9 * COS(DME * RAD)) / 1.37
2920 YYP(1) = YP(1) + (-9 * COS(DME * RAD))
2930 GOTO 3010
2940 IF DME > 270 AND DMF < 90 THEN XXP = XP + (-9 * SIN(DME * RAD)) ELSE GOTO 2980

```

```

2950 YYP = YP - (-9 * COS(DME * RAD)) / 1.37
2960 YYP(1) = YP(1) + (-9 * COS(DME * RAD))
2970 GOTO 3010
2980 XXP = XP - (-9 * SIN(DME * RAD))
2990 YYP = YP + (-9 * COS(DME * RAD)) / 1.37
3000 YYP(1) = YP(1) - (-9 * COS(DME * RAD))
3010 CIRCLE (XP, YP), 2
3020 PRINT #2, "pu"; XP; ", "; YP(1); ", "; ci 2"
3030 LINE (XP, YP)-(XXP, YYP)
3040 PRINT #2, "pu"; XP; ", "; YP(1); PRINT #2, "pd"; XXP; ", "; YYP(1)
3050 GOTO 2510
3060 PRINT #2, "pu 20,1465": PRINT #2, "si 0.35,0.35 ; lb N ="; N; CHR$(3)
3070 PRINT #2, "pu 20,1495": PRINT #2, "lb "; A$; CHR$(3)
3080 PRINT #2, "pu 320,1300"
3090 LOCATE 2, 55: PRINT "Appuyez sur une touche"
3100 K$ = INKEY$: IF LEN(K$) > 0 THEN GOTO 3120
3110 GOTO 3100
3120 GOTO 3360
3130 CLS
3140 LOCATE 1, 10
3150 PRINT "POUR TERMINER IL FAUT METTRE UNE VALEUR NEGATIVE POUR LA PENDAGE DE LA
FAILLE"
3160 PRINT : PRINT : INPUT "Nom du fichier (sans extension)"; B$
3170 OPEN B$ + ".DAT" FOR OUTPUT AS 1#
3180 PRINT #1, B$
3190 INPUT "D•clinaison Magn•tique (z•ro si vos donn•es sont d•j• d•clin•es)"; QQ
3200 B = 0
3210 B = B + 1
3220 PRINT B
3230 INPUT "PENDAGE DE LA FAILLE"; C
3240 IF C < 0 GOTO 3360
3250 INPUT "DIRECTION DU PENDAGE DE LA FAILLE"; DD
3260 D = DD - QQ
3270 IF D < 0 THEN D = 360 + D
3280 INPUT "PENDAGE DE LA STRIE"; E
3290 INPUT "DIRECTION DU PENDAGE DE LA STRIE"; FF
3300 F = FF - QQ
3310 IF F < 0 THEN F = 360 + F
3320 INPUT "SENS DE LA FAILLE"; G$
3330 INPUT "COMMENTAIRES"; H$
3340 PRINT #1, B; ", "; C; ", "; D; ", "; E; ", "; F; ", "; G$; ", "; H$
3350 GOTO 3210
3360 SOUND 100, 5: SOUND 500, 4: SOUND 1500, 3
3370 CLS
3380 END

```

**Dans la même collection :**

- N°1 - H. MARTIN** - Nature, origine et évolution d'un segment de croûte continentale archéenne : contraintes chimiques et isotopiques. Exemple de la Finlande orientale. **392 p., 183 fig., 51 tabl., 4 pl. (1985).** EPUISE
- N°2 - G. QUERRE** - Paléogéographie de la croûte continentale à l' archéen : les granitoïdes tardifs (2,5-2,4 Ga) de Finlande Orientale. Pétrologie et géochimie. **226 p., 74 fig., 41 tabl., 3 pl.(1985).** 85F.
- N°3 - J. DURAND** - Le Grès Armoricaïn. Sédimentologie. Traces fossiles. Milieux de dépôt. **150 p., 76 fig., 9 tabl., 19 pl. (1985).** EPUISE
- N°4 - D. PRIOUR** - Genèse des zones de cisaillement : Application de la méthode des éléments finis à la simulation numérique de la déformation des roches. **157 p., 106 fig., 7 tabl., (1985).** 55F.
- N°5 - V. NGAKO** - Evolution métamorphique et structurale de la bordure sud-ouest de la "série de Poli". Segment camerounais de la chaîne panafricaine. **185 p., 76 fig., 16 tabl., 12 pl. (1986).** EPUISE
- N°6 - J. DE POULPIQUET** - Etude géophysique d'un marqueur magnétique situé sur la marge continentale sud-armoricaine. **159 p., 121 fig., 5 tabl. (1986).** 55F.
- N°7 - P. BARBEY** - Signification géodynamique des domaines granulitiques. La ceinture des granulites de Laponie : une suture de collision continentale d'âge Protérozoïque inférieur (1.9-2.4 Ga). **324 p., 89 fig., 46 tabl., 11 pl. (1986).** EPUISE

- N°8 - Ph. DAVY -** Modélisation thermo-mécanique de la collision continentale. 233 p., 72 fig., 2 tabl. (1986). EPUISE
- N°9 - Y. GEORGET -** Nature et origine des granites peralumineux à cordiérite et des roches associées. Exemples des granitoïdes du Massif Armoricaïn (France) : Pétrologie et géochimie. 250 p., 140 fig., 67 tabl., (1986).  
EPUISE
- N°10 - D. MARQUER -** Transfert de matière et déformation progressive des granitoïdes. Exemple des massifs de l'Aar et du Gothard (Alpes centrales Suisses). 287 p., 134 fig., 52 tabl., 5 cartes hors-texte (1987).  
EPUISE
- N°11 - J.S. SALIS -** Variation séculaire du champ magnétique terrestre. Direction et Paléointensité sur la période 7.000 - 70.000 BP dans la chaîne des Puys. 190 p., 73 fig., 28 tabl., 1 carte hors-texte (1987).  
90F.
- N°12 - Y. GERARD -** Etude expérimentale des interactions entre déformation et transformation de phase. Exemple de la transition calcite-aragonite. 126 p., 42 fig., 3 tabl., 10 pl. (1987).  
75F.
- N°13 - H. TATTEVIN -** Déformation et transformation de phases induites par ondes de choc dans les silicates. Caractérisation par la microscopie électronique en transmission. 150 p., 50 fig., 1 tabl., 13 pl. (1987).  
95F.
- N°14 - J.L. PAQUETTE -** Comportement des systèmes isotopiques U-Pb et Sm-Nd dans le métamorphisme éclogitique. Chaîne Hercynienne et chaîne Alpine. 190 p., 88 fig., 39 tab., 2 pl. (1987).  
95F.
- N°15 - B. VENDEVILLE -** Champs de failles et tectonique en extension : modélisation expérimentale. 392 p., 181 fig., 1 tabl., 82 pl. (1987).  
EPUISE

- N°16 - E. TAILLEBOIS** - Cadre géologique des indices sulfurés à Zn, Pb, Cu, Fe du secteur de Gouézec-St-Thois : Dévono-Carbonifère du flanc Sud du Bassin de Châteaulin (Finistère). 195 p., 64 fig., 41 tabl., 8 pl. photo., 8 pl. h.texte. (1987). 110F.
- N°17 - J.P. COGNE** - Contribution à l'étude paléomagnétique des roches déformées. 204 p., 86 fig., 17 tabl., (1987). 90F.
- N°18 - E. DENIS** - Les sédiments briovériens ( Protérozoïque supérieur ) de Bretagne septentrionale et occidentale : Nature, mise en place et évolution. 263 p., 148 fig., 26 tab., 8 pl. (1988). 140F.
- N°19 - M. BALLEVRE** - Collision continentale et chemins P-T : l'unité pennique du Grand Paradis (Alpes Occidentales). 340 p., 146 fig., 10 tabl., (1988). EPUISE
- N°20 - J.P. GRATIER** - L'équilibrage des coupes géologiques. Buts, méthodes et applications. Atelier du Groupe d'Etudes Tectoniques le 8 Avril 1987 à Rennes. 165 p., 82 fig., 2 tabl. (1988). 85F.
- N°21 - R.P. MENOT** - Magmatismes paléozoïques et structuration carbonifère du Massif de Belledonne (Alpes Françaises). Contraintes nouvelles pour les schémas d'évolution de la chaîne varisque ouest-européenne. 465 p., 101 fig., 31 tabl., 6 pl., (1988). 200F.
- N°22 - S. BLAIS** - Les ceintures de roches vertes archéennes de Finlande Orientale : Géologie, pétrologie, géochimie et évolution géodynamique. 312 p., 107 fig., 98 tab., 11 pl. photo, 1 pl. h.texte, (1989). 160F.

- N°23 - A. CHAUVIN** - Intensité du champ magnétique terrestre en période stable de transition, enregistrée par des séquences de coulées volcaniques du quaternaire. 217 p., 100 fig., 13 tab. (1989). 100F.
- N°24 - J.P. VUICHARD** - La marge austroalpine durant la collision alpine : évolution tectonométamorphique de la zone de Sesia-Lanzo. 307 p., 143 fig., 26 tab., 6 pl. hors-texte. (1989). 170F.
- N°25 - C. GUERROT** - Archéen et Protérozoïque dans la chaîne hercynienne ouest-européenne : géochimie isotopique (Sr-Nd-Pb) et géochronologie U-Pb sur zircons. 180 p., 68 fig., 29 tab., 1 pl. (1989) 90F.
- N°26 - J.L. LAGARDE** - Granites tardi carbonifères et déformation crustale. L'exemple de la Méséta marocaine. 353 p., 244 fig., 15 pl. (1989) 210F.
- N°27 - Ph. BARDY** - L'orogène cadomien dans le Nord-Est du Massif Armoricaïn et en Manche Occidentale. Etude tectonométamorphique et géophysique. 395 p., 142 fig., 7 tab., 1 pl. hors-texte. (1989). 175F.
- N°28 - D. GAPAIS** - Les Orthogneiss : Structures, mécanismes de déformation et analyse cinématique. 377 p., 184 fig., 3 tab., (1989). 275F.
- N°29 - E. LE GOFF** - Conditions pression-température de la déformation dans les orthogneiss : Modèle thermodynamique et exemples naturels. 321 p., 146 fig., 42 tab. (1989). 150F.
- N°30 - D. KHATTACH** - Paléomagnétisme de formations paléozoïques du Maroc. 220 p., 97 fig., 35 tab., (1989). 100F.

- N°31 - A. HAIDER** - Géologie de la formation ferrifère précambrienne et du complexe granulitique encaissant de Buur (Sud de la Somalie). Implications sur l'évolution crustale du socle de Buur. 215 p., 18 fig., 42 tab., 7 pl. (1989). 130 F.
- N°32 - T. DANIEL** - Traitement numérique d'image appliqué à l'analyse texturale de roches déformées. 186 p., 121 fig., 4 tab., (1989). 210 F.
- N°33 - C. LECUYER** - Hydrothermalisme fossile dans une paléocroûte océanique associée à un centre d'expansion lent : Le complexe ophiolitique de Trinity (N. Californie, U.S.A). 342 p., 109 fig., 73 tab., (1989). 200 F.
- N°34 - P. RICHARD** - Champs de failles au dessus d'un décrochement de socle: modélisation expérimentale. 382 p., 137 fig., (1989). 400 F.
- N°35 - J. de BREMOND d'ARS** - Estimation des propriétés rhéologiques des magmas par l'étude des instabilités gravitaires. Pétrologie du complexe plutonique lité de Guernesey. 370 p., 128 fig., 64 tabl., (1989). 180 F.
- N°36 - A. LE CLEAC'H** - Contribution à l'étude des propriétés physiques des minéraux à haute pression : Spectroscopie et calcul des grandeurs thermodynamiques de la lawsonite, des épidotes et des polymorphes de SiO<sub>2</sub>. 190 p., 72 fig., 37 tabl., (1989). 100 F.
- N°37 - O. MERLE** - Cinématique des nappes superficielles et profondes dans une chaîne de collision. 280 p., 165 fig., 3 tabl., (1990). 160F.
- N°38 - P. ALLEMAND** - Approche expérimentale de la mécanique du rifting continental. 205 p., 106 fig., 13 tabl., (1990). 160F.

- N°39 - Ch. BASILE - Analyse structurale et modélisation analogique d'une marge transformante : l'exemple de la marge de Côte-d'Ivoire - Ghana. 230 p., 161 fig., 7 tabl., (1990). 130F.
- N°40 - M. AUDIBERT - Déformation discontinue et rotations de blocs. Méthodes numériques de restauration. Application à la Galilée. 250 p., 80 fig., 5 tabl., (1991). 150F.
- N°41 - G. RUFFET - Paléomagnétisme et  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  : étude combinée sur des intrusions Précambriennes et Paléozoïques du Trégor. (Massif Armoricain). 261 p., 80 fig., 19 tabl., (1991). 120F.
- N°42 - P. SUZANNE - Extrusion latérale de l'Anatolie : Géométrie et mécanisme de la fracturation. 262 p., 100 fig., 12 pl., 5 tabl., (1991). 210F.
- N°43 - G. FIQUET - Propriétés thermodynamiques de minéraux du manteau supérieur. Calorimétrie à haute température et spectroscopie Raman à haute pression et haute température. 274 p., 101 fig., 53 tabl., (1991). 130F.
- N°44 - J. MARTINOD - Instabilités périodiques de la lithosphère (Flambage, Boudinage en compression et en extension). 283 p., 117 fig., 3 tabl., 2 pl. couleur., (1991). 170F.
- N°45 - M.O. BESLIER - Formation des marges passives et remontée du manteau: Modélisation expérimentale et exemple de la marge de la Galice. 257 p., 86 fig., 5 tab., 2 pl. noir/blanc, 2 Pl. couleur., (1991). 180F.
- N°46 - J.B.L. FRANCOLIN - Analyse structurale du Bassin du Rio Do Peixe. (Brésil), 250 p., 83 fig., 3 tab., 9 pl. couleur, (1992). 300F.

**Imprimé au CAESS**

**Dépot Légal**

**4ème trimestre 1992**



## BON DE COMMANDE

à retourner à : Mme FALAISE

Centre Armoricaïn d'Etude Structurale des Socles

Mémoires et Documents du CAESS

Université de Rennes I - Campus de Beaulieu

35042 - RENNES Cédex (France)

Tél : 99.28.60.80 Fax : 99.28.67.80

NOM .....

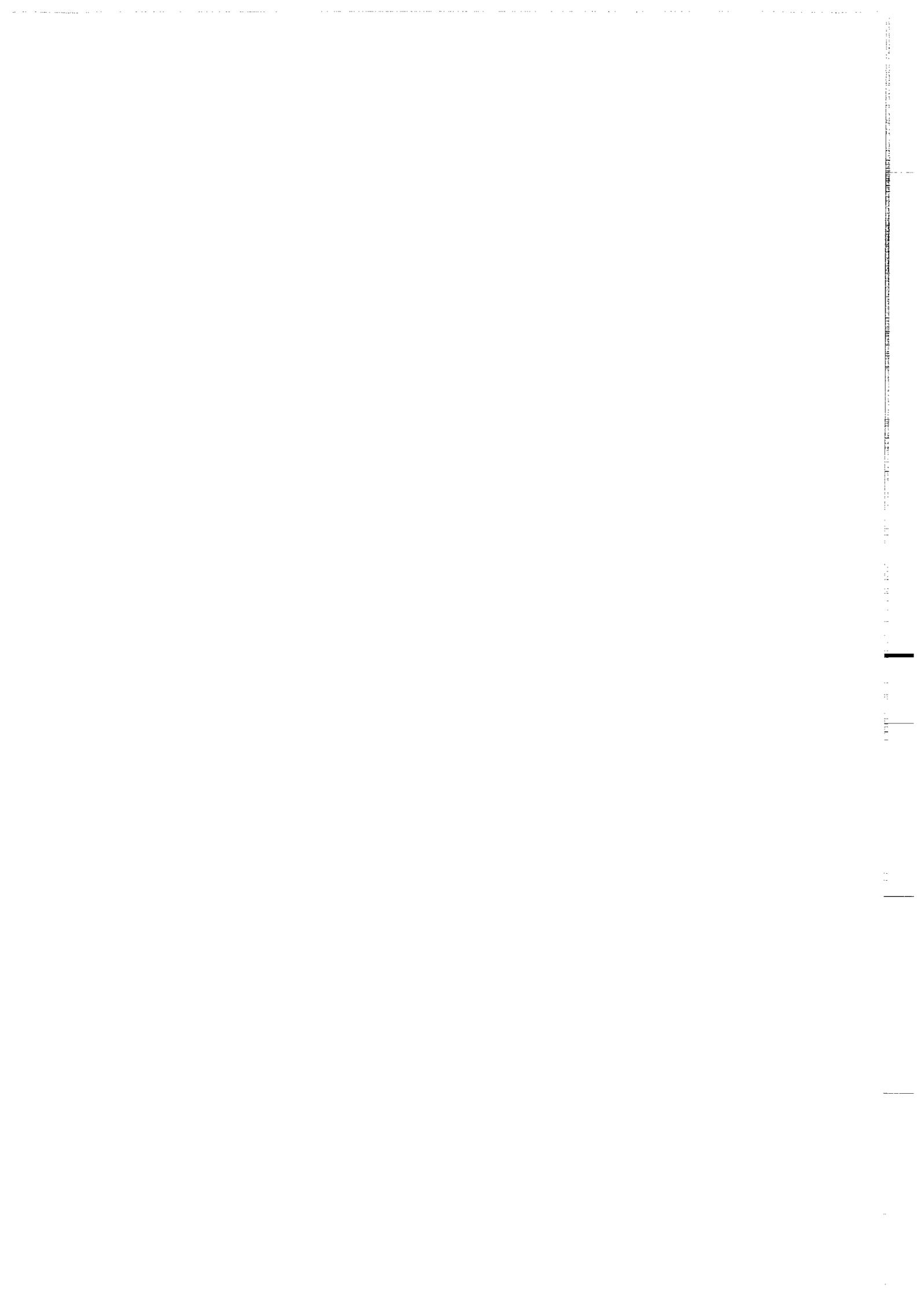
ORGANISME .....

ADRESSE .....

Veillez me faire parvenir les ouvrages suivants :

N°	Auteur	Nb exemplaires	P.U.	Total
Frais d'envoi : 20,00F par volume			Total	
par volume supplémentaire : 5,00 F			Frais d'envoi	
			Montant total	

Veillez établir votre chèque au nom de Monsieur l'Agent Comptable  
de l'Université de Rennes I et le joindre à votre bon de commande.



## RESUME

Le Bassin du Rio do Peixe (Nord-Est du Brésil) s'est formé en contexte continental pendant le Crétacé inférieur (Berriasien à Barremien). Le bassin est limité par des failles synsédimentaires reprenant, dans le socle, des structures ductiles d'âge précambrien (orogénèse Brésilienne = Panafricain). Ce bassin a été le sujet de travaux de terrain et de cartographie, suivis par des études tectoniques et paléomagnétiques.

Les sédiments du bassin sont composés de couches de grès et d'argilites qui sont souvent affectées par des plis et des failles. Les dépocentres du bassin sont localisés à l'intersection de deux familles de failles principales, de direction E/W et NE/SW. Beaucoup de ces failles présentent des stries de friction, certaines avec croissance de fibres de calcite. Ces stries indiquent des déplacements de type décrochant, normal ou chevauchant.

On a effectué des mesures sur approximativement 300 failles, parmi lesquelles 160 présentaient des stries avec un sens de cisaillement non équivoque. Ces données sont réparties sur 11 sites différents. L'analyse vise à déterminer le champ de paléo-contraintes et les directions des axes principaux de la déformation. Sur 8 de ces sites les directions de compression et de raccourcissement sont approximativement ENE/WSW et sub-horizontales, sur les 3 autres sites, ces directions sont sub-verticales. Les directions d'extension et allongement sont approximativement NNW/SSE et sub-horizontales sur 8 de ces sites et subverticales sur 3 autres. Cette disposition est interprétée comme étant le résultat d'une tectonique décrochante senestre sur les failles de direction E/O, accompagnée par des décrochements dextres sur des failles de direction NE/SW.

Cette interprétation est confirmée par une analyse paléomagnétique effectuée sur 10 sites différents. Cette analyse a détecté des petites rotations ( $10^\circ$ ) de sens horaire sur les blocs SE du bassin et des rotations anti-horaires de même amplitude sur les blocs NW.

La formation du bassin est liée à l'événement majeur de déformation continentale qui a abouti à l'ouverture de l'Océan Atlantique Sud. La majorité des modèles tectoniques existants pour expliquer la séparation de l'Afrique et de l'Amérique du Sud considèrent que cette zone continentale a été soumise à des contraintes uniaxiales extensives au début de la déformation crustale. Les résultats obtenus ici suggèrent que la déformation crétacée de cette région est plus complexe : les rotations différentielles qui ont eu lieu entre les continents Africain et Sud Américain, durant les moments initiaux du rifting, ont provoqué dans cette région un état de contraintes particulier, différent du reste de la Marge Atlantique. Cette différence est liée à la forme particulière que la marge continentale possède dans cette zone, où le rift présente un changement de direction proche de  $80^\circ$  (écart angulaire entre les marges Est et Equatoriale de l'Amérique du Sud).

### Mots clés:

Failles, tectonique décrochante, analyse microtectonique, paléomagnétisme, crétacé, bassin du Rio Do Peixe, Brésil.

Editions du C.A.E.S.S.  
Université de Rennes I  
F - 35042 - RENNES Cédex