



HAL
open science

Logiciel de résolution d'un problème inverse à 1 variable. II: Documentation d'utilisation

C. Delannoy, François Lefeuvre

► To cite this version:

C. Delannoy, François Lefeuvre. Logiciel de résolution d'un problème inverse à 1 variable. II: Documentation d'utilisation. [Rapport de recherche] Centre de recherches en physique de l'environnement terrestre et planétaire (CRPE). 1981, 43 p. hal-02191537

HAL Id: hal-02191537

<https://hal-lara.archives-ouvertes.fr/hal-02191537v1>

Submitted on 23 Jul 2019

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.

RP 182 (45)

**CENTRE NATIONAL D'ETUDES
DES TELECOMMUNICATIONS**

**CENTRE NATIONAL DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**CENTRE DE
RECHERCHES
EN PHYSIQUE DE
L'ENVIRONNEMENT
TERRESTRE
ET PLANETAIRE**

CRPE

**NOTE TECHNIQUE
CRPE /81**

**LOGICIEL DE RESOLUTION
D'UN PROBLEME INVERSE
A 1 VARIABLE**

110

II. Documentation d'utilisation

Par

C. DELANNOY & F. LEFEUVRE

C.N.R.S.
Centre de Documentation
Scientifique Technologique
Bibliothèque

L

C.R.P.E. ORLEANS

16 SEP. 1981

CENTRE DE RECHERCHES EN PHYSIQUE DE
L'ENVIRONNEMENT TERRESTRE ET PLANETAIRE

NOTE TECHNIQUE CRPE/81

LOGICIEL DE RESOLUTION D'UN PROBLEME INVERSE A 1 VARIABLE

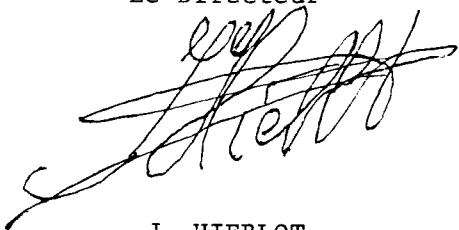
II - DOCUMENTATION D'UTILISATION

par

C. DELANNOY et F. LEFEUVRE

C.R.P.E. ORLEANS

Le Directeur



J. HIEBLOT

avril 1981

PLAN

1. INTRODUCTION	1
2. ORGANISATION FONCTIONNELLE	3
2.1. Généralités	3
2.2. Conditionnement des noyaux	3
2.3. Traitement d'un jeu de données \hat{S}_i	3
2.3.1. Les grandes étapes et les enchaînements	3
2.3.2. Ordinogramme de INVERS1	6
2.3.3. Choix de l'utilisateur	6
3. UTILISATION DU LOGICIEL	9
3.1. Introduction	9
3.2. Caractéristiques externes des programmes	9
3.3. Description des données	10
3.3.1. Généralités	10
3.3.2. Données de ORTHOG1	12
3.3.2.a. Données générales	12
3.3.2.b. Table des points de Gauss	12
3.3.3. Données de INVERS1	13
3.3.3.a. Données générales	13
3.3.3.b. Données \hat{S}_i et écarts types $\hat{\sigma}_i$	16
3.3.3.c. Vecteurs propres et valeurs propres de A	16
3.3.3.d. Données spécifiques aux différents étapes	17
- données étape 1.1 Backus et Gilbert	17
- données étape 1.2 discrétisation sous contrainte	18
- données enchaînement étapes 1 et 2	19
- données étape 2.1 Identification du modèle entropie à partir de f_0	20
- données étape 2.2 Identification du modèle entropie à partir de f_1	21
- données d'enchaînement 2 et 3	22
- données étape 3 recherche de la solution d'entropie maximum	22
3.3.4. Données de VISUPI1	24
3.3.5. Données de VISUNR1	24
3.4. Caractéristiques externes du sous-programme de calcul des noyaux	25

3.5. Limitations	26
3.5.1. Limitations générales	26
3.5.2. Limitations propres à INVERS1	26
4. EXEMPLE D'UTILISATION	29
4.1. Introduction	29
4.2. Liste du programme AIJK	30
4.3. Exemple d'utilisation de ORTHOG1	30
4.3.1. Liste des données générales	30
4.3.2. Liste de la table de Gauss	31
4.3.3. Résultats obtenus	31
4.3.4. Liste du fichier "vecteurs propres et valeurs propres"	32
4.4. Exemple d'utilisation de INVERS1	32
4.4.1. Liste des données \hat{S}_i et de leurs écarts types $\hat{\sigma}_i$	32
4.4.2. Liste des données de INVERS1	33
4.4.3. Résultats obtenus	33

1 - INTRODUCTION

Cette note est la deuxième d'une série de 3 relatives à un logiciel de restitution d'une fonction réelle non-négative d'une variable réelle à partir de la connaissance d'un certain nombre de fonctionnelles linéaires.

La première note a été consacrée à l'exposé des méthodes utilisées. Cette deuxième note présente les informations nécessaires à la mise en place et à l'utilisation du logiciel proposé sur calculateur universel. Les notations utilisées seront celles de la première note.

Le chapitre 2 montrera quelles sont les grandes articulations fonctionnelles du logiciel. Il devra permettre à l'utilisateur de savoir ce qu'il faut en attendre.

Le chapitre 3 précisera comment utiliser le logiciel. Notamment, on y décrira les données et les sous-programmes que devra fournir l'utilisateur.

Le chapitre 4 présentera un exemple d'utilisation. Ce dernier pourra servir de référence lors de l'implantation sur un calculateur quelconque.

2. ORGANISATION FONCTIONNELLE

2.1. GENERALITES

Ce chapitre se propose de montrer ce que l'utilisateur peut attendre du logiciel proposé.

Rappelons que généralement l'on aura à traiter plusieurs jeux de données \hat{s}_i relatifs au même ensemble de n noyaux a_i . On a vu que, dans ces conditions, on effectuera une fois pour toute ce que l'on nomme le "conditionnement intrinsèque" de ces noyaux.

2.2. CONDITIONNEMENT DES NOYAUX

Un programme nommé ORTHOGL effectue le calcul des vecteurs et valeurs propres de la matrice A d'élément courant

$$a_{ij} = \int_{x_l}^{x_u} a_i(x) a_j(x) dx \quad \begin{array}{l} i = 1, n \\ j = 1, n \end{array}$$

Le cas échéant, l'utilisateur pourra visualiser tout ou partie des noyaux orthogonaux Π_i correspondants à l'aide du programme VISUPLI.

2.3. TRAITEMENT D'UN JEU DE DONNEES \hat{S}_i

2.3.1. Les grandes étapes du traitement

Après avoir procédé au conditionnement intrinsèque, l'utilisateur sera amené à traiter chacun de ses jeux de n données \hat{s}_i à l'aide du programme INVERS1. Ce dernier permet de réaliser diverses fonctions pouvant s'enchaîner entre elles et se classant en 3 niveaux :

- niveau 1 : recherche d'une solution particulière : solution de Backus et Gilbert (noyaux de Dirichlet) ou solution discrète positive.

- niveau 2 : identification du "modèle entropie" à partir de la solution particulière obtenue au niveau 1.

- niveau 3 : recherche de la solution d'entropie maximum.

Les enchaînements autorisés sont représentés sur le diagramme ci-dessous.

On remarquera qu'il est possible d'exécuter une étape de niveau 2 sans que l'étape de niveau 1 ait été réalisée. Dans ces conditions il est nécessaire de fournir des données complémentaires qui seront :

- soit les coefficients λ_i d'une solution f_0 de la forme $f_0(x) = \sum_{i=1}^{p'} \lambda_i \Pi_i(x)$ dans le cas de l'étape 2.1. Notons que dans ce cas, ces coefficients peuvent, le cas échéant, être différents de ceux de la solution Backus et Gilbert.

- soit les valeurs d'une fonction f_2 en m points dans le cas de l'étape 2.2.

De même si l'étape 3 est requise sans qu'on demande 2.1. ou 2.2., il sera nécessaire d'initialiser la recherche à l'aide de q valeurs des coefficients λ_i^0 tels que

$$f_2^0(x) = \exp \left\{ -1 + \sum_{i=1}^q \lambda_i^0 \Pi_i(x) \right\}$$

représente une "certaine approximation" de la solution recherchée.

Remarque : L'expérience a montré qu'une solution parfaitement lisse ($\lambda_i = 0, \forall i$) permet très souvent d'atteindre la solution optimum avec un nombre réduit d'itérations.

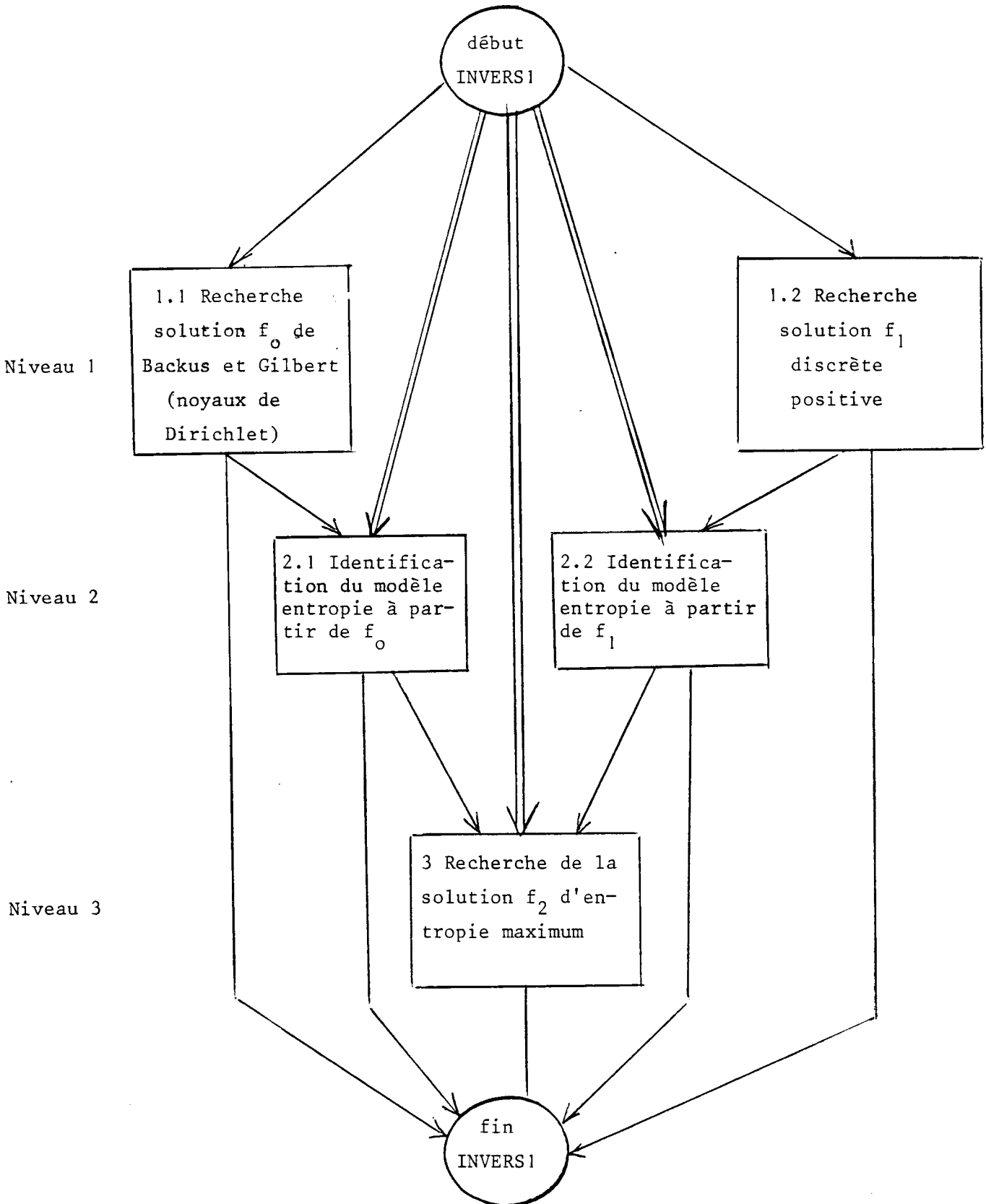



Diagramme des enchaînements possibles dans INVERSI
Les doubles traits correspondent au cas où l'utilisateur
doit fournir des données complémentaires pour
l'initialisation de l'étape correspondante


2.3.2. Ordinogramme de INVERSI (voir page 7)

On y trouvera essentiellement

+ les grandes phases du traitement (détaillées au niveau des calculs effectués)

+ les enchaînements laissés au choix de l'utilisateur. Ils sont matérialisés par un losange à 2 ou 3 sorties (sans détail). Ceci correspond aux choix possibles au niveau du diagramme précédent.

+ les données fournies par l'utilisateur. Elles sont représentées par des symboles . On notera qu'elles ne sont mentionnées ici que pour mémoire. Leur description détaillée sera faite en IV.3.

+ le sous-programme utilisateur matérialisé par un symbole 

2.3.3. Choix de l'utilisateur

On remarquera que certaines données apparaissent de manière naturelle dans le problème à traiter. Ce sont

+ les bornes de l'intervalle I : x_l x_u

+ le nombre de données n

+ les données \hat{s}_i , $i = 1, n$

+ leurs erreurs $\hat{\sigma}_i$, $i = 1, n$

+ le sous-programme calculant les noyaux q_i

+ les vecteurs propres et valeurs propres de A (fournis par ORTHOG1)

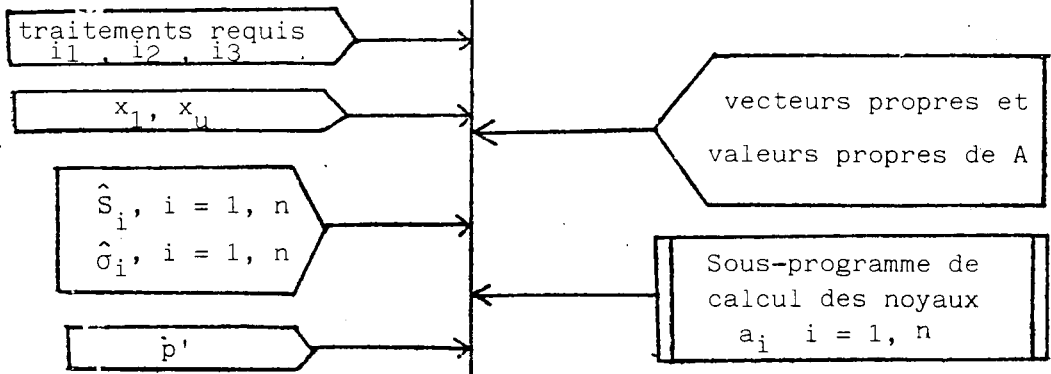
Par contre d'autres données apparaissent de manière moins évidente et doivent être plus ou moins "évaluées" par l'utilisateur. C'est le cas notamment pour :

p' : nombre de noyaux orthogonaux Π_i à utiliser

m : nombre de points utilisés pour l'identification du modèle entropie

ϵ_m : valeur d'arrêt utilisée dans le test de convergence de l'identification

INVERS1



Calcul des $\hat{S}_i', i=1, p'$
 $\hat{\sigma}_i', i=1, p'$

$i_1 = 1$ $i_1 = 2$

SOLUTION DE BACKUS & GILBERT
 calcul de $f_0(x) = \sum_{i=1}^{p'} \hat{S}_i' \Pi_i(x)$

m
 ϵ_m
 q

m_i
 $f_1, i=1, m$
 ϵ_m

SOLUTION DISCRETE
 calcul de f_1 en m points équirépartis sur $[x_l, x_u]$
 $f_1(x_i) = f_1^i, i=1, m$

IDENTIFICATION : Recherche d'une solution initiale :

$$f_2^0(x) = \exp(-1 + \sum_{j=1}^q \lambda_j^0 \Pi_j(x)) :$$

Calcul des $y_i = f_0(x)$ en m points équirépartis sur $[x_l, x_u]$

calcul des $z_i, i=1, m$
 $z_i = \text{Log} \epsilon_m$ si $y_i < \epsilon_m$
 $z_i = \text{Log } y_i$ si $y_i > \epsilon_m$

Recherche des λ_j^0 minimisant

$$\sum_{i=1}^m (\sum_{j=1}^q \lambda_j^0 \Pi_j(x_i) - z_i)^2$$

IDENTIFICATION : Recherche solution initiale :

$$f_2^0(x) = \exp(-1 + \sum_{j=1}^q \lambda_j^0 \Pi_j(x))$$

idem partie gauche

M_i
 $i=1, q$

$i_z = 1$
 $= 0$
 FIN

$i_z = 1$
 $= 0$
 FIN

CALCUL DE LA SOLUTION f_2 D'ENTROPIE MAXIMUM
 calcul de : $\hat{S}_i'' \hat{\sigma}_i''; i=1, q$
 minimisation de :

$$\sum_{i=1}^q \frac{1}{\hat{\sigma}_i''} (\hat{S}_i'' - \int_{x_l}^{x_u} M_i f_2(x) dx)^2$$

FIN

q : nombre de données \hat{S}_i'' utilisées dans la recherche de la solution d'entropie maximum

n_I : nombre de points utilisés pour le calcul numérique d'intégrales par une méthode de Gauss

En ce qui concerne plus particulièrement le nombre p' de noyaux Π_i à sélectionner, l'utilisateur disposera, à postériori, d'un certain nombre d'informations lui permettant, le cas échéant, d'en ajuster la valeur. Celles-ci sont récapitulées dans le tableau suivant

Méthode Information	Backus et Gilbert (noyaux de Dirichlet)	Discrétisation sous contraintes	Maximum d'entropie
STABILITE	OUI	NON	OUI
ERREUR DE PREDICTION	OUI mais sur la base des Π_i (et non des a_i)	OUI	OUI
POUVOIR DE RESOLUTION	visualisé par trace des noyaux filtrants $A(x_0, x) = \sum_{i=1}^{p'} \Pi_i(x) \Pi_i(x_0)$ programme VISUNRES!	A la charge de l'utilisateur	A la charge de l'utilisateur

on remarquera qu'ici le coefficient de stabilité peut être évalué a priori. En effet, il ne dépend que du nombre p' de noyaux orthogonaux sélectionnés.

3. UTILISATION DU LOGICIEL

3.1. INTRODUCTION

On présente, dans ce chapitre, la façon dont l'utilisateur pourra mettre en oeuvre les différentes fonctions du logiciel, telles qu'elles ont été définies dans le chapitre précédent.

En 3.1., on montrera comment les différents programmes communiquent entre eux. On y exposera comment se situent les différents types de données et on donnera les caractéristiques externes du sous-programme de calcul des noyaux a_1 que doit fournir l'utilisateur.

Les données seront décrites en détail dans le paragraphe 3.2. En 3.3., on définira les caractéristiques externes du sous-programme calcul des noyaux a_1 que doit fournir l'utilisateur.

Les données seront décrites en détail dans le paragraphe 3.2. En 3.3., on définira les caractéristiques externes du sous-programme de calcul des noyaux a_1 . Enfin en 3.4., on précisera les limites d'utilisation du logiciel et on fournira des indications permettant d'en modifier certaines.

3.2. CARACTERISTIQUES EXTERNES DES PROGRAMMES

Nous montrons dans ce paragraphe quelles sont les "données" intervenant dans ce logiciel et comment elles se situent dans l'ensemble du traitement. Par "donnée" il faut entendre aussi bien

- + les données fournies par l'utilisateur
- + les données de communication entre programmes
- + le sous-programme de calcul des noyaux

Elles se présenteront toujours sous forme de fichiers cartes ou de fichiers "image-carte", c'est à dire de fichiers séquentiels d'enregistrements fixes de 80 caractères.

D'une manière générale, dans le schéma ci-dessous, les fichiers sont repérés par un numéro (cerclé) représentant leur numéro logique tel qu'il est défini dans les différents programmes. Ces numéros sont modifiables par cartes données, à l'exception de ceux des fichiers repérés par le symbole IN=5. Ces dernières correspondent généralement à des fichiers cartes fournis sur l'unité de lecture standard dont on suppose qu'elle a la valeur 5 comme numéro logique. Si ce n'est pas le cas (ou si l'on souhaite lire ces données sur un support autre que les cartes) il est possible à l'utilisateur d'en tenir compte en modifiant le contenu de l'instruction FORTRAN IN = 5 dans le ou les programmes correspondants.

On remarquera que plusieurs fichiers ont 5 comme numéro logique standard. Dans ces conditions, il faudra prendre soin, le cas échéant, de disposer les cartes données correspondantes dans le bon ordre. Par exemple, si vecteurs et valeurs propres sont fournis sur cartes, ceux-ci devront être placés après les données générales et avant les données propres à chaque étape.

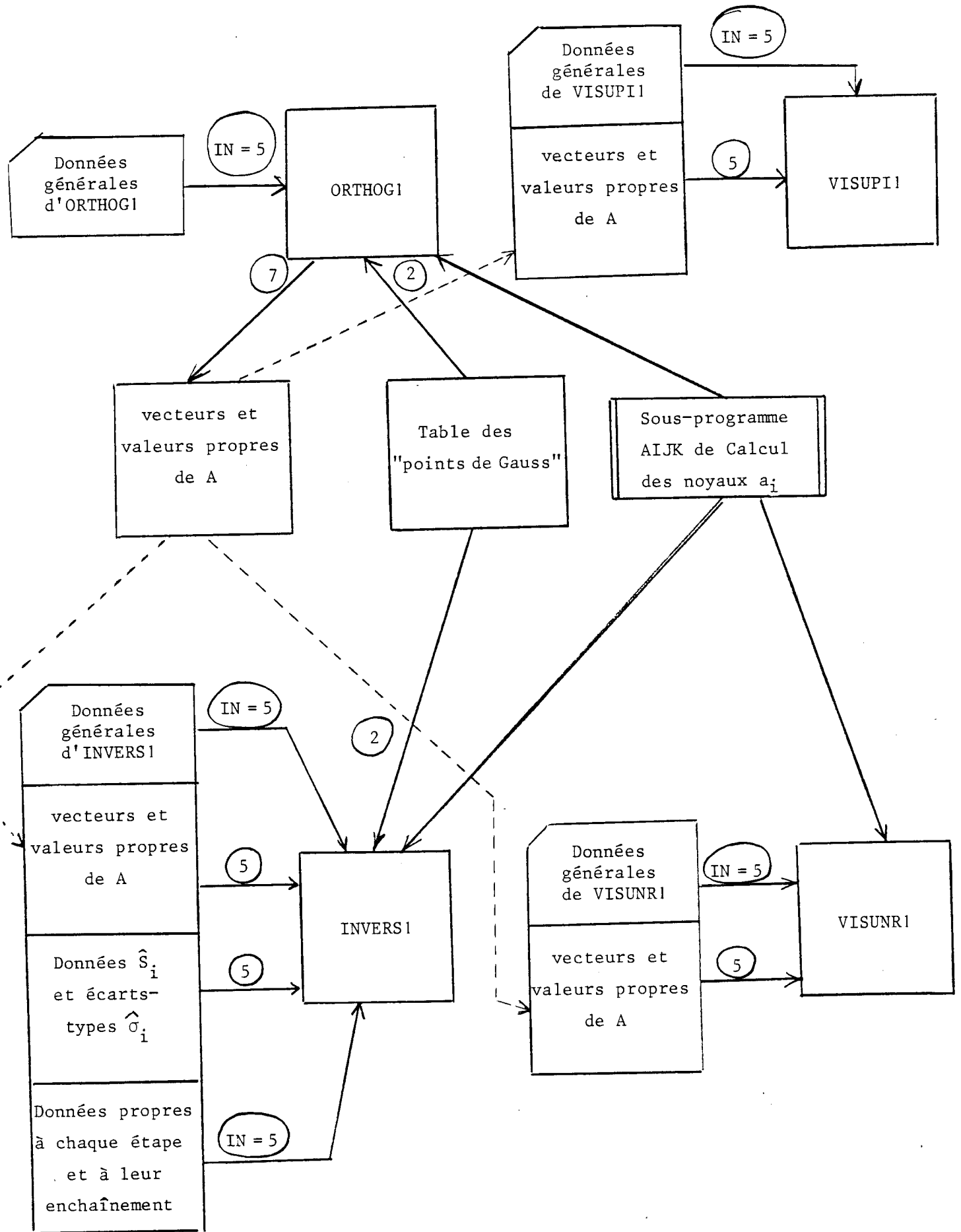
En outre, il faut noter que seuls les numéros logiques repérés dans ce schéma par IN = 5 ne sont pas directement modifiables par cartes données. En particulier les fichiers repérés par le simple chiffre 5 peuvent se voir attribuer, le cas échéant, un autre numéro logique, la valeur 5 n'étant alors ici qu'une valeur standard utilisée en l'absence d'information supplémentaire.

3.3. DESCRIPTION DES DONNEES

3.3.1. Généralités

Nous fournissons ici la structure détaillée de toutes les cartes données.

Certaines quantités peuvent se voir attribuer une "valeur standard" lorsque l'utilisateur n'a pas fourni de donnée correspondante (ou plus généralement lorsqu'il lui a attribué une valeur nulle). Ces valeurs seront mentionnées dans les tableaux ci-après sous la rubrique "valeur standard". La présence d'un tiret (-) signifiera qu'aucune option standard n'est prévue et que l'utilisateur doit absolument fournir une valeur.



3.3.2. Données de ORTHOG1

3.3.2.a. données générales

carte	colonnes	contenu	valeur standard	FORMAT
1	1-5	n : nombre de noyaux a_i	-	I5
	6-10	numéro logique de l'unité d'impression	6	I5
	11-15	numéro logique du fichier contenant la table des "points de Gauss"	2	I5
	16-20	numéro logique du fichier destiné à recevoir vecteurs et valeurs propres	7	I5
2	1-16	x_l, x_u } bornes de l'intervalle d'intégration	-	E16.8
	17-32			
	33-37	n_I : nombre de points utilisés pour le calcul numérique des intégrales par une méthode de Gauss	5	I5

3.3.2.b. Table des points de Gauss

Ils sont fournis à raison d'1 point par carte, chaque carte se présentant ainsi

carte	colonnes	contenu	
i	1-24	θ_i abscise réduite dans l'intervalle $[-1, +1]$	D24.17
	25-42	h_i coefficient de pondération affecté à ce point	D24.17

Rappelons que l'intégrale I d'une fonction f sur $[x_\ell, x_u]$ sera estimée par

$$I = \sum_{i=1}^{n_I} h_i f(x_i)$$

$$\text{avec } x_i = \frac{x_\ell + x_u}{2} + \theta_i \frac{x_u - x_\ell}{2}$$

Remarquons que, malgré les symétries, il est nécessaire de fournir les n_I points.

3.3.3. Données de INVERS1

On peut distinguer 4 types de données (en plus de la table des points de Gauss décrite en 3.3.2.b.)

- a) les données générales
- b) les données \hat{S}_i et leurs écarts types $\hat{\sigma}_i$
- c) les vecteurs et valeurs propres de la matrice A
- d) les données spécifiques aux étapes sélectionnées, y compris les éventuelles données complémentaires nécessaires (cf diagramme de IV.2.2.2.a.)

Les données a et d seront toujours des cartes (ou image carte) et elles seront toujours regroupées en 1 seul fichier les données b et c pourront être soit fournies sur des fichiers séquentiels séparés, soit fournies sous forme de cartes. Dans ce cas, il faudra tenir compte de ce que l'ordre ci-dessus mentionné (c'est à dire a, b, c, d) correspond à la chronologie d'accès à ces différentes données.

En ce qui concerne les données c, l'utilisateur n'a pas à se préoccuper de leur structure détaillée puisqu'elles lui sont fournies directement par le programme ORTHOG.

3.3.3.a. Données générales

Elles sont toujours présentes.

carte	colonnes	contenu	valeur standard	FORMAT
1	1-2	i_1 : choix de l'étape I recherche d'une solution particulière $i_1 = 0$ absence de cette étape $i_1 = 1$ recherche solution Backus et Gilbert f_0 $i_1 = 2$ recherche solution discrète positive f_1	-	I2
	3-4	i_2 : choix de l'étape II d'identification $i_2 = 0$ absence de l'étape $i_2 = 1$ identification du modèle entropie à partir de f_0 $i_2 = 2$ identification du modèle entropie à partir de f_1	-	I2
	5-6	$i_3 =$ étape III $i_3 = 0$ absence d'étape $i_3 = 1$ recherche de la solution maximum d'entropie f_2	-	I2

carte	colonnes	contenu	valeur standard	FORMAT
2	1-5	n : nombre de noyaux a_i	-	I5
	6-21	x_l x_u } bornes de l'intervalle d'integration	-	E16.8
	22-37			
	38-42	p_g : indicateur controlant les éditions en général $p_g = 1$ aucune édition implicite $p_g = 0$ édition des données lues sur cartes et les calculs intermédiaires dont l'édition n'est pas contrôlée par un indicateur spécifique	0	E16.8
	43-47	p_c : indicateur controlant l'édition (pour controle) des vecteurs propres et valeurs propres de A $p_c = 1$ édition $p_c = 0$ pas d'édition	0	I5
	48-52	p_{or} : indicateur controlant l'édition des nouvelles données et de leurs variances après les diverses orthogonalisations (données $\hat{S}'_i, \hat{\sigma}'_i, \hat{S}''_i, \hat{\sigma}''_i$) $p_{or} = 1$ édition $p_{or} = 0$ pas d'édition	0	I5
	53-57	numéro logique du fichier contenant les données \hat{S}'_i et leurs écarts-types $\hat{\sigma}'_i$	5	I5
	58-62	numéro logique du fichier contenant les vecteurs et valeurs propres de A	5	I5
	63-68	numéro logique de l'unité d'impression	6	I5

carte	colonnes	contenu	valeur standard	FORMAT
3	1-5	p' : nombre de noyaux orthogonaux Π_i requis pour l'étape II	-	I5
	6-10	q : nombre de noyaux orthogonaux utilisés pour l'étape III	-	I5

3.3.3.b. Données \hat{S}_i et écarts types $\hat{\sigma}_i$

L'utilisateur peut

+ soit fournir ces données à la suite des cartes relatives aux données générales. Dans ce cas il aura mentionné en colonnes 53 à 57 de la carte 2 (voir ci-dessus) le numéro logique du lecteur de cartes (généralement 5 sur IBM, 105 sur CII).

+ soit les placer dans n'importe quel fichier séquentiel (disque, bande ou cartes) dont il aura fourni le numéro logique dans les données générales.

Dans tous les cas, on trouvera dans les colonnes 1 à 64 4 valeurs écrites chacune dans le format E16.8. Les n données \hat{S}_i seront d'abord fournies, la dernière carte pouvant contenir moins de 4 valeurs (si n n'est pas multiple de 4). Les n données $\hat{\sigma}_i$ seront fournies de même à la suite.

3.3.3.c. Vecteurs propres et valeurs propres de A

Comme dans le cas précédent, l'utilisateur peut, soit fournir ces données à la suite des cartes données précédentes, soit sur un fichier séquentiel séparé. Le numéro logique correspondant étant placé dans les colonnes 58 à 62 de la carte 2 des données générales.

Dans les 2 cas, ces informations proviennent du programme ORTHOG1. L'utilisateur n'a donc pas, en principe, à se préoccuper du "format" de ces données. Signalons toutefois à titre indicatif, qu'elles sont dans le format 3D24.17, rangées dans l'ordre vecteurs propres, valeurs propres, et qu'une nouvelle carte est utilisée pour chaque vecteur propre.

3.3.3.d. Données spécifiques aux différentes étapes

Données étape 1.1 Backus et Gilbert

carte	colonnes	contenu	valeur standard	FORMAT
1	1-5	p_{gl} : précise si l'on désire ou non le graphe de la solution f_o de Backus et Gilbert $p_{gl} \leq 1$ pas de graphe $p_{gl} > 1$ édition du graphe en p_{gl} points	-	I5
	6-10	p_{11} : indicateur controlant l'édition des coefficients \hat{S}'_i de la solution $f_o = \sum_{i=1}^p \hat{S}'_i \Pi_i(x)$ $p_{11} \neq 0$ édition $p_{11} = 0$ pas d'édition	-	I5
	11-15	p_p : indicateur controlant le calcul de l'erreur de prédiction $p_p = 0$ calcul et édition $p_p = 1$ pas de calcul	-	I5
	16-20	p_S = indicateur controlant le calcul de la stabilité de la solution $p_S = 1$ calcul et édition $p_S = 0$ pas de calcul	-	I5

Données étape 1-2 - discrétisation sous contrainte

carte	colonnes	contenu	valeur standard	FORMAT
1	1-5	<p>m : nombre de points de la solution discrète f_1</p> <p>ϵ_c : valeur utilisée pour le test d'arrêt de convergence dans la recherche numérique (voir § 3.3.3.). (on arrête le calcul quand les m résidus sont inférieurs, en <u>valeur absolue</u> à ϵ_c)</p> <p>ϵ_a : coefficient affecté à la pondération de la norme de la solution f_1 dans sa recherche. Rappelons que la solution théorique est celle obtenue pour $\epsilon_a \rightarrow 0$; pour des raisons liées au calcul numérique, l'utilisateur doit "estimer" une bonne valeur de ϵ_a (voir § 3.3.3.).</p> <p>p_{g_1} : précise si l'on souhaite ou non le graphe de la solution f_1 $p_{g_1} = 0$ pas de graphe $p_{g_1} = 1$ graphe en m points</p> <p>p_{12} : indicateur controlant le calcul des résidus $p_{12} = 0$ pas de calcul $p_{12} = 1$ calcul et édition</p>	- - - -	I5 E16.8 E16.8 I5 I5

Données d'enchaînement étapes 1 et 2

Elles n'existent que si l'étape 2 est requise, sans que l'étape 1 correspondante le soit. On remarquera que ces données apparaissent alors avant les données propres de l'étape 2.

+ Données complémentaires étape 2-1

carte	colonnes	contenu	valeur standard	FORMAT
1 et sui- vantes	1-64	valeurs des p coefficients λ_i d'une fonction f_0 de la forme $f_0(x) = \sum_{i=1}^p \lambda_i \Pi_i(x)$ à raison de 4 valeurs par carte	-	4E16.8

+ Données complémentaires étape 2-2

carte	colonnes	contenu	valeur standard	FORMAT
1	1-5	m : nombre de points de la fonction f_1 fournie	-	I5
2 et sui- vantes	1-64	m valeurs de la fonction f_1 en ces m points, à raison de 4 valeurs par carte	-	4E16.8

Données étape 2-1. Identification du modèle entropie à partir de la solution f_o .

carte	colonnes	contenu	valeur standard	FORMAT
1	1-5	m : nombre de points en lesquels on discrétise la solution f_o pour identifier le modèle entropie (cf § 3.4.4.)	-	I5
	6-21	ϵ_m : seuil > 0 utilisé comme indiqué ci-dessous	-	E16.8
	22-26	v (*) indicateur conditionnant l'utilisation de ϵ_m $v = 0$ on ne prend en compte pour l'identification que les points où f_o est $> \grave{a} \epsilon_m$ $v = 1$ les m points sont pris en compte et ceux où f_o est $< \grave{a} \epsilon_m$ sont ramenés à ϵ_m	-	I5
	27-31	p_{21} : indicateur controlant l'édition des coefficients du modèle entropie identifié $p_{21} = 0$ pas d'édition $p_{21} = 1$ édition	-	I5
	32-36	p_{g2} : précise si l'on souhaite le graphe du modèle entropie identifié $p_{g2} \leq 1$ pas de graphe $p_{g2} > 1$ édition du graphe en p_{g2} points	-	I5
	37-41	p_{22} non utilisé	-	I5
	42-46	p_{23} : indicateur controlant l'édition des points utiles (abscisses et ordonnées) de la fonction à identifier après passage au logarithme	-	I5

(*) Remarques : on a prévu ces 2 modes ici, pour tenir compte de ce que la solution f_0 pouvant prendre des valeurs négatives importantes, il pouvait paraître hasardeux de les assimiler à une valeur ϵ_m .

Données étape 2-2. Identification du modèle entropie, à partir de la solution f_1

carte	colonnes	contenu	valeur standard	FORMAT
1	1-16	ϵ_m : seuil > 0 . Les points correspondants à des valeurs de $f_1 < \epsilon_m$ sont ramenés à cette valeur ϵ_m (cf § 3.4.4.)	-	E16.8
	17-21	p_{21} : indicateur controlant l'édition des coefficients du modèle entropie identifié $p_{21} = 0$ pas d'édition $p_{21} = 1$ édition	-	I5
	22-26	p_{g2} : précise si l'on souhaite le graphe du modèle entropie identifié $p_{g2} \leq 1$ pas de graphe $p_{g2} > 1$ graphe en p_{g2} points	-	I5
	27-31	p_{22} : indicateur controlant le calcul et l'édition des résidus de l'identification par les moindres carrés $p_{22} = 0$ pas d'édition $p_{22} = 1$ calcul et édition	-	I5
	32-36	p_{23} : indicateur controlant l'édition des points (abscisses et ordonnées) de la fonction à identifier, après passage au log $p_{23} = 0$ pas d'édition $p_{23} = 1$ édition	-	I5

Données d'enchaînement étapes 2 et 3

Elles n'existent que si l'étape 3 est requise sans que l'étape 2 le soit. Ces données sont alors placées avant les données propres de l'étape 3.

carte	colonnes	contenu	valeur standard	FORMAT
1 et suivantes	1-64	valeurs initiales des q coefficients du modèle entropie à raison de 4 valeurs par carte	-	4E16.8

Données étape 3. Recherche de la solution d'entropie maximum.

carte	colonnes	contenu	valeur standard	FORMAT
1	1-5	n_I : nombre de points utilisés pour le calcul numérique des intégrales par une méthode de Gauss	-	I5
	6-10	p_{31} : indicateur controlant le calcul et l'édition de la stabilité de la solution (norme de la solution, norme de l'erreur, coefficient de stabilité) $p_{31} = 0$ pas de calcul $p_{31} = 1$ calcul et édition	0	I5
	11-15	p_{32} : indicateur controlant le calcul et l'édition des résidus, exprimés sur les noyaux a_i (\hat{s}_i mesuré, \tilde{s}_i prédit, $\hat{s}_i - \tilde{s}_i, \frac{\hat{s}_i - \tilde{s}_i}{\sigma_i}, P_r$) $p_{32} = 0$ pas de calcul $p_{32} = 1$ calcul et édition	0	I5
	16-20	nombre maximum d'itérations autorisées dans la recherche de la solution	-	I5

carte	colonnes	contenu	valeur standard	FORMAT
1 (suite)	21-25	k : indicateur controlant l'édition des paramètres λ_i au cours des itérations k = 0 pas d'édition k > 0 édition des λ_i toutes les k itérations	0	I5
	26-30	p_{g_3} précise si l'on souhaite ou non le graphe de la solution f_2 $p_{g_3} \leq 1$ pas de graphe $p_{g_3} > 1$ graphe en p_{g_3} points	0	I5
	31-35	p_ϵ : indicateur précisant les valeurs ϵ_i à utiliser pour le test d'arrêt des itérations sur résidus $\left(\frac{\hat{y}_i'' - \hat{s}_i''}{\sigma_i''}\right)^2 < \epsilon_i \quad i = 1, q$ $p_\epsilon = 0$ on utilise $\epsilon_i = 0,5$ $p_\epsilon = 1$ les valeurs des ϵ_i sont fournies par l'utilisateur, dans les cartes suivantes	0	I5
	36-40	numéro logique du fichier contenant la table des points de Gauss	2	I5

carte	colonnes	contenu	valeur standard	FORMAT
2 et sui- vantes (seu- lement si $p_\epsilon=1$)	1-72	q valeurs ϵ_i à utiliser pour le test d'arrêt sur les résidus, à raison de 6 valeurs par carte	-	6E12.4

Remarques : Le controle du nombre maximal d'itérations ne se justifie qu'en tant que garde-fou. Il est clair qu'une solution obtenue par atteinte de ce nombre maximal ne devra, en aucun cas, être considérée comme satisfaisante par l'utilisateur.

On n'oubliera pas, dans le cas où l'on souhaite fournir les valeurs ϵ_i que celles-ci doivent s'exprimer en "écarts types" sur les nouvelles données \hat{S}_i ". Autrement dit $\epsilon_i = 1$ correspond au cas où l'on cherche à satisfaire \hat{S}_i " à $\hat{\sigma}_i$ " près.

3.3.4. Données de VISUPI1

En ce qui concerne vecteurs et valeurs propres de A, on se reportera au paragraphe 3.3.3.c.

Les données générales se présentent ainsi

carte	colonnes	contenu	valeur standard	FORMAT
1	1-5	n : nombre de noyaux a_i	-	I5
	6-10	p' : nombre de noyaux orthogonaux Π_i à tracer (on trace les p' relatifs aux p' plus grandes valeurs propres de A)	-	I5
	11-26	} bornes de l'intervalle I	-	E16.8
	27-42		-	E16.8
	43-47	n_g : nombre de points du graphe de chaque noyau Π_i	-	I5
	48-52	numéro logique du fichier contenant vecteurs et valeurs propres de A	5	I5

3.3.5. Données de VISUNR1

En ce qui concerne vecteurs et valeurs propres de A, on se reportera au paragraphe 3.3.3.c.

Les données générales se présentent ainsi.

carte	colonnes	contenu	valeur standard	FORMAT
1	1-5	n : nombre de noyaux a_i	-	I5
	6-10	p' : nombre de noyaux orthogonaux pris en compte	-	I5
	11-15	p_g : nombre de points du graphe de chaque noyau résolvant	-	I5
	16-31	x_l } bornes de l'intervalle I x_u	-	E16.8
	32-47		-	E16.8
	48-52	numéro logique du fichier contenant vecteurs et valeurs propres de A	5	I5
2 et sui- vantes	1-8	x_0 : abscisse en laquelle on souhaite tracer le noyau résolvant : $A(x_0, x) = \sum_{i=1}^{p'} \Pi_i(x) \Pi_i(x_0)$ (Arrêt du programme lorsque l'on détecte la fin du fichier cartes)	-	F8.0

3.4. CARACTERISTIQUES EXTERNES DU SOUS-PROGRAMME DE CALCUL DES NOYAUX

Il sert à calculer les valeurs d'un noyau en un certain nombre de points.

Il est appelé par

CALL AIJK (X, N, K, R)

où :

X est un vecteur de N réels double-précision contenant les différentes valeurs de la variable x pour lesquelles on souhaite calculer $a_K(x)$

K est une variable entière contenant le rang du noyau dont on désire calculer la valeur en N points

R est un vecteur de N réels double-précision qui contiendra les valeurs du noyau a_K aux différents points mentionnés.

Si $X(i)$ désigne le i ème élément du tableau X on peut écrire

$$R(i) = a_K [X(i)]$$

Si l'utilisateur désire connaître le nombre n de noyaux a_i , à l'intérieur de ce sous-programme, il pourra l'obtenir en se référant au 1er mot (entier) d'un "COMMON" de nom CALJK. Par exemple, l'instruction COMMON/CALJK/NA permettra d'obtenir, dans la variable NA, le nombre n de noyaux a_i .

3.5. LIMITATIONS

Malgré une gestion "dynamique" de la plupart des tableaux dont la taille dépend du problème traité, un certain nombre de contraintes restent actuellement imposées à l'utilisateur. Nous distinguons les limitations générales que l'on retrouve au niveau de tous les programmes et les limitations spécifiques à chaque programme.

3.5.1. Limitations générales

Elles portent essentiellement sur le nombre de noyaux n et le nombre de points d'intégration n_j . On doit respecter

$$n < 36$$

$$n_1 \leq 32$$

En outre, dans tous les cas où un graphe est souhaité, on s'assurera que la valeur affectée à la variable VMAX du COMMON VGRPH, représentant la valeur maximale de la fonction à tracer, est satisfaisante. Elle est fixée, dans la version standard à 5.

3.5.2. Limitations propres à INVERS1

En plus des limitations générales, on a les 2 contraintes suivantes.

1) Le nombre m de points de discrétisation (étape 2.2) doit être ≤ 100 .

Cependant, la modification de cette contrainte est aisée. Il suffit, en effet, dans le programme principal :

- + de modifier la valeur de la variable NPTMAX
- + de reporter cette valeur comme dimension du tableau B.

2) La taille du tableau Z réservé dans le COMMON nommé WORK doit être suffisante pour y loger tous les tableaux requis par le problème.

La taille requise pour chacune des étapes est :

- pour l'étape 1.2 (solution discrète avec contraintes)

$$T_1 = m^2 + 2m(p' + 1)$$

- pour l'étape 2.1

$$T_2 = 2p'^2 + 2m(p' + 2) + 2p'$$

- pour l'étape 2.2

$$T_3 = 2p'^2 + 2m(p' + 3) + 2p'$$

où :

m est le nombre de points de la solution discrète (étape 1.2) ou le nombre de points utilisés par l'identification du modèle entropie à partir de f_0 ou de f_1 (étapes 2.1 et 2.2)

p' est le nombre de noyaux orthogonaux Π_i sélectionnés.

Aucune limitation supplémentaire n'est imposée pour les autres étapes.

L'utilisateur devra donc vérifier que les valeurs T_1 , T_2 , T_3 relatives à son problème sont inférieures à la taille du tableau Z, fixée en standard à 5600 mots. Si ce n'est pas le cas, il devra

- modifier en conséquence la taille du tableau Z
- modifier corrélativement l'instruction

NTAIL = 5600

On notera que l'on n'aura aucun intérêt à diminuer au-dessous de 5600 la taille de Z. En effet, d'autres utilisations de cette "zone de travail" requèrent cette valeur minimale.

Signalons que le cas où NTAIL a une valeur insuffisante pour traiter le problème requis est signalé par le programme à l'utilisateur. Notamment, il est informé, dans ce cas, de la valeur nécessaire

4 - EXEMPLE D'UTILISATION

4.1. INTRODUCTION

Nous proposons ici un exemple de traitement réalisé sur 5 noyaux simples d'expression :

$$a_1(x) = \sin \pi x$$

$$a_2(x) = \cos \pi x$$

$$a_3(x) = \cos 2\pi x$$

$$a_4(x) = \sin 3\pi x$$

$$a_5(x) = \cos \pi x$$

On a choisi comme domaine $I = [0, 2]$. Les intégrations numériques ont été faites avec 16 points.

Nous fournissons, après la liste du programme AIJK correspondant, la liste des données intervenant dans l'exécution des programmes ORTHOG1 et INVERS1 ainsi que les résultats obtenus.

On remarquera que toutes ces listes font apparaître certaines informations telles que :

- nom du fichier listé (1ère ligne)
- numéro de ligne (éventuellement)
- le mot "READY" (dernière ligne)

Ces informations dues au système conversationnel utilisé pour effectuer la dite liste, ne devront, bien entendu, pas figurer dans le fichier données correspondant.

4.2. LISTE DU PROGRAMME AIJK

```
00010 SUBROUTINE AIJK(X*N,K,R)
00020 C MODULE UTILISE POUR LE TEST DU LOGICIEL DE RESOLUTION D'UN PB INVERSE
00030 C A UNE VARIABLE
00040 C AIJK EST PREVU ICI POUR FOURNIR 6 NOYAUX DIFFERENTS
00050 C SI K EST SUP 6 6 LE NOYAU CORRESPONDANT SERA NUL
00060 C
00070 C IMPLICIT REAL*8 (A-H,I-Z)
00080 C DIMENSION X(N),R(N)
00090 C DATA PI/3.14159265357
00100 C DO 100 I=1,N
00110 C X=0.1*I
00120 C Z=0.
00130 C IF(K.EQ.1) Z=BSIN(PI*X)
00140 C IF(K.EQ.2) Z=DCOS(PI*X)
00150 C IF(K.EQ.3) Z=DCOS(2.*PI*X)
00160 C IF(K.EQ.4) Z=DSIN(3.*PI*X)
00170 C IF(K.EQ.5) Z=BSIN(4.*PI*X)
00180 C IF(K.EQ.6) Z=DCOS(PI*X)
00190 C HALT=Z
00200 C CONTINUE
00210 C RETURN
00220 C END
00230 C READY
```

4.3. EXEMPLE D'UTILISATION DE ORTHO1

4.3.1. Liste des données générales (fichier de numéro logique 5)

```
00010 SUBROUTINE ORTHO1(X,N,K,R)
```

00020 C READY

4.3.4. Liste du fichier "vecteurs propres et valeurs propres"
(fichier n° 7)

```

ORL2294, DELANNOY, PBIN011VVF Y
-0.2770253118684773D+00 0.15207158469523137D+00 0.90618313888511620D+00
-0.15207158469523137D+00 0.29903505250347294D+00 0.35624279874622724D+00
-0.70710670308851356D+00 0.47243517452555111D+00 0.70710685928423514D+00
-0.35624306047337037D+00 -0.67392783200214083D+00 0.70710685928408262D+00
-0.18308025273424451D+12 0.70710670308836149D+00 0.67392825493465831D+00
0.64078627018142647D+00 0.46409118859783121D+00 0.42288546813829613D+00
-0.46409118859783121D+00 0.64078621454073836D+00 -0.70710670113504145D+00
-0.673927796687114D+00 -0.14955488132943673D+00 -0.67392809026802914D+00
0.70710688123738632D+00
-0.90144502593437367D+00 0.71220655881490752D+00 0.499999998159848764D+00
0.28779343156272129D+00 0.9855504141237363D+01

```

READY

4.4. EXEMPLE D'UTILISATION DE INVERSI

4.4.1. Liste des données \hat{S}_1 et de leurs écarts types $\hat{\sigma}_1$ (fichier n° 4)

Nous avons choisi les données \hat{S}_1 engendrées par une distribu-
tion de Dirac en $x_0 = 1.05$. Autrement dit :

$$s_1 = \int_0^2 a_1(x) \delta_{x_0}(x) dx = a_1(x_0)$$

$$s_2 = a_2(x_0), \text{ etc...}$$

Nous leur avons attribué (arbitrairement) des écarts types
égaux à 10 % de leur valeur absolue.

```

ORL2294, DELANNOY, PBIN011VVF Y
-0.2770253118684773D+00 0.15207158469523137D+00 0.90618313888511620D+00
0.15207158469523137D+00 0.29903505250347294D+00 0.35624279874622724D+00
0.70710670308851356D+00 0.47243517452555111D+00 0.70710685928423514D+00
0.35624306047337037D+00 -0.67392783200214083D+00 0.70710685928408262D+00
0.18308025273424451D+12 0.70710670308836149D+00 0.67392825493465831D+00
0.64078627018142647D+00 0.46409118859783121D+00 0.42288546813829613D+00
-0.46409118859783121D+00 0.64078621454073836D+00 -0.70710670113504145D+00
-0.673927796687114D+00 -0.14955488132943673D+00 -0.67392809026802914D+00
0.70710688123738632D+00
-0.90144502593437367D+00 0.71220655881490752D+00 0.499999998159848764D+00
0.28779343156272129D+00 0.9855504141237363D+01

```

READY

COMPUT 10/1/81

RESOLUTION D'UN PROBLEME INVERSE A UNE VARIABLE

CHAINE DEMANDEE = I I I

NO FICHIER DES DONNEES S ET DE TYPES =

NO LIGNES RELEVES ET VALEURS TROUVES =

NOMBRE DE NOYAUX = 5

BORNES DE L'INTERVALLE I = 0.0 0.20000000D+01

VALEURS DES DONNEES SI =

-0.14773244D+00 -0.98902732D+00 0.5633031D+00 -0.43020031D+00
0.55873475D+00

ECARTS TYPES SUR LES SI =

0.14773235D-01 0.98902702D-01 0.95634997D-01 0.43020031D-01
0.55873466D-01

NOMBRE DE NOYAUX ORTHOGONAUX SELECTIONNES =

POUR LE MODELE LINEAIRE = 3

POUR LE MODELE ENTROPIE = 3

POUR CREER LA MATRICE DE PASSAGE DES RIJK AUX FIJK = 3

VALEURS DES S APRES ORTH. =

0.56014866D+00 0.1629929D+01 -0.44666558D+00

VALEURS DES ECARTS TYPES APRES ORTH.

0.50968738D-01 0.11527418D+00 0.31948123D-01

*** RECHERCHE SOLUTION DE BACRUS ET GILBERT ***

NORME DE CETTE SOLUTION = 0.32921845D+01

NORME DE L'ERREUR = 0.16906532D-01

COEF. DE STABILITE = 0.31523845D-02

*** IDENTIFICATION DU MODELE ENTROPIE

A PARTIR DE LA SOLUTION DE BACRUS ET GILBERT ***

NOMBRE DE POINTS REQUIS = 25

VAL. MIN. POUR FCT A IDENTIFIER = 0.10000000D+00

MODE CHOISI = I

NR PTS SELECTIONNES = 25

COEFF. DU MODELE ENTROPIE IDENTIFIE =

-0.26755366D+00 0.13744532D+01 -0.23232450D+00

GRAPHES DE LA FONCTION IDENTIFIEE (X) ET DE LA FONCTION A IDENTIFIER (Y)

0.0	0.00	0.37	*	+
0.05	-0.31	0.27	*	+
0.17	-0.97	0.19	*	+
0.25	-1.73	0.11	*	+
0.33	-2.11	0.08	*	+
0.42	-1.81	0.09	*	+
0.50	-1.02	0.13	*	+
0.58	-0.25	0.22	*	+
0.67	0.11	0.36	*	+
0.75	0.20	0.57	*	+
0.83	0.54	0.97	*	+
0.92	1.48	1.92	*	+
1.00	2.73	3.68	*	+
1.08	3.53	4.79	*	+
1.17	3.19	3.24	*	+
1.25	1.73	1.21	*	+
1.33	-0.11	0.37	*	+
1.42	-1.41	0.15	*	+
1.50	-1.71	0.10	*	+
1.58	-1.24	0.12	*	+
1.67	-0.62	0.17	*	+
1.75	-0.20	0.24	*	+
1.83	-0.03	0.31	*	+
1.92	0.04	0.37	*	+
2.00	0.00	0.37	*	+

VALEURS DES DONNEES SUR LA BASE DES MU

0.1380E+01 0.6800E+00 0.1360E+00

*** RECHERCHE DE LA SOLUTION MAXIMUM D'ENTROPIE ***

NB DE POINTS DE GAUSS = 0

IMPRESSION DES COEFF TOUTES LES 10 ITERATIONS

NB MAX D'ITERATIONS = 25

PRECISION REQUISE SUR CHAQUE COEFFICIENT =

0.99999994D-10 0.99999994D-10 0.99999994D-10

PRECISION SUR LES DONNEES DS LA BASE DES MU

(EXPRIMEE EN NOMBRE D'ECARTS TYPES)

0.50000000D+00 0.50000000D+00 0.50000000D+00

ENTREE VARIAD

0	0	1
0.1556090E+02		
-0.2676559E+00	0.1374453D+01	-0.2323246D+00
0.9012726E+02	0.2347513D+02	0.5312491D+02
0.1229221E+01	0.3123309D+01	0.1423369D+01
0	2	4
0.3483439E-11		
-0.6427358E+00	0.1248513D+01	-0.7840671E-02
0.4990288D-05	0.4417172D-06	0.1743387E-05

VALEUR MINIMUM DE LA QUANTITE A MINIMISER = 0.3483438E-11

COEFFICIENTS DE LA SOLUTION MAX ENTROPIE

-0.64270E+00 0.1249D+01 -0.7841E-02

GRAPHME DE LA SOLUTION D'ENTROPIE MAXIMUM

0.0	0.0	0.37 *
0.08	0.0	0.39 * +
0.17	0.0	0.27 * +
0.25	0.0	0.15 *+
0.33	0.0	0.10 *+
0.42	0.0	0.12 *+
0.50	0.0	0.24 * +
0.58	0.0	0.48 * +
0.67	0.0	0.66 * +
0.75	0.0	0.65 * +
0.83	0.0	0.72 * +
0.92	0.0	1.27 * +
1.00	0.0	2.78 * +
1.08	0.0	4.91 * +
1.17	0.0	3.27 * +
1.25	0.0	0.92 * +
1.33	0.0	0.21 * +
1.42	0.0	0.08 * +
1.50	0.0	0.07 * +
1.58	0.0	0.10 * +
1.67	0.0	0.17 * +
1.75	0.0	0.21 * +
1.83	0.0	0.23 * +
1.92	0.0	0.28 * +
2.00	0.0	0.37 * +

NORME DE LA SOLUTION = 0.40291048D+01

NORME DE L'ERREUR = 0.97224818D-02

COEFFICIENT DE STABILITE = 0.24130625D-02

RECHERCHE DE L'ERREUR DE PREDICTION

I	S. MESURE	S. PREBIT	DELTA(S)	DELTA(S)/VAR(S)
	-0.14773244D+00	-0.12398967D+00	-0.23742767D-01	0.16071475D+01
	-0.98902732D+00	-0.10167180D+01	0.27690597D-01	0.27977517D+00
	0.75635021D+00	0.83081179D+00	0.12553842D+00	0.13126839D+01
	0.43030035D+00	-0.47677954D+00	0.44498136D-01	0.10803217D+01
	0.55873475D+00	0.52133046D+00	0.37595290D-01	0.67264195D+00

ECART QUADRATIQUE MOYEN= 0.64290038D-01

ERREUR DE PREDICTION= 0.99061463D+00

REMARQUES

La solution de Backus et Gilbert, bien que prenant des valeurs négatives aux extrémités, donne une assez bonne représentation de la distribution de Dirac utilisée pour simuler les données. La solution du maximum d'entropie est toutefois meilleure. Outre le fait qu'elle admet partout des valeurs positives, elle est sensiblement plus résolvente. L'identification n'est cependant pas parfaite. On a quelques difficultés à reconstruire une distribution de Dirac à l'aide d'un algorithme basé sur la recherche d'une fonction uniforme. On pouvait bien évidemment chercher à reproduire les données avec une fidélité plus grande mais ce serait au prix d'un accroissement de l'instabilité.

NOTES CRPE - DIFFUSION

- C.N.E.T., 38-40 Rue du Général Leclerc - 92131 ISSY LES MOULINEAUX
 - . M. Maurice BERNARD, (Direction) 1 ex.
 - . M. LE MEZEC (DICET) 1 ex.
 - . M. PROFIT (Direction) 1 ex.
 - . M. DUBOS (PARIS B) 1 ex.
 - . S.D.I./DIP Bibliothèque 1 ex.
- R.P.E. -
 - . I. REVAH 1 ex.
 - . P. BAUER 1 ex.
 - . Bibliothèque 2 ex.
 - (Circulation Chefs de Groupe) + 1 ex.
- C.N.E.T. Lannion - Bibliothèque - Route de Trégastel 22300 LANNION 1 ex.
- C.R.P.E. - C.N.R.S. 45045 ORLEANS CEDEX
 - . J. HIEBLOT 1 ex.
 - . Bibliothèque 2 ex.
 - (Circulation Chefs de Groupe) + 1 ex.
- L.G.E. - 4 Avenue de Neptune - 94100 ST MAUR DES FOSSES
 - . Bibliothèque 1 ex.
- C.N.R.S. Bibliothèque Service "Rapports" à l'Attention de Mme CARROLL - 26, rue Boyer - 75791 PARIS Cédex 20 1 ex.
- C.N.E.S. - 129 rue de l'Université - 75007 PARIS 1 ex.
- I.N.A.G. - 17 Avenue Denfert Rochereau - 75014 PARIS 1 ex.
- I.U.T. BOURGES - 18 Avenue de Lattre de Tassigny - 18000 BOURGES
 - . MM. RENARD Claude, GIRARDEAU MONTAUT J.P. 2 ex.
- DR. C.A. REDDY, Head of Space Physics Division - Vikram Sarabhai Space Centre, Trivandrum 695022 - India 1 ex.
- Pr. Satya PRAKASH - Physical Research Laboratory Navrangura Ahmedabad 380009 - India 1 ex.
- Pr. A.K. GHATAK - Department of Physics - Indian Institute of Technology - New Delhi 110029 - India 1 ex.
- Directeur C.E.S.R. - B.P. 4057 - 31029 TOULOUSE 1 ex.
- E.S.A. - Melle G. SPATZ - Service Documentation Spatiale 8-10 rue Mario Nikis - 75738 PARIS Cédex 15 1 ex.
- Directeur C.E.P.H.A.G. - B.P. 15 - 38040 GRENOBLE Cédex 1 ex.

CRPE ORLEANS Cairo
Debrie
Décréau Pierrette
Feix
Hamelin
Parrot
Storey
Hayakawa

CRPE ISSY Cornilleau
Etcheto
Gendrin
Robert

LGE Pottelette
Malingre
Lavergnat
Berthelie

CEPHAG Glangeaud
Lacoume

STANFORD Carpenter
T. Miller

CORNELL R. Pfaff

COPENHAGUE T. Neubert

CANADA G. James

DELANNOY 20 exemplaires
LEFEUVRE 20 exemplaires
Bibliothèque 20 exemplaires

CRPE
*Centre de Recherches
en Physique de l'Environnement
terrestre et planétaire*

*Avenue de la Recherche scientifique
45045 ORLEANS CEDEX*

Département PCE
*Physique et Chimie
de l'Environnement*

*Avenue de la Recherche scientifique
45045 ORLEANS CEDEX*

Département ETE
*Etudes par Télédétection
de l'Environnement*

*CNET - 38-40 rue du général Leclerc
92131 ISSY-LES-MOULINEAUX*