



THESIS / THÈSE

MASTER EN SCIENCES INFORMATIQUES

Analyse des données en vue d'un système expert concernant la podométrie électronique

Tilman, Benoît

Award date:
1986

Awarding institution:
Universite de Namur

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

FACULTES UNIVERSITAIRES
N.D DE LA PAIX - NAMUR

Institut d' Informatique.

**Analyse des données en vue
d'un système expert
concernant la podométrie
électronique**

TILMAN Benoît

Mémoire présenté en vue de
l'obtention du grade de
licencié et maître en
informatique.

Promoteur : J. FICHEFET

Année Académique 1985-1986

Pour mener à bien ce travail, j'ai bénéficié de la précieuse collaboration du Docteur Steinfort, créateur d'une méthodologie nouvelle pour le traitement du "pied douloureux". Ce travail n'aurait pu être mené à son terme sans son apport et sa patience.

Jean Fichet, professeur à l'Institut d'informatique, m'a guidé vers les méthodes mathématiques ad hoc et m'a aidé à les comprendre.

L'environnement technique nécessaire m'a été fourni, avec compétence et bienveillance par Jacques Paris, membre de l'A.S.B.L Archimède.

Patrick Steinfort s'est chargé de la réalisation des photos illustrant ce travail.

Germain Kelner, responsable du Centre de Rencontres des Facultés nous y a accueilli chaleureusement pour les discussions et réunions préparatoires.

La dactylographie a été effectuée sur le MacIntosh du Laboratoire de Biologie Animale, avec l'aimable autorisation du R.P Devos.

Que tous trouvent ici l'expression de ma reconnaissance.

Table des matières.

Introduction.

i. préambule	1
ii. organisation du mémoire	2

Chapitre 1 : Etude de l'existant.

1. la podométrie électronique.	
i. préambule	4
ii. introduction	5
iii. raisons de la création du podomètre électronique	9
iv. le podomètre électronique	11
v. méthodologie	12
vi. mesures : profil podométrique	13
vii. les orthèses millimétriques de réharmonisation	13
viii. étude des tracés polygraphiques et définitions	14
ix. analyse des mesures, établissement du profil podométrique et prescription de l'orthèse	17
x. causes d'erreurs de l'examen	18
xi. conclusions	19
2. le codage des données	
i. la fiche examen	21
ii. homogénéité et exhaustivité	23
iii. transformation des données	24

Chapitre 2 : Choix des méthodes d'analyse.

i. les types de problèmes	28
ii. choix des méthodes	29
iii. principales définitions et notations	30

Chapitre 3 : Application des méthodes d'analyse.

1. Analyse en composantes principales.	
i. introduction	34
ii. recherche des composantes et des facteurs principaux .	37
iii. interprétation des résultats	39

2. Classification hiérarchique.	
i. introduction	48
ii. algorithme de classification	50
iii. interprétation des résultats	52
3. Analyse discriminante.	
i. introduction	60
ii. analyse discriminante décisionnelle	61
iii. interprétation des résultats	65
4. Notes concernant les programmes	67

Chapitre 4 : Perspectives et conclusions

i. les résultats actuels	69
ii. validation de la base de connaissances	71
iii. représentation des connaissances	72
iv. conclusions	73

Annexes

Bibliographie

Introduction

i. Préambule.

L'expression "*systeme expert*" désigne un système informatique doué d'une connaissance et d'un comportement proche de ceux d'un expert humain. Cet expert correspond, dans le domaine médical, au spécialiste auquel un praticien envoie un cas qu'il n'arrive pas à cerner.

Le problème principal lors de la construction de tels systèmes est le transfert de la connaissance, de sa source vers un programme d'ordinateur, sous une forme compréhensible par celui-ci. La capacité du système à résoudre un problème dépendra de la quantité et de la qualité de l'information disponible.

Cette connaissance est généralement constituée par :

1. Les faits élémentaires, ou considérés comme tels. C'est la constatation de l'existence de faits : un pied douloureux, une talalgie, la présence d'un durillon, la valeur des pressions subies par l'appareil métatarsien;

2. les liens entre les faits élémentaires qui permettent de compléter la description des faits élémentaires, de décrire les propriétés et les associations des faits entre eux.

Pour utiliser cette connaissance (principalement pour déduire ou induire l'existence de nouveaux faits ou de nouvelles propriétés) il est nécessaire de disposer d'un ou plusieurs mécanismes de manipulation : des algorithmes, des stratégies ou heuristiques.

L'acquisition des connaissances peut se faire à partir de diverses sources : l'expert lui-même, des livres, une banque de données. Dans tous les cas, il s'agit d'un processus itératif, nécessitant la coopération de l'expert et de l'analyste car la connaissance, dans le domaine médical, ne forme pas un bloc complet. Au fur et à mesure que l'analyste apprend

Introduction

sur le sujet, il peut poser des questions et, de même, l'expert peut réfléchir aux formes d'expression de sa connaissance.

Nous avons décidé ici, d'apprendre "par l'exemple", en exploitant les expériences enregistrées le plus objectivement possible par le Docteur Steinfort depuis près de quinze ans.

Cette exploitation s'est effectuée au moyen de méthodes d'analyse de données : celles-ci permettent de faire des hypothèses sur les données, sur leur structure, de découvrir des relations inconnues.

L'introduction des systèmes experts dans le domaine médical oblige le médecin à mieux formaliser sa pensée, à mieux l'analyser, à mieux l'exprimer. "La connaissance ainsi rénovée et mieux exprimée, devient beaucoup plus efficace, non seulement pour les systèmes informatiques, mais pour l'homme lui-même qui, ainsi, sait mieux ce qu'il sait et comment il le sait L'écriture, l'extraction de la connaissance, sa formulation claire, comportent un aspect pédagogique certain, et de plus, poussent l'homme à émettre des hypothèses qu'il n'aurait pas envisagées en d'autres circonstances" [Fieschi].

ii. Organisation du mémoire.

Le *chapitre 1* présente un résumé des connaissances spécifiques au domaine sous étude : les notions fondamentales de l'orthopédie y seront développées ainsi que les raisons ayant conduit à la création du podomètre électronique. Une attention particulière est donnée au raisonnement intervenant dans l'établissement du profil podométrique et dans la prescription des orthèses millimétriques de réharmonisation. Ce chapitre explique également comment les données servant de base à l'étude ont été encodées.

Le *chapitre 2* rappelle ce qu'est l'analyse de données ainsi que les types de problèmes qu'elle permet de résoudre. Il contient également les critères qui ont conduit aux choix des méthodes.

Le *chapitre 3* explique de manière détaillée le contenu et la manière d'utiliser les résultats de ces méthodes, afin d'extraire les connaissances que recèlent ces données mais qu'on ne peut appréhender directement.

Introduction

Le *chapitre 4* suggère des éléments de référence pour l'évaluation du niveau d'expertise de l'ébauche du système réalisé. Il n'existe pas de standard pour une validation objective de la base de connaissances et généralement, le critère retenu est la concordance entre l'avis de l'expert et du système. Pourtant, en médecine, cette validation doit s'appuyer particulièrement sur une méthodologie irréprochable, étant donné les problèmes éthiques que pose la diffusion de systèmes informatiques : il faut pouvoir assurer qu'un médecin qui suivrait leur conseil ne mette pas en danger la vie de son patient. Le problème se pose ici évidemment avec moins d'acuité, mais la validation reste néanmoins nécessaire si l'on souhaite que le système présente un certain intérêt.

On terminera par donner quelques pistes pouvant conduire à une amélioration des performances, via une meilleure expression des connaissances.

Les *annexes* contiennent des exemples de cas concrets de patients ayant été guéris par les orthèses de réharmonisation élaborées à partir des données du podomètre électronique, un certain nombre de documents complémentaires, explicatifs de la technique, ainsi que les résultats principaux de l'analyse des données.

Le présent ouvrage a été rédigé afin de permettre une lecture aussi compréhensible et aisée que possible, tant pour l'orthopédiste que pour l'informaticien. Il va sans dire que rencontrer les attentes de lecteurs aussi différents ne peut se faire sans certaines concessions. Les développements mathématiques ont été simplifiés au maximum et les théories médicales ne sont pas exposées dans les moindres détails. La bibliographie contient toutes les références nécessaires à l'éclaircissement de l'un ou l'autre point non approfondi.

Ce mémoire a été le théâtre de nombreux tâtonnements et discussions. Nous espérons cependant, qu'à travers les pages qui suivent, nous contribuerons à donner au lecteur une meilleure compréhension de la physiopathologie de cet organe "complexe et noble" qu'est le PIED.

Chapitre 1 : Etude de l'existant

1. LA PODOMETRIE ELECTRONIQUE.

1. préambule.

Les objectifs du présent travail informatique sont multiples et ambitieux; ils visent simultanément à :

1. créer une banque de données des mesures enregistrées depuis environ quinze ans chez quelques 2000 patients examinés, et des résultats cliniques obtenus (excellents 35 %, bons 46 %, médiocre 17 %).

La banque de données sera susceptible d'aider, par l'expérience acquise, les praticiens désireux d'appliquer cette technique de traitement orthétique du "pied douloureux".

2. analyser les données recueillies par le podomètre électronique et leur répercussion sur l'élaboration du profil podométrique et de la prescription des orthèses millimétriques de réharmonisation.

3. faire une étude statistique corrélative entre les données du podomètre électronique, le profil podométrique et les résultats cliniques obtenus.

4. déterminer le système expert le plus adéquat pour améliorer le taux d'excellents résultats caractérisés par la disparition de la symptomatologie douloureuse et des durillons plantaires associée au rétablissement d'une locomotion harmonieuse.

5. étudier les causes mécaniques réelles des échecs enregistrés (actuellement 17 % des cas traités, soit un patient sur 6). Il est évident que les affections intercurrentes métaboliques telles la goutte, la polyarthrite rhumatoïde et le diabète sont exclues de la présente étude pour des raisons qui seront développées ultérieurement.

Podométrie électronique

ii. introduction.

Le clinicien est souvent perplexe devant l'inefficacité de certains types d'orthèses classiques élaborées pour le traitement d'une affection douloureuse de l'avant-pied communément mais improprement appelée "les métatarsalgies".

Le chirurgien est lui aussi souvent confronté à l'échec de techniques opératoires pourtant bien codifiées :

1. le réalignement des têtes métatarsiennes centrales selon la "courbe idéale" dorso-plantaire décrite par LELIEVRE; cette intervention chirurgicale consiste à procéder purement et simplement à l'ablation des têtes métatarsiennes lorsqu'elles débordent l'alignement dorso-plantaire (**fig. 1.**);

2. le réalignement selon LELIEVRE associé au ré-enclavement diaphysaire des têtes métatarsiennes décrit par REGNAULD (**fig. 2.**);

3. les ostéotomies diaphysaires métatarsiennes multiples principalement au niveau des métatarsiens centraux destinées à relever les têtes métatarsiennes (**fig. 3.**)

La raison principale de ces échecs réside dans la méconnaissance de certaines notions fondamentales relativement récentes rigoureusement démontrées par l'étude instrumentale du pied.

1. la rupture de l'Alignement Frontal en Charge (A.F.C) des cinq têtes métatarsiennes (T.M) décrite par MARTORELL-MARTORELL grâce à son Baro-podomètre;

2. les dyspiésies de l'appareil métatarsien ou dysharmonies des Pressions Ponctuelles en Charge (P.P.C) mises en évidence par la Podométrie électronique. (**fig. 4.**)

Ces notions fondamentales, scientifiquement établies et répétitives en permanence, vont à l'encontre de l'enseignement académique classique qui décrit le "*triangle d'appui*" au sol du pied; ce triangle est constitué par TM I, TM V et le calcaneum.

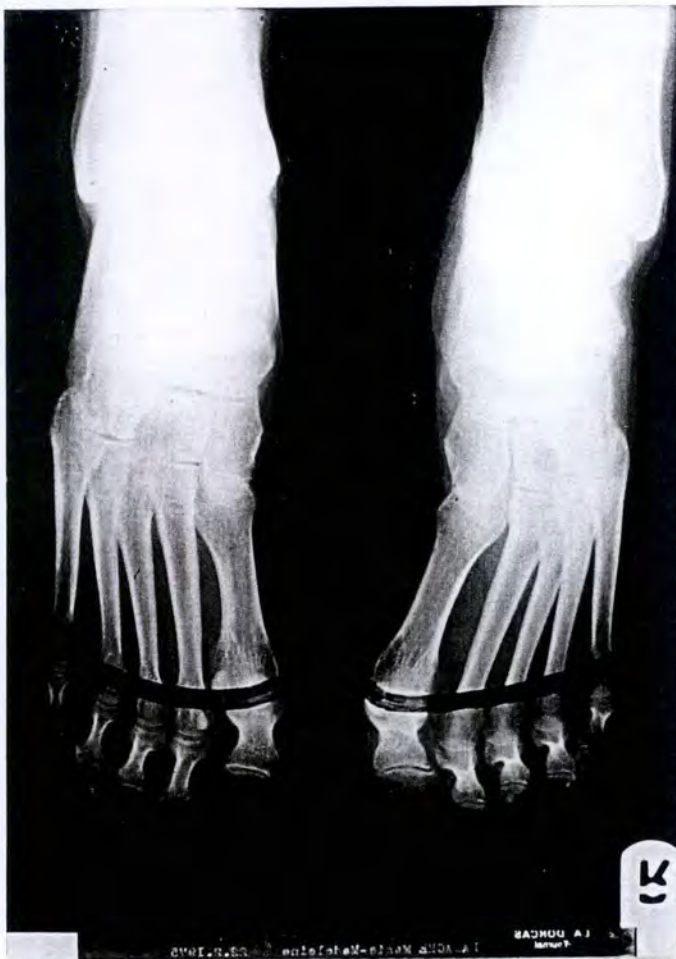


fig. 1

Illustration radiologique de la courbe idéale dorso-plantaire décrite par LELIEVRE et schéma du réalignement des têtes métatarsiennes préconisé par LELIEVRE dans la cure des "métatarsalgies".

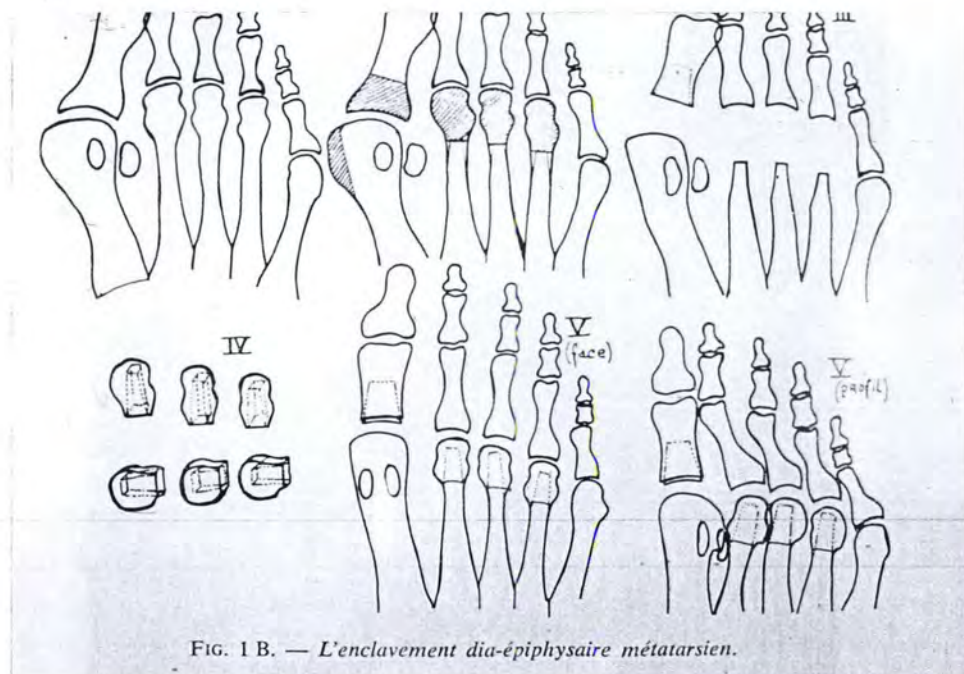


FIG. 1 B. — L'enclavement dia-épiphysaire métatarsien.

fig. 2 (in REGNAULD, Techniques chirurgicales du pied)

L'auteur montre le tracé de l'exérèse des têtes métatarsiennes centrales débordant la courbe idéale dorso-plantaire de LELIEVRE lors de métatarsalgies avérées.

Les moignons métatarsiens sont taillés en rectangle de même que l'intérieur des têtes métatarsiennes excisées de manière à ce que l'enclavement de celles-ci soit stable et ne puisse donner lieu à une rotation autour de l'axe du métatarsien.

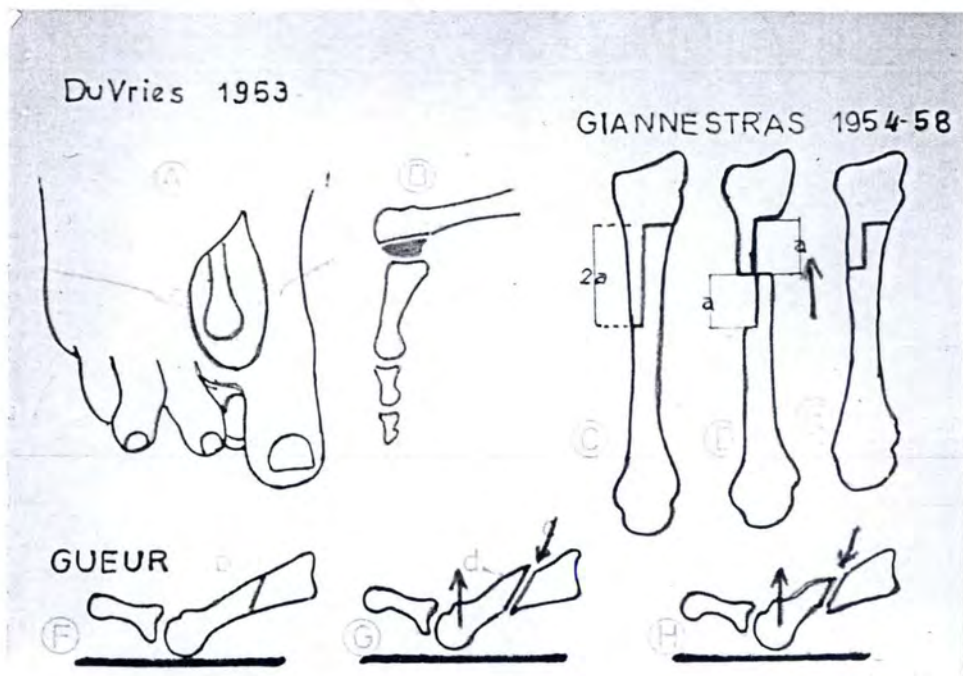
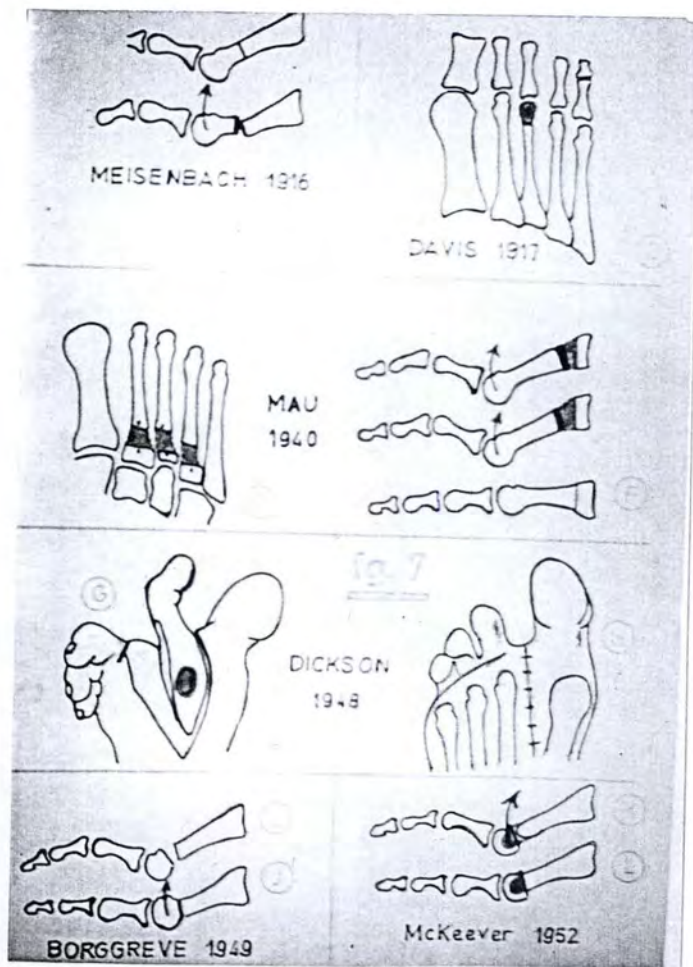
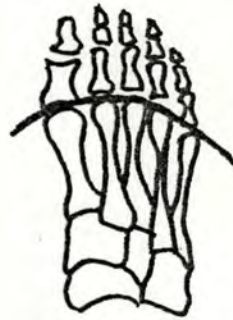


fig. 3.

Divers types d'ostéotomies correctrices des métatarsiens centraux.

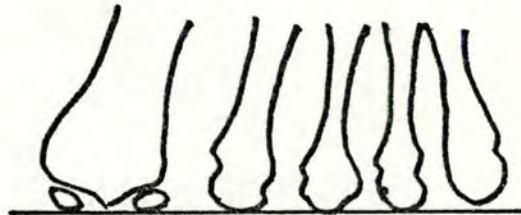
ALIGNEMENT DORSO-PLANTAIRE DECRIT PAR J. LELIEVRE

ETUDE RADIOLOGIQUE STATIQUE DANS UN SEUL PLAN



A.D.P.
COURBE IDEALE des T.M.

ALIGNEMENT FRONTAL EN CHARGE DECRIT PAR MARTORELL-MARTORELL



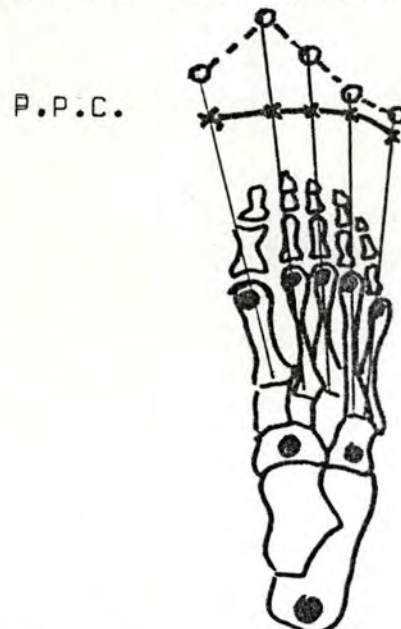
A.F.C.

ETUDE DYNAMIQUE PAR LE BAROPODOMETRE :

LES CINQ TETES METATARSIENNES, EN CHARGE, SONT HORIZONTALES
LA RUPTURE DE L'ALIGNEMENT FRONTAL EN CHARGE EST CAUSE DES
" METATARSALGIES " .

PRESSIONS PONCTUELLES EN CHARGE DECRITES PAR G. STEINFORT

ETUDE DYNAMIQUE ET CINETIQUE DES PRESSIONS EXERCEES PAR LE SOL
SUR LES CINQ TETES METATARSIENNES PAR LE PODOMETRE ELECTRONIQUE



o -- o : LORS DU PAS CONTROLE

x — x : AU REPOS EN CHARGE

LES DYSPIESIES DE L'APPAREIL METATARSIEN SONT PATHOGNOMONIQUES
DES DYSPIESALGIES (DOULEURS DE L'AVANT-PIED).

fig. 4.

Podométrie électronique

La théorie des trois points d'appui essentiels conduit à considérer que le pied est constitué par trois voûtes (**fig. 5. et 6.**) :

1. l'arche transversale antérieure;
2. la voûte longitudinale externe;
3. la voûte longitudinale interne.

L'arche transversale antérieure doit à tout prix être conservée ou reconstituée lors des "métatarsalgies" provoquées par un avant-pied rond par exemple. (cfr. Annexe **A1.**)

La reconstitution de l'arche transversale antérieure passe obligatoirement par deux types de thérapeutiques orthopédiques correctrices :

1. la confection de semelles orthopédiques classiques à appui rétro-capital ou barre rétro-capitale dite barre de Thomas (**fig. 7.**);
2. la chirurgie de l'avant-pied décrite ci-avant.

Notons que l'étymologie du vocable "orthopédie" est significative des buts recherchés. En grec, *ορθος* signifie droit et *ὁ παῖς* désigne l'enfant.

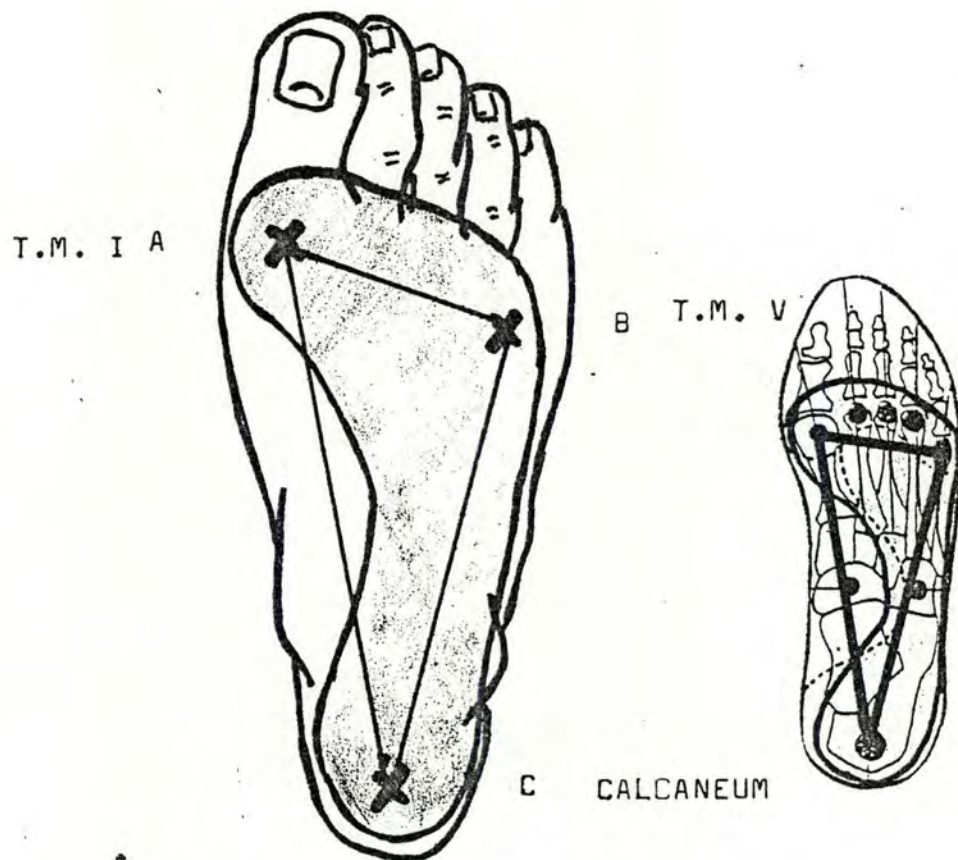
Par conséquent l'orthopédie a pour but de "redresser" l'enfant et, par extension, toutes malformations du corps. Si nous consultons les bons auteurs, ils nous donnent la définition suivante :

"partie de l'art médical qui a pour objet de prévenir ou de corriger des difformités du corps (d'abord chez l'enfant)" .

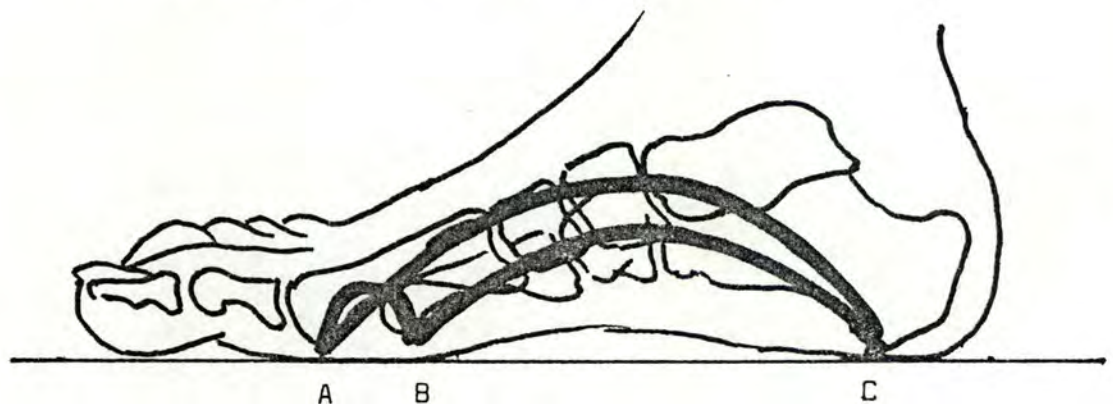
Cette notion de correction, notion de contrainte, s'opposera toujours à la notion de réharmonisation qui vise à rétablir l'harmonie des P.P.C de l'Appareil Métatarsien (A.M.) et l'indolence.

A l'appui de la théorie des trois points d'appui essentiels, l'anatomiste TESTUT dans son Traité d'Anatomie Topographique publié en 1931 en collaboration avec JACOB décrit dans le tissu cellulaire sous cutané plantaire : "On rencontre dans le tissu cellulaire, au niveau des principaux points d'appui de la plante, trois bourses séreuses ... Ce sont 1° la bourse séreuse sous calcanéenne, 2° la bourse du 1er métatarsien

LES TROIS POINTS D'APPUI ESSENTIELS DU PIED



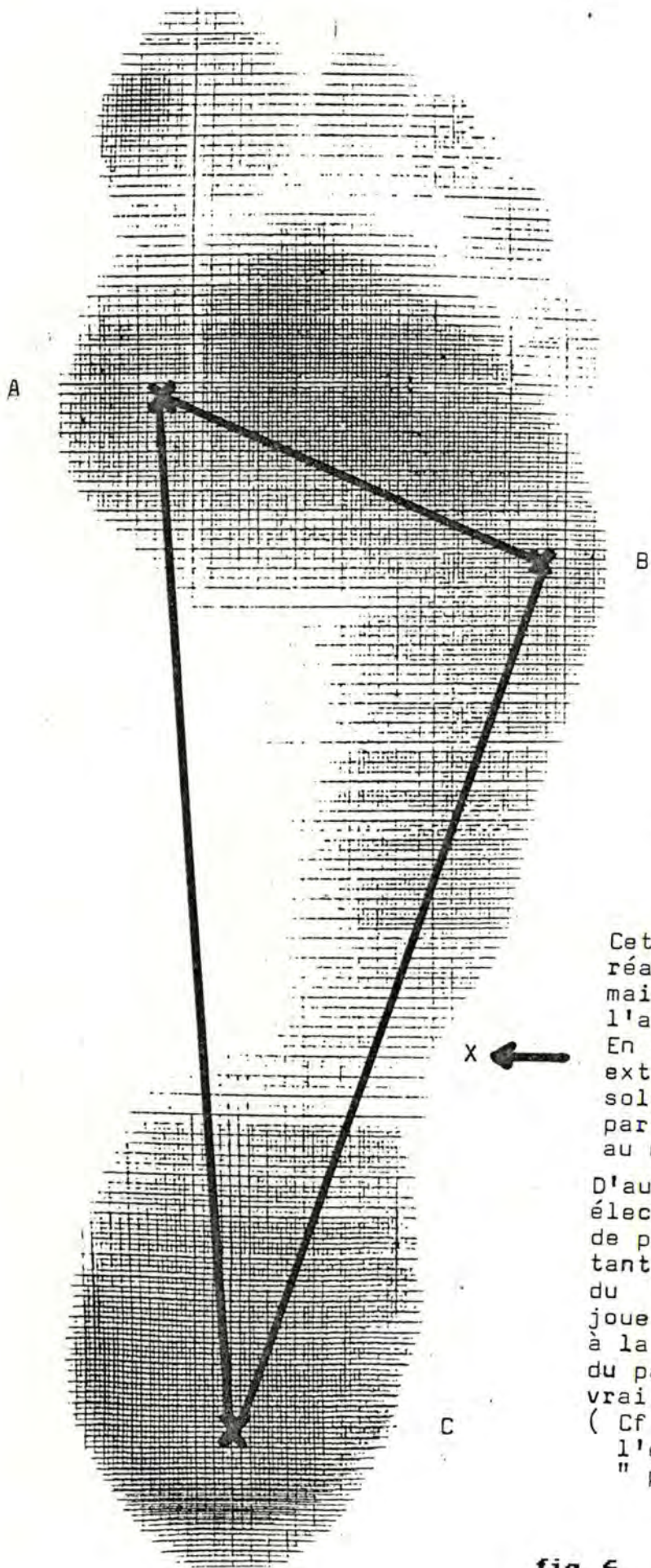
L'ARCHITECTURE DE LA VOUTE PLANTAIRE



Selon KAPANDJI, " Considérée dans son ensemble, l'architecture de la plante du pied peut être définie comme une voûte soutenue par trois arches :

1. l'arche antérieure AB (transversale NDLR)
2. l'arche externe BC (longitudinale NDLR)
3. l'arche interne AC (longitudinale ndlr)

fig. 5.



Cette empreinte confirme la réalité de l'arche interne AC, mais infirme l'existence de l'arche externe BC. En effet, l'existence de l'arche externe BC supposerait une solution de continuité dans la partie externe de cette empreinte au niveau marqué (X).

D'autre part, la Podométrie électronique démontre l'existence de pressions au niveau du Cuboïde tant au repos en charge que lors du " pas contrôlé ". Le Cuboïde joue réellement le rôle de frein à la supination du pied au début du pas assisté, faiblement il est vrai, par T.M. V. (Cf tracés polygraphiques de l'évolution des PPC au cours du " pas contrôlé lent ")

fig. 6.

SEMELLES ORTHOPEDIQUES CLASSIQUES

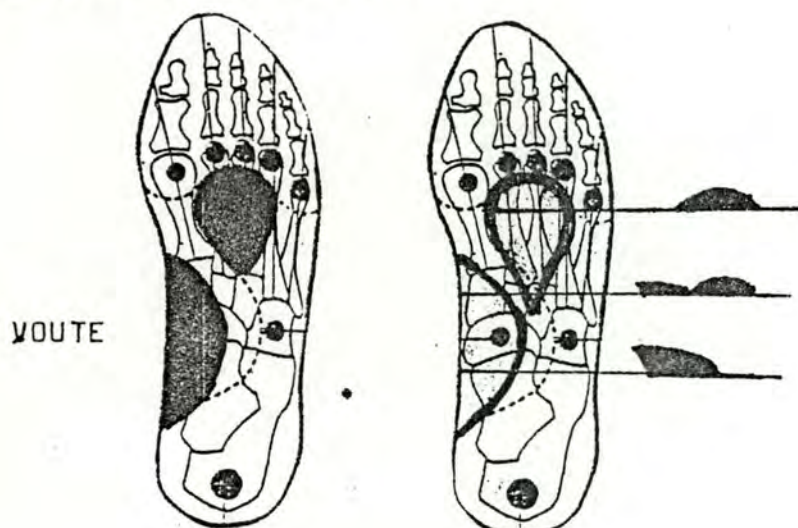
Ce type de semelles orthopédiques classiques est destiné à reconstituer l' " arche transversale antérieure des têtes métatarsiennes " ; cette reconstitution est impérative pour le traitement des " métatarsalgies " .

Ces semelles sont destinées à " corriger " les malformations de l'avant-pied principalement; elles sont passives par leur conception même, car les reliefs qui les composent sont conçus pour " redresser " les segments du pied pathologiques.

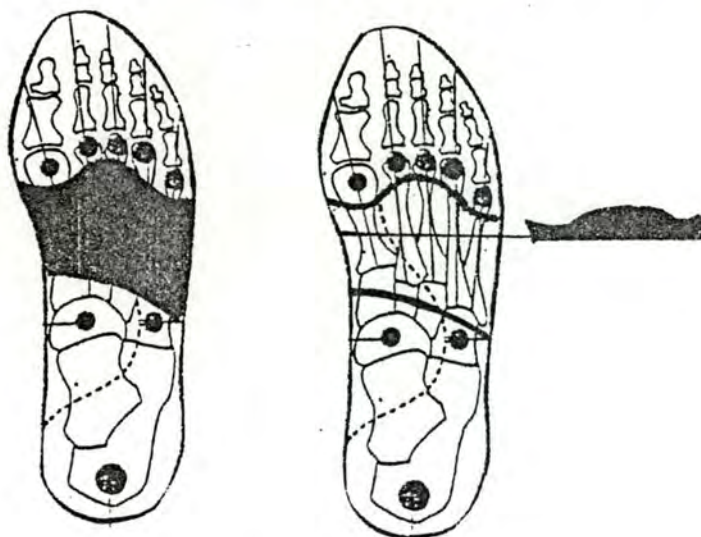
Ces semelles sont indifféremment prescrites à l'adulte et à l'enfant.

Deux types principaux sont utilisés avec, bien entendu, des variantes dans la localisation des reliefs.

1. L'APPUI RETRO-CAPITAL



2. LA BARRE RETRO-CAPITALE dite BARRE de THOMAS



IN J. LELIEVRE PATHOLOGIE du PIED

Podométrie électronique

située sous la tête de cet os, 3° la bourse du 5ème métatarsien disposé de même sous la tête de ce métatarsien".

Une bourse séreuse (**fig. 8.**) est une formation anatomique conjonctive située au contact d'un relief osseux et destinée à le protéger des hyperpressions répétitives qu'il subit.

L'analyse du déroulement des mouvements du pied au cours du pas, à la lumière de l'étude polygraphique de l'évolution des pressions ponctuelles en charge (P.P.C) de l'appareil métatarsien au cours du pas "contrôlé", met en évidence les éléments suivants (cfr. **fig. 16.** et **17.**) :

1. lors de "*l'attaque talon*" le calcaneum prend contact avec le sol; ce contact est brutal et représente tout le poids du corps.

2. le mouvement de supination du pied, destiné à dégager le gros orteil, est freiné à la fois par la tête du 5ème métatarsien et le cuboïde.

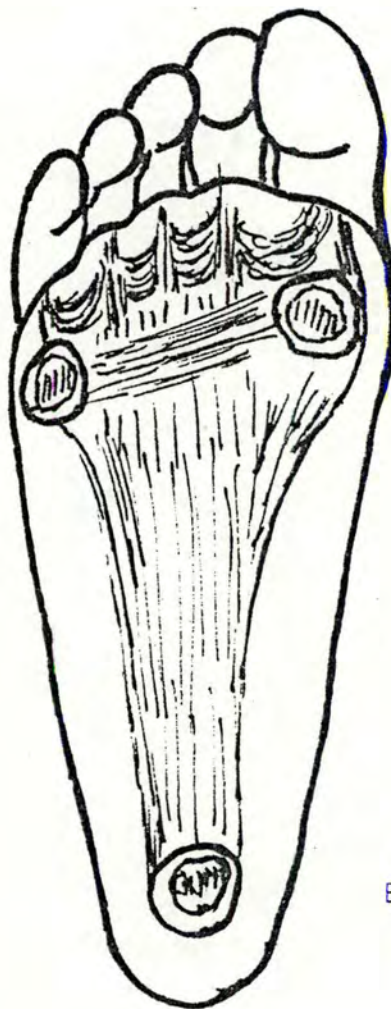
3. le mouvement de rotation - translation de l'avant-pied de la supination à la pronation est réalisé progressivement avec appui immédiat des têtes métatarsiennes centrales (IV, III et II) portantes et est, à son tour, freiné par TM I.

4. le gros orteil assure la prise de possession ferme du sol, stabilise le pied et permet le passage du pas.

Par conséquent les trois bourses séreuses décrites par TESTUT jouent uniquement un rôle d'amortisseurs lors de l'arrêt brutal des mouvements extrêmes, transitoires, qui se déroulent à chaque pas lors de la locomotion au niveau du calcaneum, de la tête du 5ème métatarsien et de celle du 1er métatarsien.

Parmi les nombreux pieds douloureux examinés, un certain nombre avait été opéré antérieurement selon les techniques chirurgicales décrites ci-dessus. Deux cas, à notre avis exemplaires, ont retenu toute notre attention.

Ces deux patients appuient uniquement sur les points d'appui essentiels de l'avant-pied, c'est-à-dire TM I et TM V puisque les TM centrales ont été reséquées chirurgicalement. Les canons du "pied idéal" selon les théories classiques semblent ainsi réalisés et la locomotion devrait être harmonieuse et totaleme nt indolente (**fig. 9, 10 et 11**).



Bourses séreuses au niveau
de TM V et de TM I

Aponévrose plantaire

Bourse séreuse calcanéenne

Illustration des trois bourses séreuses décrites par
TESTUT et JACOB dans leur TRAITE d'ANATOMIE TOPOGRAPHIQUE
édité à PARIS en 1931 (Librairie Octave DOIN)

fig. 8.

Podométrie électronique

Hélas, toutes deux souffrent notablement plus qu'avant l'opération. Les articulations métatarso-phalangiennes sont enraidies malgré de très nombreuses séances de rééducation fonctionnelle. La réharmonisation des P.P.C de ces 2 A.M. a été rendue extrêmement laborieuse par la difficulté de repérer les moignons métatarsiens et les douleurs névralgiques consécutives à l'agression chirurgicale.

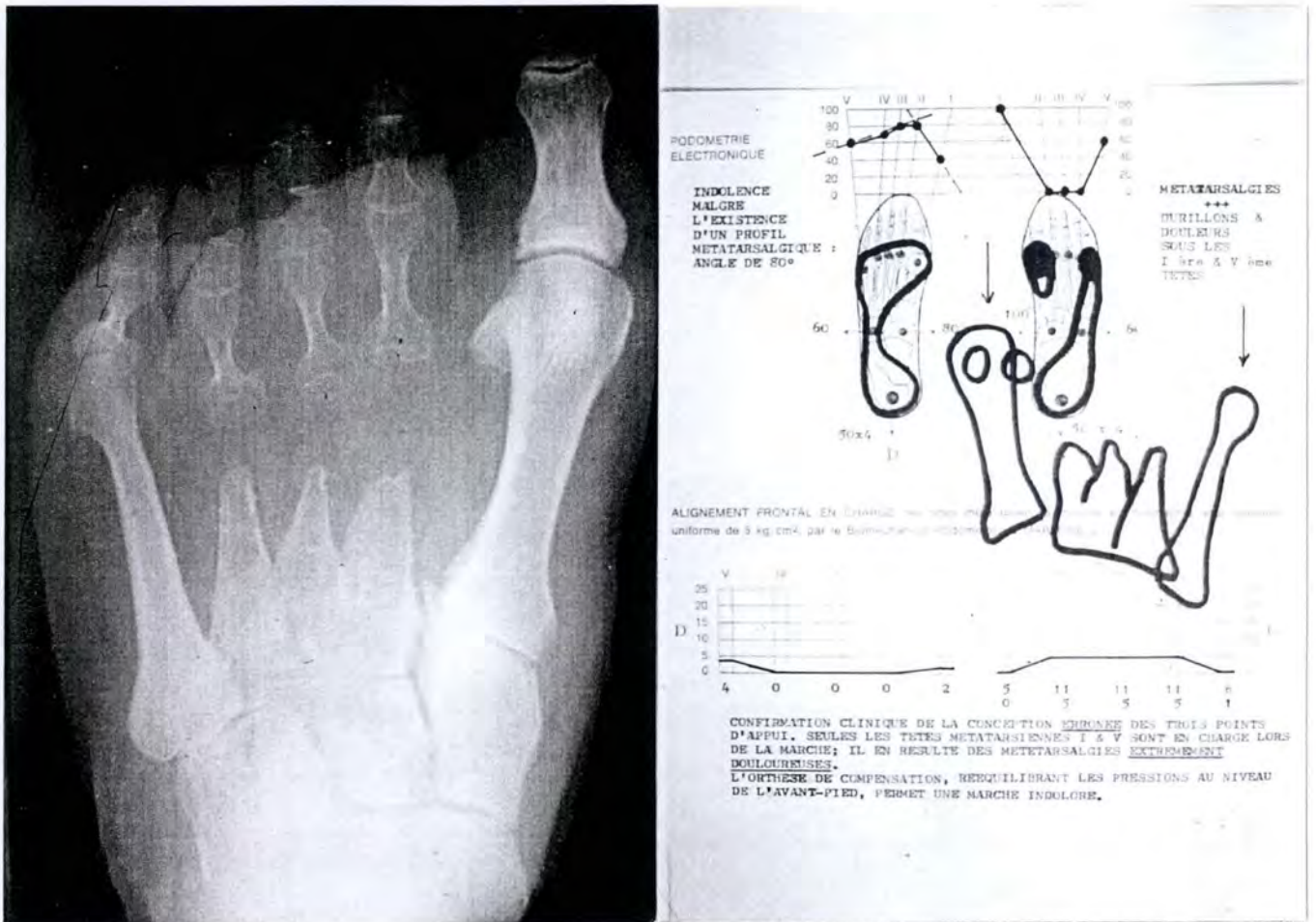


fig. 9.

Réalignement nettement trop "généreux"; il s'agit en fait d'une "reprise" car le premier réalignement n'avait pas apporté la sédation douloureuse escomptée.

Notons l'hypertrophie compensatoire du Vème métatarsien et la rétraction postérieure des trois orteils centraux non fonctionnels cliniquement.

Durillons plantaires sous T.M. I et V. Réharmonisation difficile à obtenir et incomplète

Ces deux exemples démontrent par l'absurde et expérimentalement, il est vrai, la fausseté de cette théorie des trois points d'appui essentiels de l'avant-pied, confirmée d'ailleurs par la mobilité des Ier et Vème rayons (cfr. A2).

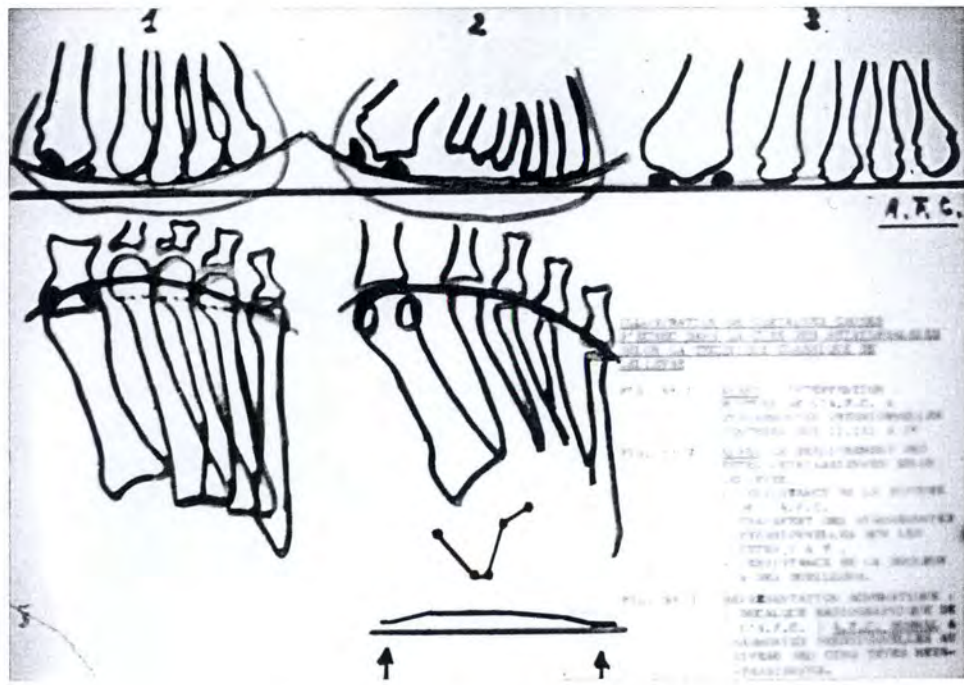


fig. 10.

Réalignement selon LELIEVRE.

1. avant : un avant-pied rond avec hyperpressions centrales et durillons centraux douloureux.
2. après : transfert des hyperpressions sur les "points d'appui essentiels" de l'avant-pied; transfert des douleurs et des durillons sous T.M. I et T.M. 5

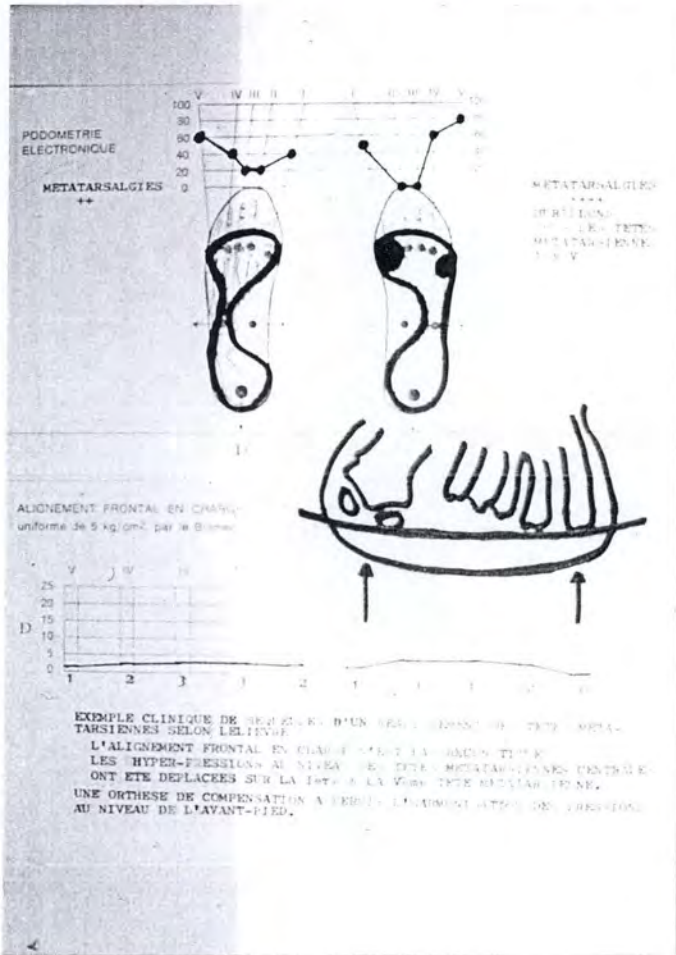


fig. 11.

Réalignement selon LELIEVRE.

Etude complète du cas précédent. Réharmonisation difficilement acquise par suite de l'absence des T.M. centrales et difficultés de localiser correctement les moignons métatarsiens sur les palpeurs correspondants.

Podométrie électronique

iii. raisons de la création du podomètre électronique (P.E).

Chirurgien, nous avons pratiqué, à l'instar de très nombreux collègues la cure chirurgicale des métatarsalgies selon LELIEVRE en un premier temps, associée ensuite à l'enclavement dia-épiphysaire des T.M qui nous avait été enseigné par REGNAULD à Nantes.

A nombre de réunions scientifiques nationales et internationales la cure chirurgicale des "métatarsalgies" ressurgissait tel le monstre du Loch Ness et faisait l'objet de description de multiples artifices techniques "inédits" destinés à améliorer les résultats cliniques.

Déçu par cette technique mutilante nous nous sommes tournés vers les ostéotomies cunéiforme à base dorsale de la métaphyse postérieure des métatarsiens centraux du type GUEUR (cfr. fig. 3). Les résultats n'ont guère répondu à notre espoir.

La similitude des résultats opératoires obtenus à long terme décrits par nombre de participants aux réunions scientifiques nous a amené à nous poser quelques questions :

1. quel est le rôle des TM centrales ?

2. l'exérèse des T.M centrales est-elle bien le traitement de choix des "métatarsalgies" puisqu' elle provoque un enraidissement des orteils centraux même après une longue période de rééducation fonctionnelle sans amener forcément la sédation douloureuse ?

3. L'alignement dorso-plantaire décrit par LELIEVRE est-il le seul paramètre utile de l'avant-pied pour le diagnostic et le pronostic thérapeutique des métatarsalgies ?

Rappelons que ce paramètre est statique, radiographique et dans un seul plan.

Podométrie électronique

4. L'arche transversale antérieure de l'avant-pied est-elle une réalité d'autant plus que sa reconstitution orthopédique (par appui rétro-capital ou barre rétro-capitale) ou chirurgicale n'apporte pas ipso facto la sédation douloureuse de l'avant-pied rond ?

5. la podoscopie, utile pour estimer la morphologie de la sole plantaire ne donne, à l'expérience, aucunes indications essentielles pour le traitement des métatarsalgies.

6. les radiographies, même exécutées en charge, mettent très difficilement en évidence la position précise des TM centrales dans le plan frontal.

7. le pied est un organe qui se meut dans plusieurs dimensions dont les principales sont :

- le plan frontal par l'appui des TM au sol;
- le plan sagittal par l'axe de supination / pronation passant par le 11ème rayon;
- l'espace par le mouvement de supination / pronation;
- le temps par la durée totale du pas.

A toutes ces questions une seule réponse : "aller voir sur le terrain".

Podométrie électronique

iv. le podomètre électronique.

1. principe.

Cet appareil a été conçu pour mesurer simultanément les pressions et leurs variations au niveau des points jugés capitaux pour la statique et la dynamique du pied : les CINQ T.M. et le calcaneum; en outre les pressions recueillies au niveau du scaphoïde et du cuboïde permettront

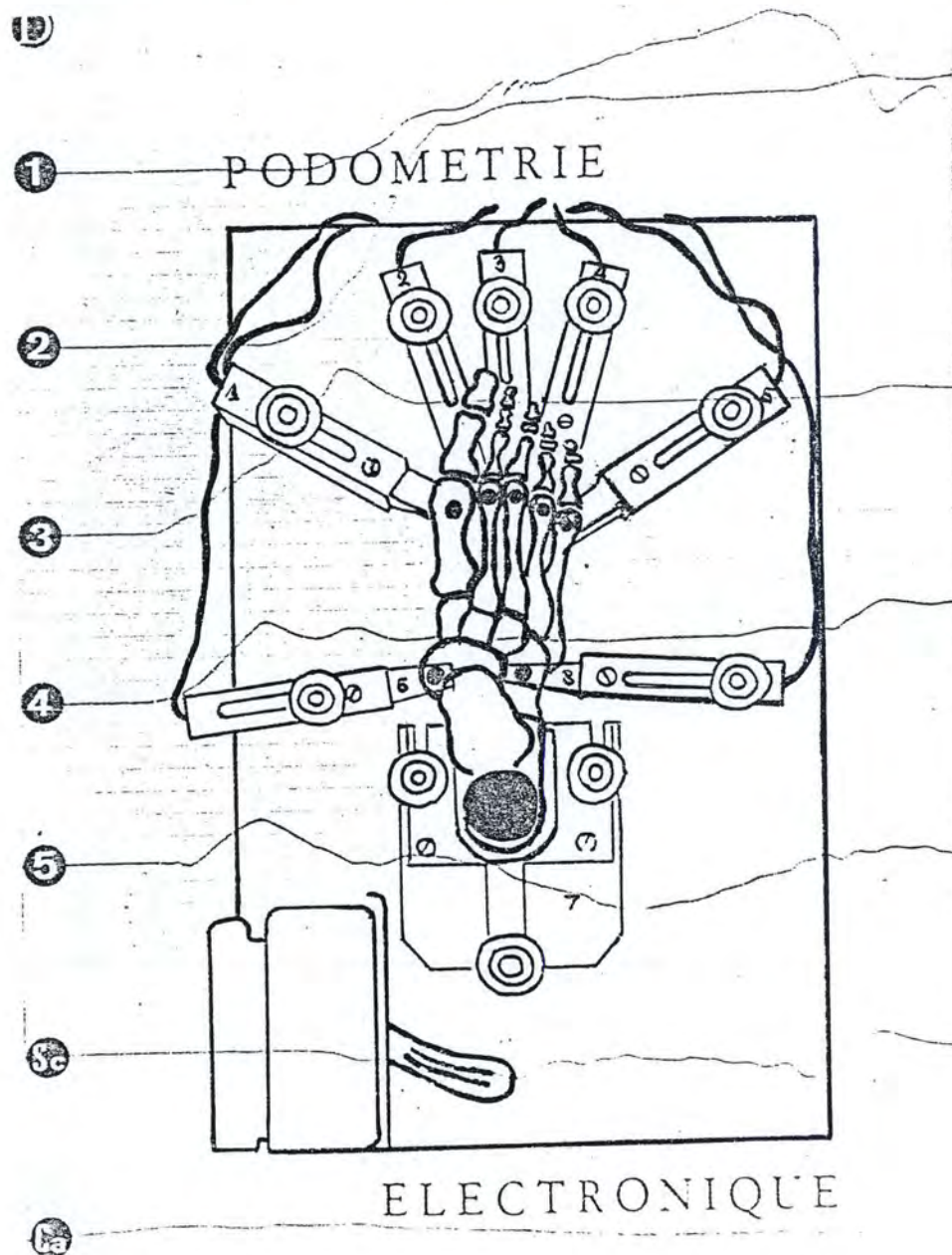


fig. 12. : Schéma du podomètre électronique illustrant la position respective des palpeurs et des points explorés

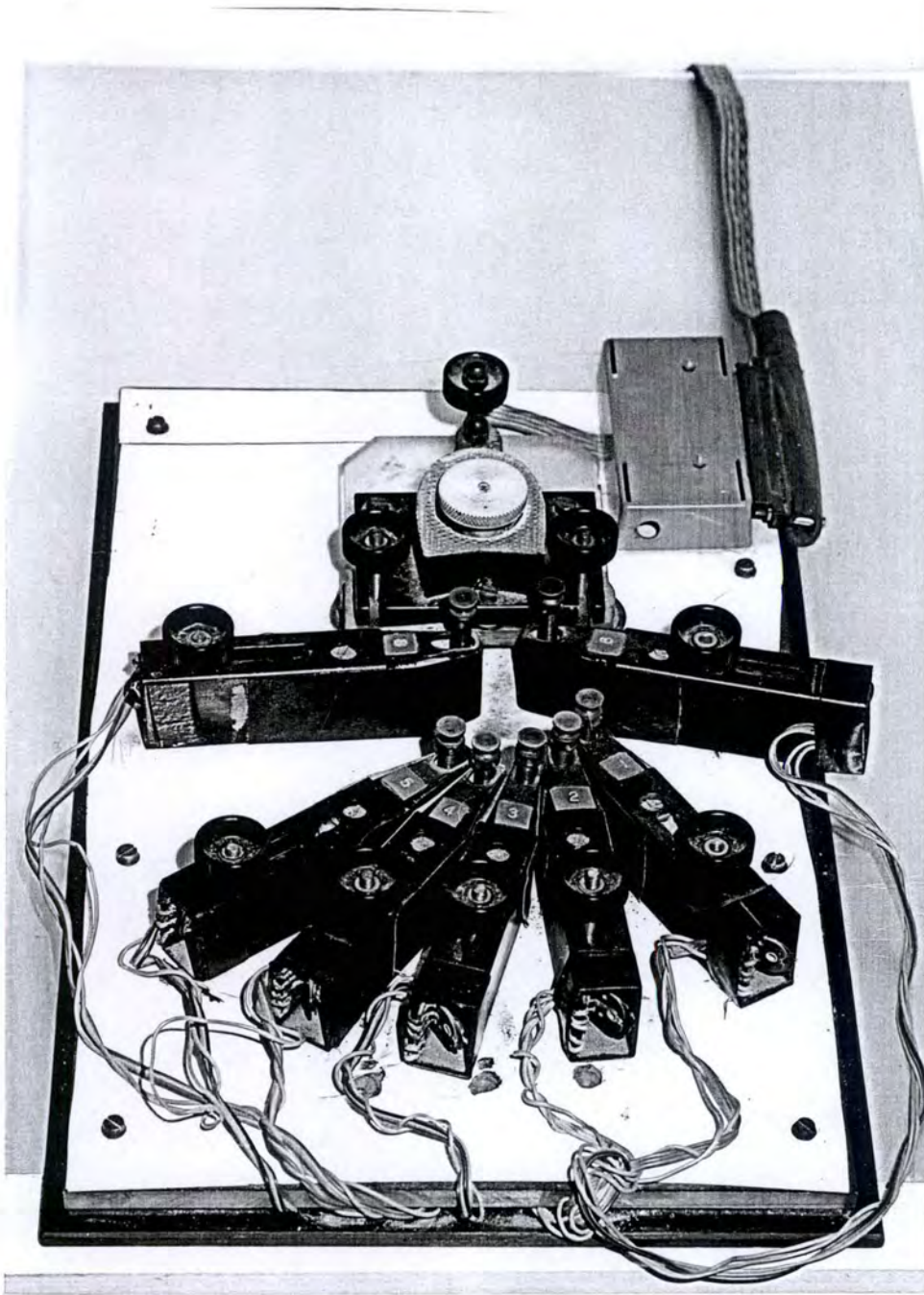


fig. 13. Le podomètre électronique.

Podométrie électronique

d'apprécier l'équilibre de l'appareil tarsien.

2. description.

Le P.E. comporte 8 palpeurs; ceux destinés aux T.M., au cuboïde et au scaphoïde sont mobiles dans un plan horizontal afin de les placer avec précision sur le point à analyser; le palpeur calcanéen est fixe et sert de point de repère (**fig. 12.**).

Le palpeur est l'unité mécanique de l'appareil et est composé de :

- le capteur de deuxième génération mis au point par M. SNEPPE est de type opto-électronique alimenté par une tension de 5 volts stabilisés et relié au galvanomètre gradué de 0 à 100;

- la lame en acier spécial à haute résistance mécanique porte à son extrémité mobile le dispositif optique et la tête du palpeur d'une surface de 1 cm² correspondant approximativement à la surface plantaire des T.M.

Les huit lames ont été usinées dans le même échantillon d'acier pour obtenir une flexion constante à pression correspondante pour les huit points examinés;

- le bâti métallique, rigide et mobile dans le plan horizontal, reçoit l'extrémité fixe de la lame et le dispositif électronique (**fig. 13.**).

v. méthodologie.

Chacun des examens comporte obligatoirement :

1. un interrogatoire détaillé;
2. un examen clinique complet des deux pieds comportant l'étude de la morphologie des soles plantaires et de la mobilité active et passive de tous les segments articulaires;
3. un repérage précis des cinq T.M.;

Podométrie électronique

4. une podoscopie avec mesure des angles métatarso-phalangiens du 1er rayon (le rayon est une unité morphologique comprenant le métatarsien, l'articulation métatarso-phalangienne et les phalanges);

5. les mesures des P.P.C de l' A.M. en position monopodale, bipodale jambe tendue et genou fléchi et sur la pointe des pieds (P.P) de manière à recréer aussi fidèlement que possible, mais artificiellement, les conditions du pas "contrôlé";

6. les radiographies comparatives des deux pieds en charge de face et de profil y compris les articulations tibio-astragaliennes de face et l'A.F.C. des T.M. ne sont plus guère réalisées que dans certaines conditions pathologiques précises.

Les modalités de cet examen sont illustrées dans les annexes A (fig. A3. à A10.).

vi. mesures : profil podométrique.

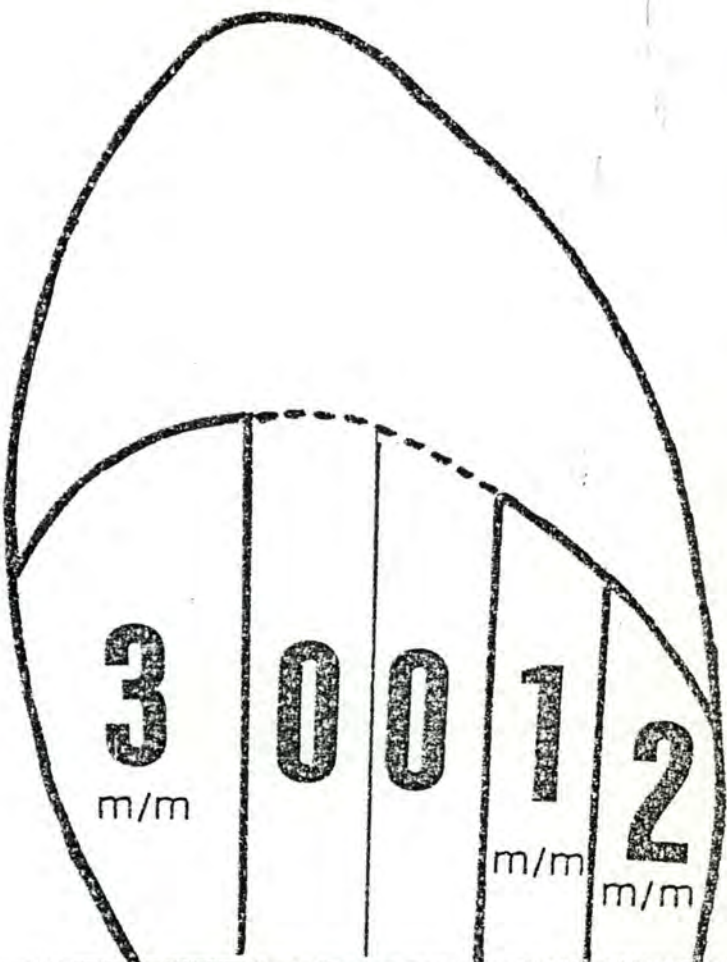
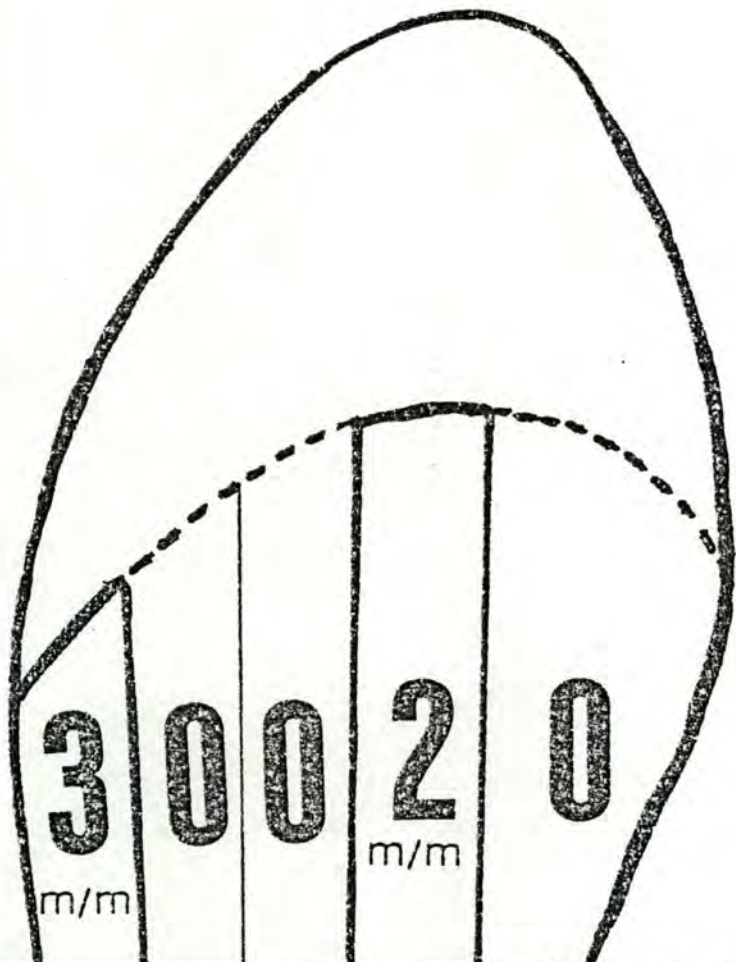
Les mesures ainsi recueillies permettent de dresser la carte topographique de la répartition des P.P.C, de leurs variations et de leur évolution au cours du temps : le profil podométrique.

Le profil est destiné à élaborer les orthèses millimétriques de réharmonisation

Des exemples de profils pathologiques sont présentés dans l' annexe A.

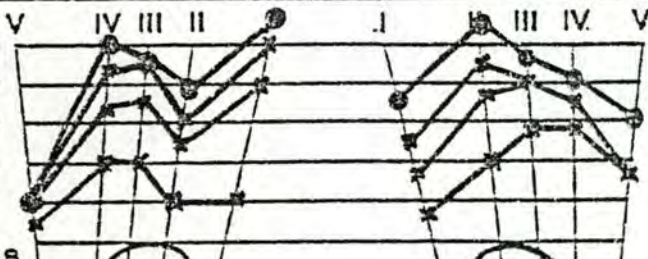
vii. les orthèses millimétriques de réharmonisation.

Les orthèses ont pour objectif de rétablir l'euphésie de l'appareil métatarsien en "déchargeant" les T.M. critiques (en hyperpression maximale) et en "chargeant" de manière sélective, proportionnelle et compensatoire les T.M. en hypopression relative (fig. 14.).



● — ● / sur P.P. 100
 PODOMETRIE ELECTRONIQUE

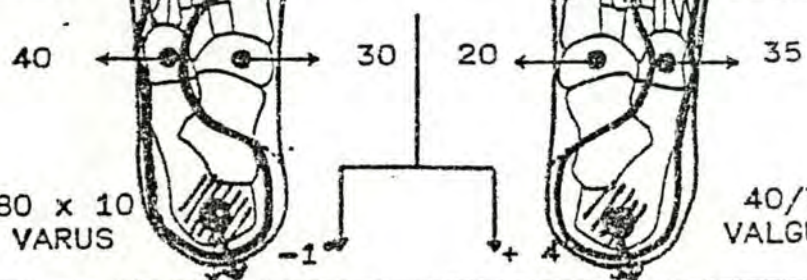
A.F.C. en millimètres



H 25 ans
 PRESSIONS PONCTUELLES en CHARGE

V	IV	III	II	I
3	0	0	2	0

I	II	III	IV	V
3	0	0	1	2



40/60/80 x 10
 VARUS

40/70/100 x 10
 VALGUS

fig. 14.

Podométrie électronique

Ces orthèses sont en réalité compensatoires, mais elles réharmonisent la locomotion par l'indolence qu'elle procurent.

Une fois élaborées les orthèses sont essayées obligatoirement par l'examineur qui s'assure de l'indolence tant en station debout prolongée que lors de la marche. Au cours de cette épreuve il est souvent nécessaire de diminuer la largeur de certains reliefs; parfois une légère diminution d'un relief est indispensable pour obtenir l'indolence.

Le patient conserve ses orthèses non terminées pendant une période probatoire classique de huit jours. Cette pratique est bénéfique car elle permet de tester les orthèses dans toutes les circonstances de la vie courante. A la fin de cette période probatoire, un bilan est effectué et les orthèses seront enfin terminées lors de la restitution de l'eupiésie des A.M.

viii. étude des tracés polygraphiques et définitions.

Cette étude apporte un certain nombre de notions fondamentales nouvelles.

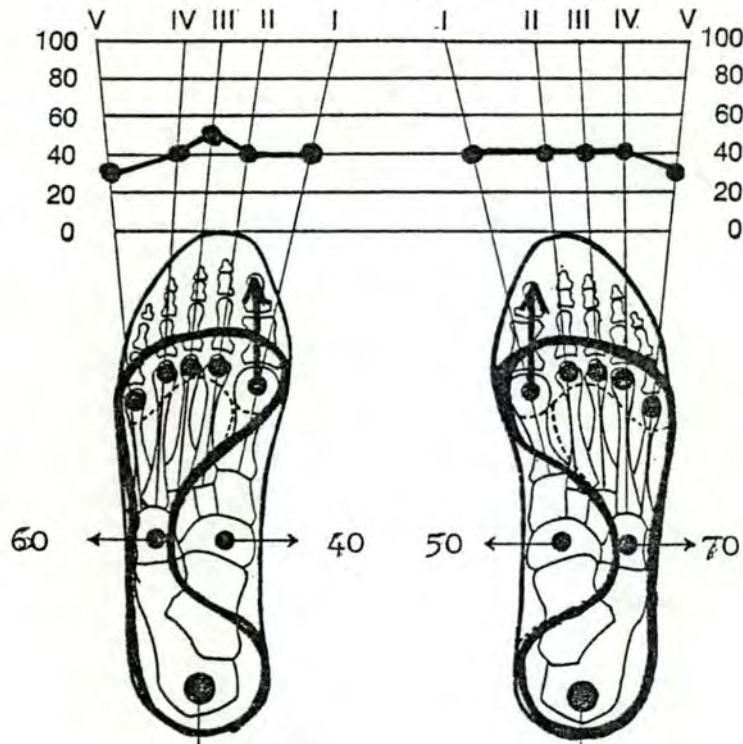
Au repos, en charge s'entend, les P.P.C de l'appareil métatarsien normal sont isobares et, par conséquent, l'Alignement Frontal en Charge (AFC) des cing têtes métatarsiennes décrit par MARTORELL-MARTORELL est horizontal (**fig. 15.**)

L'absence d'inertie du système électronique permet l'enregistrement polygraphique continu des variations chronologiques instantanées des pressions subies par les différents points explorés du pied fonctionnel statique, dynamique et cinétique.

Au cours du pas "contrôlé", ces pressions varient suivant des gradients propres à chaque tête métatarsienne.

L'eupiésie (η π λ ϵ σ λ ς), la pression) ou harmonie des P.P.C de l'appareil métatarsien normal se traduit par un tracé polygraphique caractéristique (**fig. 16, 17 et 18**).

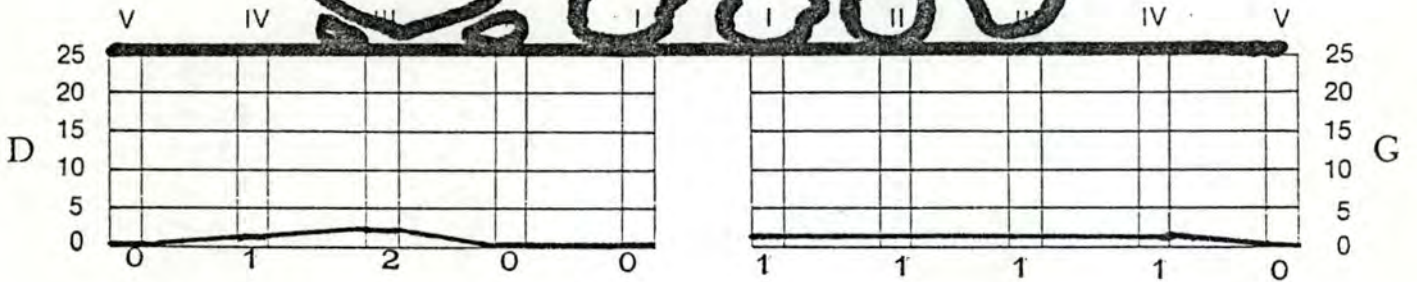
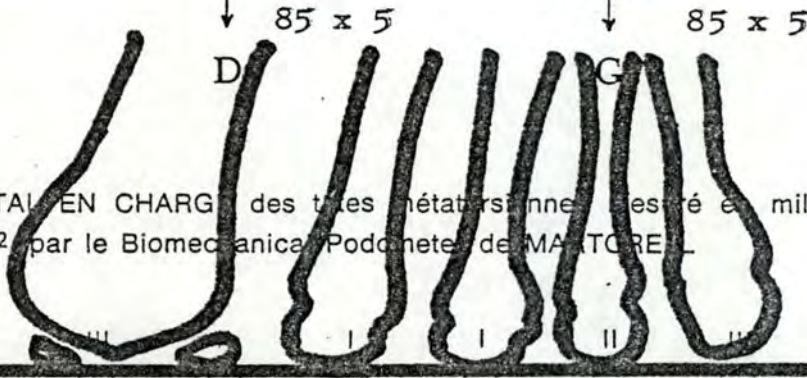
PODOMETRIE
ELECTRONIQUE



PRESSIONS
PUNCTUELLES en
CHARGE

RADIOGRAPHIE
EN CHARGE.

ALIGNEMENT FRONTAL EN CHARGE des têtes métatarsiennes mesuré en millimètres sous pression uniforme de 5 kg/cm² par le Biomechanical Podometre de MANTOUREL.



PROFIL PODOMETRIQUE & ALIGNEMENT FRONTAL EN CHARGE NORMAUX
ILLUSTRATION RADIOLOGIQUE DE LA REALITE DE L'A.F.C.
PODOSCOPIE NORMALE
MOBILITE NORMALE DE TOUS LES SEGMENTS ARTICULAIRES
INDOLENCE FONCTIONNELLE & AU REPOS

fig. 15.

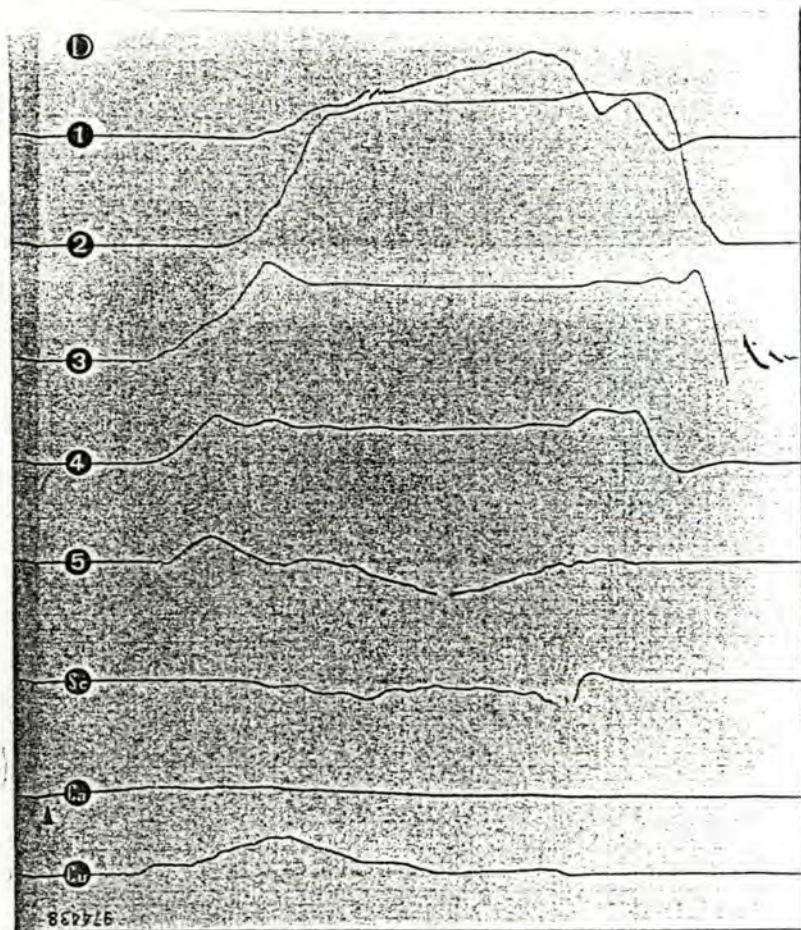


fig. 16.

Evolution des Pressions Ponctuelles en Charge de l'Appareil Métatarsien normal au cours du pas contrôlé lent (482/100 de seconde, vitesse d'enregistrement de 5 cm/sec.); enregistrement réalisé après repérage précis sur le Podomètre électronique de tous les points explorés.

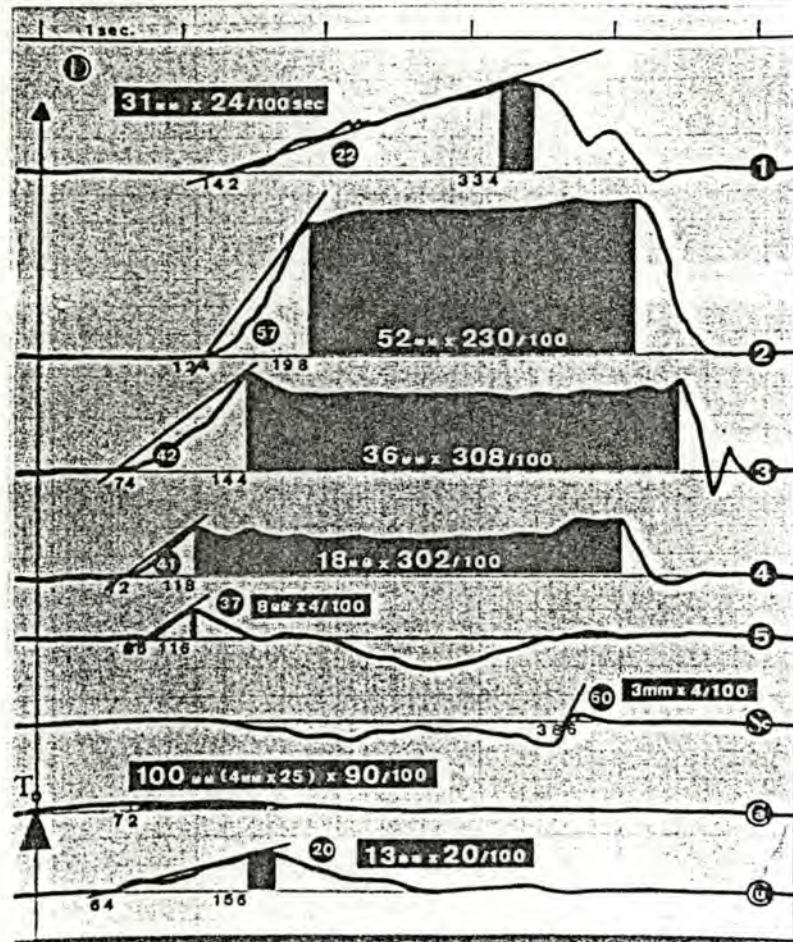
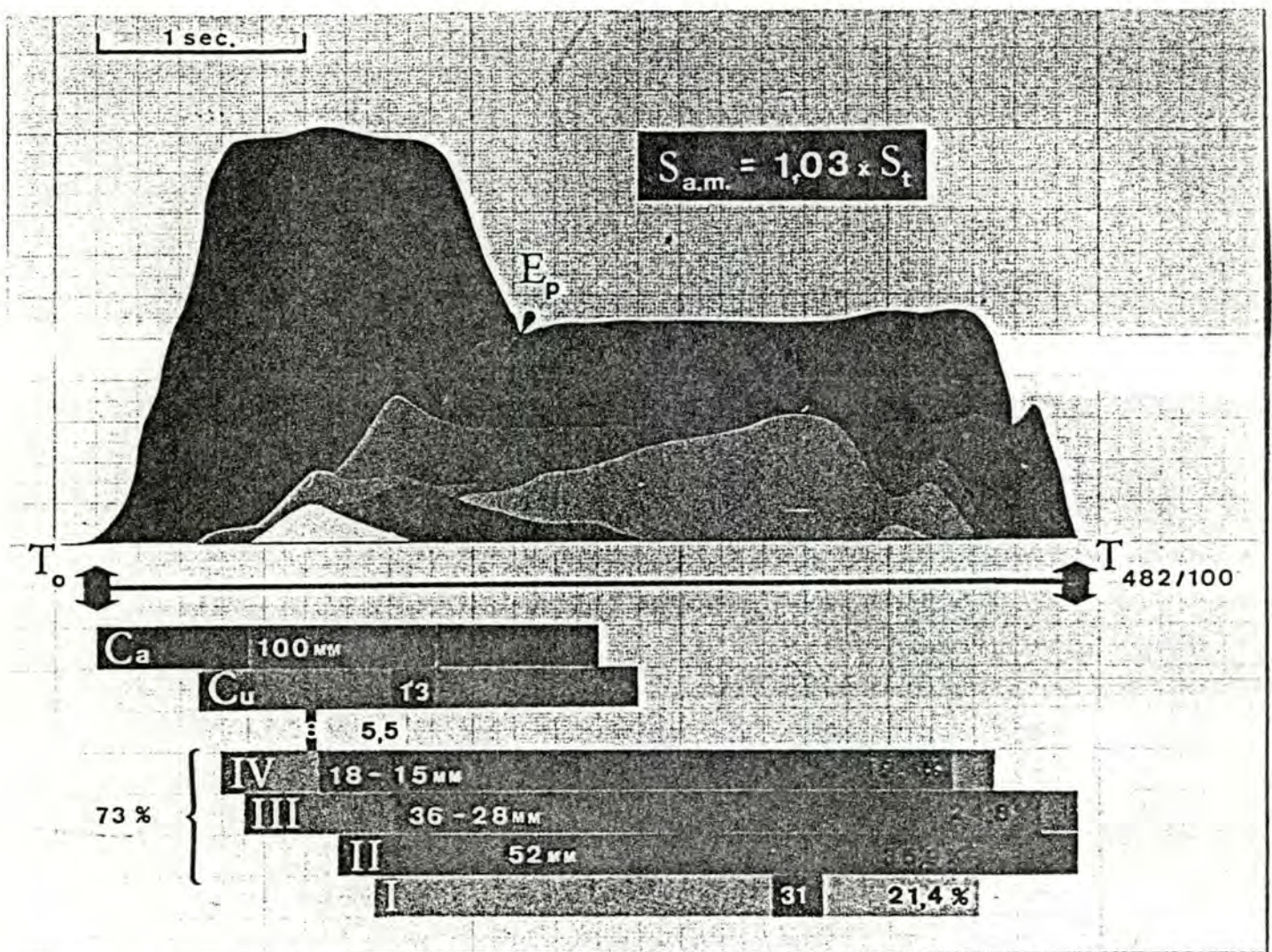


fig. 17.

Décalque du tracé polygraphique précédent dégageant T.M I et mettant en évidence l'importance des acmés pressionnelles et de leurs durées respectives subies par les cinq têtes métatarsiennes au cours du pas contrôlé. Ce tracé confirme le rôle "portant" des IIème, IIIème et IV T.M. et la fonction de "frein" à la supination au début du pas du cuboïde et de la Vième T.M. et de "frein" à la pronation en fin de pas de la Ière T.M.



Évolution des pressions ponctuelles en charge (P.P.C.)
 au cours de la marche contrôlée
 (pas lent de 482/100 sec. – vitesse d'enregistrement 5 cm/sec.)

R E P È R E	Départ de l'activité	Acμές pressionnelles = Phases portantes				Durée totale de l'activité
		Début	Latence-pente	Intensité-taux	Durée	
		<i>APPAREIL TARSIIEN</i>				
Ca	T ₀	+ 72/100	72/100" – 73°	100 mm – 100%	90/100"	240/100"
Cu	+ 64/100"	156/100	92/100" – 20°	13 mm – 13%	20/100"	210/100"
Sc	+ 380/100"	386/100	6/100" – 60°	3 mm – 3%	30/100"	
		<i>APPAREIL MÉTATARSIEN</i>				
TM ₅	+ 86/100"	116/100	30/100" – 37°	8 mm – 5,5%	4/100"	112/100"
TM ₄	+ 72/100"	118/100	46/100" – 41°	18 mm – 12,4%	302/100"	333/100"
TM ₃	+ 74/100"	144/100	70/100" – 42°	36 mm – 24,8%	308/100"	410/100"
TM ₂	+ 124/100"	198/100	74/100" – 57°	52 mm – 35,9%	230/100"	354/100"
TM ₁	+ 142/100"	334/100	192/100" – 22°	31 mm – 21,4%	24/100"	288/100"

fig. 18.

Montage-synthèse du tracé polygraphique *normal* et des mesures enregistrées. L'importance des pressions subies par le calcaneum a été restituée en multipliant par dix les pressions enregistrées à son niveau (le palpeur calcanéen est dix fois moins sensible que les autres palpeurs). Les T.M. II, III et IV «encaissent» 73% des pressions subies par l'ensemble de l'appareil métatarsien et ce pendant la plus grande partie de la durée du pas.

Podométrie électronique

Les dyspiésies ou dysharmonies des P.P.C de l'appareil métatarsien pathologique entraînent des altérations des tracés aussi nombreuses qu'il existe de ruptures de l'AFC et de désordres pressionnels de cet appareil (**fig. 19.**).

L'appareil métatarsien représente l'unité fonctionnelle de l'avant-pied au rôle biomécanique complexe essentiel pour la statique, la dynamique et la cinétique harmonieuse du pied. Sa fonction capitale, la sustentation-préhension met en jeu conjointement quatre structures distinctes (**fig. 20.**) :

1. les articulations :

- le couple de torsion : énarthrose de mobilité astragalo-scapoïdienne et diarthrose de stabilité calcanéocuboïdienne,
- les diarthroses d'amortissement des articulations du LISFRANC,
- les condylarthroses métatarso-phalangiennes de mobilité.

2. les têtes métatarsiennes (TM) portantes :

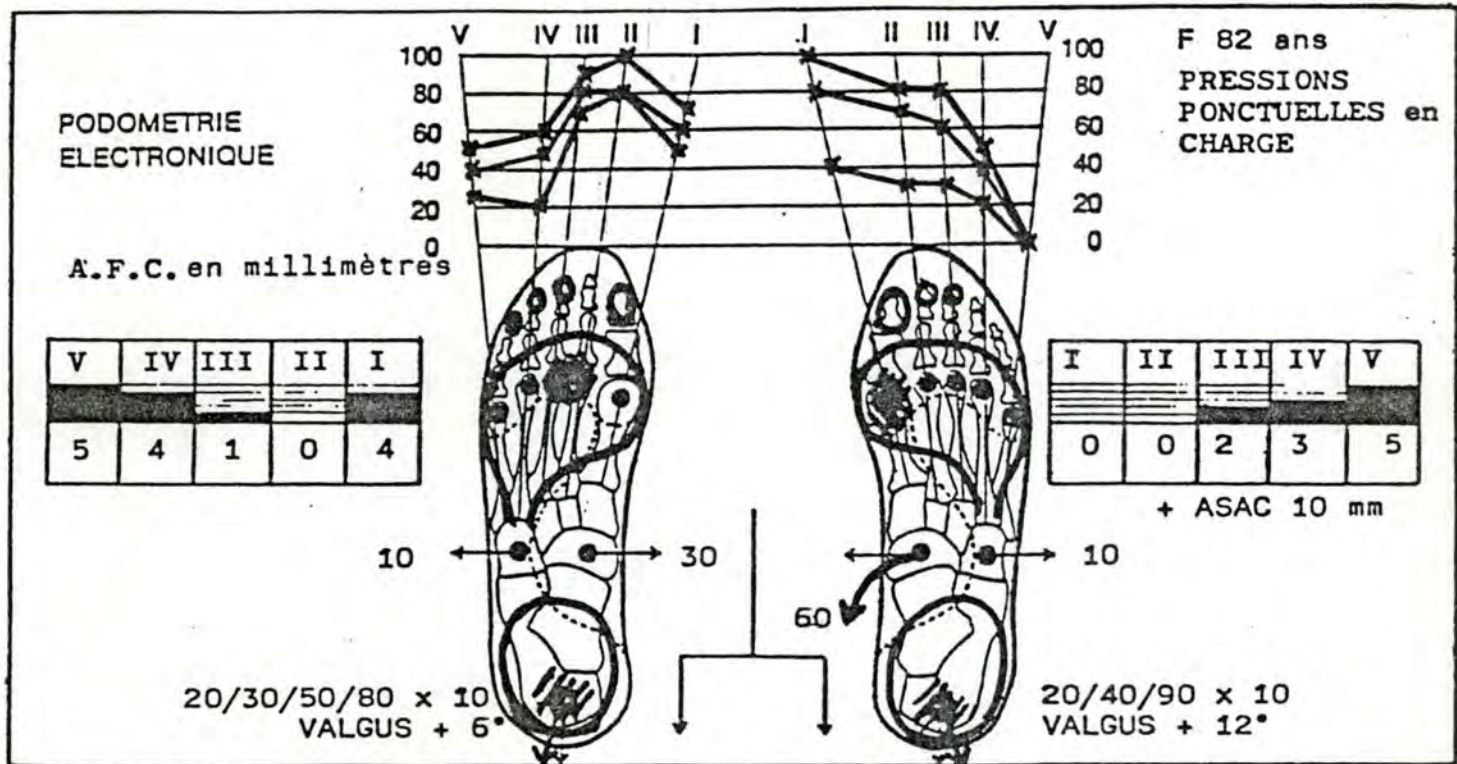
- les cinq TM au repos en charge,
- les TM II, III et IV au cours de la marche comme le démontrent les tracés polygraphiques.

3. les amortisseurs :

- les coussinets sous-capitiaux d'appui aux structures histologiques particulières,
- les orteils dont les mouvements de flexion-extension augmentent ou diminuent les P.P.C des TM. (cfr. annexe **fig. A11.**)

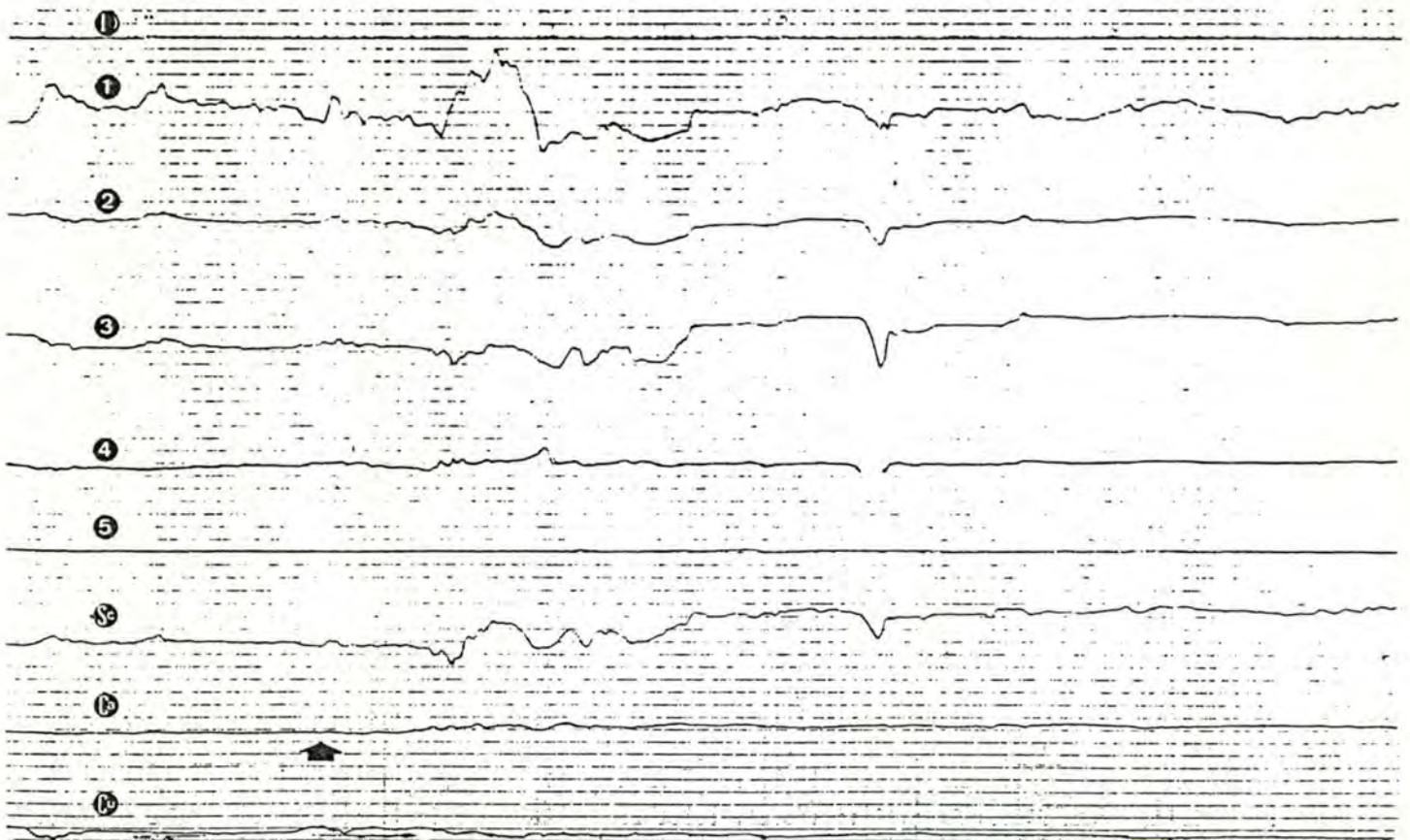
4. les orteils préhenseurs.

Les résultats de cette étude, basée sur plus de 2000 examens et cas traités et suivis depuis plusieurs années, nous ont conduit à reconsidérer nos conceptions de la biomécanique du pied et notre



Profil podométrique d'une patiente de 82 ans consultant pour «pieds douloureux» bilatéraux à prédominance droite consécutifs à une «algo-dystrophie» post-traumatique du pied D (coup sur la malléole interne D 18 mois plus tôt) traitée symptomatiquement. Hyperlaxité du couple de torsion D avec bascule importante du pied en valgus.

RX : petites irrégularités du bord interne du tubercule du scaphoïde D au niveau de l'insertion du jambier postérieur. Désinsertion partielle ou lésions du tendon du jambier post. ? Orthèses de réharmonisation : nette amélioration de la marche qui devient possible sur une plus longue distance sans assistance, mais douleurs persistantes, quoique atténuées, de la cheville droite au deuxième mois.



Tracé polygraphique en position debout de l'appareil métatarsien droit *dyspiésique* de cette patiente de 82 ans (figure 6). L'hyper-pression importante enregistrée au niveau du scaphoïde objective le valgus sévère du calcaneum de + 12°.

fig. 19.

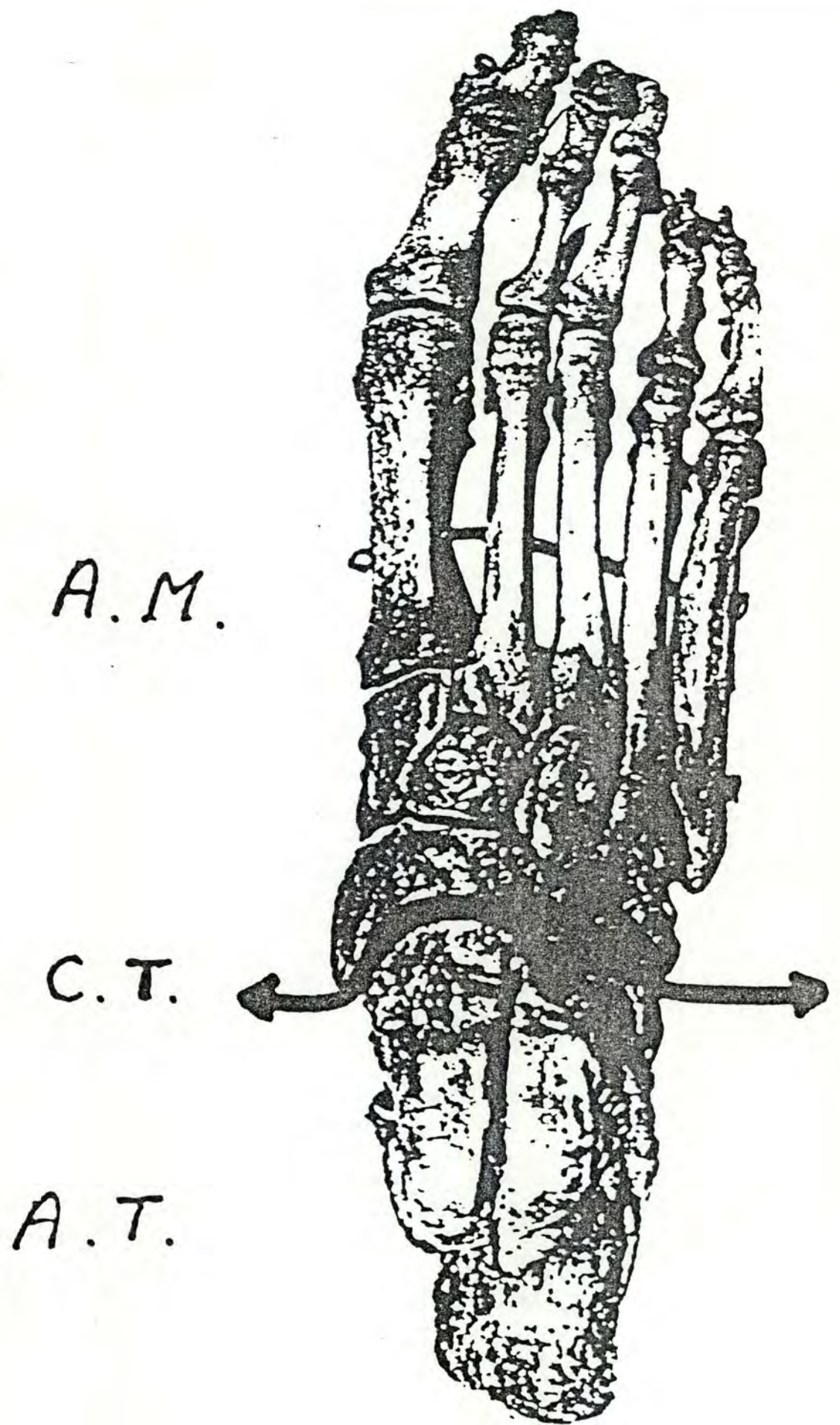


fig. 20.

A.M. : appareil métatarsien : A.T. : appareil tarsien :
C.T. : couple de torsion.

Podométrie électronique

attitude thérapeutique orthétique et chirurgicale en présence d'un "pied douloureux" qualifié à tort, pour nous, de "métatarsalgies".

Les dyspiésies de l'appareil métatarsien débordent largement, par leurs conséquences, le cadre étroit du métatarse car l'expérience démontre qu'elles sont à l'origine de deux types principaux de désaxations antalgiques réflexes du pied et ainsi retentissent sur la biomécanique non seulement du pied mais aussi des segments sus-jacents :

- la désaxation selon l'axe de pro-supination du pied passant par le 11ème rayon cause la plupart des troubles douloureux de l'appareil locomoteur tels dyspiésalgies, instabilité chronique de la cheville, genou douloureux, lombo-sacralgies (**fig.21.**);

- la rupture de la balance pressionnelle appareil métatarsien /appareil tarsien au détriment de ce dernier provoque notamment les talalgies (**fig. 22.**);

Ces désaxation isolées, ou plus rarement associées, entraînent par leur fait des altérations de la congruence de toutes les surfaces articulaires sus-jacentes successives et ce à des degrés divers. La distension consécutive des appareils capsulo-ligamentaires de ces articulations, riches en terminaisons nerveuses sensorielles proprioceptives et douloureuses, sera source de douleurs et d'instabilité articulaire par suite de la recherche permanente inconsciente et réflexe d'une mouvante et introuvable position neutre indolente de l'appareil métatarsien.

Cet équilibre instable sollicitant à la fois les appareils capsulo-ligamentaires et musculaires est à l'origine de certaines algies qualifiées de "sine materia" car non objectivables par les examens classiques tels la radiographie et l'électromyographie.

Ces douleurs sont principalement articulaires et localisées aux articulations sus-jacentes telles le couple de torsion, la cheville, le genou, la charnière lombo-sacrée et dans une moindre mesure la

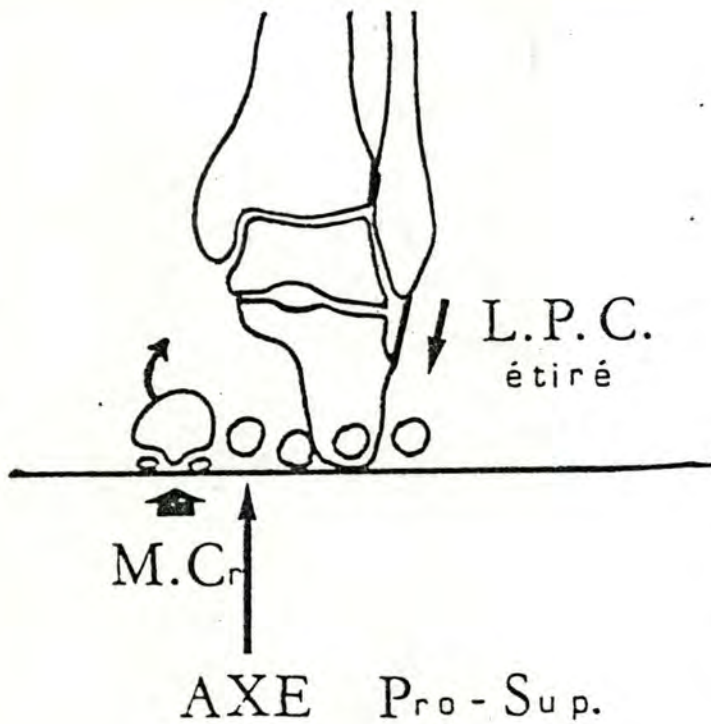


fig. 21.

Illustration de la désaxation antalgique du pied selon l'axe de pro-supination.

M.Cr. : métatarsien « critique » ou tête métatarsienne en hyperpression maximale.

L.P.C. : ligament péronéo-calcanéen subissant un étirement maximal lorsque TMI est critique, situation fréquente dans l'instabilité chronique de la cheville.

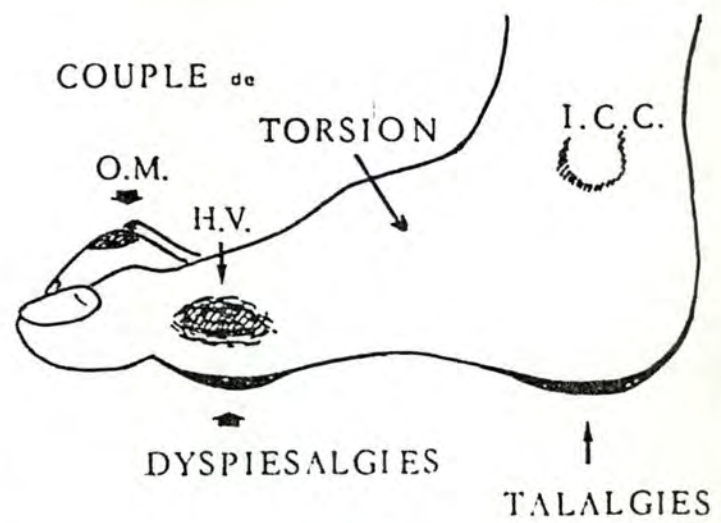


fig. 22.

Représentation schématique des conséquences des dyspiésies de l'appareil métatarsien à l'ensemble du pied. Les **DYSPIÉSALGIES** sont les douleurs résultant de la *dé-compensation* des coussinets sous-capitaux d'appui aux structures histologiques particulières sollicitées de manière anormale permanente ; elles sont pathognomoniques des dyspiésies objectivées en Podométrie électronique.

Hallux valgus (H.V.) et orteil en marteau (O.M.) ont une étiologie commune : les dyspiésies de l'appareil métatarsien. L'hyper-pression d'une T.M. provoque une hyper-extension de décharge antalgique réflexe de l'articulation métatarso-phalangienne correspondante et la désaxation de l'orteil se fera selon l'axe de traction du tendon extenseur. La désaxation en valgus du pouce est en outre aggravée par la géométrie particulière du 1^{er} rayon, par le trajet excentrique de son extenseur et par l'action de l'abducteur transverse.

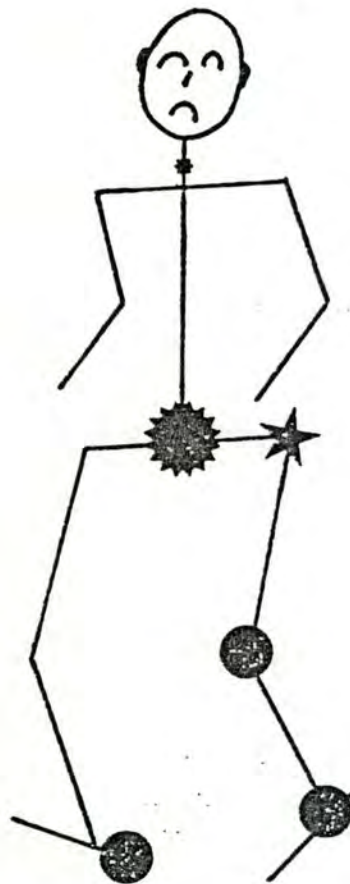


fig. 23

Podométrie électronique

coxo-fémorale à cause des désaxations propres à cette articulation; un de nos patient, âgé de 70 ans, nous a même signalé une amélioration de ses cervicalgies après trois mois de port permanent de ses orthèses de réharmonisation. Nous avons aussi constaté que certaines myalgies et notamment celles siégeant au niveau de la loge des péroniers avaient la même étiologie dyspiésique (fig. 23.).

ix. analyse des mesures, établissement du profil podométrique et prescription de l'orthèse.

La lecture des tracés se fait horizontalement car chaque ligne de mesures simultanées correspond à une position du corps tant en monopodal qu'en bipodal et sur P.P.

L'établissement et l'interprétation du profil podométrique doit tenir compte de nombreuses données :

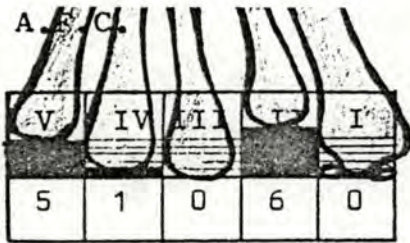
1. les variations des P.P.C de chacune de têtes métatarsiennes enregistrées lors des divers mouvements demandés au patient,

2. le diagramme des variations des P.P.C lors du pas "contrôlé"; en fait sur P.P,

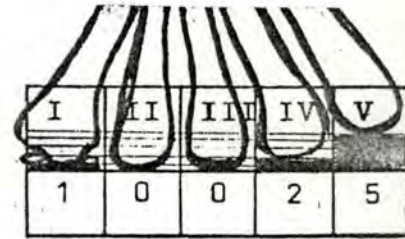
3. les éventuels réflexes antalgiques : l'observation de la manière dont le patient pose son pied sur l'appareil au cours de l'examen est capitale; une réticence du patient à exécuter correctement une manoeuvre prescrite commande impérieusement la question suivante : "avez-vous mal ? à quel endroit ? " Cette réticence se marque d'ailleurs sur le tracé et il est même possible pour l'examinateur de connaître la localisation précise de la T.M. concernée.

La reconnaissance d'une position antalgique du pied est particulièrement importante pour les douleurs ressenties au niveau des T.M. I et T.M. V lors de l'examen et peut conduire à un profil faux et, par conséquent, à des orthèses de réharmonisation inadéquates.

La clinique, par conséquent peut être primordiale (cas D. FRANS 1926) (fig. 24).

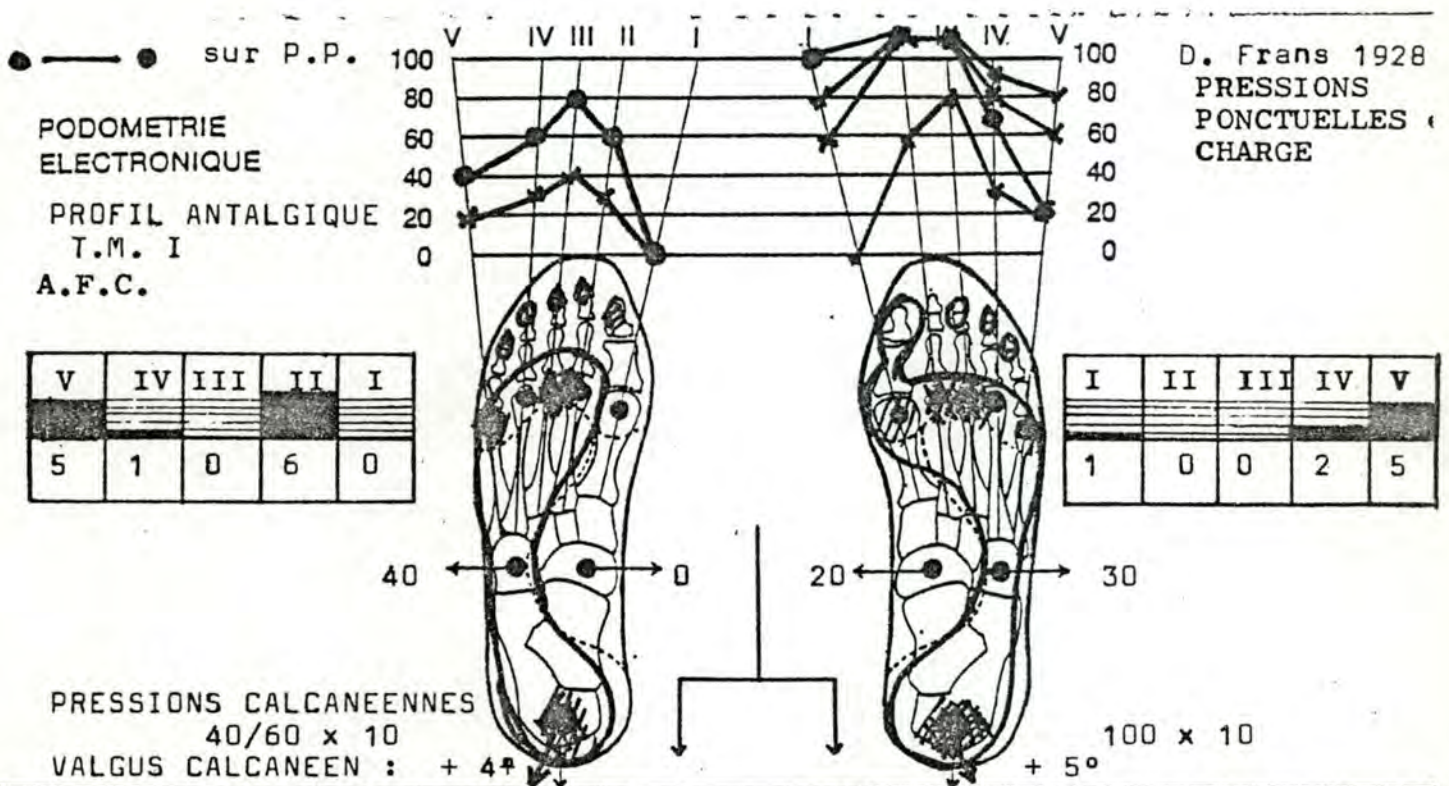


A.F.C. gauche



A.F.C. droite

REPRESENTATION SCHEMATIQUE D'UNE PAIRE D'ORTHESES MILLIMETRIQUE DE REHARMONISATION DES PPC DE L'APPAREIL METATARSIIEN



SEQUELLES DE FRACTURE DES METATARSIENS I, II et III GAUCHE SUITE A UN ACCIDENT DU TRAVAIL.

LES RADIOGRAPHIES DEMONTRENT :

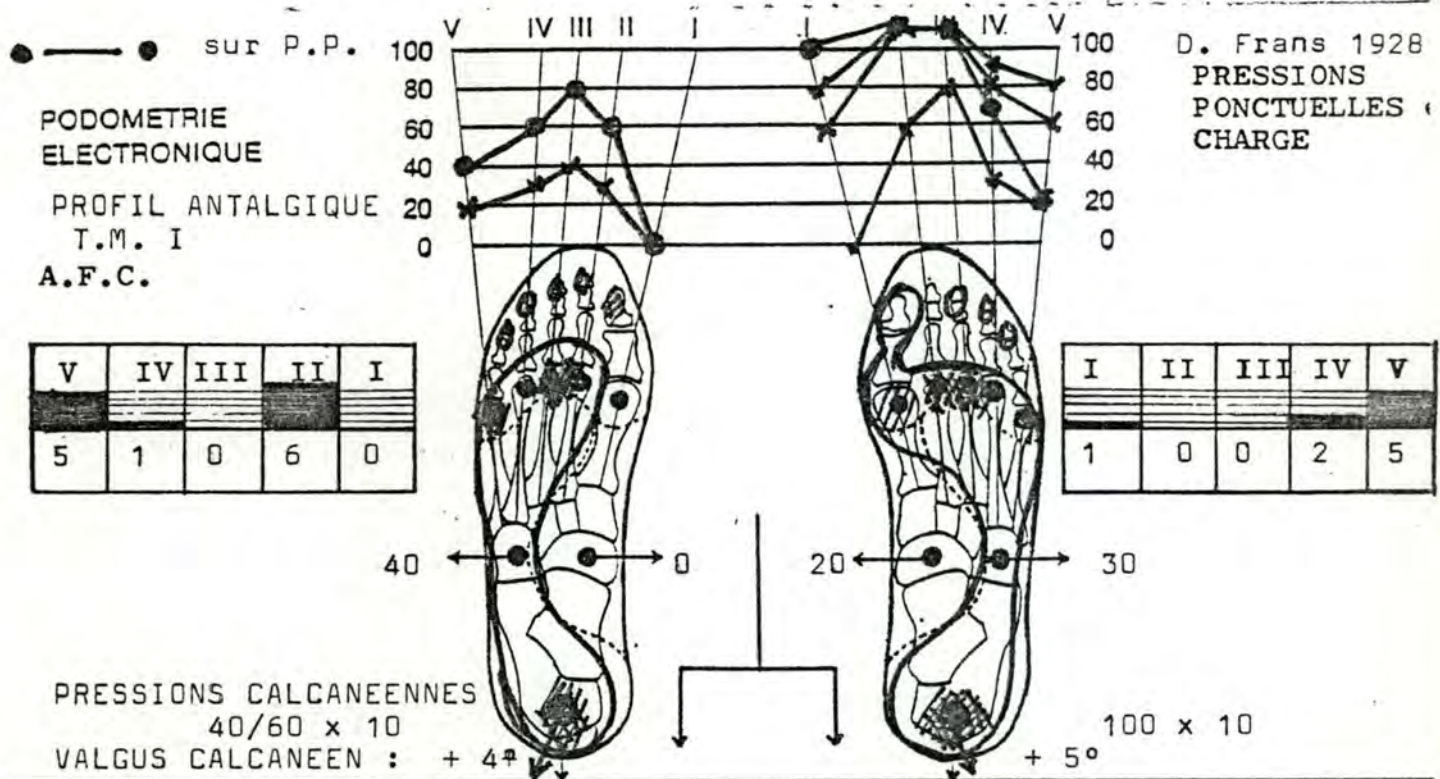
1. Désaxation de TM II en " dorsiflexion ",
2. Désaxation de TM III en " flexion plantaire ",
3. Epatement de TM I dans les deux plans associé à un raccourcissement de la diaphyse du 1er rayon et remaniements osseux de la tête de TM I.

Ces désaxations ont profondément modifié le profil podométrique de l'appareil métatarsien gauche; en effet, TM I par son épatement dans les deux plans et TM III par sa désaxation en flexion plantaire sont en hyper-appui par rapport à TM II dont la désaxation est dorsale.

Cette situation topographique des TM gauches est illustrée dans l'A.F.C. gauche de la présente figure.

Le profil podométrique gauche est de type I.C.C. et le profil droit du type " central "

fig. 24.



Ce patient, âgé de 58 ans, a été victime d'un accident du travail en juillet 1982 qui a entraîné des fractures des trois métatarsiens I, II et III gauches ainsi que des lésions cutanées importantes; la cause des lésions est la chute d'une pièce métallique circulaire d'environ 80 kgrs sur l'avant-pied gauche.

L'examen, demandé par les Experts-médicaux, avait pour but d'évaluer l'importance des lésions post-traumatiques et de savoir " s'il n'y a pas moyen d'adapter une semelle convenable afin de lui permettre une marche meilleure " .

Effectivement, ce blessé se déplace péniblement en s'aidant d'une canne; la boîtierie est importante même sur sol lisse et égal; le pied se pose en supination-talus. Cette attitude antalgique du pied gauche en supination laisse supposer des hyper-pressions au niveau de TM I, pour le moins.

L'examen clinique met en évidence les éléments suivants :

1. les soles plantaires gauche et droite présentent des durillons d'hyper-appui localisés à gauche au niveau de la IIIème et de la Vème tête métatarsienne et à droite au niveau des IIème et IIIème têtes,
2. à tous les stades du " déroulement " du pas, le pied reste en supination-talus sauf, bien entendu, lors de l' " attaque talon " ; le patient élide complètement le mouvement de pronation de l'appareil métatarsien.

L'examen du pied gauche en Podométrie électronique fut très laborieux et très pénible; à aucun moment de l'examen le pied fut en position " neutre " par suite des douleurs ressenties par le patient au niveau de TM I. Le profil podométrique enregistré au niveau du pied gauche est un profil antalgique qui a dû être interprété en fonction de la clinique et non pas par rapport aux valeurs pressionnelles enregistrées par cet examen. L'exécution aveugle d'une orthèse-millimétrique de réharmonisation, basée, dans le cas présent, uniquement sur les données instrumentales aurait conduit inévitablement à un échec.

Actuellement ce patient, après un an de port de ses orthèses, est capable de se déplacer avec indolence et l'appareil métatarsien horizontal par rapport au plan du sol même s'il continue à se servir d'une canne " son bâton d'assurance " .

fig. 24a.

Analyse critique de la prescription de l'orthèse gauche.

Un observateur impartial, ne connaissant pas le cas clinique et jugeant par conséquent "sur pièces", c'est-à-dire en se basant uniquement sur le profil podométrique enregistré est en droit de se demander le "pourquoi" du profil de l'orthèse. L'explication en est simple si on tient compte de la clinique.

Ce patient qui présente de violentes douleurs au niveau de T.M. I, tant au repos en charge qu'au cours de la locomotion assistée d'une canne, n'a de cesse que de "décharger" la T.M. douloureuse. D'où la position antalgique prise par son appareil métatarsien en SUPINATION.

La clinique est faite d'un ensemble de constatations toutes aussi importantes, même si elles paraissent anodines au premier abord. En premier lieu l'observation de la locomotion du patient : cette analyse critique se fait bien souvent à l'insu du patient lors de son introduction dans le cabinet médical (ceci est particulièrement vrai lors d'une expertise médicale amiable ou médico-légale); en effet à ce moment, psychologiquement pour le patient, l'examen n'est pas encore commencé lorsqu'il est accueilli par son examinateur !

L'attitude du patient lors de l'interrogatoire est également révélatrice surtout s'il s'agit d'une expertise; cet aspect psychologique doit toutefois être apprécié avec beaucoup de circonspection et "finement" analysé.

L'examen clinique, lui est nettement plus objectif et permet de déceler un certain nombre de troubles, notamment dans la mobilité de tous les segments articulaires du pied y compris l'articulation tibio- astragalienne (l'examen de cette mobilité est à la fois active et passive). D'autre part l'examen attentif de la sole plantaire peut déceler les stigmates de dyspiésies sous forme de durillons plantaires qui constituent des zones d'hyper-pression.

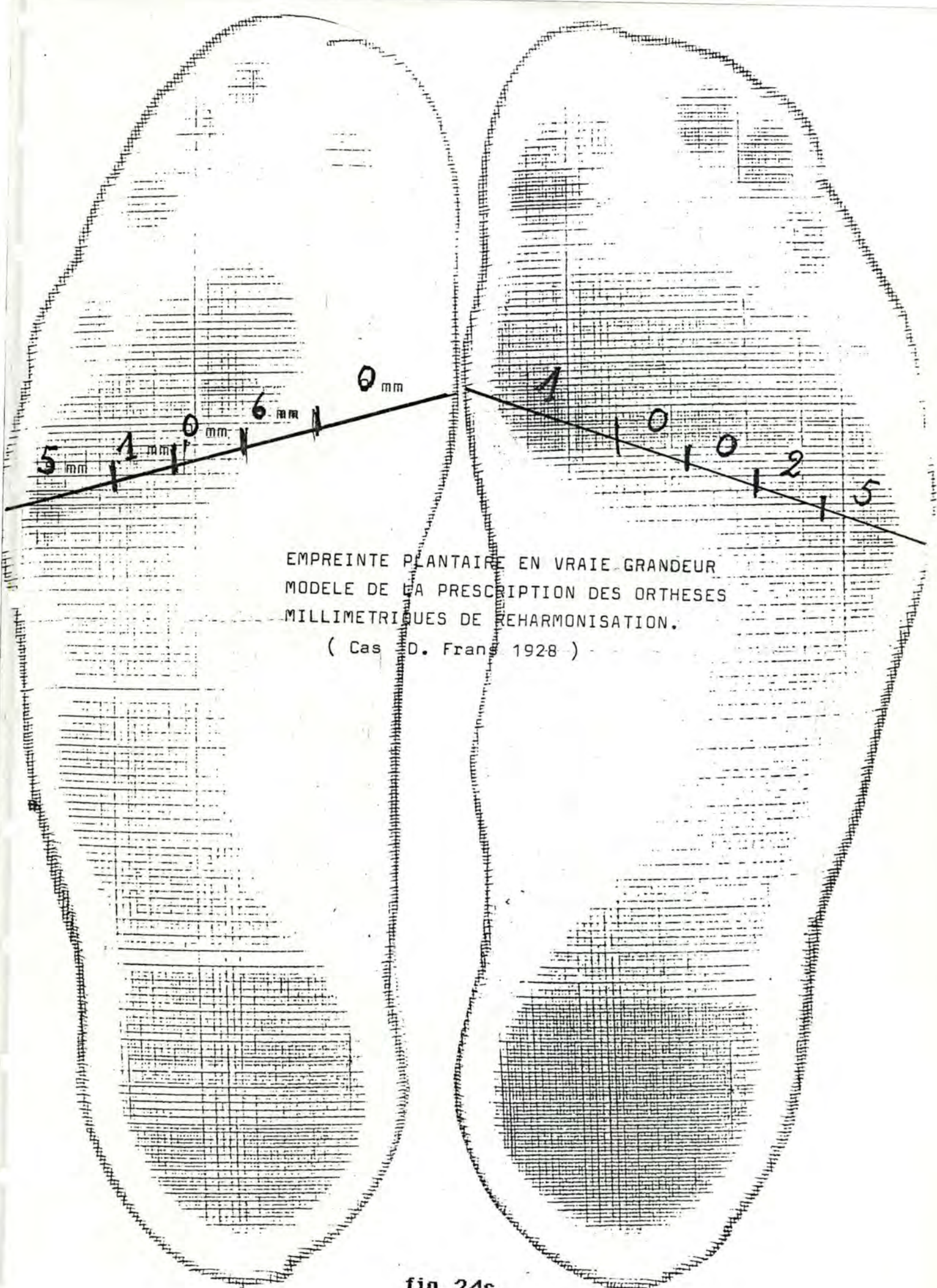
La podoscopie met en évidence une absence totale d'appui sur T.M. I. La podométrie électronique, elle aussi démontre l'absence d'appui sur T.M. I; T.M. III est critique car en hyper-pression maximale. Cet examen a été particulièrement pénible pour le patient car extrêmement douloureux et n'a pas été poursuivi bien longtemps, le pied restant toujours en supination.

Le raisonnement pour la prescription de l'orthèse a été le suivant :

- T.M. I doit être critique car le patient refuse de poser son appareil métatarsien "à plat",
- T.M. III est critique,
- T.M. II doit donc être en hypo-pression relative par rapport à T.M. I et III.
- T.M. IV et V sont également en hypo-pression relative.

Par conséquent, il faut à tout prix "décharger" T.M. I et T.M. III et apprécier la "charge" imposée aux autres T.M. Le choix du profil s'est donc orienté vers un profil de type I.C.C

Les hauteurs des reliefs sous T.M. IV et T.M. V ont été calculées de manière à permettre la re-stabilisation de l'appareil métatarsien autour de son axe anatomique (le IIème rayon) en ayant présent à l'esprit que l'hyper-pression relative de T.M. V est due à une position antalgique en supination. D'autre part, l'examen clinique avait démontré la grande mobilité du VIème rayon ce qui nous a fait pensé que 5 millimètres seraient adéquats. Cette appréciation s'est révélée exacte.



EMPREINTE PLANTAIRE EN VRAIE GRANDEUR
 MODELE DE LA PRESCRIPTION DES ORTHESES
 MILLIMETRIQUES DE REHARMONISATION.

(Cas D. Franc 1928)

fig. 24c.

Podométrie électronique

Quant aux valeurs relatives attribuées à chacune des T.M. elles sont fonction des valeurs recueillies par le P.E. sauf bien entendu dans les cas "à problèmes".

Dans la majorité des cas, lors de l'essayage des orthèses, les reliefs ne doivent guère être modifiés sauf parfois en largeur. Dans certains cas la hauteur d'un ou plusieurs reliefs doit être légèrement réduite (maximum 1 mm.) par suite d'une gêne signalée par le patient. La réduction amène ainsi la disparition de la plainte.

x. causes d'erreurs de l'examen.

Les mesures enregistrées peuvent être entachées d'erreurs dont les causes principales sont :

1. positionnement incorrect des palpeurs au niveau des points à explorer par diminution de la sensibilité du patient; cette éventualité se rencontre notamment chez le diabétique atteint de polynévrite;

2. manque de coopération involontaire du patient qui malgré des explications préalables sur le bon déroulement de l'examen ne fixe pas son attention sur celui-ci;

3. douleurs trop vives au niveau d'un A.M empêchant le patient d'exécuter correctement les appuis; dans ce cas le tracé relativement "plat" devra être interprété en fonction de la clinique (cas D. Suzanne, **fig.25**)

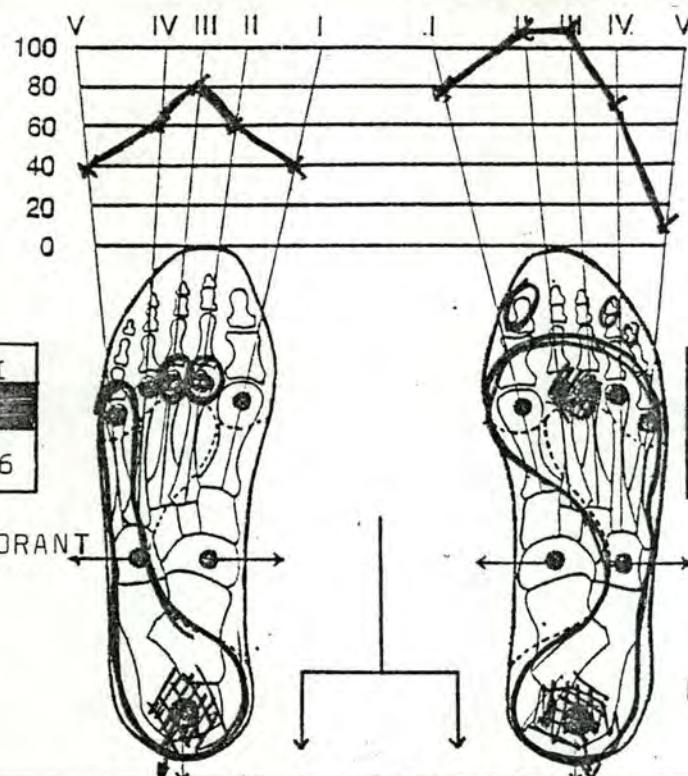
4. absence des T.M. centrales dont les moignons métatarsiens sont difficilement positionnés sur les palpeurs.

PODOMETRIE ELECTRONIQUE

A.F.C.

V	IV	III	II	I
5	1	0	0	6

MENACE MAL PERFORANT PLANTAIRE
 POLYARTHRITE RHUMATOIDE
 HYPER-PRESSION
 VALGUS 10°



D.SUZANNE 50 ANS
 PRESSIONS PONCTUELLES en CHARGE

I	II	III	IV	V
3	0	0	1	5

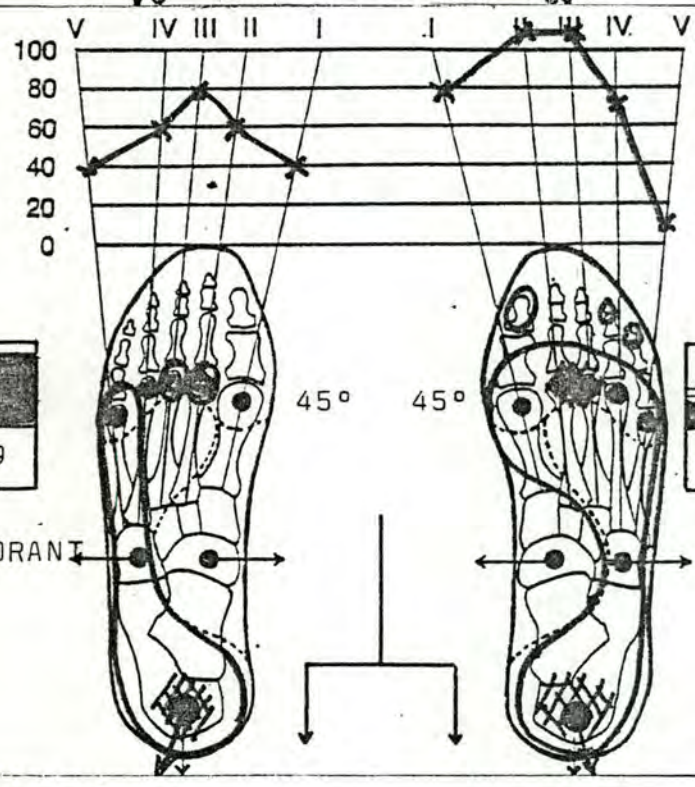
HYPER-PRESSION 100x10
 VALGUS 10°

PODOMETRIE ELECTRONIQUE

A.F.C.

	IV	III	II	
10	1	0	0	9

MENACE MAL PERFORANT PLANTAIRE
 POLYARTHRITE RHUMATOIDE



D.SUZANNE
 PRESSIONS PONCTUELLES en CHARGE

I	II	III	IV	V
3	0	0	1	5

Patiente âgée de 50 ans atteinte depuis 27 ans de polyarthrite rhumatoïde cortico-dépendante depuis 10 ans au moment de la consultation pour troubles graves de la locomotion particulièrement douloureuse obligeant une démarche en SUPINATION-TALUS. Le profil podométrique gauche est particulièrement plat par suite des douleurs ressenties au niveau de l'appareil métatarsien gauche. La " décharge " des TM II et III s'avérait cliniquement utile et indispensable pour éviter l'apparition de lésions cutanées au niveau de TM II et III. Les TM I et V ont été " chargées " en fonction de l'indolence ressentie par la patiente. Initialement, lors de la première consultation, elle était capable de parcourir difficilement 500 mètres après arrêts multiples. Le port des orthèses millimétriques de réharmonisation a permis une locomotion indolente et aisée sur une distance de 3 Kms et la quasi disparition des durillons plantaire au niveau de TM II & III. Psychologiquement, cette patiente est transformée.

fig. 25.

xi. conclusions.

Le traitement de choix du *pied douloureux* sera *orthétique et compensatoire* ; il visera à rétablir l'*euphésie* de l'appareil métatarsien par une *restauration rigoureuse* de l'A.F.C. des cinq têtes métatarsiennes au moyen d'*orthèses de réharmonisation* élaborées d'après les données précises du profil podométrique. Le mécanisme d'action de ces orthèses consiste à rétablir, artificiellement, l'euphésie de l'appareil métatarsien en déchargeant les têtes métatarsiennes en hyper-pression (métatarsiens critiques) et en chargeant de manière compensatoire et proportionnelle celles en hypo-pression relative.

Notre attitude thérapeutique sera identique en présence de *troubles de la locomotion* douloureux ou non (nous y incluons les myalgies), objectivés ou non, car la restitution de l'euphésie décrispé l'appareil métatarsien et met le patient dans les meilleurs conditions de réaxation "per se" des articulations concernées.

La chirurgie de l'appareil métatarsien sera *complémentaire* au traitement orthétique et réservé uniquement au pied douloureux "dépassé" tel l'*hallux valgus* "fixé" c'est-à-dire irréductible, l'orteil en marteau irréductible par suite de luxation métatarso-phalangienne et la rupture trop importante de l'A.F.C. non compensable par orthèses. Dans les deux premiers cas, le traitement chirurgical aura pour objectif l'allongement du tendon extenseur associé pour l'hallux valgus à un recentrage du tendon de l'abducteur, à l'ablation de l'exostose et à la réduction de la luxation des sésamoïdes par cerclage fibreux selon LELIEVRE et, pour l'*orteil en marteau*, à une plastie capsulo-ligamentaire. Quant à la rupture trop importante de l'A.F.C., elle sera réduite par une ostéotomie cunéiforme *sélective et réglée* à base dorsale de la métaphyse intéressée (**fig. 26.**).

Les techniques chirurgicales destinées à rétablir "l'alignement dorso-plantaire" décrit par LELIEVRE par la résection des têtes métatarsiennes centrales, même associées à un réenclavement dia-épiphysaire de ces têtes selon REGNAULD, nous paraissent devoir être proscrites car toujours agressives pour les structures inter-métatarsiennes, mutilantes et souvent invalidantes; la réharmonisation de ces appareils métatarsiens traumatisés pose des problèmes parfois quasi insurmontables autant par l'impossibilité de réaliser un profil podométrique précis due à la disparition des têtes métatarsiennes que par des douleurs d'origine névralgiques consécutives à l'agression chirurgicale.

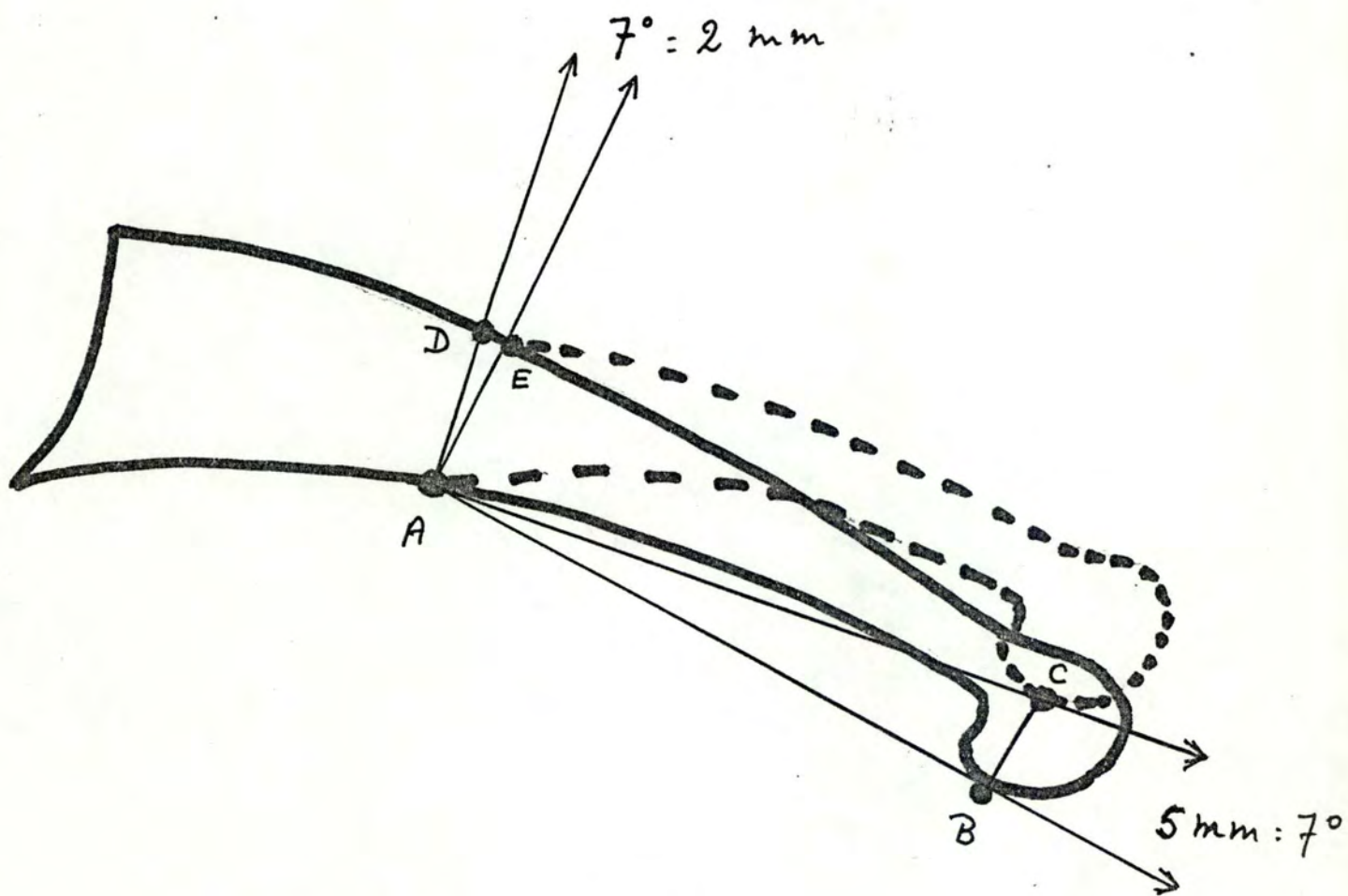


fig. 26.

Podométrie électronique

Nos résultats n'ont guère variés depuis quelques années et pourraient être résumés en une phrase : "sur six patients, cinq sont satisfaits et le sixième ne l'est pas !". L'étude critique de notre statistique donne les résultats suivants pour les patients suivis au delà de 12 mois :

Excellents : 35 % : indolence totale, décrispation de l'appareil métatarsien et disparition des durillons plantaires; port permanent des orthèses;

Bons : 48 % : indolence globale, décrispation de l'appareil métatarsien, persistance d'un soupçon de durillon plantaire, mais port intermittent des orthèses : élégance oblige !

Médiocres : 17 % : amélioration sans disparition des douleurs, appareil métatarsien restant crispé, sole plantaire assouplie mais persistance de durillons témoins d'une réharmonisation incomplète malgré de multiples tentatives pour obtenir le profil idéal. Dans ce groupe nous trouvons principalement les séquelles de la chirurgie osseuse de l'appareil métatarsien ainsi que les patients atteints d'affections des tissus mésenchymateux telle la polyarthrite rhumatoïde ou d'affections métaboliques telles la goutte ou le diabète.

La normalisation de la locomotion passe obligatoirement par la restitution de l'eupiésie de l'appareil métatarsien; cette eupiésie, obtenue par les orthèses de réharmonisation "millimétriques" dans 83 % des cas, supprime douleurs et attitudes antalgiques réflexes du pied, base de sustentation et merveilleux promoteur de la marche.

Les causes d'erreurs et, par conséquent, de mauvais résultats sont inhérentes aux techniques humaines même réputées les plus fiables.

L'objectif de toute recherche est de repousser les limites du "NON-CONNU"; la perfection restera néanmoins une limite insaisissable dans la poursuite de la "VERITE" malgré l'approche toujours plus rigoureuse et performante des phénomènes étudiés.

La Machine proposera mais l'Homme, toujours, décidera grâce à son expérience, à son intelligence et, partant, à sa capacité d'interprétation.

Docteur G. STEINFORT.

codage des données

-pour chacun des pieds :

- l'ensemble des mesures prises en position modo- et bipodale (14 X 5 mesures maximum) et sur la pointe des pieds (8 X 5 mesures maximum) (3 caractères par mesure);
- le profil podométrique (5 x 1 caractère) et son résultat (1 , caractère).

Remarques et contraintes :

- le nom du patient n'a pas été enregistré par soucis de confidentialité; pour les patients possédant plus d'une fiche d'examen, la numérotation décimale a été adoptée (exemple, pour le patient 10 : première fiche : 10, seconde 10.2 etc ...);

- les affections intercurrentes (goutte, diabète...) ne sont pas toujours décelées ni décelables;

- seules les mesures mono- et bipodales sont obligatoires, pour au moins l'un des pieds :

- les patients les plus anciens n'ont pas fait l'objet des examens sur la pointe des pieds;

- lorsqu'un patient a plusieurs fiches, il se peut que les pressions n'aient été remesurées que pour le seul pied resté douloureux, celles pour le pied eupnésique restant inchangées;

- les valeurs >100 ont été encodées à la valeur 110. Les valeurs galvanométriques du podomètre ne sont continues qu'en apparence. Il apparaît en effet qu'actuellement, seules des mesures multiples de 5 sont prises. Ceci est dû en partie à l'imprécision de l'appareil et au fait que les valeurs des pressions n'ont d'intérêt que par rapport aux pressions sous les têtes voisines et n'ont pas de signification absolue;

- le profil encodé est le profil final, c'est-à-dire le profil accepté par le patient lors de l'essayage de l'orthèse; les modifications éventuelles lors de ce dernier (ex: - 0.5 mm) n'ont pas été prises en compte;

codage des données

- les conventions adoptées pour le résultat sont les suivantes :

0 : échec; 1 : médiocre; 2 : bon; 3 : excellent.

ii. homogénéité et exhaustivité.

Le recueil de données soumis à l'analyse doit posséder certaines qualités dont les principales sont l'homogénéité et l'exhaustivité.

a. L' *homogénéité* est habituellement comprise comme une homogénéité de texture : le codage doit permettre une certaine comparabilité entre lignes ou entre colonnes. Le paragraphe suivant expliquera comment, par des transformations, cette homogénéité a été atteinte. L'homogénéité de texture n'est pas, en général, suffisante. Il faut, en même temps, que les informations analysées aient une certaine homogénéité de substance : on ne doit retenir dans la masse des faits que ceux qui sont pertinents pour l'étude. Cette exigence a conduit à distinguer deux familles de variables : celles jouant un rôle actif, et celles n'intervenant que comme variables illustratives ou supplémentaires.

Les variables analysées (actives) retenues sont :

- les pressions sous les têtes métatarsiennes en position mono- et bipodale;
- les valeurs millimétriques du profil.

La variable "affection intercurrente" est une variable illustrative qui a permis d'enrichir l'interprétation (exemple, certains résultats "aberrants");

Remarque : l'explication des échecs (mauvais résultats, 0 et 1) pourra peut-être se faire en donnant un rôle plus actif à cette variable.

Les variables sexe, âge n'ont pas fait l'objet d'étude systématique et servent essentiellement à compléter le dossier médical du patient. Les valeurs sur la pointe des pieds ont un statut particulier, un rôle "mixte" : elles représentent l'évolution des P.P.C. (pressions ponctuelles en charge) au cours du pas contrôlé. Ces valeurs tendent à confirmer ou à infirmer celles recueillies en mono ou bi-podale.

codage des données

b. l' *exhaustivité* stipule que toutes les situations ou tous les aspects d'un phénomène soient représentés. Cependant, "l'exhaustivité est davantage une recommandation qu'une exigence absolue; il faut s'assurer que le recueil de données n'est pas artificiellement tronqué, ni notoirement incomplet" [Lebart]. En pratique, une condition nécessaire d'exhaustivité du recueil est qu'il soit "vaste", ce qui permet d'espérer des résultats stables.

Les patients qui actuellement ont été encodés sont, pour des raisons de facilité, les 300 premiers par ordre alphabétique. A priori, rien ne permet de dire que cet échantillon ne soit pas représentatif de la population parente. On envisage dans l'avenir d'encoder le restant des patients. On pourra alors tester de manière plus précise la stabilité des résultats.

iii. la transformation des données.

Les méthodes d'analyse requièrent que l'individu soit représenté, dans le tableau, par une seule ligne. Le problème de transformation ne se pose pas quand on considère les profils (uniques pour un pied).

La solution qui a été adoptée dans le cas des pressions est la suivante : on résume les différentes mesures par leur moyenne arithmétique.

L'impact de cette transformation sur les données est difficilement évaluable mais remarquons cependant que :

- pour les patients "sans problème", les mesures prises sont relativement répétitives, et donc, les écarts types (s) peu importants; les coefficients de variation (c.v.) représentent des quantités peu variables.

codage des données

Exemple : patient n° 3 : pied gauche pour les pressions en bipodal (10 premières) (**tab 1.1.**) :

NO PATIENT : 3		DATE NAISSANCE : 050522		SEXE : f																
AFFECTION(S) INTERCURRENTE(S) :		REMARQUE(S) :																		
	G	V	IV	III	II	I	I	II	III	IV	V	D								
		5	35	110	80	110	40	45	100	40	35									
		5	30	100	60	100	30	35	100	30	70									
		5	20	90	60	100	35	40	100	40	35									
P.P		5	35	110	80	110	70	35	100	25	25		P.P							
		5	25	100	60	100	35	45	100	40	40									
0	10	80	60	100	5	40	110	75	100	30	35	110	110	110	80	80				
0	10	60	60	100	5	30	100	60	90	35	45	100	45	50	100	110	110	110	80	80
0	10	50	60	90	5	35	110	70	110	25	35	100	30	30	100	110	110	75	45	
					5	40	110	70	110	35	40	110	40	35	90	110	110	60	10	
					5	30	100	60	110	20	30	110	30	50						
					5	20	70	35	35	40	35	110	20	30						
					0	15	50	20	20	15	25	100	20	25						
										20	20	110	15	20						
profil :		V	IV	III	II	I						I	II	III	IV	V				
		5	3	0	1	0						2	0	0	2	4				
		resultat : 3										resultat : 3								

tab. 1.1.

m :	5	32	104	67.5	104
s :	0	6	6.63	8.13	6.63
c.v :	0	0.19	0.06	0.12	0.06

La perte d'information est réduite, et les moyennes (m) donnent un résumé "raisonnable".

- certains patients ont de grandes variabilités dans les mesures.

Exemple : patient n° 300 : pied gauche pour les pressions en bipodal (7 premières) (**tab. 1.2.**) :

NO PATIENT : 300		DATE NAISSANCE : 250935		SEXE : f														
AFFECTION(S) INTERCURRENTE(S) :		REMARQUE(S) :																
	G	V	IV	III	II	I	I	II	III	IV	V	D						
		40	60	40	70	45	20	40	60	40	70							
		50	20	50	30	40	70	90	100	70	90							
P.P		100	100	80	85	110	100	110	100	90	100		P.P					
		60	90	60	40	40	25	45	50	40	60							
90	110	100	60	60	110	110	50	30	90	60	100	40	60	70	50	60		
90	110	100	70	70	70	100	20	40	60	40	90	50	80	80	60	70		
70	110	100	50	40	40	70	30	60	60	40	60	40	80	90	60	70		
60	110	100	40	30	20	40	40	70	70	45	60	40	90	100	60	60		
							25	50	50	30	50	30	100	100	60	50		
							20	40	40	30	50							
profil :		V	IV	III	II	I						I	II	III	IV	V		
		3	0	0	1	1						2	0	0	3	3		
		resultat : 3										resultat : 3						

tab. 1.2.

m :	78.57	92	70	65	79.28
s :	25.87	16.65	19.28	21.2	32.77
c.v :	0.32	0.17	0.27	0.32	0.41

Chapitre 2 : Choix des méthodes d'analyse

Introduction

La statistique classique étudie généralement un seul caractère (ou variable) mesurée sur un petit ensemble d'individus. Elle a développé les notions d'estimation et de tests, fondées sur des hypothèses restrictives et quelques fois difficilement vérifiables.

Cependant, dans la réalité, un individu observé est fréquemment caractérisé par un grand nombre de caractères.

Les méthodes actuelles d'analyse permettent une étude globale de ces caractères, mettant en lumière des phénomènes, tout en faisant la plus grande économie d'hypothèses, en cherchant des ressemblances et des différences, en transformant les données, en les réduisant pour éliminer les redondances et exhiber des liaisons. Les individus sont plongés dans des espaces géométriques, et on s'efforce de les "visualiser" sur un plan, ou de les classer en groupes homogènes, tout en perdant le minimum d'information.

1. Les types de problèmes.

Les types de problèmes abordés en analyse des données sont les suivants : puisque les données récoltées sont difficilement accessibles par l'esprit humain, il faut analyser, décrire cette masse d'informations pour comprendre. On tâchera par exemple de découvrir des groupes de patients relativement aux pressions mesurées sous leurs têtes métatarsiennes.

Les méthodes de classification permettront ensuite de délimiter des groupes et de définir des ensembles d'individus ayant un même profil podométrique, une même affection dyspiésique. Ces méthodes servent essentiellement à structurer les données pour pouvoir les appréhender.

choix des méthodes d'analyse

Enfin, on étudiera la variable "appartenance à un groupe", pour expliquer les groupes précédents avec les caractères dont on dispose. Ces méthodes permettent d'expliquer les relations entre un ou plusieurs caractères (variables à expliquer) et les autres (variables explicatives).

ii. Choix des méthodes.

Le choix des méthodes employées a été guidé par ce triple problème (décrire, structurer, expliquer) , par la nature des données (essentiellement quantitatives) et par des critères de fiabilité (méthodes ayant déjà fait leurs preuves) et de disponibilité des outils adéquats.

Ces méthodes sont respectivement :

- *analyse en composantes principales* (description);
- *classification* (structuration);
- *analyse discriminante* (explication).

Chaque section décrivant une méthode est organisée de la même façon :

1. en introduction, le problème et les caractéristiques de la méthode aidant à sa résolution; 2. un exposé théorique réduit; 3. les résultats des méthodes sur les données ainsi que leur interprétation.

Le développement mathématique a cédé la place à un discours moins formel et plus intuitif. Les méthodes employées ne sont pas neuves et ont fait l'objet d'une bibliographie abondante.

Les résultats sont présentés essentiellement sous forme graphique. Signalons cependant que, contrairement à ce que leur caractère suggestif laisserait prévoir, la lecture et l'interprétation de ceux-ci reste délicate. Il va de soi que le plus gros de ce travail d'interprétation et de dépouillement des résultats relève plus de la compétence de l'orthopédiste que de celle de l'informaticien.

choix des méthodes d'analyse

Par exemple, on définit N , nuage de points dans \mathbb{R}^p par :

$$N = \{x_i, p_i / x_i \in \mathbb{R}^p, p_i > 0, i \in \{1, \dots, n\}, \sum_{i=1}^n p_i = 1\}$$

Le *centre de gravité* de N est le vecteur g de \mathbb{R}^p défini par :

$$g = \sum_{i=1}^n p_i x_i$$

Sans nuire à la généralité, on supposera généralement que les variables sont centrées, c'est-à-dire que l'origine O et le centre de gravité de N sont confondus.

Dans \mathbb{R}^p , les proximités existant entre les points qui représentent des individus ont une interprétation directe pour l'utilisateur : deux points sont "très voisins" si, dans l'ensemble, leurs p coordonnées sont "très proches" : ces deux individus sont caractérisés par des valeurs presque égales pour chaque variable (caractère).

De même, si les valeurs prises par deux variables particulières sont "très voisines" pour tous les individus, ces variables seront représentées par deux points très proches dans \mathbb{R}^n . Cela peut vouloir dire que ces variables mesurent une même chose, ou encore qu'elles sont liées par une relation particulière.

Nous supposerons que ces proximités ont un sens.

L'interprétation de celles-ci, dans les deux espaces, est délicate : par exemple, comment interpréter un éloignement moyen dans \mathbb{R}^p ? Est-ce que deux individus dans \mathbb{R}^p ont des valeurs assez voisines pour chacune des variables ou, au contraire, des valeurs très proches pour certaines et éloignées pour d'autres ?

Comment mesurer la distance entre deux individus dans \mathbb{R}^p ?

choix des méthodes d'analyse

Sous sa forme la plus générale, cette distance d peut s'écrire :

$$d^2(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2) = \sum_k \sum_j m_{kj} (x^k_1 - x^k_2) (x^j_1 - x^j_2),$$

soit avec \mathbf{M} , la matrice d'élément m_{jk} :

$$d^2(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2) = {}^t(\mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_2) \mathbf{M} (\mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_2)$$

\mathbf{M} , qui peut être n'importe quelle matrice symétrique définie positive est la *métrique de l'espace*. Le choix de cette métrique sera abordé plus loin.

(Exemple : la formule de Pythagore revient à choisir pour \mathbf{M} la matrice unité \mathbf{I}).

3. Variance, covariance et corrélation.

Soit \mathbf{D} , la matrice ayant les poids des n individus sur la diagonale et des 0 partout ailleurs.

Les variables $x^1, \dots, x^j, \dots, x^p$ étant centrées, on montre alors que :

$$1. \text{var}(x^j) = \sum p_i (x^j_i)^2 = {}^t \mathbf{x}^j \mathbf{D} \mathbf{x}^j = \|\mathbf{x}^j\|^2;$$

$$2. \text{cov}(x^j, x^k) = \sum p_i x^j_i x^k_i = {}^t \mathbf{x}^j \mathbf{D} \mathbf{x}^k;$$

$$3. \text{corr}(x^j, x^k) = \frac{\text{cov}(x^j, x^k)}{[\text{var}(x^j) \text{var}(x^k)]^{1/2}} = \frac{{}^t \mathbf{x}^j \mathbf{D} \mathbf{x}^k}{\|\mathbf{x}^j\| \|\mathbf{x}^k\|} = \cos(x^j, x^k)$$

4. Inertie par rapport à un point.

On définit l' *inertie* du nuage N par rapport à $\mathbf{y} \in \mathbb{R}^p$ par :

$$I_N(\mathbf{y}) = \sum_i p_i d^2(\mathbf{x}_i, \mathbf{y}),$$

mesurant la dispersion du nuage autour de \mathbf{y} .

choix des méthodes d'analyse

- Soit une partition de N en m classes disjointes N_1, \dots, N_m , telles que $\bigcup N_k = N$, $k \in \{1, \dots, m\}$;

- Soit g_k le centre de gravité de la classe N_k . L'inertie de N_k par rapport à g_k est définie par :

$$I_N(g_k) = \sum_k \sum_i p_i d^2(x_i, g_k), \quad x_i \in N_k$$

Cette quantité est appelée *inertie intra-classe*.

- On peut définir l'inertie des g_k par rapport à g , centre de gravité de N par :

$$\sum_{k=1}^m p(N_k) d^2(g_k, g), \quad \text{avec } p(N_k) \text{ le poids de } N_k.$$

Cette quantité est appelée *inertie inter-classe*.

- On peut alors montrer que :

$$I_N(g) = \sum_{k=1}^m I_N(g_k) + \sum_{k=1}^m p(N_k) d^2(g_k, g).$$

Chapitre 3 : Application des méthodes d'analyse

1. L'analyse en composantes principales.

i. Introduction.

Cette méthode a pour objet la *description* des données contenues dans un tableau individus-caractères quantitatifs (numériques) où p caractères (x^1, \dots, x^p) sont mesurés sur n individus. On cherchera à extraire l'essentiel de l'information dans le tableau des données et à fournir une représentation imagée se prêtant plus aisément à l'interprétation.

Si l'on considère chaque individu comme un vecteur défini par ses p composantes - valeurs prises par cet individu sur chacune des p caractéristiques - on peut parler de *distance* entre chacun d'eux. On est ainsi en présence d'un nuage de points dans un espace à p dimensions et l'on voudrait pouvoir saisir et comprendre la dispersion des points, de façon progressive, c'est-à-dire en essayant de comprendre ce que signifie d'abord la dimension "allongement maximum" du nuage, ensuite la dimension perpendiculaire à la précédente et prenant en compte le plus possible de dispersion, etc ...

Lorsqu'il n'y a que deux caractères x^1 et x^2 , il est facile de représenter, sur un graphique plan, l'ensemble des données : chaque individu x_i est alors un point de coordonnées (x_i^1, x_i^2) et le simple examen visuel du nuage permet d'étudier l'intensité de la liaison entre x^1 et x^2 et de repérer les individus ou groupes d'individus présentant des caractéristiques voisines (**fig. 3.1.**).

Dès que le nombre p de caractères devient supérieur ou égal à 4, cette étude visuelle devient impossible. Par une série d'ajustements on

analyse en composantes principales

cherchera alors des sous-espaces de faibles dimensions qui s'ajustent au mieux aux nuages des points individus et de points variables, pour que les proximités, mesurées dans les sous-espaces, reflètent autant que possible les proximités réelles.

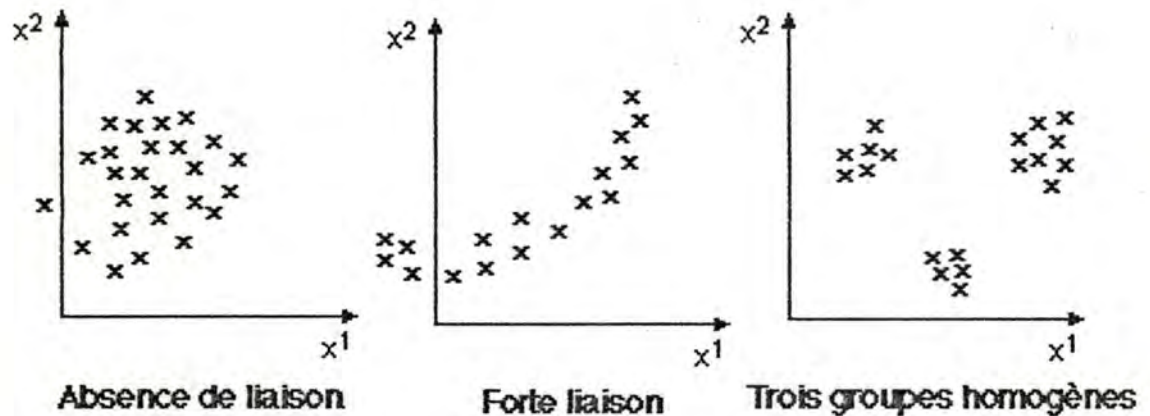


fig. 3.1.

Par exemple, si la représentation a une seule dimension, on cherchera la droite la plus "proche" des points du nuage et celui-ci sera représenté par la projection des points sur cette droite; la proximité du nuage de points à la droite sera mesurée par l'*inertie* du nuage par rapport à cette droite (fig. 3.2.).

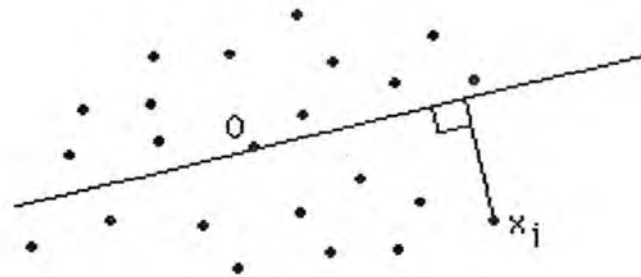


fig. 3.2.

Lorsque l'on projette les points individus x_1, \dots, x_n sur un plan, les distances entre ces points peuvent ne pas être toutes égales aux distances entre les individus dans l'espace complet à p dimensions. On cherchera à rendre minimum les distorsions (fig. 3.3).

analyse en composantes principales

Il faut choisir le plan de projection sur lequel les distances seront en moyenne le mieux conservées. On se fixera comme critère de rendre maximale la moyenne des carrés des distances entre les projections f_1, f_2, \dots, f_n .

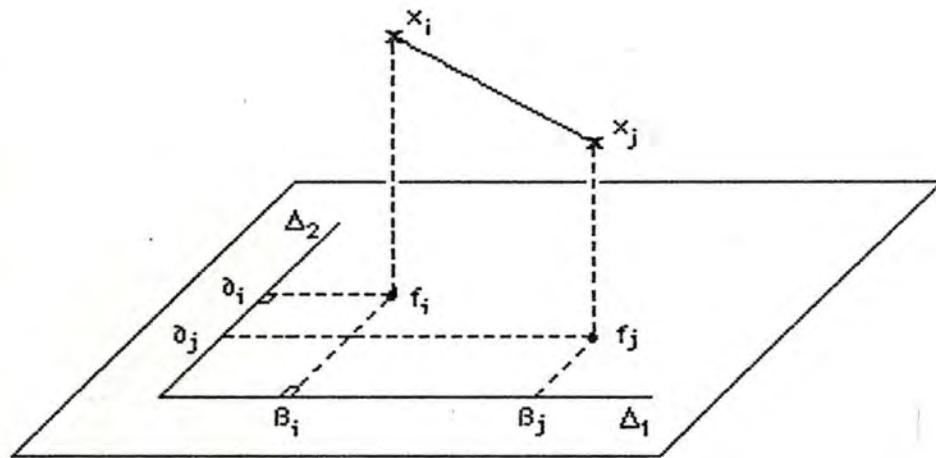


fig. 3.3.

Pour déterminer le plan principal, il suffit de trouver deux droites Δ_1 et Δ_2 . Si Δ_1 et Δ_2 sont perpendiculaires, on a :

$$d^2(f_i, f_j) = d^2(\beta_i, \beta_j) + d^2(\delta_i, \delta_j)$$

où les β_i et les δ_i sont les projections des x_i (et des f_i) sur Δ_1 et Δ_2 respectivement.

La méthode consiste alors à chercher tout d'abord Δ_1 , rendant maximale la moyenne des $d^2(\beta_i, \beta_j)$ puis Δ_2 , rendant maximale la moyenne des $d^2(\delta_i, \delta_j)$. On peut continuer en dehors du plan et on trouvera alors $\Delta_3, \Delta_4, \dots, \Delta_p$ perpendiculaires entre elles : les Δ_i sont les *axes principaux* du nuage.

En projetant, sur les axes principaux, x_i qui avait pour coordonnées

analyse en composantes principales

initiales $(x^1_i, x^2_i, \dots, x^p_i)$ on obtient de nouvelles coordonnées $(c^1_i, c^2_i, \dots, c^p_i)$. On construit ainsi de nouveaux caractères (c^1, c^2, \dots, c^p) que l'on appelle les *composantes principales* : chaque composante c^k (qui est la liste des coordonnées des n individus sur l'axe Δ_k) est une combinaison linéaire des caractères initiaux :

$$c^k = u^k_1 x^1 + u^k_2 x^2 + \dots + u^k_p x^p$$

Les coefficients $(u^k_1, u^k_2, \dots, u^k_p)$ forment le k -ième *facteur principal* u^k .

La meilleure représentation des données au moyen de q caractères seulement ($q < p$) s'obtient en prenant les q premières composantes principales. L'analyse en composantes principales (ACP) est donc une méthode de réduction du nombre de caractères permettant des représentations géométriques des individus et des caractères. Cette réduction du nombre de caractères ne se fait pas par une simple sélection de certains d'entre eux, mais par la construction de nouveaux caractères synthétiques obtenus en combinant les caractères initiaux au moyen de facteurs.

Remarque : il est clair que la réduction ne sera possible que si les p caractères initiaux ne sont pas indépendants et ont des coefficients de corrélation non nuls.

ii. Recherche des composantes et des facteurs principaux.

On sait qu'en projetant les individus sur une droite quelconque Δ , on crée un nouveau caractère c dont les valeurs c_1, c_2, \dots, c_n sont les mesures algébriques des projections des points x_i sur cette droite (fig. 3.4).

Soit a le vecteur unitaire de Δ , de M -norme 1; c_1 , mesure algébrique de la projection de l'individu x_1 est alors égale au produit

analyse en composantes principales

scalaire de x_1 par a :

$$c_1 = {}^t x_1 M a = {}^t (Ma) x_1$$

càd en posant $u = Ma$, $c_1 = {}^t u x_1$ soit $c_1 = \sum_{j=1}^p u_j x_j^1$

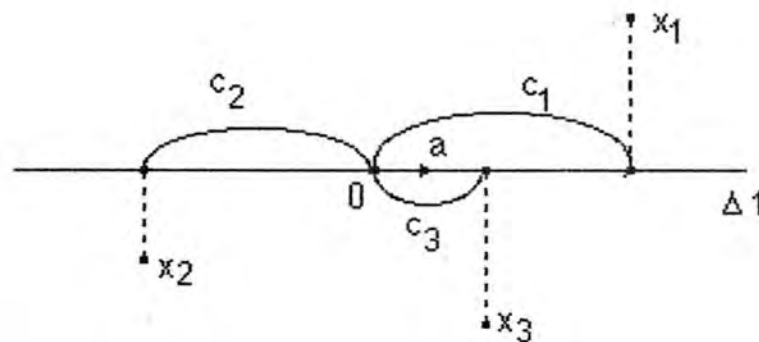


fig. 3.4.

Le caractère c s'obtient alors par la formule $c = Xu$

Le premier axe principal Δ_1 a été défini par la propriété de rendre maximale la moyenne des carrés des distances entre les projections des points du nuage. Ceci équivaut à rendre maximale l'inertie de ces projections.

Δ_1 est l'axe d'allongement principal car c'est sur cet axe que les c_i sont les plus dispersés; c est combinaison linéaire des x^i de variance maximale.

Comment trouver c ?

Remarque : pour alléger les démonstrations, on peut toujours se ramener au cas $M = I$ en raisonnant sur le tableau de données transformé $Y = X {}^t T$ avec $M = {}^t T T$ (M étant symétrique définie positive, on peut toujours trouver une matrice triangulaire T telle que $M = {}^t T T$) car la première composante principale de Y sera la même que celle de X (les combinaisons linéaires des y^j sont les combinaisons linéaires des x^j).

analyse en composantes principales

Si c , cette composante, est exprimée sous la forme $c = Yv$ on aura $c = Xu$ avec $u = {}^tTv$ ($Y = X {}^tT$);

v est le vecteur unitaire de l'axe principal; soit V_y la matrice de variance associée au tableau Y ; c a pour variance ${}^t v V_y v$. C'est cette quantité qu'il faut maximiser. On peut montrer que v doit être vecteur propre de V_y et sa valeur propre π , représentant la variance de c , doit être la plus grande puisqu'elle est la quantité à maximiser.

Les axes et les facteurs principaux v_1, v_2, \dots, v_p lorsque $M = I$ sont les vecteurs propres de la matrice de variance associés aux valeurs propres $\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_p$ écrites en ordre décroissant.

L'ACP remplace les p caractères initiaux par des caractères non corrélés de variance maximale et d'importance décroissante.

On montre encore que l'inertie totale I_N est une constante et vaut la somme des valeurs propres $\pi_1 + \pi_2 + \dots + \pi_p$. La part d'inertie (ou de variance) expliquée par l'axe n° k est définie alors par le quotient π_k / I_N

La part d'inertie cumulée des deux premiers axes, $(\pi_1 + \pi_2) / I_N$, mesure l'aplatissement du nuage sur le plan principal. Plus cette part est grande, meilleure est la représentation du nuage sur ce plan.

Le nombre de valeurs propres non nulles donne la dimension de l'espace dans lequel sont réellement les observations. Une valeur propre nulle montre qu'il existe une relation linéaire entre les caractères initiaux.

iii. Les résultats et leurs interprétations

1. choix de la métrique.

a. l'espace des individus (chaque individu, défini par p coordonnées est un vecteur de l'espace R^p)

Les métriques les plus utilisées en ACP sont les métriques

analyse en composantes principales

diagonales. On utilise fréquemment la métrique :

$$\mathbf{M} = \mathbf{D} \frac{1}{s^2} = \begin{vmatrix} 1/s^2_1 & & 0 \\ & 1/s^2_2 & \\ 0 & & \dots \\ & & 1/s^2_p \end{vmatrix}$$

qui revient à diviser chaque caractère par son écart type. La distance entre deux individus ne dépend plus alors des unités de mesure.

Remarque : cet avantage n'est cependant pas pertinent ici puisqu'un individu est soit représenté par les 5 pressions mesurées sous les têtes métatarsiennes (réexprimées en pourcentage du total), soit par 5 valeurs millimétriques correspondant au profil podométrique.

Néanmoins, cette métrique donne à chaque caractère la même importance quelle que soit sa dispersion (la métrique $\mathbf{M} = \mathbf{I}$ privilégie le caractère pour lequel les différences entre individus sont les plus fortes, et néglige les différences entre les autres caractères). La métrique $\mathbf{D} \frac{1}{s^2}$, en donnant à tous les caractères la variance 1, rétablit alors l'équilibre entre ceux-ci.

C'est donc cette métrique qui a été choisie, respectant ainsi [Bouroche].

b. l'espace des caractères (chaque caractère x^j est une liste de n valeurs numériques : on le considère comme un vecteur x^j , appartenant à l'espace \mathbf{R}^n)

On a intérêt à choisir comme matrice définissant les proximités des caractères, la matrice diagonale des poids \mathbf{D} car alors (chapitre 2.iii) :

- le produit scalaire de deux caractères x^j et x^k est égal à la covariance s_{jk} ;
- la norme d'un caractère est égale à son écart type;
- le cosinus de l'angle entre les 2 caractères centrés est égal à leur coefficient de corrélation.

2. valeurs propres, facteurs et composantes principales.

La somme des valeurs propres est égale au nombre de caractères (soit ici 5) car $\mathbf{M} = \mathbf{D}_{1/s}^2$

(On sait en effet [Bouroche] que l'inertie $I_N = \text{Trace}(\mathbf{MV})$, où \mathbf{V} désigne la matrice de variance et la trace la somme des éléments diagonaux d'une matrice. D'où $\text{Trace}(\mathbf{MV}) = \text{Trace}(\mathbf{D}_{1/s}^2 \mathbf{V}) = \text{Trace}(\mathbf{D}_{1/s} \mathbf{V} \mathbf{D}_{1/s}) = \text{Trace}(\mathbf{R}) = p$;

avec \mathbf{R} = matrice de corrélation dont les termes diagonaux valent 1).

On vérifie également que la dernière valeur propre, dans le cas des pressions, est nulle (**tab. 3.3**). Ce résultat découle du fait que les caractères sont liés par une relation linéaire (leur somme vaut 100).

Les deux premières valeurs propres représentent environ 70% dans le cas des pressions et 60% pour les profils, de l'inertie totale (**tab. 3.3a** et **3.7a**). On ne pouvait pas s'attendre à de valeurs propres plus élevées car les matrices \mathbf{R} ne contiennent que des valeurs peu élevées (**tab. 3.1** et **3.5**). Or, on ne peut réduire efficacement le nombre de caractères que si ceux-ci étaient très corrélés.

3. représentation des individus.

Pour chaque individu, on a calculé les composantes c_1, c_2 et c_3 , représentant les coordonnées sur les 3 premiers axes. On a croisé respectivement les axes 1,2; 1,3 et 2,3.

Les individus étant trop nombreux, on a préféré à une représentation ponctuelle de chacun de ceux-ci, de diviser le plan en cases (ou régions de plan), et de faire figurer sur le graphique le nombre d'individus se projetant dans chaque région (**tab. 3.4** et **tab. 3.8**). Pour chaque case, le programme donne cependant le numéro des patients de la case ainsi que leur profil podométrique.

Cette découpe s'effectue de la manière suivante : on repère sur chacun des 2 axes du graphique les projections maximales et minimales. On définit ainsi une zone dont les 4 coins ont respectivement pour

ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES SUR LES PRESSIONS
 FICHER DONNEES : stat
 NOMBRE DE PATIENTS : 190

VARIABLES : V IV III II I

MATRICE DES CORRELATIONS

1.00					
0.12	1.00				
-0.34	-0.24	1.00			
-0.43	-0.62	0.18	1.00		
-0.23	-0.29	-0.52	-0.11	1.00	

(tab. 3.1.)

MOYENNES ET ECARTS-TYPES

10.4	5.6
22.1	6.8
28.4	6.1
20.5	6.3
18.6	7.1

(tab. 3.2.)

VALEURS PROPRES

2.00
1.51
0.91
0.58
0.00

(tab. 3.3.)

INERTIE TOTALE : 5.

% DE VAR. EXPLIQUEE PAR CHAQUE FACTEUR

39.94	30.16	18.25	11.65	0.00
-------	-------	-------	-------	------

% DE VARIANCE CUMULEE :

39.94	70.10	88.35	100.00	100.00
-------	-------	-------	--------	--------

(tab. 3.3a.)

VECTEURS PROPRES

-0.46	-0.10	0.78	-0.13	0.39
-0.52	-0.29	-0.51	0.40	0.47
0.40	-0.56	-0.14	-0.57	0.42
0.60	0.07	0.24	0.62	0.44
-0.02	0.77	-0.22	-0.34	0.50

CORRELATIONS VARIABLES - FACTEURS

-0.646	-0.121	0.747	-0.100	0.000
-0.738	-0.355	-0.488	0.303	0.000
0.565	-0.686	-0.137	-0.437	0.000
0.846	0.082	0.231	0.473	0.000
-0.022	0.943	-0.208	-0.257	0.000

(tab. 3.3b.)

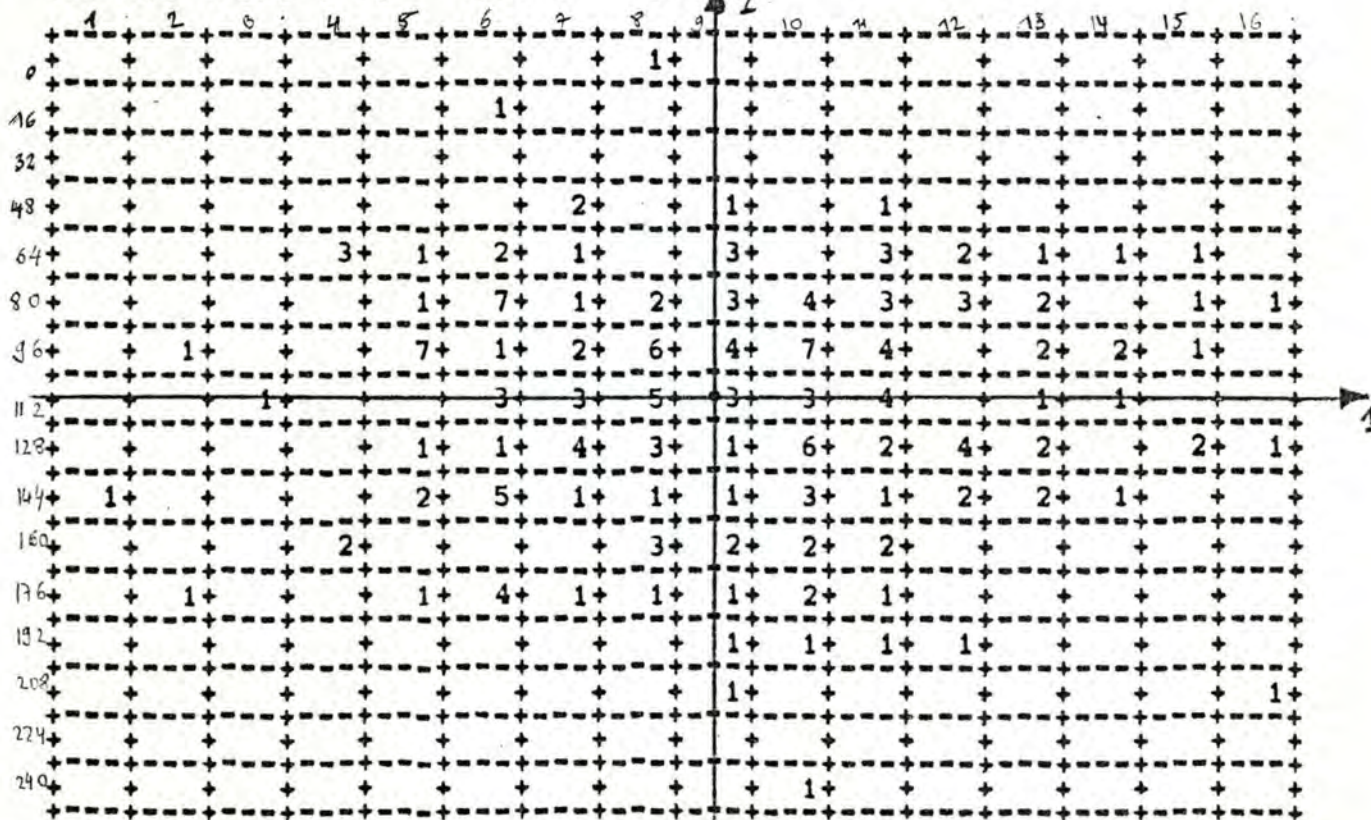
NBRE DE FACTEURS RETENUS : 3

REPARTITION DES POINTS POUR LES AXES 1 & 2

* DECOUPE : 256

1er axe princ : de -4.03 a 3.60
 2em axe princ : de -4.30 a 3.85

(tab. 3.4.)



ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES SUR LES RELIEFS
 FICHER DONNEES : stat
 NOMBRE DE PATIENTS : 190

VARIABLES : V IV III II I

MATRICE DES CORRELATIONS

1.00					
0.33	1.00				
-0.03	-0.06	1.00			
-0.34	-0.45	0.21	1.00		
0.09	0.05	-0.24	-0.32	1.00	

(tab. 3.5)

MOYENNES ET ECARTS-TYPES

3.6	1.2
1.2	1.2
0.1	0.4
0.9	0.9
1.5	1.2

(tab. 3.6)

VALEURS PROPRES

1.91
1.16
0.77
0.68
0.47

(tab. 3.7)

INERTIE TOTALE : 5.

% DE VAR. EXPLIQUEE PAR CHAQUE FACTEUR
 38.19 23.28 15.42 13.68 9.43

% DE VARIANCE CUMULEE :
 38.19 61.47 76.88 90.57 100.00 (tab. 3.7a.)

VECTEURS PROPRES

0.45	-0.39	-0.07	-0.80	-0.08
0.49	-0.40	0.23	0.50	-0.54
-0.28	-0.61	-0.71	0.20	0.08
-0.60	0.00	0.08	-0.26	-0.75
0.35	0.57	-0.66	0.02	-0.35

CORRELATIONS VARIABLES - FACTEURS

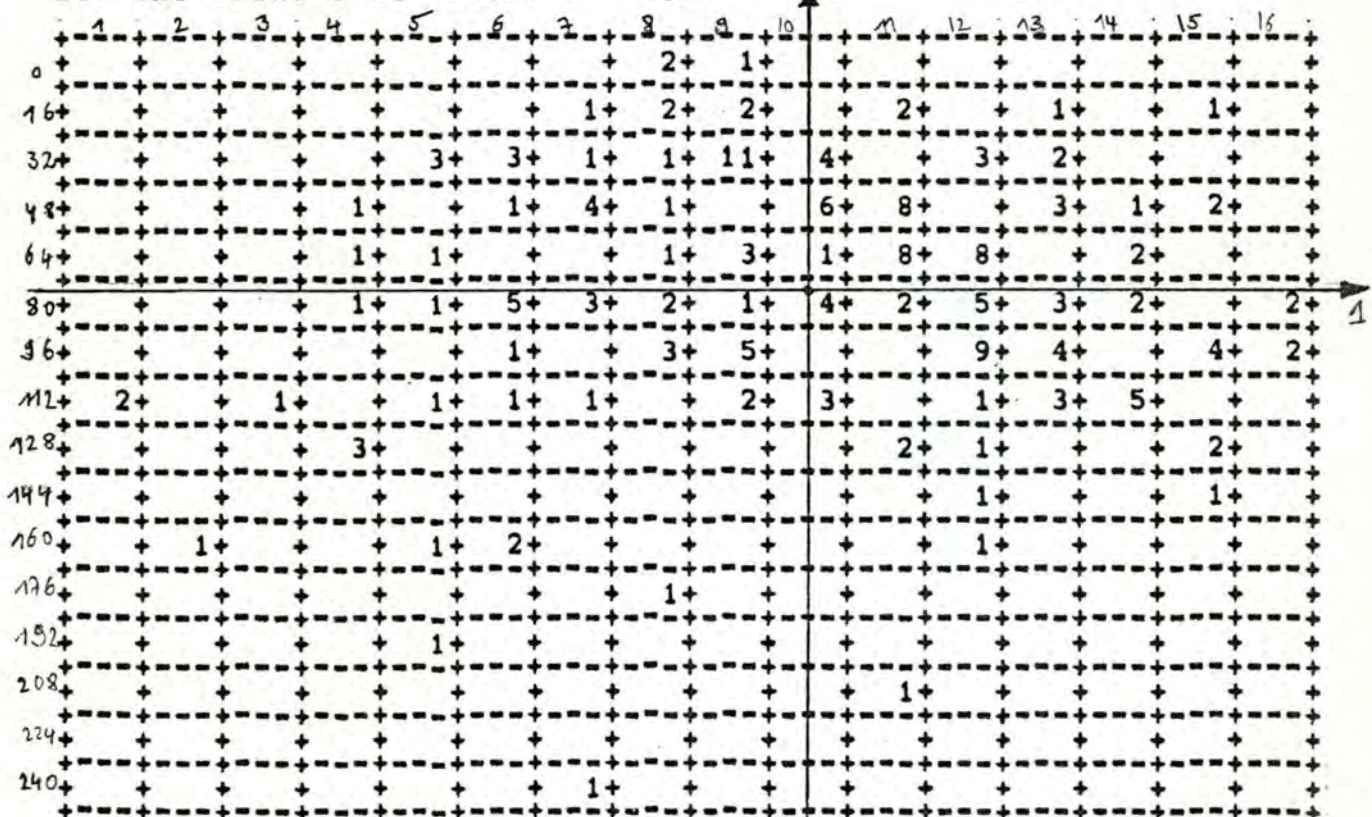
0.618	-0.418	-0.065	-0.660	-0.057
0.682	-0.428	0.200	0.417	-0.372
-0.385	-0.658	-0.625	0.163	0.053
-0.824	-0.000	0.070	-0.217	-0.518
0.485	0.611	-0.576	0.016	-0.243

(tab. 3.7b.)

NBRE DE FACTEURS RETENUS : 3

REPARTITION DES POINTS POUR LES AXES 1 & 2
 # DECOUPE : 256

1er axe princ : de -4.14 a 2.82
 2em axe princ : de -4.70 a 2.26 (tab. 3.8.)



analyse en composantes principales

coordonnées : (min1,max2), (max1,max2), (min1,min2), (max1,min2) avec min1 (max1)= minimum (maximum) des projections sur l'axe 1 (idem axe 2). Cet espace est ensuite découpé en zones égales, en fonction du nombre de cases demandées par l'utilisateur (4,16,64,256...).

On ne voit pas apparaître immédiatement de groupe d'individus (ni pour les profils, ni pour les pressions), ceux-ci se regroupant plutôt autour de l'origine (du centre de gravité).

Ceci est dû en partie au fait que le programme a été conçu pour ne perdre aucun point : la présence des points les plus éloignés se fait alors au détriment d'un plus grand regroupement dans les cases des autres points (une case représente, pour la même découpe une zone du plan plus grande).

On constatera néanmoins, après l'application de la méthode de classification, que l'on peut retrouver sur le plan les groupes définis par cette autre méthode (cfr. section 2).

Remarque : les figures obtenues sont des projections. Il ne faut pas confondre proximités sur le plan principal et proximités dans l'espace car une erreur de perspective est toujours possible (**fig. 3.5.**) :

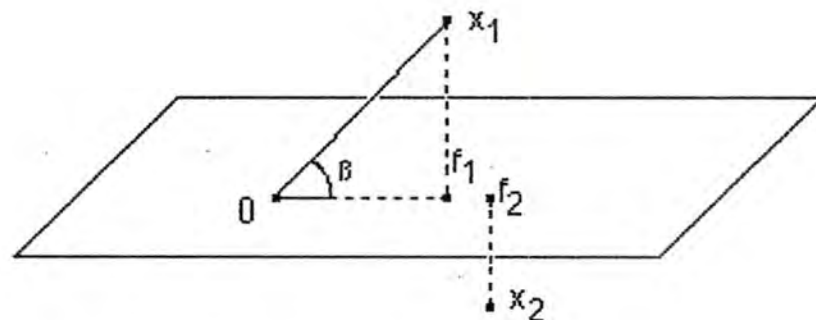


fig. 3.5.

C'est pourquoi, en plus des projections, on a calculé la *qualité de représentation* de chaque point. Celle-ci est définie comme le cosinus carré de l'angle que fait une observation avec le sous-espace des axes factoriels retenus. Un cosinus égal à 1 indique que x_i et f_i sont confondus.

Lorsqu'un point est mal représenté c'est que l'inertie du plan

analyse en composantes principales

principal est trop faible : il faut alors considérer les composantes principales suivantes et regarder les plans définis par les axes 1,3; 2,3 etc ...

Les résultats en annexe B s'interprètent de la façon suivante : la première colonne donne, pour chaque individu, le cosinus carré des observations avec le premier axe, la deuxième la somme des cosinus carrés correspondant aux deux premiers axes Un individu est d'autant mieux représenté que le chiffre correspondant est proche de 1, valeur que l'on obtient en retenant les 5 axes (4 pour les pressions).

Les points de l'échantillon sont en général bien représentés, sauf ceux proches de l'origine : de ce fait, leurs projections sont peu significatives.

Exemple : pour les pressions (origine dans la case 121), on trouve les patients 129 (0.03 sur le plan principal) et 252 (0.02) alors que dans la case 143 (à l'extrême droite) on a le patient 169 (1.0). Le même phénomène est observé pour les profils (origine dans la case 90) : patients 120 (0.03), 186 (0.01) et 215 (0.03).

iv. Interprétation des composantes principales et des axes principaux.

Les nouveaux caractères sont des combinaisons des caractères de départ.

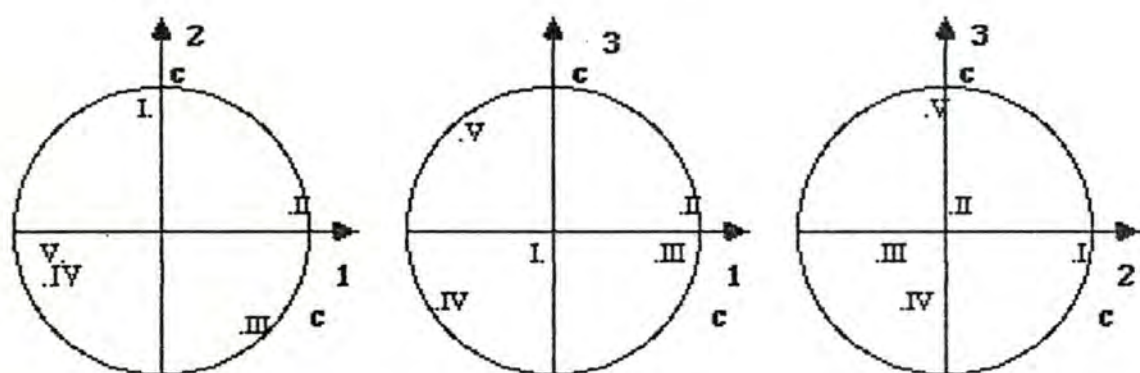
Quelle signification concrète faut-il leur donner ? L'interprétation se fera en deux phases : on considèrera d'une part les corrélations avec les caractères initiaux et d'autre part les individus typiques.

a. le cercle des corrélations.

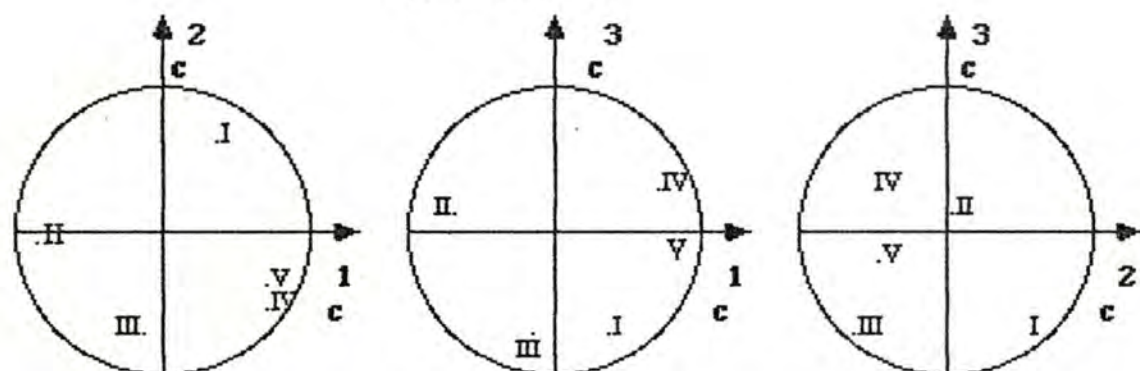
On peut représenter chaque caractère par un point dont les coordonnées sont ses corrélations avec les c^i (**tab. 3.3b** et **3.7b**). Les caractères initiaux s'inscrivent alors à l'intérieur d'un cercle de rayon 1, appelé cercle des corrélations (**fig. 3.6a** et **3.6b**).

analyse en composantes principales

L'examen de ces figures permet, en principe, d'interpréter les composantes principales et de repérer les caractères liés entre eux (à condition que les points soient proches de la circonférence).



**CERCLES DES CORRELATIONS POUR LES PRESSIONS (PIEDS GAUCHES)
(V IV III II I)**



**CERCLES DES CORRELATIONS POUR LES PROFILS (PIEDS GAUCHES)
(V IV III II I)**

fig. 3.6a et 3.6b.

Pour les *pressions*, on remarque que la première composante principale est très corrélée positivement avec la II^{ème} tête métatarsienne (0.846) et négativement avec la IV^{ème} et V^{ème}. Ceci permet d'interpréter la position des individus sur le plan principal : plus un point est situé à gauche, plus il s'écarte de la moyenne par de fortes pressions sur la tête IV et de faibles pressions sur la tête II. Aux points situés à droite correspondent évidemment les phénomènes inverses.

analyse en composantes principales

Exemple : à gauche du graphique (**tab. 3.4**) :

case 145, patient n° 161 : 19.39 39.80 22.45 4.08 14.29 (2 0 1 4 0);
98, n° 68 : 21.12 30.43 18.79 7.92 21.74 (2 0 1 4 0);

Ces pressions se reflètent dans le profil podométrique (les reliefs varient en sens inverse des pressions). Ce n'est pas toujours le cas :

case 178, patient n° 54 : 17.44 42.02 24.31 7.93 8.30 (3 0 0 1 2);

pour lequel un faible relief a été prescrit sous II malgré de faibles pressions : il s'agit d'un patient antalgique, appuyant instinctivement sur le côté opposé à celui où il a mal; les pressions ne correspondent alors pas à son affection (profil prescrit sur base de la clinique). Remarquons cependant que les grandes valeurs millimétriques (3, 4, 5) sur la seconde tête sont rarement prescrites (cfr. distributions en annexe A).

à droite du graphique :

case 96, patient n° 258 : 0.0 8.90 32.21 36.20 22.70 (5 3 0 0 2);
144, 214 : 0.0 14.29 35.71 35.71 14.29 (5 3 0 0 3);
143, 9 : 7.11 10.04 37.66 29.29 15.90 (4 2 0 0 2);

Les profils correspondent généralement assez bien à ces pressions. Ce premier axe peut alors s'interpréter de la façon suivante : il oppose les patients I.C.C (instabilité chronique de la cheville, - 0 0/1 - 0) aux profils centraux (- - 0 0 -).

La seconde composante (importance légèrement moindre par rapport à la première pour le % de variance expliquée) traduit essentiellement l'opposition entre la I ère tête (0.94) et la III ème (-0.686).

Exemple : en haut du graphique :

case 8, patient n° 147 : 6.91 18.16 16.11 16.62 42.20 (5 3 2 2 0);
22, 260 : 12.06 21.79 15.95 15.18 35.02 (3 0 1 2 0);

Remarque : les pressions mesurées sous la IIIème tête ne sont pas les plus basses des cinq. Elles sont néanmoins nettement inférieures à la moyenne; les valeurs du profil pour la tête III sont essentiellement 0 (cfr. distributions) : on n'a jamais, sur l'échantillon, de valeur > 2.

analyse en composantes principales

La majorité des points se projettent au dessous de l'axe 1 où l'on trouve de fortes pressions sous la tête III et de faibles sous la I :

Exemple : en bas du graphique :

case 217, patient n° 55 : 0.00 37.50 40.44 16.91 5.15 (5 0 0 1 3);
250, 40 : 17.13 17.68 54.14 9.94 1.10 (4 2 0 1 4);

Les patients se projetant près de l'origine (et du centre de gravité, 10.4 22.1 28.4 20.5 18.6, lorsque les données sont centrées) sont caractérisés par des valeurs relativement équilibrées sur les trois têtes centrales (IV, III et II). On trouve par exemple :

case 121, patient n° 129 : 9.40 24.83 25.73 24.61 15.44 (3 1 0 0 1);
252 : 10.66 22.79 26.47 22.43 17.65 (2 1 0 1 2);
222 : 10.08 21.76 28.16 19.04 20.96 (5 3 0 0 1)

Pour ce dernier patient, la valeur 3 sous IV n'est pas explicable sur base des pressions (clinique).

Le premier axe principal oppose, pour les *profils*, les mêmes têtes que pour les pressions (V et IV contre II) mais avec des corrélations de signes contraires (-0.646 et -0.738 contre 0.846 pour les pressions; 0.618 et 0.682 contre -0.824 pour les profils). Cette inversion dans les signes est due au fait que les vecteurs propres donnent la direction mais pas le sens de l'axe (on vérifiera par ailleurs que la somme des carrés des composantes des vecteurs propres vaut bien 1).

Pour le second axe, on retrouve également les mêmes oppositions que dans le cas des pressions : I contre III mais dans des proportions moindres (-0.658 et 0.611). Les signes des corrélations sont ici les mêmes (sauf pour II, mais valeurs très petites) que pour les pressions.

b. la place et l'importance des individus.

On peut par ailleurs rechercher les individus caractérisant le plus fortement un axe en calculant la *contribution* d'un point à l'axe n° k, définie par le quotient $p_i c_{ik}^2 / \pi_k$ (c'est la part de variance de c^k due à l'individu i).

analyse en composantes principales

Exemple (Annexe B) : Les patients 54, 121, 258, 214, 161, 68 pour l'axe 1 des pressions; 55, 260, 40 et 147 pour l'axe 2 des pressions; pour les profils les patients contribuant le plus à l'axe 1 sont 161 (idem pressions), 68; pour l'axe 2 : 147, 145 (profil : 4 0 2 1 0, avec une valeur rare sous III).

Remarque : le fait que quelques individus puissent avoir des contributions importantes à la formation d'un des premiers axes principaux peut être un grave défaut car le fait de retirer ces individus risque de modifier les résultats. L'ACP a été effectuée pour plusieurs groupes de patients (sélectionnés suivant divers critères) en éliminant ces individus. On peut cependant les faire figurer sur le graphique en point supplémentaire car il est facile de recalculer les coordonnées. Certaines données aberrantes ont été mises ainsi en évidence.

classification hiérarchique

Définition :

Soit N un ensemble d'individus, et \mathcal{N} une famille de classes de N .
 \mathcal{N} est une hiérarchie si :

$$1. \forall N_i, N_j \in \mathcal{N}, \text{ ou } N_i \subset N_j \text{ ou } N_j \subset N_i \text{ ou } N_i \cap N_j = \emptyset$$

c'est à dire : deux éléments de \mathcal{N} sont emboîtés ou ont une intersection vide;

$$2. \forall N_i \in \mathcal{N}, \text{ ou bien } \exists N_j \in \mathcal{N} \text{ tel que } N_j \subset N_i, N_j \neq N_i, \text{ ou bien} \\ N_i = \cup \{N_k; N_k \in \mathcal{N}, N_k \subset N_i\}$$

c'est-à-dire : tout N_i qui n'est pas minimal est réunion d'éléments de \mathcal{N} inclus dans N_i ;

$$3. N = \cup N_i$$

c'est-à-dire : la réunion des éléments de \mathcal{N} est N .

Une hiérarchie est dite *totale* si de plus:

$$4. \forall x_i \in N, \{x_i\} \in \mathcal{N}$$

$$5. \{N\} \in \mathcal{N}$$

Une hiérarchie est dite *indicée* s'il existe une fonction d de \mathcal{N} dans \mathbb{R}^+ telle que :

$$6. \forall N_i, N_j \in \mathcal{N}, N_i \subset N_j \Rightarrow d(N_i) < d(N_j) \quad \text{et } \forall x_i \in N, d(\{x_i\}) = 0 \\ \text{et } d(N) \leq 1$$

ii. Algorithme de classification.

L'algorithme de classification hiérarchique est très simple :

On recherche à chaque étape les 2 classes les plus proches; on les fusionne et on continue jusqu'à ce qu'il n'y ait plus qu'une seule classe. La partition en k classes est obtenue en regroupant deux des classes de la partition en $k+1$ classes.

Etape 0.

Soit $\mathcal{N}^0 = \{x_1\}, \{x_2\}, \dots, \{x_n\}$ l'ensemble des parties de N à 1 élément, avec $\text{card}(\mathcal{N}^0) = n$.

On calcule toutes les distances $s(\{x_i\}, \{x_j\})$, $i \neq j \forall i$ et $j \in \{1, \dots, n\}$. On définit ainsi la matrice S .

Etape i (1 ≤ i ≤ n-1)

On considère \mathcal{N}^{i-1} , la partition de N ayant $n-i+1$ classes; on cherche dans la matrice de similarité les 2 éléments de \mathcal{N}^{i-1} les plus proches, soient N_k et N_l que l'on agglomère en un seul élément $N_m = N_k \cup N_l$, formant ainsi \mathcal{N}^i , partition de N à $n-i$ éléments :

$$\mathcal{N}^i = \{N_k, N_l\} + \mathcal{N}^{i-1} - \{N_k\} - \{N_l\}, \text{ avec } \text{card}(\mathcal{N}^i) = n-i.$$

On calcule la distance entre N_m et les autres éléments de \mathcal{N}^i . Les distances entre les éléments de \mathcal{N}^i différents de N_m ne sont pas modifiées par rapport à la $i-1$ ème étape.

On itère $n-1$ fois; à la fin tous les éléments de N sont réunis dans la même classe $\mathcal{N}^{n-1} = \{N\}$

Le problème principal dans cette méthode de classification se pose au moment de la mise-à-jour de la matrice des similarités : lorsqu'on a trouvé les deux éléments de \mathcal{N}^{i-1} les plus proches (N_l et N_k) il faut

classification hiérarchique

définir un nouvel indice de proximité entre les N_j ($j \neq 1$ et de k) et le nouveau groupe N_m formé par l'union de N_k et N_1 . Si $s(N_j, N_k) = s(N_j, N_1)$, il n'y aura pas de problème car on est conduit à prendre $s(N_j, \{N_k, N_1\}) = s(N_j, N_k) = s(N_j, N_1)$. Sinon, il faut adopter une formule plus ou moins arbitraire pour déterminer cet indice. Par exemple $s(N_j, \{N_k, N_1\}) = \text{minimum (single linkage), maximum (complete linkage) ou moyenne de } s(N_j, N_k) \text{ et de } s(N_j, N_1)$.

La façon la plus facile de représenter une hiérarchie est un arbre dont les feuilles (noeuds terminaux) représentent les individus et la racine la collection entière des individus. Les branches montrent la manière dont les classes ont été jointes (**fig. 3.7**).

Exemple : classification single linkage, avec $n=5$

$S =$		1	2	3	4	5	
	1	0					<i>Etape 1</i> {1,5} 2 3 4
	2	5	0				{1,5} 0
	3	9	3	0			2 5 0
	4	8	25	10	0		3 9 3 0
	5	1	20	12	15	0	4 8 25 10 0

$$N^0 = \{1\}, \{2\}, \{3\}, \{4\}, \{5\}$$

$$N^1 = \{1,5\}, \{2\}, \{3\}, \{4\}$$

<i>Etape 2</i>	{1,5}	{2,3}	4
	{1,5}	0	
	{2,3}	5	0
	4	8	10
			0

$$N^2 = \{1,5\}, \{2,3\}, \{4\}$$

<i>Etape 3</i>	{1,5,2,3}	4
	{1,5,2,3}	0
	4	8
		0

$$N^3 = \{1,5,2,3\}, \{4\}$$

Etape 4 $N^4 = \{1,5,2,3,4\}$

L'arbre binaire est composé de n noeuds terminaux et $n-1$ noeuds non terminaux numérotés de 1 à n et de $n+1$ à $n+(n+1)$ respectivement.

classification hiérarchique

Chaque noeud non terminal est la fusion de deux "fils", gauche et droit (FILSG, FILSD), qui sont ou ne sont pas terminaux. Les noeuds sont imprimés sur l'échelle de similarité au niveau $NIVS[i] = s(\text{FILSG}[i], \text{FILSD}[i])$ pour chaque étape i , ($i=1..n-1$)

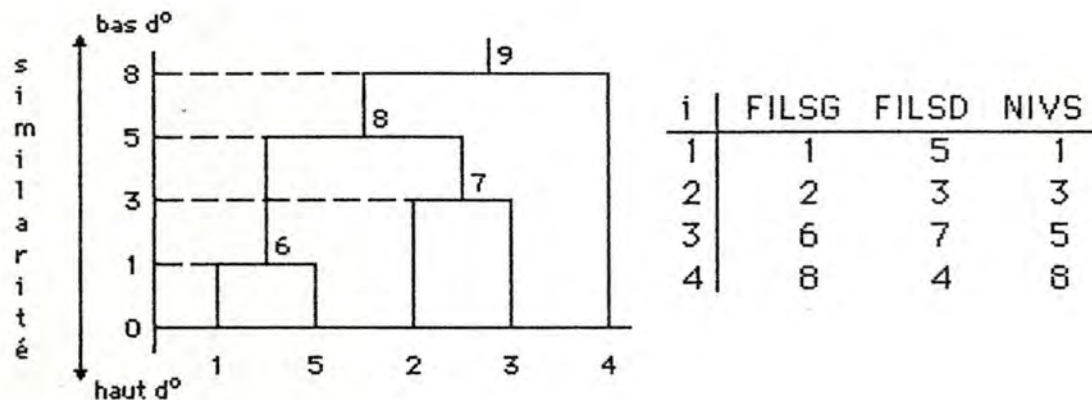


fig. 3.7.

iii. Interprétation des résultats.

Comment estimer la qualité de la partition obtenue ? La valeur "explorative" de l'analyse est principalement dans sa tendance à présenter de nouveaux arrangements des données, à suggérer des relations ou des principes jusque là inconnus.

Les résultats importants ne sont pas tant les sorties d'un ordinateur que les nouvelles idées "jaillissant" dans l'esprit de l'analyste. Les classes ne sont pas intéressantes en elles-mêmes. Le point d'intérêt réside en les hypothèses sur la structure des données.

Néanmoins, certaines estimations chiffrées de cette qualité pourront être données, en faisant réintervenir la notion d'inertie, ainsi que dans la section suivante concernant l'analyse discriminante.

1. Remarques préliminaires.

a. un même ensemble de données peut admettre plusieurs classifications différentes, mais tout aussi significatives, chacune

classification hiérarchique

révélant un aspect différent des données. Il n'est donc pas nécessaire de se restreindre à chercher "la" bonne classification. Par exemple, plusieurs choix pour la mesure de similarité ont été essayés (euclidienne, chi-carré, D_{1/s^2}).

En général, on retrouve les grandes classifications que l'on connaissait au départ : profil central, instabilité de la cheville, métatarsien critique mais avec quelques nuances pour les reliefs sous certaines têtes. Pour les profils centraux, on trouve (métrique D_{1/s^2}) au noeud 341 : 5 4 0 0 3, 5 3 0 0 2 et au noeud 313 : 4 3 0 0 1, 4 2 0 0 1, bien caractéristiques (II et III à 0) mais avec une nuance pour I. Pour les profils ICC (hyperpression sous IV, III et I), 3 0 0 2 0, 3 1 0 2 0, 3 0 0 1 0, 4 0 0 1 0 et 3 0 0 1 1 sont rassemblés au noeud 336.

Les résultats de la classification doivent être complétés par un examen visuel : exemple, 5 2 0 0 1 (noeud 290) est regroupé avec 5 1 0 0 1 mais se trouve assez éloigné de 5 3 0 0 1 (ils sont reliés seulement au noeud 377), regroupé lui avec 5 4 0 0 1.

Les profils podométriques ont des valeurs discrètes. La métrique chi-carré (qui est utilisée normalement lorsque les données sont des fréquences) permet de rassembler des profils tels que : 3 0 0 0 3, 2 0 0 0 2, 5 0 0 0 4, 5 1 0 0 5 (noeud 355). Ces profils (éloignés par exemple pour une métrique euclidienne) sont des degrés différents d'une même maladie.

Pour cette métrique également, l'ordre dans lequel les données sont rangées dans la matrice des similarités influence légèrement les résultats de la classification : exemple, 4 0 0 1 2 est regroupé avec 5 0 0 1 2 (361) mais pas avec 3 0 0 1 2, regroupé avec 3 0 0 1 3 et 4 0 0 2 3 (351).

b. les méthodes de classification sont un mélange entre l'imposition d'une structure sur les données et la révélation de cette structure qui existe peut-être réellement. Dans une certaine mesure, la partition en classes reflète simplement le degré auquel l'ensemble des données se conforme aux formes structurales incluses dans l'algorithme de classification.

classification hiérarchique

Exemple : le choix du single linkage ou du complete linkage a une influence sur la hiérarchie finale. L'exemple du §2 avec cette fois un complete linkage donnerait le résultat (**fig. 3.8.**) :

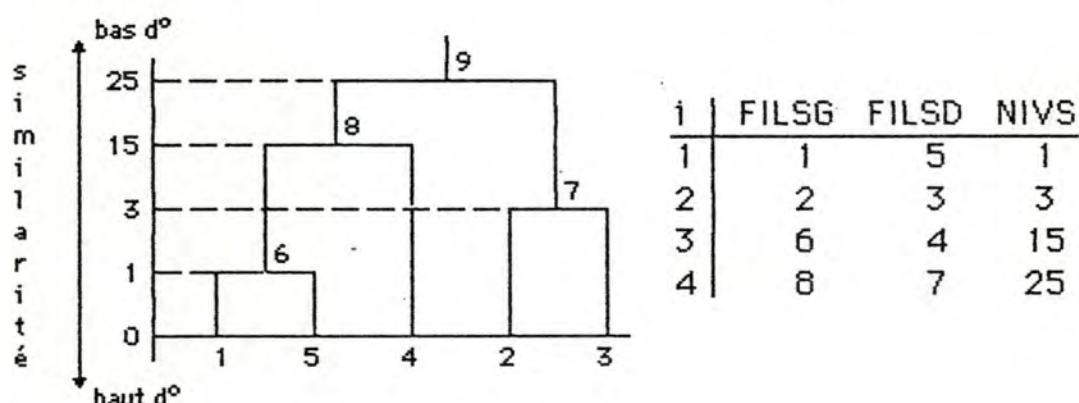


fig.3.8.

On obtient une hiérarchie différente de la précédente.

- La méthode du single linkage, en rejoignant à chaque étape deux classes par leurs points les plus proches, résulte souvent en une longue "chaîne" de données (celà est facilement repérable lorsque l'arbre est imprimé), avec comme inconvénient que les individus aux deux extrémités peuvent être très peu similaires (**fig. 3.9a**). Cette méthode est de plus incapable de délimiter des classes peu séparées. La figure **3.9b** montre comment les deux classes sont jointes par leurs éléments les plus proches, ne formant plus qu'une seule classe.

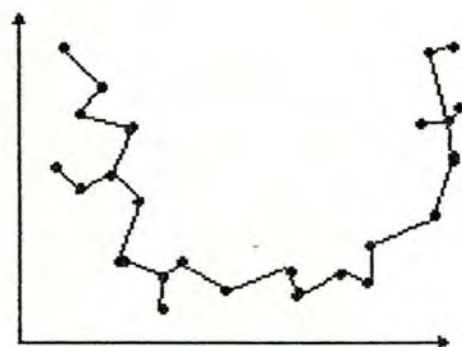


fig. 3.9a.

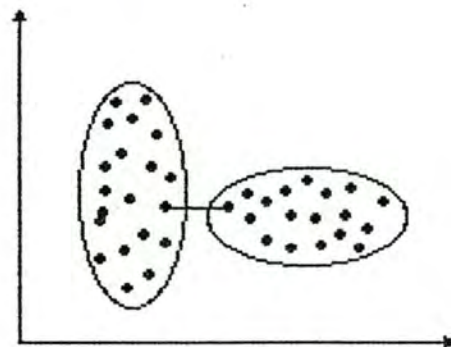


fig. 3.9b.

classification hiérarchique

Exemple : single linkage sur les profils (annexe C) : le noeud 360, regroupe, au même niveau de similarité 160 points. On trouve dans ce sous-arbre des profils aussi différents que 4 1 0 0 4, 4 2 0 0 1, 3 0 0 3 0, 4 0 0 2 3, 5 0 0 1 0, 4 3 0 2 1. Pour cette raison, cette méthode single linkage a été abandonnée au profit du complete linkage.

La méthode complete linkage tente de faire des groupes fortement homogènes (liés), la distance entre deux groupes étant très grande puisqu'il s'agit de la distance entre les deux points les plus extrêmes.

c. les résultats de la classification suggèrent rarement une structure satisfaisante pour l'ensemble des données. Néanmoins, certaines classifications sont révélées par presque toutes les méthodes, et peuvent être considérées comme des caractéristiques "naturelles" des données.

Les classifications les plus intéressantes (pour dégager des types d'affections) se font sur les profils. Pour les classifications sur les pressions, on constate en général une certaine cohérence pressions-profil pour les hauts degrés de similarités (premiers regroupements).

Exemple : métrique $D 1/S^2$, noeud 208 : 3 0 0 1 2 et 3 0 0 0 3; noeud 252 : 5 0 0 1 2 et 4 0 0 1 2 Certaines associations "surprenantes" ne s'expliquent qu'en regardant les affections intercurrentes.

Exemple : métrique $D 1/S^2$, noeud 230 : 4 0 0 0 2 et 3 2 0 2 1. Le premier patient souffre de polyarthrite. Les mesures ne reflètent pas son affection (profil prescrit sur base de la clinique).

La correspondance entre les 2 classification n'est pas toujours nette : idéalement, si on considère qu'un patient peut être classé suivant deux critères, profil et pressions, on doit trouver une équivalence entre les classes dégagées par les deux partitions.

Le tableau **tab. 3.9** donne une idée de cette équivalence .

classification hiérarchique

Pour chaque individu de chaque classe de profils, on regarde dans quelle(s) classe(s) pressions ces individus ont été affectés.

CORRESPONDANCE PROFILS (METRIQUE: D1/S2) / PRESSIONS (METRIQUE: D1/S2)

		pressions												
		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
		6	5	5	6	6	7	6	6	5	3	4	5	
		7	1	4	0	9	0	3	5	8	5	6	4	
profils														
368	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3
349	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	4	2	12
334	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	3	0	9
338	0	0	1	3	2	0	0	1	0	0	0	3	5	15
366	0	0	2	0	2	0	1	1	1	3	0	0	6	16
341	0	0	0	0	0	3	10	0	0	0	0	0	0	13
354	0	0	0	0	1	3	8	0	0	4	6	2	2	24
363	0	0	0	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	9
344	0	0	3	0	5	2	1	3	0	0	2	2	0	17
353	0	6	4	0	1	2	3	1	1	0	0	2	1	20
360	2	1	7	1	2	1	1	0	0	0	4	0	0	19
367	0	0	0	7	4	2	0	0	0	0	0	1	1	14
365	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	4
372	0	0	0	1	1	0	0	7	2	0	0	3	0	14

tab. 3.9.

En général, les individus d'un noeud profil ont été divisés en quelques noeuds pressions.

Exemple : noeud 341 : 3 individus dans 370 et 10 pour 363; noeud 338 : 6 individus dans 364, 360 et 369, 9 dans 346, 354.

Ce tableau complète les résultats de la classification : on voit ainsi que certaines colonnes sont liées par des relations particulières et peuvent être regroupées. D'autres exemples (profils et pressions chi-carré ou, combinant les métriques : profils chi-carré et pression $D1/s^2$) sont donnés en annexe.

2. Estimation de la qualité des partitions.

Les méthodes hiérarchiques qui ont été présentées produisent des suites de partitions en classes de plus en plus vastes, la dernière partition en une classe regroupant tous les individus. D'autres méthodes, non hiérarchiques, produisent elles, directement une partition en un nombre k fixé a priori de classes.

classification hiérarchique

Ces méthodes de classification non hiérarchique n'ont pas fait l'objet d'une étude spécifique car ce nombre à priori de classes était inconnu au départ. En outre une connaissance à priori de la population n'est pas toujours un avantage et peut conduire à des erreurs, surtout si les circonstances de la collecte des informations ne sont pas connues complètement. Par exemple, si on suppose connu qu'il y a k groupes dans la population, et qu'un groupe rare a été exclu de l'échantillonnage, il n'y aura que $k-1$ groupes dans l'échantillon. En forçant l'algorithme à produire k groupes on obtiendra des classes dépourvues de sens par rapport au canevas de la connaissance à priori

Cependant, en connaissant l'arbre de classification décrit précédemment, il est facile d'en déduire des partitions en un nombre plus ou moins grand de classes : il suffit pour cela de couper l'arbre à un certain niveau et de regarder les branches qui "tombent".

Le problème de classification peut se décrire alors comme la recherche d'une partition d'un nuage N de n points en k sous-nuages (classes) N_1, N_2, \dots, N_k .

On cherche alors une partition de l'ensemble des n individus de telle sorte que :

- les classes sont les plus différentes possibles les unes des autres vis-à-vis des p caractères;
- chaque classe est la plus homogène possible vis-à-vis de ces mêmes caractères;

Il faut alors introduire une bonne mesure de l'homogénéité d'une classe et de la différence entre deux classes.

On peut par exemple utiliser les propriétés de l'espace \mathbf{R}^p dans lequel les données sont plongées (produit scalaire, centre de gravité, inertie ...): les mesures de l'homogénéité et de la différence des classes sont alors l'inertie intra-classe et l'inertie inter-classes. On sait que l'inertie totale de N par rapport à g , centre de gravité, est égale à la somme des inerties intra-classes plus l'inertie inter-classes. Cette inertie totale étant constante, il revient au même de minimiser la somme des inerties intra-classes et de maximiser l'inertie

classification hiérarchique

inter-classes.

On peut estimer alors la qualité de la partition obtenue par la quantité :

$$\mu = \text{Inertie inter-classes} / \text{Inertie totale},$$

représentant le pourcentage d'inertie expliquée. Ce rapport est égal à 0 lorsque le nombre k de classes = 1 et à 1 lorsque $k=n$.

On peut alors chercher le nombre "optimal" de groupes, nombre découlant de la meilleure classification hiérarchique.

Exemple : plusieurs essais ont été effectués, en gardant un nombre "raisonnable" de sous-groupes (10 à 16). Les résultats tournent généralement autour des 70 %.

3. Liens avec l'analyse en composantes principales.

L'analyse en composantes principales présente une faiblesse : elle montre la proximité des points, mais laisse à l'utilisateur le soin de regrouper ces points entre eux selon sa subjectivité. En outre, la distance entre deux points est sujette à caution parce qu'elle peut être biaisée par la mauvaise qualité de la représentation.

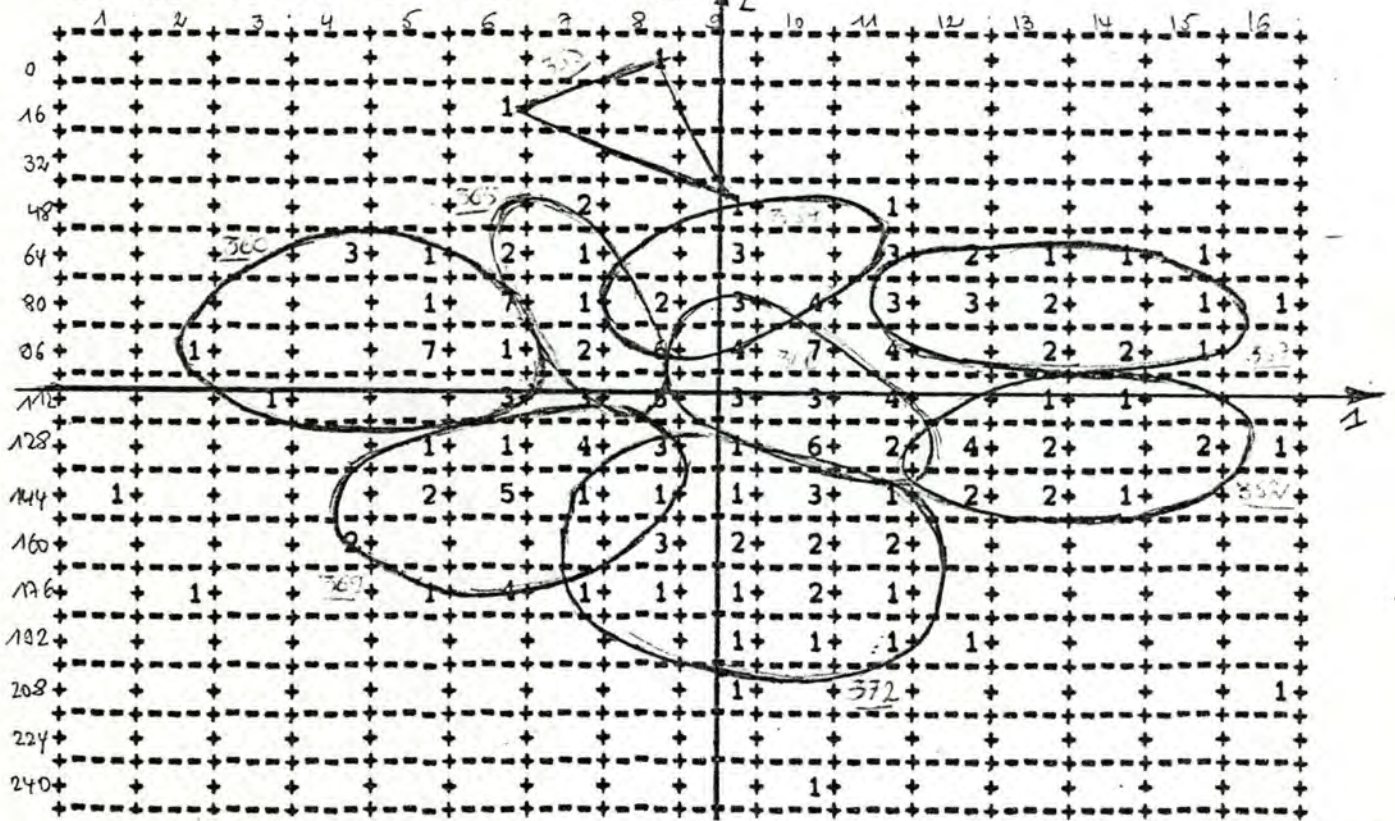
Les résultats de la hiérarchisation complètent d'une manière avantageuse ceux fournis par l'ACP. On peut schématiser sur le graphique une hiérarchisation ascendante en sélectionnant certains noeuds dans l'arbre et en regardant où les feuilles se projettent sur le plan principal. On encercle les classes les plus proches, en se basant sur les résultats de la hiérarchisation.

Ces conglomerats (issus de la classification avec la métrique $D1/s^2$) apparaissent distinctement pour les pressions (**tab. 3.10**) moins pour les profils (**tab. 3.11**) où la majorité des points sont situés dans la première moitié du dessin, provoquant ainsi un plus grand chevauchement des classes.

Une manière d'interpréter ces groupes est de recommencer une ACP sur ceux-ci. Pour obtenir les meilleurs résultats, il faut alterner la classification et l'ACP, afin d'obtenir un ensemble "harmonieux" de

REPARTITION DES POINTS POUR LES AXES 1 & 2
 # DECOUPE : 256

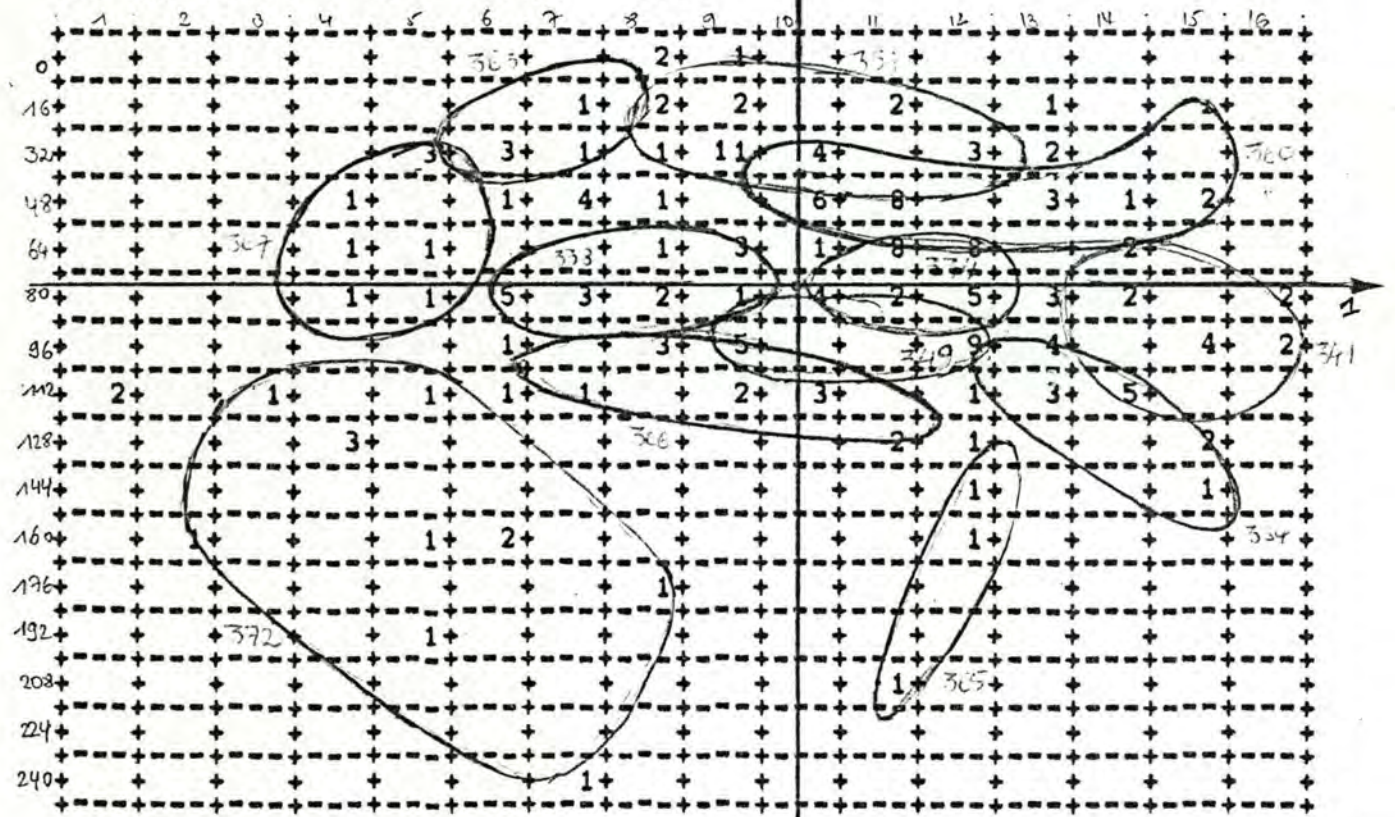
1er axe princ : de -4.03 a 3.60
 2em axe princ : de -4.30 a 3.85



tab. 3.10. Schématisation de la classification hiérarchique sur base des pressions (métrique = D_{1/s^2})

REPARTITION DES POINTS POUR LES AXES 1 & 2
 # DECOUPE : 256

1er axe princ : de -4.14 a 2.82
 2em axe princ : de -4.70 a 2.26



tab. 3.11. Schématisation de la classification hiérarchique sur base des profils (métrique = D_{1/s^2})

classification hiérarchique

classes et de facteurs. Les facteurs d'une ACP, effectuées sur les groupes dégagés par la classification permettent de valider ceux-ci.

Exemple : pour les pressions (annexe C) :

noeud 372 (en dessous de l'axe 1) : le centre de gravité de ce sous-nuage : 8.5 25.8 35.1 20.1 10.4 confirme bien ce que le second axe principal avait dégagé : fortes pressions sur III, faibles sur I; inversément, le nuage 354 (au-dessus de l'axe 1) a pour centre de gravité : 8.5 21.7 25.5 17.5 26.8, c'est-à-dire des valeurs hautes pour la I et relativement faibles pour la III (moyenne sur l'échantillon complet : 28.4, avec des pointes pour certains patients à plus de 40).

Les sous-arbres 357 et 352 ont été réunis (nuage 363) et confirment l'opposition entre IV (et V) et II, révélée par la première ACP (centre de gravité : 5.3 14.5 30.7 29.7 19.8); les sous-arbres 366 et 346 (fusionnés sur le graphique) contiennent le centre de gravité (10.4 22.1 28.4 20.5 18.6) de l'échantillon de départ; le centre de gravité recalculé pour ce sous-nuage en est fort proche (9.9 20.1 28.5 23.6 18.0) (valeurs équilibrées sous les 3 têtes centrales)

3. L'Analyse discriminante.

1. Introduction.

Le but de l'analyse discriminante est de classer un individu dans un groupe, sur base des valeurs observées de ses caractéristiques. Cette analyse présuppose l'existence de groupes d'individus bien définis. Ces groupes peuvent être formés dès le départ sur base de considérations naturelles mais peuvent également résulter d'une analyse préliminaire.

L'analyse discriminante proprement dite ne s'intéresse pas au problème de détermination des groupes. Elle est donc à distinguer d'autres méthodes d'analyse multivariée comme les méthodes de classification (section 2) qui cherchent à mettre en évidence certains groupements qui se dégagent des observations. En analyse discriminante, on admet donc l'existence d'un nombre fixé m de groupes.

Remarque : dans le cas où les caractéristiques des divers groupes ne sont pas parfaitement connues, on supposera généralement l'existence d'échantillons représentatifs de ceux-ci.

On peut alors se poser les questions suivantes :

- la seule connaissance des variables quantitatives permet-elle de réaffecter les individus (dont nous connaissons par ailleurs le groupe d'appartenance) dans leur propre groupe et, si oui, quelle est l'erreur commise ?

- la seule connaissance des variables quantitatives permet-elle d'affecter les individus (dont nous savons qu'ils appartiennent à l'un des groupes, mais ignorons lequel) dans l'un des groupes, et ceci, avec une probabilité d'erreur minimum.

analyse discriminante

ii. Analyse discriminante décisionnelle.

Soient m groupes d'individus notés $E_1, \dots, E_k, \dots, E_m$. $\forall k \in \{1, \dots, m\}$, E_k

a n_k éléments, $\sum_{k=1}^m n_k = n$;

Soit e un individu; on dispose pour cet individu, des valeurs prises par chacune des p variables; soit x le vecteur correspondant, appartenant à \mathbb{R}^p .

On suppose que e appartient à l'un des groupes, mais on ignore lequel. On cherche à définir des règles de décision permettant d'affecter e à l'un des groupes E_1, \dots, E_m connaissant uniquement x . On cherchera le groupe auquel cet individu "ressemble le plus".

Deux approches ont été testées : l'une purement géométrique, l'autre faisant appel à un modèle statistique. •

1. affectation au groupe le plus proche.

Etant donné un individu e repéré par $x \in \mathbb{R}^p$, cette procédure consiste à l'affecter au groupe dont le centre de gravité est le plus proche.

On dira que $e \in E_k$ si :

$$d^2(x, g_k) < d^2(x, g_l) \quad \forall l \in \{1, \dots, m\}, l \neq k$$

Sachant que $d^2(x, g_k) = {}^t(x - g_k) M (x - g_k)$ on a :

$$d^2(x, g_k) = {}^t x M x - 2 {}^t g_k M x + {}^t g_k M g_k.$$

Puisque ${}^t x M x$ est indépendant de k , on affectera e au groupe k tel

analyse discriminante

que :

$$a_k(\mathbf{x}) = -2 \mathbf{g}_k^t \mathbf{M} \mathbf{x} + \mathbf{g}_k^t \mathbf{M} \mathbf{g}_k \text{ soit minimum.}$$

Il s'agit d'une procédure géométrique ne reposant sur aucune hypothèse spécifique de distribution, au contraire de l'approche suivante.

2. le modèle probabiliste.

Soit $X = (x^1 \dots x^j \dots x^p)$, une variable aléatoire multidimensionnelle, et les m populations $\Pi_1, \dots, \Pi_k, \dots, \Pi_m$ caractérisées par les fonctions de répartition $F_1, \dots, F_k, \dots, F_m$.

On suppose que les m groupes d'individus E_1, \dots, E_m sont des échantillons tirés au hasard dans les populations Π_1, \dots, Π_m . On va chercher à réaffecter ces individus dans leurs groupes d'origine que l'on connaît, en faisant le moins d'erreurs possible, en utilisant les observations \mathbf{x} de X .

De cette manière, on déterminera des règles de décision permettant d'affecter à l'un des groupe un nouvel individu pour lequel on connaît uniquement \mathbf{x} , sa valeur de X .

On suppose que la variable vectorielle X a sur la population Π_k une distribution multinormale de vecteur moyenne $\boldsymbol{\mu}_k$ et de matrice de variance-covariance $\boldsymbol{\Sigma}$. (les moyennes sont différentes sur les Π_i mais les matrices de variance-covariance sont identiques).

La densité associée à la distribution de X sur la population Π_k s'écrit

$$f_k(\mathbf{x}) = (2\pi)^{-p/2} |\boldsymbol{\Sigma}|^{-1/2} \exp[-1/2 \mathbf{t}(\mathbf{x} - \boldsymbol{\mu}_k) \boldsymbol{\Sigma}^{-1} (\mathbf{x} - \boldsymbol{\mu}_k)]$$

analyse discriminante

et la fonction de répartition :

$$F_k(\mathbf{x}) = P(X < \mathbf{x}) = \int_{-\infty}^{\mathbf{x}} f_k(X) dx_1 \dots dx_p$$

Règle de réaffectation (Bayes).

Etant donnée une réalisation \mathbf{x} de X , on cherche à quelle population Π_k ($k=1\dots m$) \mathbf{x} appartient.

On cherche à définir m régions dans \mathbf{R}^p , $\gamma_1, \dots, \gamma_m$ telles que si \mathbf{x} appartient à γ_k , on décide que \mathbf{x} appartient à Π_k (décision de réaffectation), en commettant éventuellement une erreur que l'on connaît.

On définit le *coût* d'une erreur par $c(1|k)$ = coût d'affectation de \mathbf{x} à Π_1 ($\mathbf{x} \in \gamma_1$) alors que \mathbf{x} provient en fait de Π_k . La moyenne du coût de mauvaise affectation lorsque \mathbf{x} appartient à Π_k est le *risque* r_k associé à Π_k .

La règle de réaffectation bayésienne consiste à déterminer les m régions $\gamma_1, \dots, \gamma_m$ telles que r soit minimum et à affecter \mathbf{x} à Π_k si \mathbf{x} appartient à γ_k . (r est le risque moyen, défini à partir des probabilités à priori, p_1, \dots, p_m , que \mathbf{x} appartienne à chacune des populations $\Pi_1, \dots,$

$$\Pi_m : \\ r = \sum_{k=1}^m p_k r_k).$$

Cette règle de Bayes revient à affecter \mathbf{x} à la population dont la probabilité à posteriori, sachant \mathbf{x} est maximum.

Si l'on suppose que tous les coûts de mauvaise classification sont égaux entre eux, on peut montrer que la règle de réaffectation revient à

analyse discriminante

décider que \mathbf{x} appartient à la population Π_k lorsque

$$p_k f_k(\mathbf{x}) \geq p_l f_l(\mathbf{x}) \quad k \neq l \quad (l=1, \dots, m)$$

En prenant le logarithme de cette quantité, on affecte \mathbf{x} à Π_k pour laquelle $\ln p_k f_k(\mathbf{x})$ est maximum. On a :

$$\begin{aligned} \ln p_k f_k(\mathbf{x}) = & -p/2 \ln 2\pi - 1/2 \ln |\Sigma| - 1/2 {}^t \mathbf{x} \Sigma^{-1} \mathbf{x} \\ & + {}^t \boldsymbol{\mu}_k \Sigma^{-1} \mathbf{x} - 1/2 {}^t \boldsymbol{\mu}_k \Sigma^{-1} \boldsymbol{\mu}_k + \ln p_k \end{aligned}$$

Les trois premiers termes sont identiques pour chaque groupe et peuvent être négligés. On détermine ainsi pour chaque groupe une *fonction discriminante* $g_k(\mathbf{x}) = \ln p_k f_k(\mathbf{x})$, qui peut s'écrire sous la forme :

$$g_k(\mathbf{x}) = {}^t \mathbf{w}_k \mathbf{x} + w_{k0}$$

$$\text{avec } \mathbf{w}_k = \Sigma^{-1} \boldsymbol{\mu}_k \text{ et } w_{k0} = -1/2 {}^t \boldsymbol{\mu}_k \Sigma^{-1} \boldsymbol{\mu}_k + \ln p_k$$

La règle de Bayes affecte \mathbf{x} au groupe pour lequel $g_k(\mathbf{x})$ est le plus grand.

Remarque : la valeur de $g_k(\mathbf{x})$ n'a pas de signification précise. Seul l'écart $g_k(\mathbf{x}) - g_j(\mathbf{x})$ a de l'importance.

Règle d'affectation d'une nouvelle observation

Les fonctions discriminantes permettent également d'affecter à l'une des populations une nouvelle observation pour laquelle :

- on connaît \mathbf{x} le vecteur des valeurs prises par les p variables;
- on sait qu'elle appartient à l'une des populations (mais on ignore

laquelle).

On affectera \mathbf{x} à la population Π_k pour laquelle $g_k(\mathbf{x})$ est maximum.

iii. interprétation des résultats.

Remarques préliminaires :

- les résultats de l'approche Bayésienne sont présentés à titre "de curiosité" car l'hypothèse de multinormalité n'a pas été testée;

- deux approches sont possibles pour le choix des probabilités à priori p_i : $p_i = 1/m \forall i$, ou $p_i = n_i / n$; les meilleurs résultats sont obtenus pour les probabilités proportionnelles au nombre d'individus dans le groupe;

- chaque colonne i de w et p contient respectivement le vecteur et la constante de la i -ème fonction linéaire (ex : **tab. 3.13**).

Si on applique les procédures d'affectation définies aux § précédents à chacun des n individus qui ont servi à leur construction, on crée un tableau D dont les lignes sont les groupes d'appartenance et les colonnes les groupes d'affectation : $d[i,j]$ est la fraction des individus du groupe i qui ont été réaffectés dans le j -ième groupe; $d[i,i]$ est la proportion de bien classés pour le groupe i .

On peut alors calculer le nombre total de points bien classés par :

$$\sum d[i,i] n_i$$

Le ratio $\sum d[i,i] n_i / n$ donne une estimation de la qualité des groupements effectués.

analyse discriminante

Exemples :

- profils, métrique chi-carré, affectation au groupe le plus proche :
164 / 190, soit 86 % (tab. 3.12.);
- profils, métrique chi-carré, règle de Bayes ($p_i = n_i / n$) :
183 / 190, soit 96 % (tab. 3.13.);

On constate en général de meilleurs résultats pour les réaffectations dans l'approche bayésienne et que les groupements, issus de la classification, sont meilleurs pour les profils que pour les pressions, quelle que soit l'approche.

En général, les points mal classés par Bayes le sont aussi pour l'affectation géométrique.

Ces différents résultats sont en annexe D.

nombre d individus :	190															
nombre de groupes :	16															
numero des groupes (noeuds) :	362,	345,	347,	348,	358,	349,	355,	361,	342,	356,	360,	364,	365,	354,	359,	357,
nombre d individus/groupe :	4,	19,	26,	3,	26,	12,	8,	13,	9,	14,	3,	10,	3,	11,	17,	12,
probabilite des groupes :	0.02	0.10	0.14	0.02	0.14	0.06	0.04	0.07	0.05	0.07	0.02	0.05	0.02	0.06	0.09	0.06
D	-62.99	-15.98	-13.83	-55.11	-14.24	-18.26	-19.01	-17.73	-21.27	-18.53	-102.75	-77.76	-21.34	-23.97	-15.12	-19.05
x ^m	3.75	3.63	4.27	3.67	2.54	3.75	3.63	4.46	2.78	4.21	1.67	3.90	0.67	4.64	3.41	3.75
	2.75	2.11	1.85	0.00	0.00	1.33	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	2.00	3.27	1.94	1.92
	1.25	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.33	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	1.33	1.54	1.17	0.00	0.54	2.33	1.29	3.00	2.00	2.00	0.00	1.29	1.42
	2.25	2.68	1.35	1.33	2.31	3.00	3.36	2.08	0.00	0.36	0.00	0.00	1.33	0.91	1.35	0.00
w	2.09	2.20	4.19	4.57	2.26	2.66	3.18	5.47	3.92	6.03	2.10	5.15	-1.68	3.86	2.63	3.97
	3.79	3.99	2.86	-4.99	-2.24	1.32	-2.39	-3.98	-1.70	-3.19	-3.34	-2.95	6.80	7.79	4.20	4.18
	74.52	-3.74	-3.54	70.17	7.66	3.35	-0.08	2.87	10.84	5.98	98.97	84.51	5.61	-6.53	2.35	2.65
	5.32	-0.80	-0.54	10.26	6.44	4.58	-1.41	-1.40	10.96	5.57	20.58	14.94	9.69	-0.13	5.88	6.82
	3.05	4.08	0.38	0.98	3.83	4.64	6.24	2.39	-2.38	-2.03	-1.60	-2.87	1.89	-1.29	0.50	-3.15
d	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.95	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.04	0.00	0.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.94
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.83

7 points mal classes (3.7%)

- groupe 345
- 7 (347),
- groupe 358
- 103 (347),
- groupe 349
- 162 (358),
- groupe 355
- 147 (361),
- groupe 359
- 130 (354),
- groupe 357

tab. 3.13. Réaffectation Bayésienne.
 (groupes profils issus de la classification hiérarchique, métrique
 chi-carré, probabilités à priori proportionnelles au nombre d'individus
 dans les groupes)

4. Notes concernant les programmes.

La machine sur laquelle ce travail a été effectué est un VAX/VMS de Digital. Les programmes d'entrées-sorties (édition, gestion des fichiers) ont été écrits en Pascal.

Le Pascal VAX/VMS possède des fonctions de manipulation des fichiers ne faisant pas partie de la norme Pascal standard (accès direct et accès par clé).

En ce qui concerne les programmes plus orientés vers le calcul numérique, c'est le Fortran qui a été adopté. L'interfaçage entre les deux langages se réalise de la manière suivante : normalement, lorsqu'on déclare une routine Pascal, on spécifie la sémantique (valeur ou variable) par laquelle un paramètre formel manipule un paramètre actuel. Le compilateur est responsable du choix du mécanisme approprié pour passer le paramètre actuel.

Cependant, lorsqu'on déclare une routine externe (EXTERN), écrite dans un autre langage que Pascal mais appelée par une routine Pascal, on doit spécifier, non seulement la sémantique correcte mais également le mécanisme correct. VAX-11 Pascal permet de spécifier ces mécanismes : par valeur immédiate (adopté ici), par référence ou par descripteur.

Les routines Fortran employées font partie de la librairie I.M.S.L. (International Mathematical & Statistical Libraries, Inc.). Elles ont été utilisées pour le calcul des vecteurs et valeurs propres en A.C.P., pour le single et complete linkage dans la classification hiérarchique et le calcul des fonctions discriminantes dans l'approche Bayésienne de l'analyse discriminante. Les procédures requérant moins de temps C.P.U ont été écrites en Pascal (calcul des composantes principales, de la qualité des représentations, les similarités entre individus, les affectations géométriques, le calcul des inerties

Remarque : En A.C.P., on peut traiter des tableaux où le nombre d'individus est en principe illimité (dans les limites des capacités de l'ordinateur), puisque la phase essentielle de calcul se réduit à la

notes concernant les programmes

diagonalisation d'une matrice d'ordre p , nombre de variables (ici $p=5$).

Au contraire, pour la classification hiérarchique, si la matrice de similarité est stockée entièrement en mémoire centrale (pour des facilités d'accès aux valeurs), c'est le nombre d'individus à grouper qui limite la taille des problèmes que l'on peut traiter. Inversément, on peut avoir un nombre illimité de variables : elles interviennent au préalable, pour le calcul des similarités entre individus.

Chapitre 4 : Perspectives et conclusions.

i. les résultats actuels.

Le programme tel qu'il a été conçu, fonctionne actuellement de la façon suivante :

1. lecture des pressions mesurées sous les têtes métatarsiennes;
2. transformation de celles-ci suivant les méthodes décrites au chapitre 1,;
3. prescription, pour chaque tête, du relief le plus probable;
4. correction de ce "profil théorique" par confrontation et comparaison avec chaque groupe dégagé par la classification sur les profils.

Cette correction assure une plus grande "horizontalité" dans le traitement des données et favorise la prescription des profils les plus fréquents (ordinaires). On constate en effet que l'on rencontre plus fréquemment des manifestations (profils) "bizarres" (c'est-à-dire sous une forme inhabituelle) de troubles ordinaires que de manifestations ordinaires de déséquilibres pressionnels "bizarres".

Les règles de prescription ont été élaborées de façon itérative par tests sur l'échantillon et corrections. Elles se basent sur des tables de fréquence croisant, pour chaque tête, les valeurs du profil (0 à 5) et les pressions réexprimées en pourcentages.

Les mises-au-point se sont faites en confrontant les valeurs attendues (prescrites par le programme) et les valeurs originales ayant été réellement prescrites au patient. Les différences significatives (de $\pm 3, 4$ ou 5 millimètres) ont fait l'objet d'un réexamen du dossier médical complet. Il s'agit, dans la majorité des cas, de problèmes cliniques (goutte, antalgie réflexe ...). Les patients pour lesquels, manifestement, le profil n'avait pas été prescrit sur base des pressions, ont été éliminés. Cette étude des désaccords est tout aussi riche

perspectives et conclusions

d'enseignements pour estimer la qualité du système que le taux de concordance système et expert.

Les résultats actuellement obtenus sont résumés dans le tableaux suivant :

val. prescr.		0	1	2	3	4	5
val. attendue 0		328	64	15	4	1	0
1		83	67	46	13	2	2
2		21	36	61	34	8	3
3		1	15	38	27	24	12
4		1	6	18	24	21	12
5		0	0	7	28	32	46

Les taux de concordance sont estimés de la façon suivante :

Soit $\Delta = | \text{attendu} - \text{prescrit} |$,

- *équivalent* ($\Delta = 0$) : 550, soit 50 %; (diag. princ. du tableau)
- *acceptable* ($\Delta = 1$) : 393, soit 35 %;
- *insuffisant* ($\Delta = 2$) : 130, soit 12 %;
- *inacceptable* ($\Delta = 3,4,5$) : 27, soit 3 %;

Ces résultats sont encourageants dans la mesure où les données ont été simplifiées. La facilité d'accès au système, la rapidité du conseil sont les critères ayant été pris en compte. Dans tous les cas, le système donne la tendance du profil. Celui-ci doit toujours être réinterprété en fonction de la clinique et des observations relevées par le praticien. Le système fait en effet l'hypothèse que les données recueillies correspondent bien à l'affection dont souffre le patient.

Certains biais liés aux conditions d'expérimentation sont cependant à redouter :

- le système a été évalué à partir des patients ayant participé à l'élaboration du système. On ne peut être juge et partie à la fois. C'est pourquoi, le système devra être testé pour de nouveaux patients, lorsque ceux-ci auront été encodés, afin d'estimer la stabilité des résultats;

- il est difficile d'évaluer les performances pour les affections rares, le nombre de cas soumis au système étant très limité.

Le point suivant donne quelques éléments supplémentaires visant à

perspectives et conclusions

l'évaluation de la base de connaissances.

ii. validation de la base de connaissances.

Il n'est pas facile d'apprécier le niveau d'expertise d'un système, de rendre compte de l'intérêt qu'il peut représenter pour les utilisateurs auxquels il est destiné, de lui donner un label de qualité. Il n'existe pas en effet de standard unique reconnu pour une évaluation. La référence reste alors la décision de l'expert humain, la concordance entre son avis et celui du système.

Ce critère n'est pas entièrement satisfaisant car, le chapitre 1 l'a montré, les interprétations varient, pour des cas identiques, d'un expert juge à l'autre. Il faudrait pratiquement évaluer les experts avant les systèmes ! Cette évaluation ne serait sans doute pas plus facile car il n'existe pas de solution unique correcte et finale (100 % de bons résultats).

Dans l'étude qui nous intéresse, nous n'avons cependant pas trouvé trace d'"inconsistance" de jugement et on peut donc parler de "reproductibilité" dans la prescription des profils. Les cas issus de la classification hiérarchique sur base des pressions, mais pour lesquels on avait des profils relativement dissemblables ont pu être chaque fois expliqués (perte d'information due à la transformation des données, problème clinique ...).

Néanmoins, en toute généralité, les experts sont soumis à certains biais pouvant altérer la validité de leur décision et se manifestant lors de l'acquisition des informations, qui seront à la base de cette décision, ou lors du traitement de ces informations.

A l'acquisition des informations, lors de l'examen clinique, le patient ne peut pas toujours exprimer les affections intercurrentes dont il souffre. D'autre part, un mauvais positionnement des palpeurs sous les points d'appui peut être source de données ambiguës et donner lieu à des interprétations difficiles. Ces problèmes ont été abordés au chap. 1.

Des biais interviennent également lors du traitement de l'information : un certain conservatisme conduit, en cas de doute, à choisir une alternative parce qu'elle a été satisfaisante par le passé (exemple, en cas d'hésitation entre deux valeurs, on prescrit la plus

perspectives et conclusions

grande).

La concordance du conseil fourni par le système et de l'opinion de l'expert constitue un paramètre de l'évaluation mais n'est pas un critère absolu. Lorsque l'expert et le système sont d'accord, combien de cas correspondent à une erreur de jugement ? Lorsque le système est en désaccord avec l'expert, combien de fois celui-ci se trompe-t-il ?

iii. La représentation des connaissances.

Le modèle mis au point se base donc principalement sur la théorie de la décision et les méthodes probabilistes ou statistiques. Cette manière d'aborder le problème exploite la fonction "calcul" de l'ordinateur.

Il serait intéressant d'améliorer le système en le dotant d'une interface permettant l'acquisition des connaissances. Le système aurait ainsi la capacité d'accroître sa connaissance, c'est-à-dire d'apprendre "par lui-même" à partir d'exemples ou d'expériences données. Il s'agirait en fait de recommencer, grâce à une collaboration analyste statisticien et expert, les méthodes d'analyse déjà effectuées sur un premier échantillon, sur de nouveaux cas. Le choix de ces cas, ainsi que la périodicité des analyses seront à déterminer en fonction de la stabilité observée des résultats.

Le choix de représentation des connaissances a été guidé par la forme du matériau à notre disposition, c'est-à-dire essentiellement numérique (des pressions ou des valeurs millimétriques). Cette approche cherche à extraire implicitement les règles de déduction (le raisonnement du médecin) à partir des expériences accumulées. Cependant, le médecin ne reconnaît pas entièrement son raisonnement et sa démarche diagnostique dans un "calcul", même si les résultats obtenus sont intéressants. De plus, il est difficile d'évaluer la qualité de la solution diagnostique proposée autrement que d'une manière statistique, ce qui n'est pas toujours satisfaisant lorsqu'il s'agit de traiter un malade dans un contexte particulier.

Cette façon d'exploiter les connaissances ne permet pas d'expliquer les décisions de la machine en des termes familiers au médecin. On ne

perspectives et conclusions

peut pas parler de véritable connaissance "en profondeur" du problème, mais plutôt de connaissance "de surface". Si le praticien ne comprend pas la décision de la machine, il est important que celle-ci lui fournisse des explications qui lui soient facilement accessibles, en accord avec son mode de raisonnement et sa connaissance.

Trois critères devraient dès lors être pris en compte pour représenter la connaissance dans le futur système expert : l'extensibilité (problème déjà évoqué) afin de pouvoir étendre la base de connaissances sans nécessiter des révisions lourdes du programme, la simplicité pour un non informaticien et enfin, la connaissance doit être explicite pour permettre l'expression des explications par le système ainsi qu'une recherche plus facile des erreurs. C'est essentiellement ce dernier critère qui actuellement pose problème.

Il serait dès lors intéressant de créer des programmes, des méthodes faisant plus référence au raisonnement humain qu'à des méthodes de mathématique pure. Les problèmes en médecine, en particulier celui de la prescription d'orthèse, peuvent rarement être réduits à des formulations mathématiques, aussi sophistiquées soient-elles.

Les alternatives se trouvent sans doute dans des représentations plus structurées des problèmes, dans des approches de nature symbolique plutôt que dans des approches principalement numériques. Des langages, plus déclaratifs que procéduraux, permettent de coder la connaissance de telle sorte que les éléments manipulés par le système puissent être accessibles, c'est-à-dire qu'ils ne soient pas codés de manière implicite, permettant de ce fait un raisonnement sur ces éléments.

La logique des prédicats est généralement un moyen efficace de représenter des connaissances de nature déclarative. La base de connaissances se présente alors comme un ensemble de règles sous la forme : si <conditions> alors <actions>.

Remarque : l'approche statistique admet, comme conséquence nécessaire du modèle, un petit nombre de conclusions erronées (pas de probabilité à 100 %). On peut espérer que l'inclusion de connaissances supplémentaires, sous forme de nouvelles règles, permettra de tendre vers une plus grande complétude du système.

perspectives et conclusions

iv. Conclusions.

Il n'est pas nécessaire à priori d'imiter un expert humain dans sa démarche pour disposer d'un programme satisfaisant (Les données, en consultation, ne sont pas transformées par le Docteur Steinfors, contrairement au système).

Néanmoins, puisque le programme est souvent jugé par référence à l'attitude du médecin, il faudrait peut-être mettre en oeuvre des méthodes imitant plus le comportement du praticien. Ce faisant on donnera à l'expert la possibilité de mieux comprendre ce qu'il sait. Il faudra maintenir la collaboration analyste et expert afin de doter le futur système des 3 qualités suivantes :

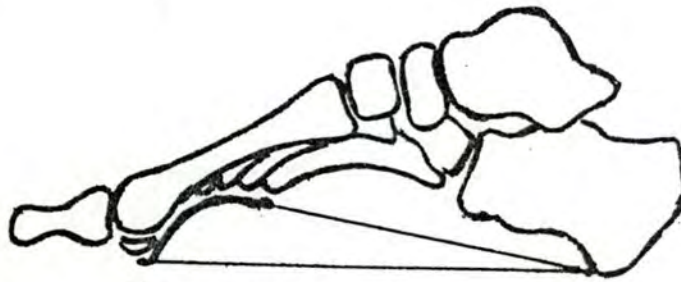
- possibilité de maintenir et de manipuler un ensemble de concepts symboliques (durillon, goutte, hyperpression, ...) en plus des mesures chiffrées;
- possibilité de communiquer avec le clinicien dans un langage voisin du langage naturel;
- possibilité d'expliquer le processus de raisonnement utilisé.

L'approche mathématique doit continuer à être menée en parallèle. Elle participe également activement à formaliser l'expertise médicale (cfr. résultats des méthodes d'analyse). En développant différentes stratégies de résolution de problèmes, on décèlera les circonstances qui font que certaines stratégies sont plus appropriées que d'autres. L'ordinateur deviendra alors un véritable interpréteur de connaissance.

ANNEXE A

- A1 : l'avant-pied rond.
 - A2 : mobilité relative des 1er et 5ème rayons
 - A3 à A10 : illustration d'un examen en podométrie électronique.
 - A11 : flexion - extension des orteils.
 - A12 à A18 : exemples de profils de l'adulte.
 - A19 à A25 : profil mixte de l'enfant.
-
- A26 : distribution des valeurs podométriques en fonction des pressions subies (pour les pieds gauches).
 - A27 : valeurs des pressions (transformées en pourcentage par tête) pour les patients (pieds gauches)

LE PIED " CLASSIQUE "



Vue de profil de l'arche transversale antérieure. Cette illustration n'est quasi jamais visualisée par l'étude radiologique du pied en incidence de profil même en décu^obitus



Illustration schématique de l'avant-pied rond vu de profil.



Illustration schématique de l'arche transversale antérieure vue en incidence frontale



L'avant-pied rond vu en incidence frontale

fig. A1.

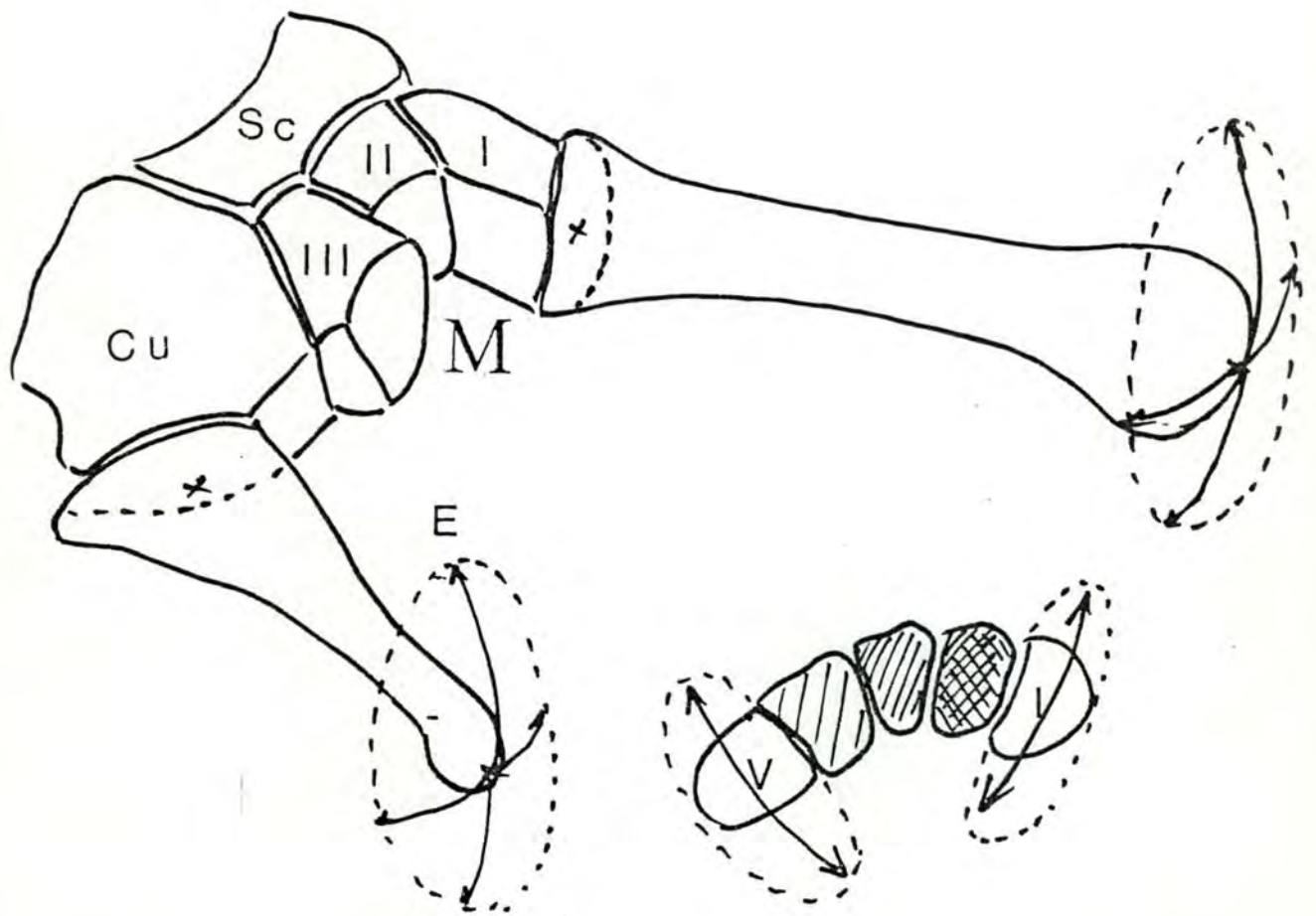


ILLUSTRATION de la MOBILITE RELATIVE des Ier et Vème RAYONS PAR RAPPORT AUX RAYONS CENTRAUX.
 (In I.A. KAPANDJI " Physiologie articulaire ", fascicule II
 Librairie MALOINE, PARIS 1968)

LA MOBILITE des DEUX RAYONS EXTERNES INFIRME L'AFFIRMATION QU'ILS CONSTITUENT LES DEUX POINTS D'APPUI ESSENTIELS de l'AVANT-PIED.

ON NE PEUT, EN EFFET CONCEVOIR MECANIQUEMENT QUE DES POINTS MOBILES, en l'occurrence TM I et TM V, SOIENT DES POINTS D'APPUI !

CETTE CONSTATATION REJOINT L'ASSERTION DE DE DONCKER QUI COMPARE L'APPAREIL METATARSIEN A UN TRIMARAN DONT LA COQUE SERAIT CONSTITUEE PAR LES TETES METATARSIENNES CENTRALES ET LES FLOTTEURS PAR TM I ET TM V.

EN UN MOT, CETTE COMPARAISON IMAGEE DEFINIT PARFAITEMENT LE ROLE DES RAYONS CENTRAUX, PORTANTS; ET CELUI DES RAYONS EXTREMES, AMORTISSEURS, DES MOUVEMENTS DE SUPINATION ET DE PRONATION AU COURS DU PAS.

fig. A2.



fig. A3. Examen clinique de la sole plantaire.
D'emblée on constate les stigmates des dyspiésies : voussure de la sole plantaire et durillons au niveau des T.M. centrales (II, III et IV).



fig. A4. Repérage précis des T.M., préalable à l'examen du pied en podométrie électronique

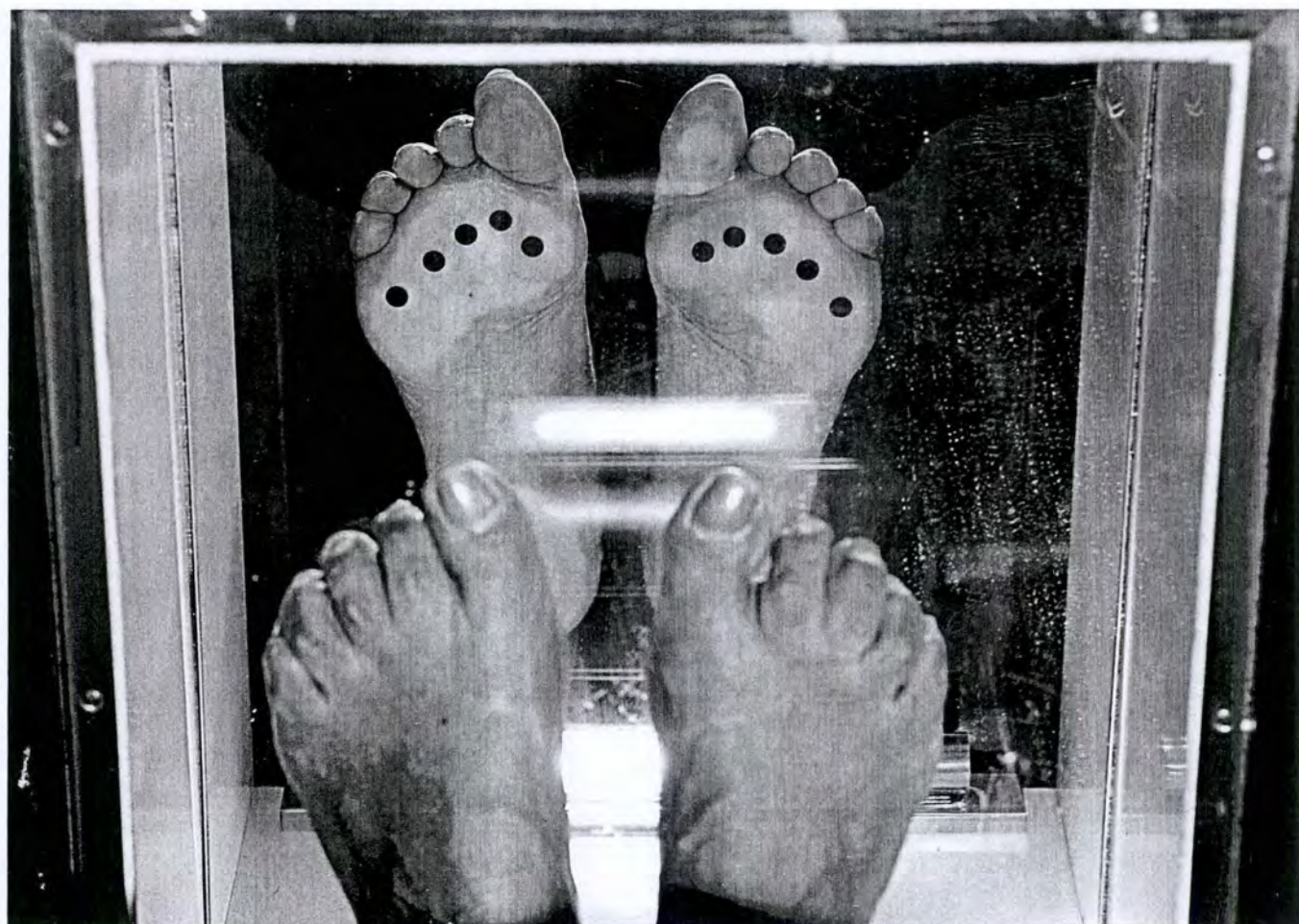


fig. A5. Podoscopie.

On constate qu'il existe :

- une empreinte plantaire dite "creuse";
- une crispation des orteils centraux;
- un angle métatarso-phalangien du 1er rayon

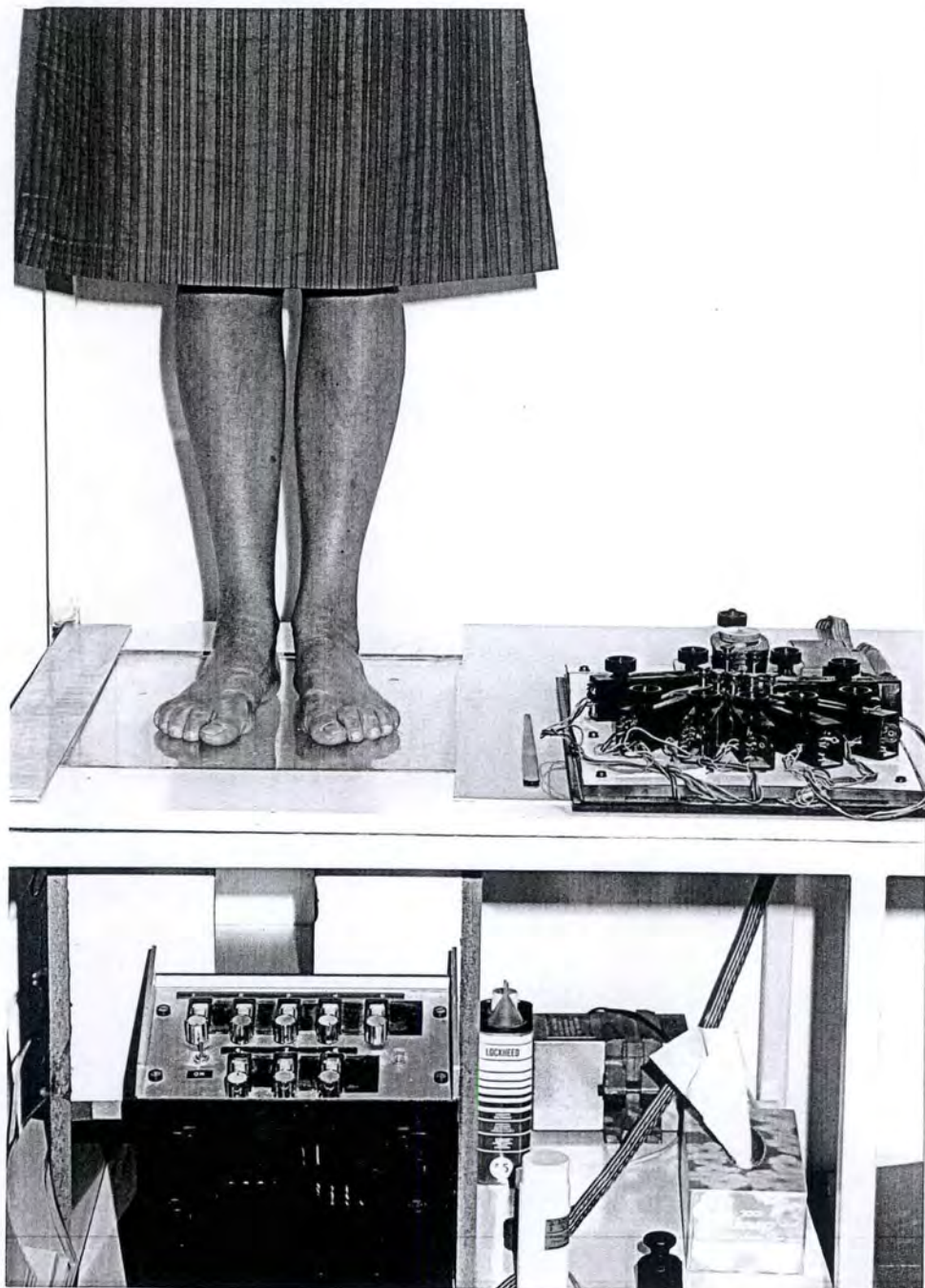


fig. A6. Podoscopie.

Le podomètre électronique et la console comportant les galvanomètres. Le poids de 500 gr. est destiné à étalonner les palpeurs avant l'examen.

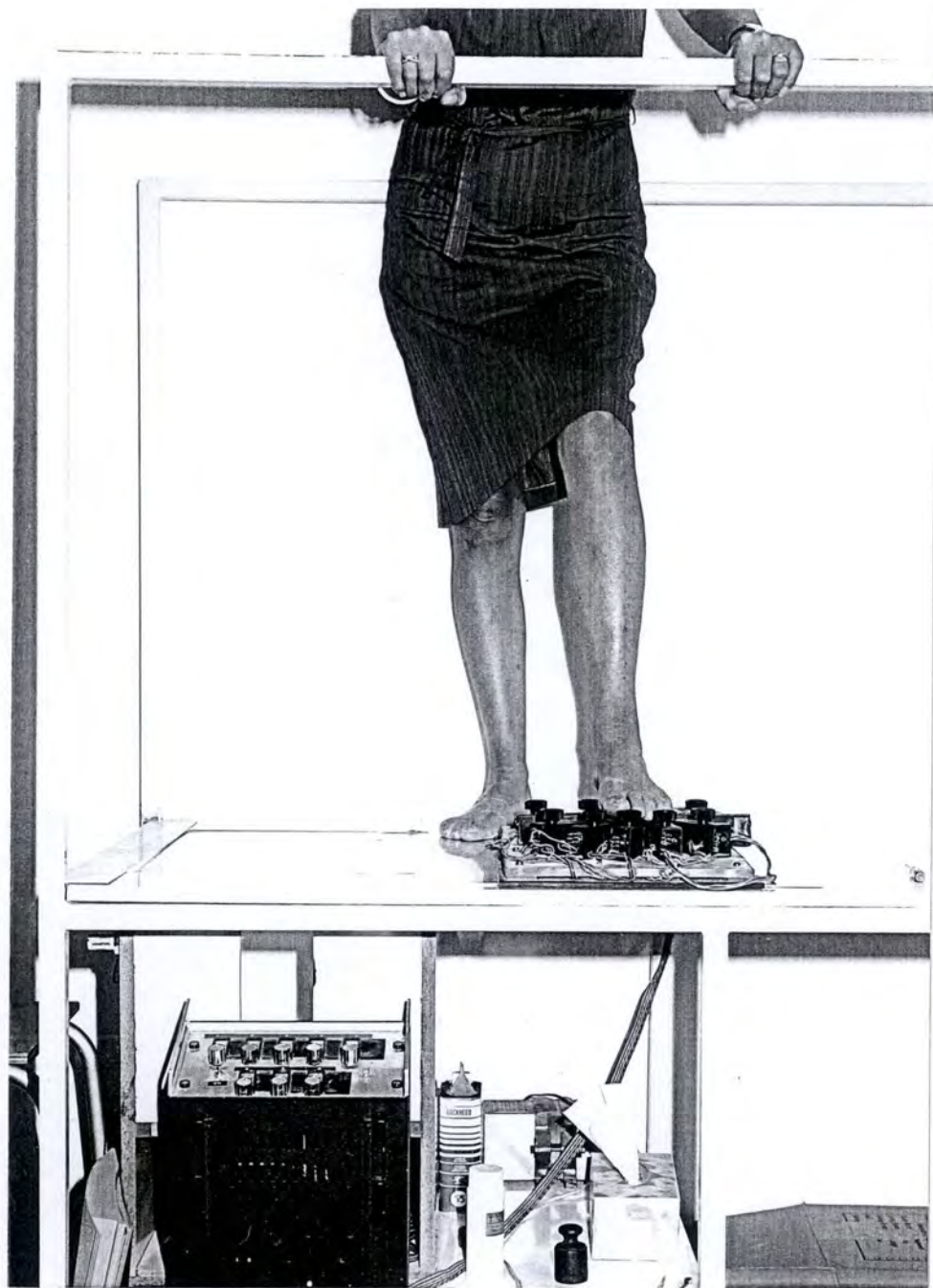


fig. A7. Position de la patiente sur le "podium".

Cette unité podologique a été créée pour permettre à la patiente de se sentir à l'aise lors de l'examen. Quant à l'examineur, il a l'assurance que les variations de pression enregistrées ne sont pas dues à l'instabilité que pourrait légitimement ressentir une personne placée en position élevée.

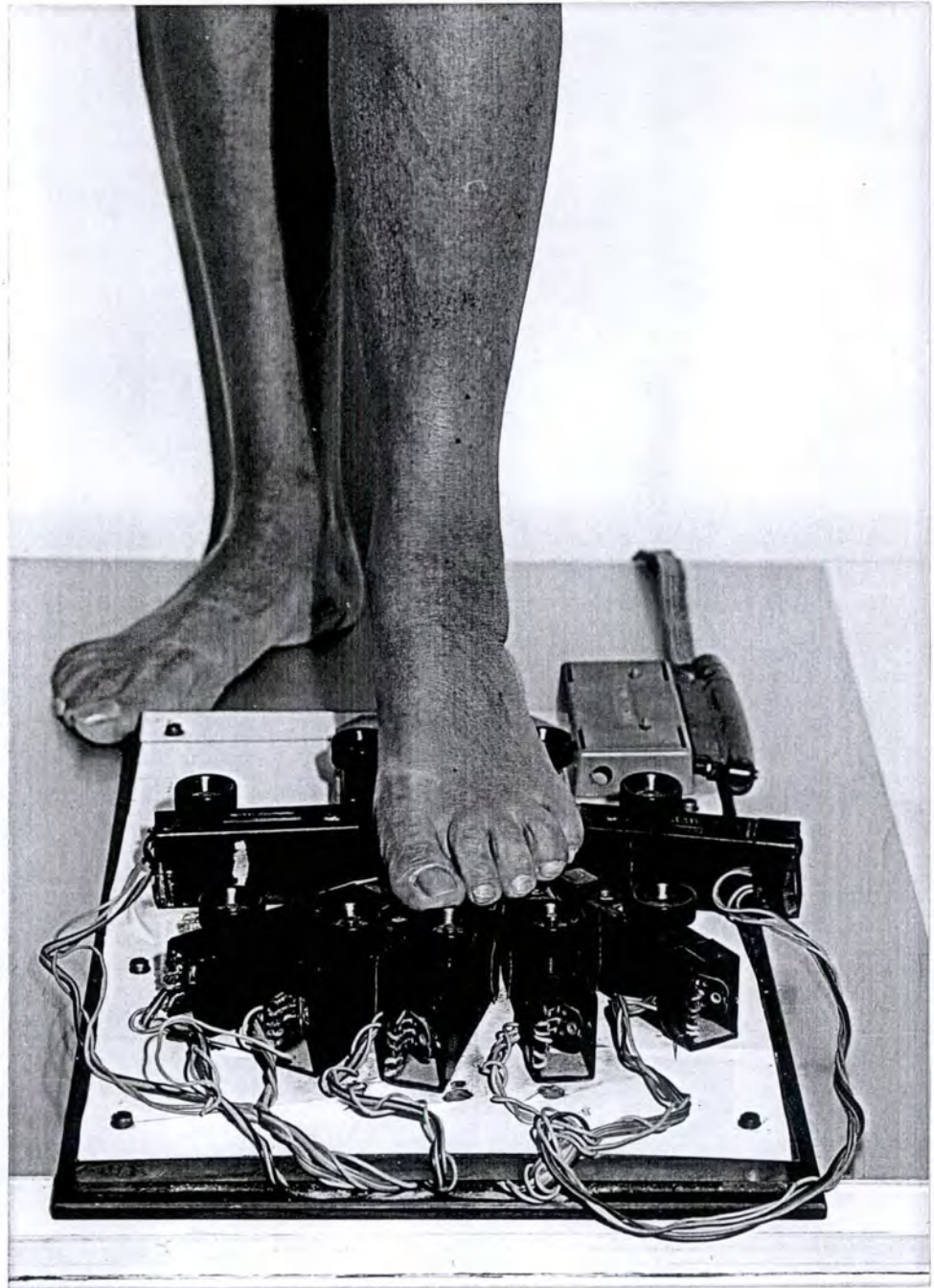


fig. A8.

Détail de la position "monopodale" et de la localisation des palpeurs.

L'examen comportera une flexion du genou pour étudier l'évolution des P.P.C. en charge monopodale.

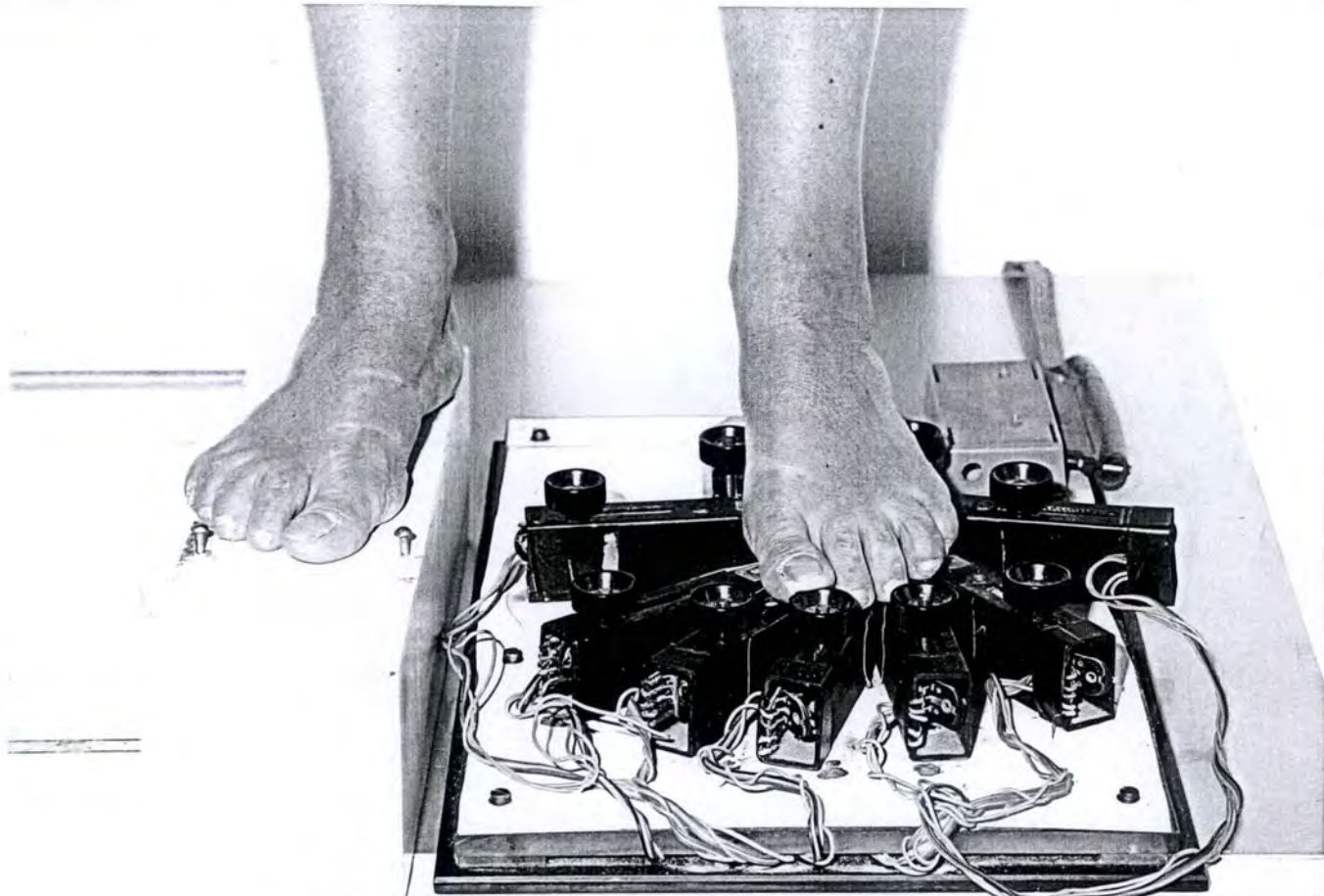


fig. A9. Détail de la position "bipodale".
 Dans cette position le malade doit exécuter des mouvements de translation antéro-postérieurs de son corps.

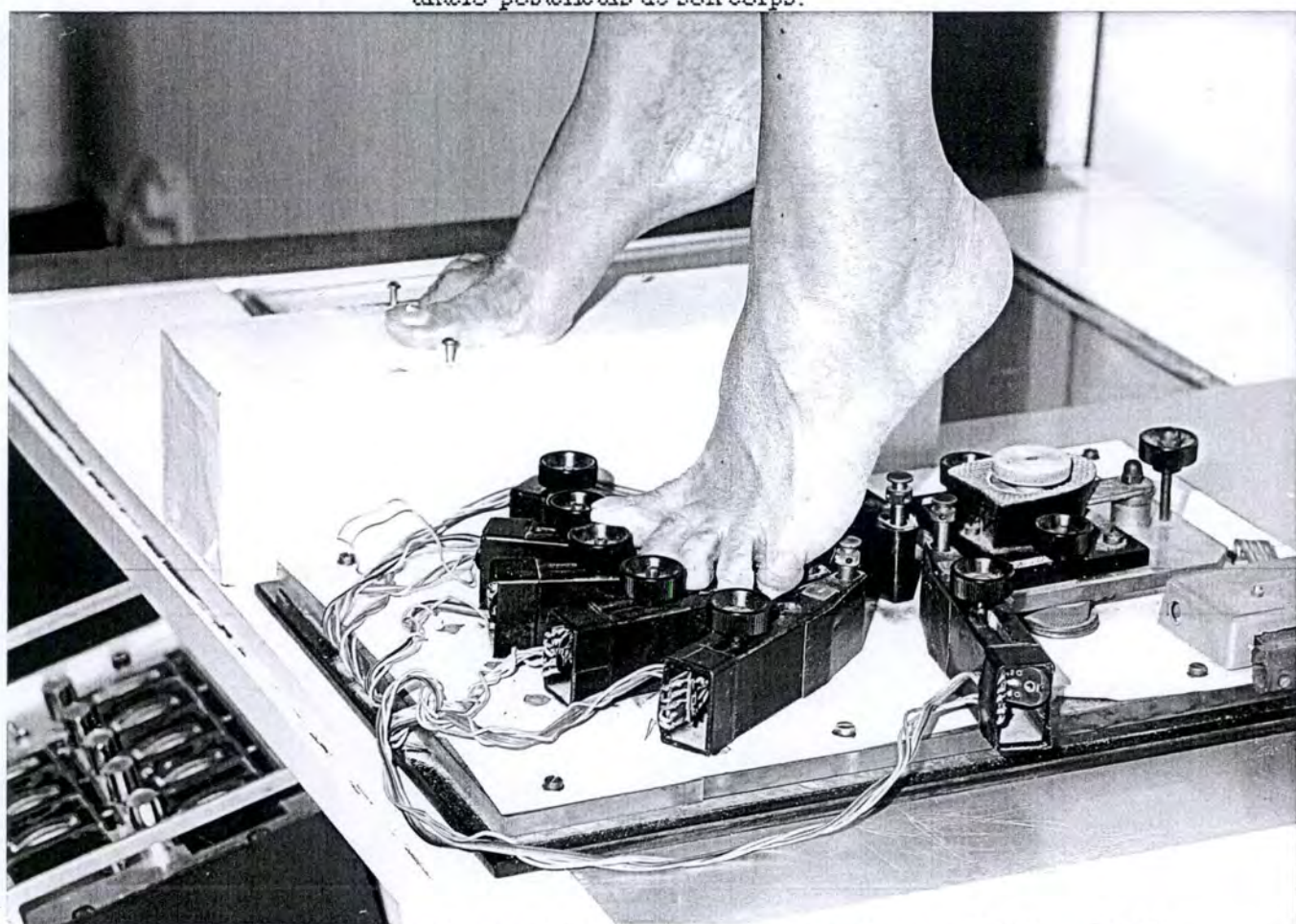


fig. A10. Détail de la position "sur la pointe des pieds" (sur P.P).
 Cette position est prise progressivement et veut simuler la réalisation d'un pas dit "contrôlé". Cette position permet d'obtenir de précieuses informations sur l'évolution des P.P.C. telle que visualisée par le diagramme.

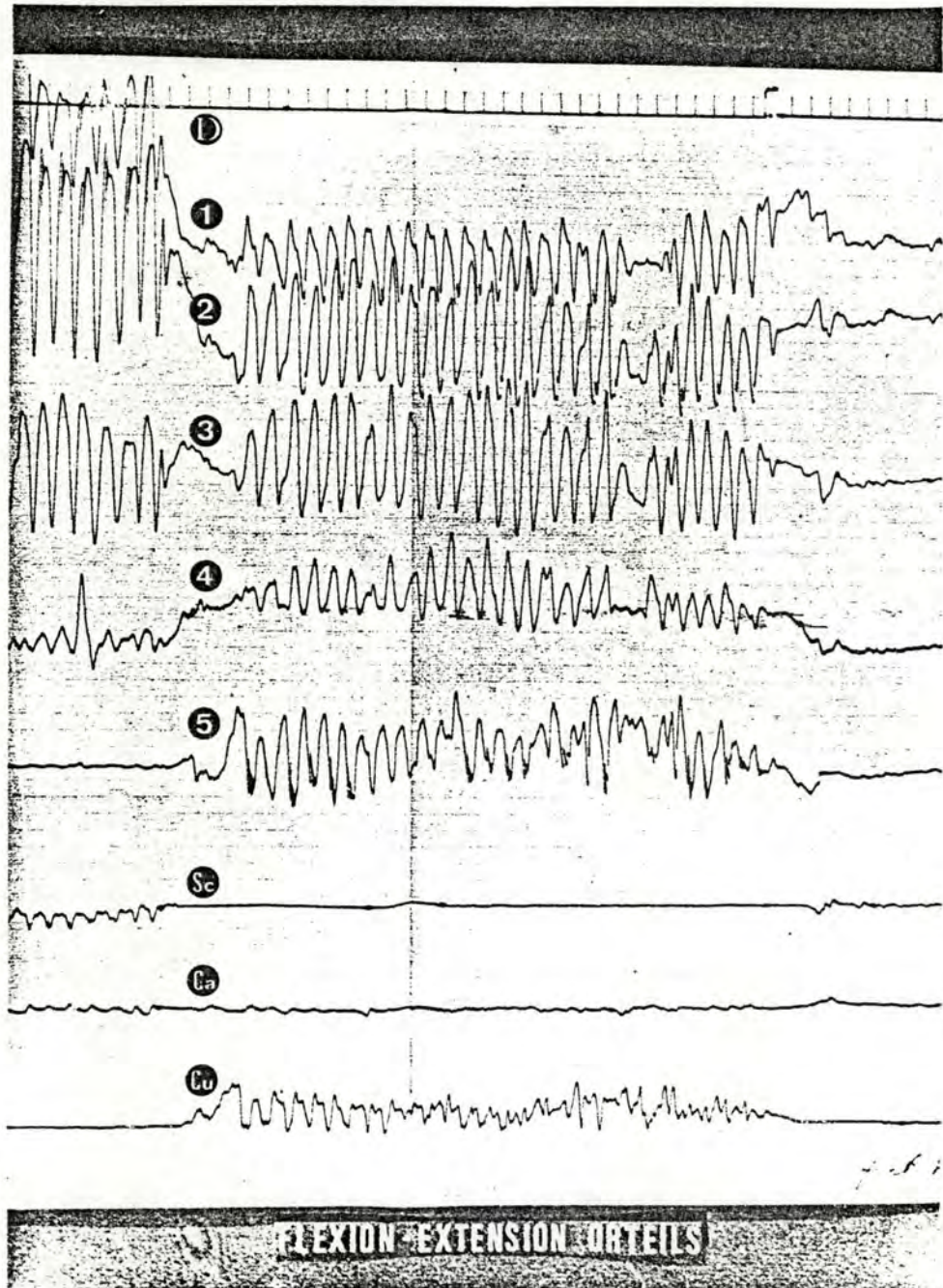
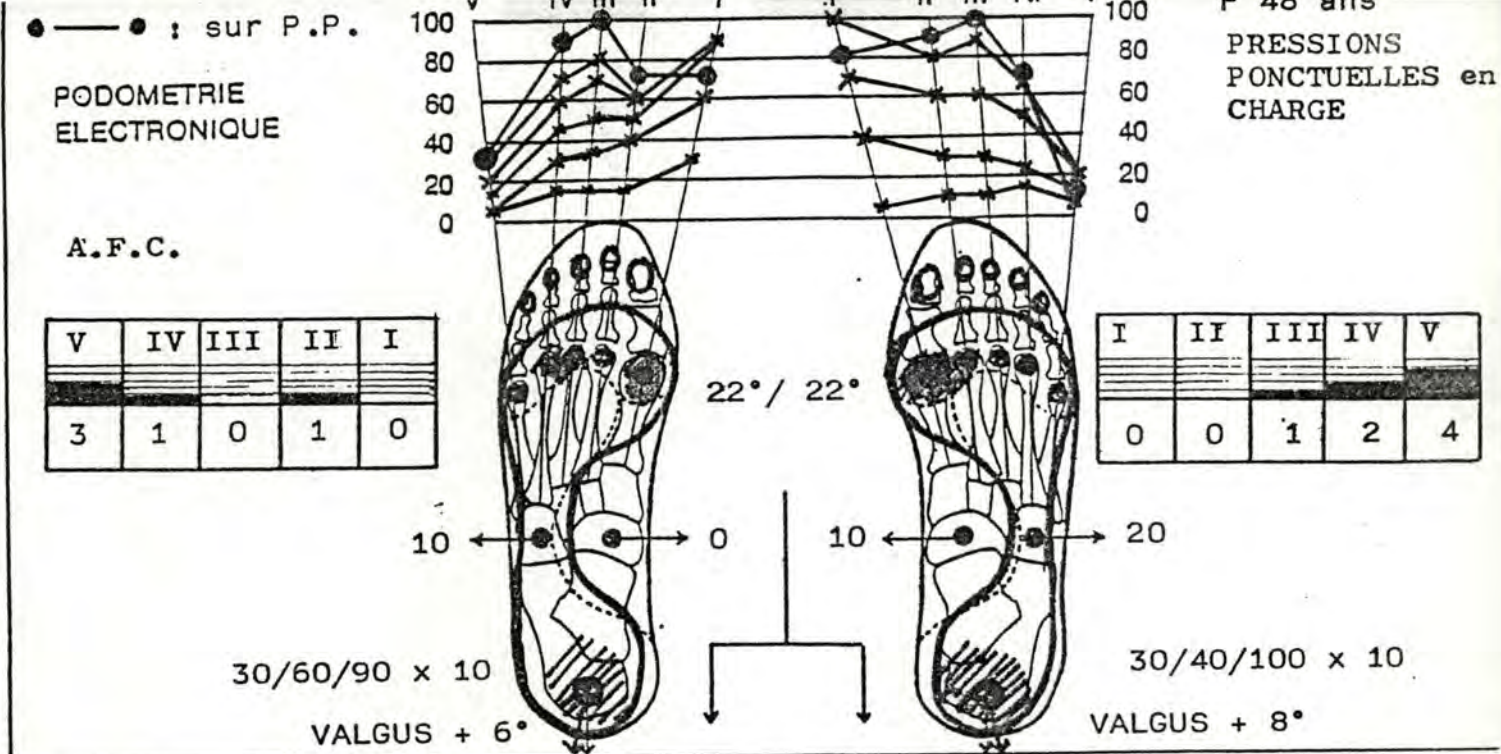


fig. A11.

L'extension des orteils provoque une hypo-pression au niveau de toutes les T.M. visualisée au début du tracé, tandis que la flexion détermine une hyper-pression; l'alternance des extensions et des flexions se traduit par un tracé en "dents de scie" hypo- et hyper-pressions au niveau des T.M.

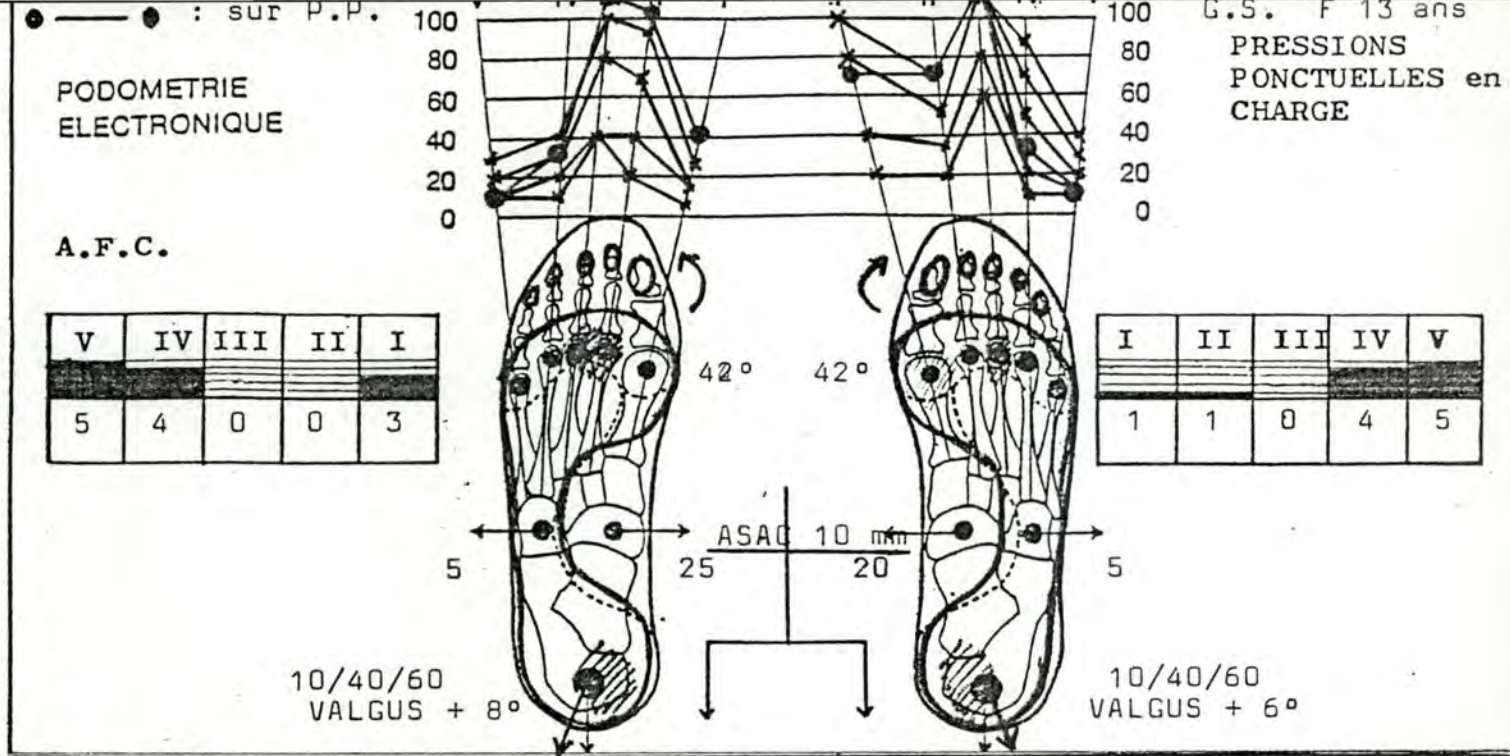


ANALYSE DE LA PRESCRIPTION D'UNE PAIRE D'ORTHESES DE REHARMONISATION

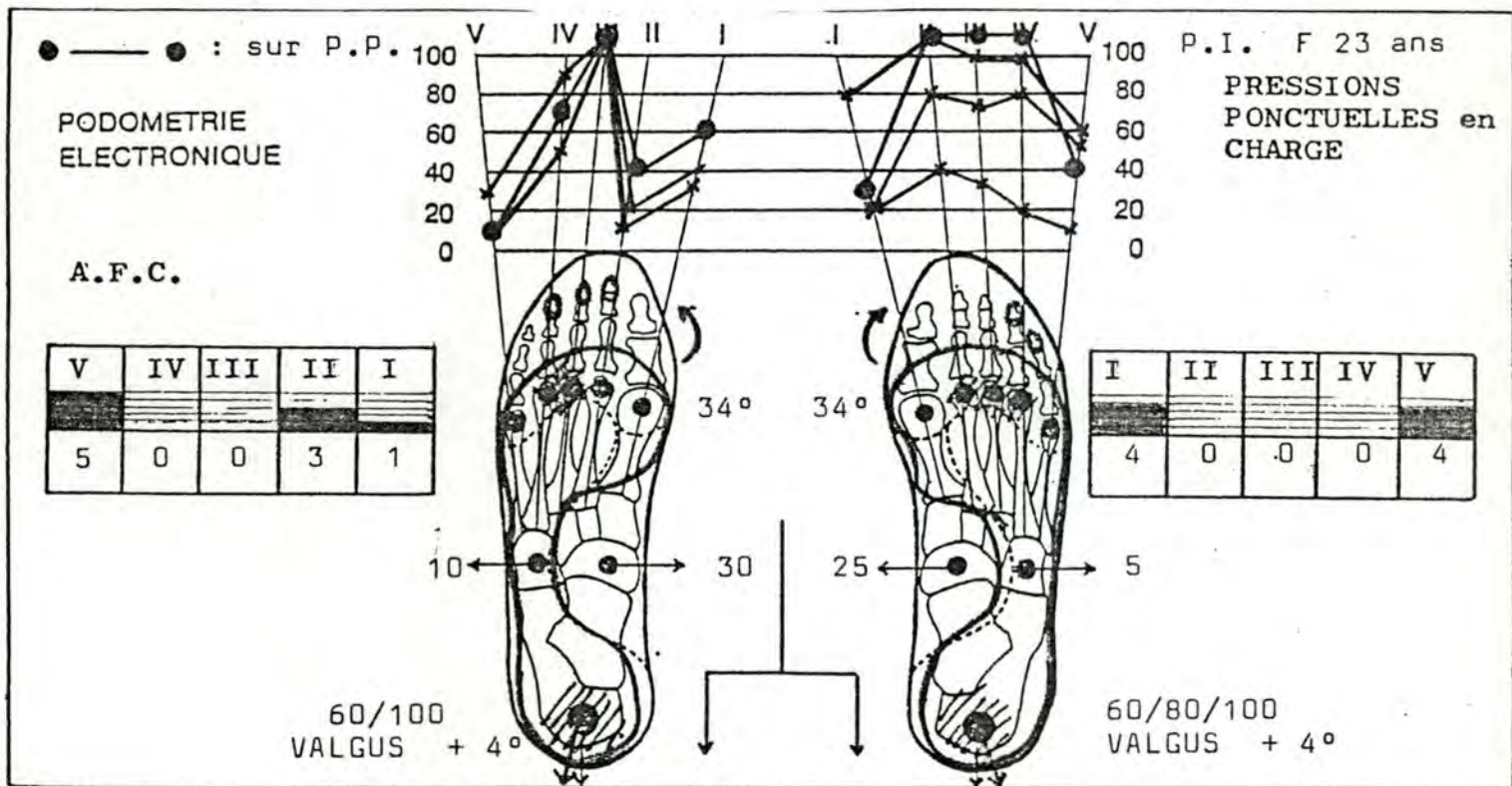
Le profil podométrique GAUCHE est complexe car aussi bien en station MONOPODALE que BIPODALE TM I est " critique " et les TM centrales ont approximativement la même valeur pressionnelle. Mais lors des mouvements de translation du corps vers l'avant on constate que les valeurs relatives de TM III et IV s'élèvent légèrement par rapport à TM II tandis que TM I reste critique. Lors du " pas contrôlé ", c'est-à-dire sur la pointe des pieds (sur P.P.), nous assistons à une augmentation des PPC sur TM III et TM IV tandis que TM II reste relativement stable et que TM I redescend au niveau pressionnel de TM II. Le diagramme de l'évolution des PPC au cours du pas " contrôlé " démontre que les PPC au niveau de TM I sont nettement moindres que celles existant au niveau de TM II. Par conséquent, il existe manifestement une hyper-pression fonctionnelle au niveau de TM I par rapport à TM II. D'autre part, la clinique nous démontre, par la position des durillons plantaires, les zones d'hyper-pression. Ce raisonnement a permis de prescrire une orthèse gauche ayant donné d'emblée l'euphésie à cet appareil métatarsien.

Le profil podométrique droit est encore plus complexe car très difficilement interprétable. Au vu des tracés, un profil initial 1-0-0-2-5 avait été prescrit malgré l'existence de durillons plantaires modérés. Lors de l'essayage, la patiente avait ressenti un mieux-être et plus de confort à la locomotion. Mais à la fin de la période probatoire classique de huit jours, si le pied gauche restait indolent, le pied droit par contre restait douloureux. Un nouvel examen podométrique a donné des résultats superposables au tracé initial. Dans ces conditions, rares il est vrai, nous avons plus tenu compte de la clinique (localisation des durillons plantaires) que du profil podométrique. Par petites touches successives nous avons prescrit une orthèse de type " pronation ".

fig. A12.

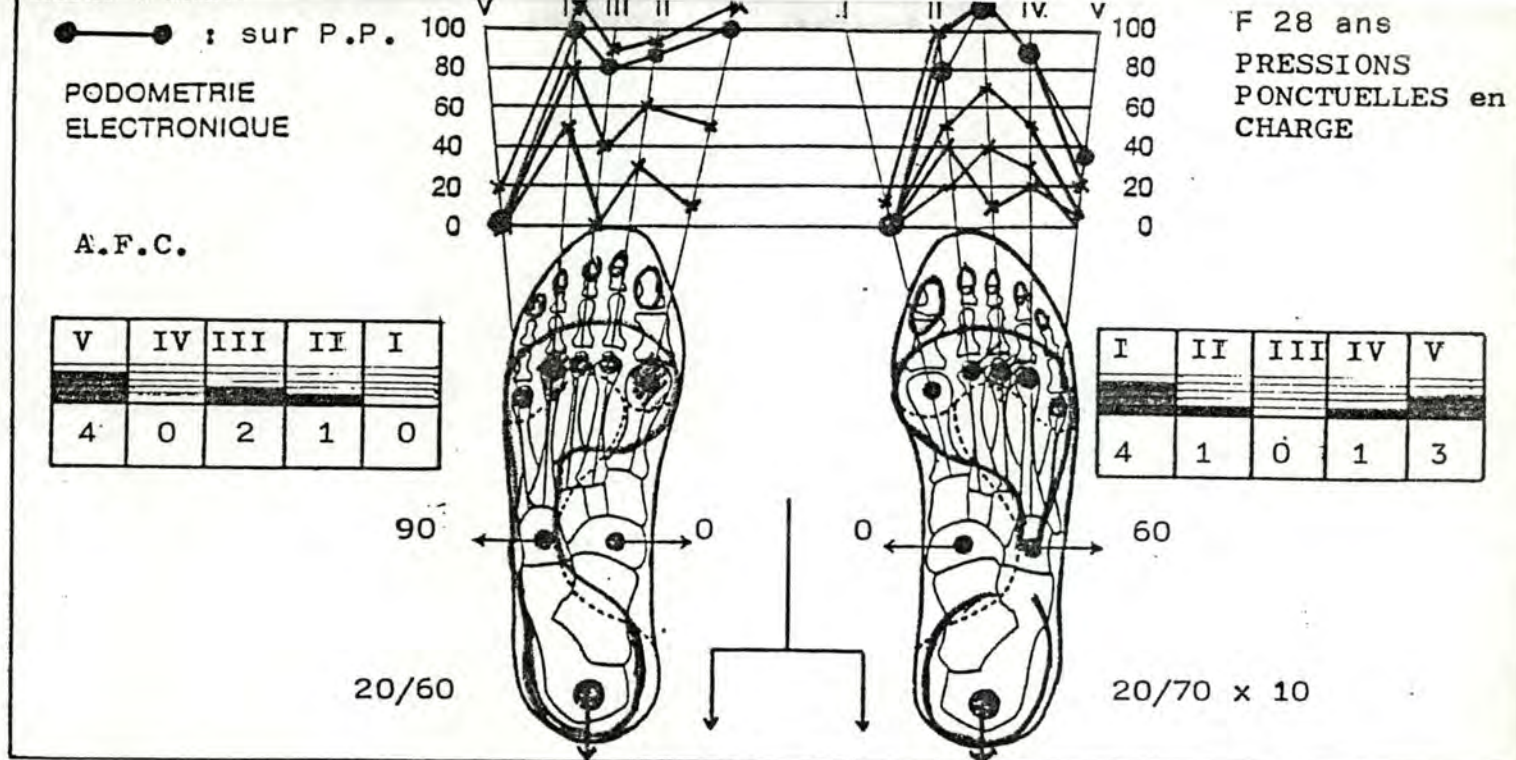


Orthèse mixte de correction active et de réharmonisation.

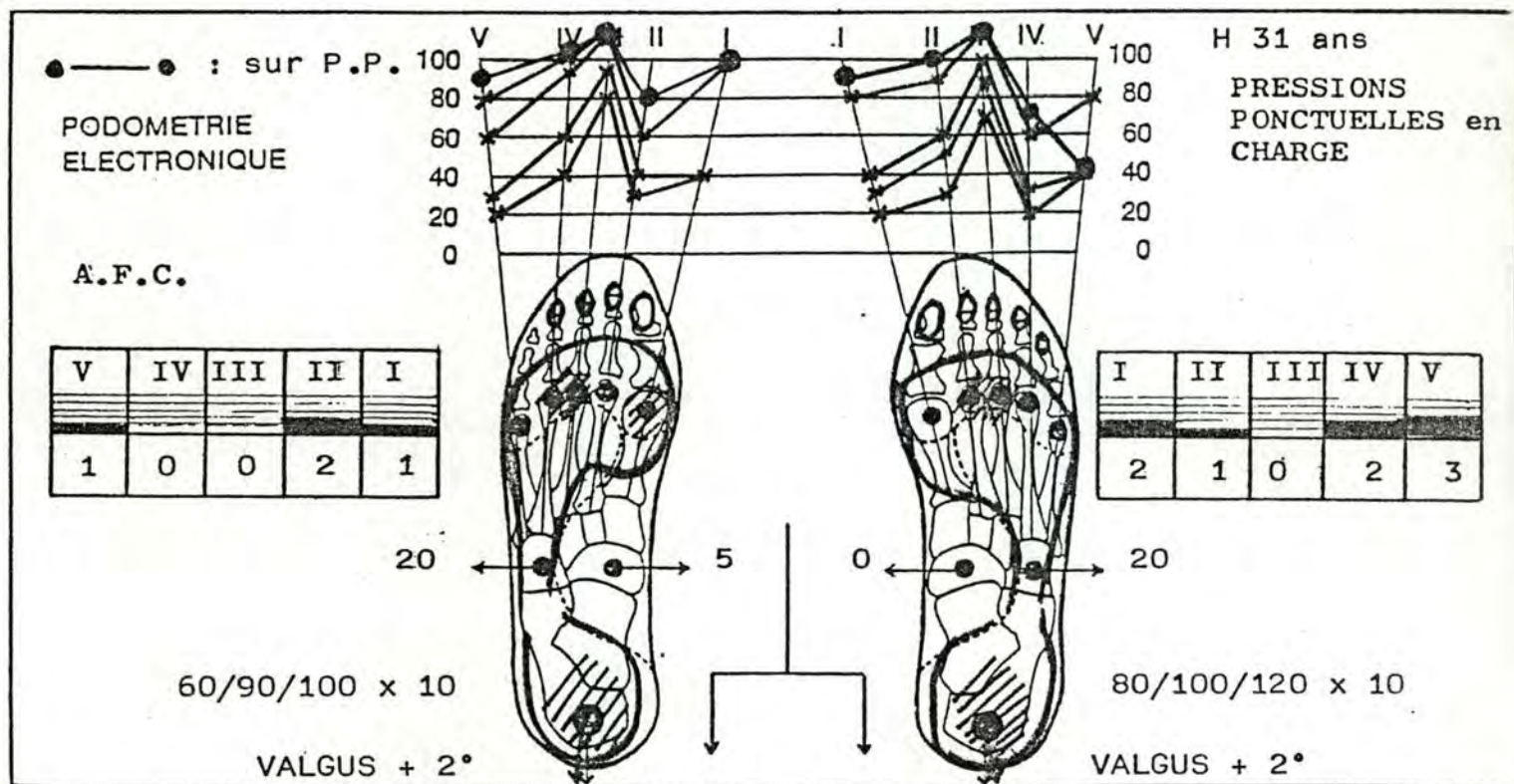


Profil gauche type I.C.C; droit central.

(fig. A13.)

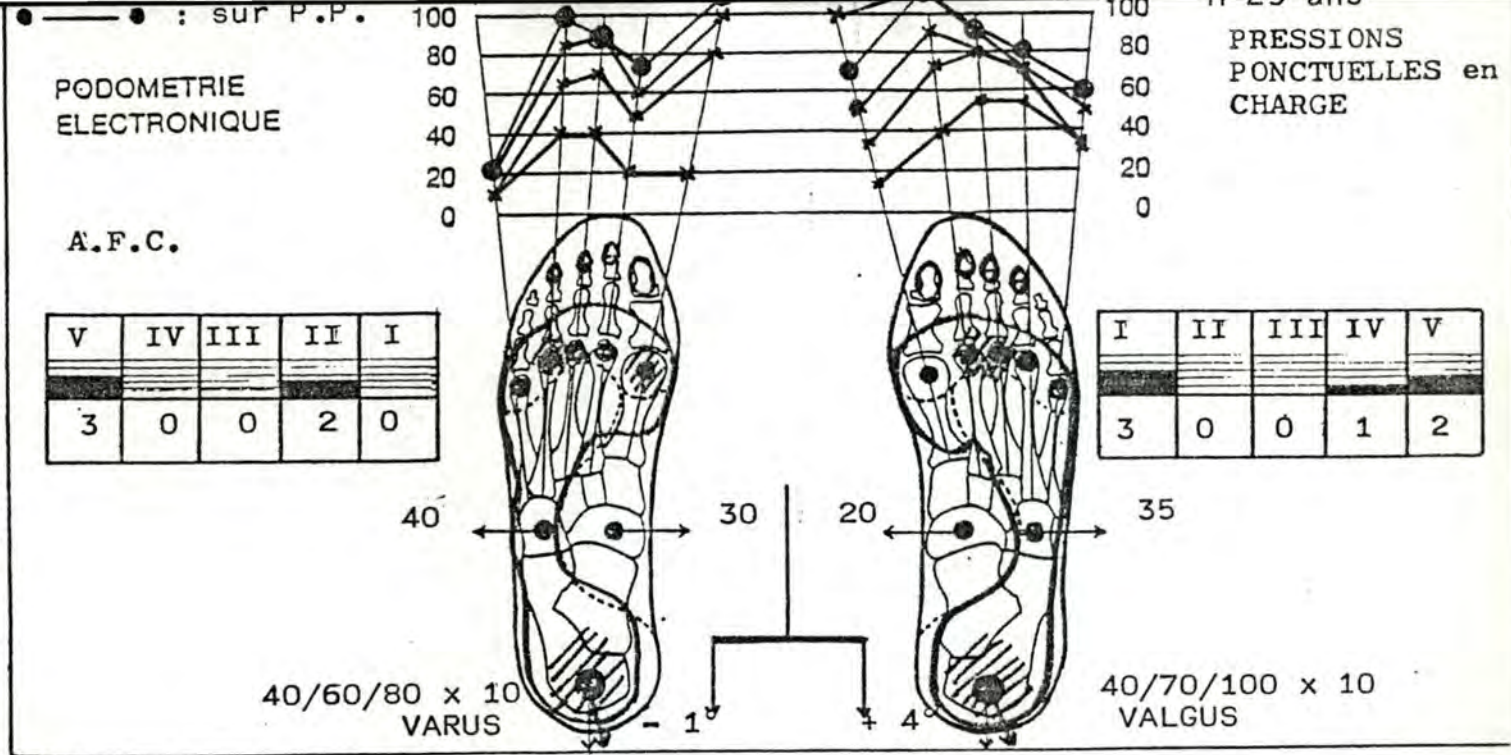


Profil gauche inhabituel; droit de type central.

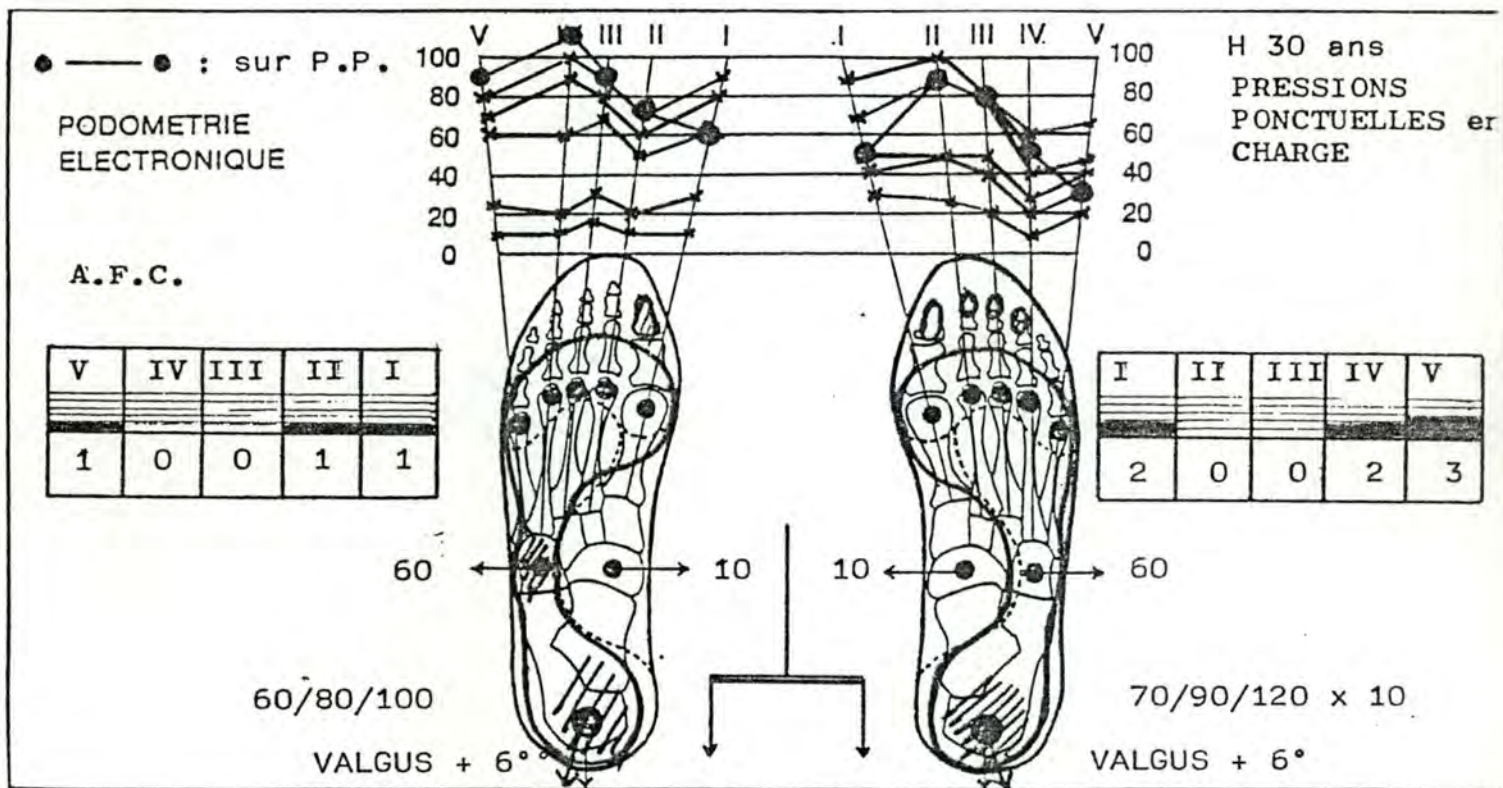


Profils relativement inhabituels.

(fig. A14.)



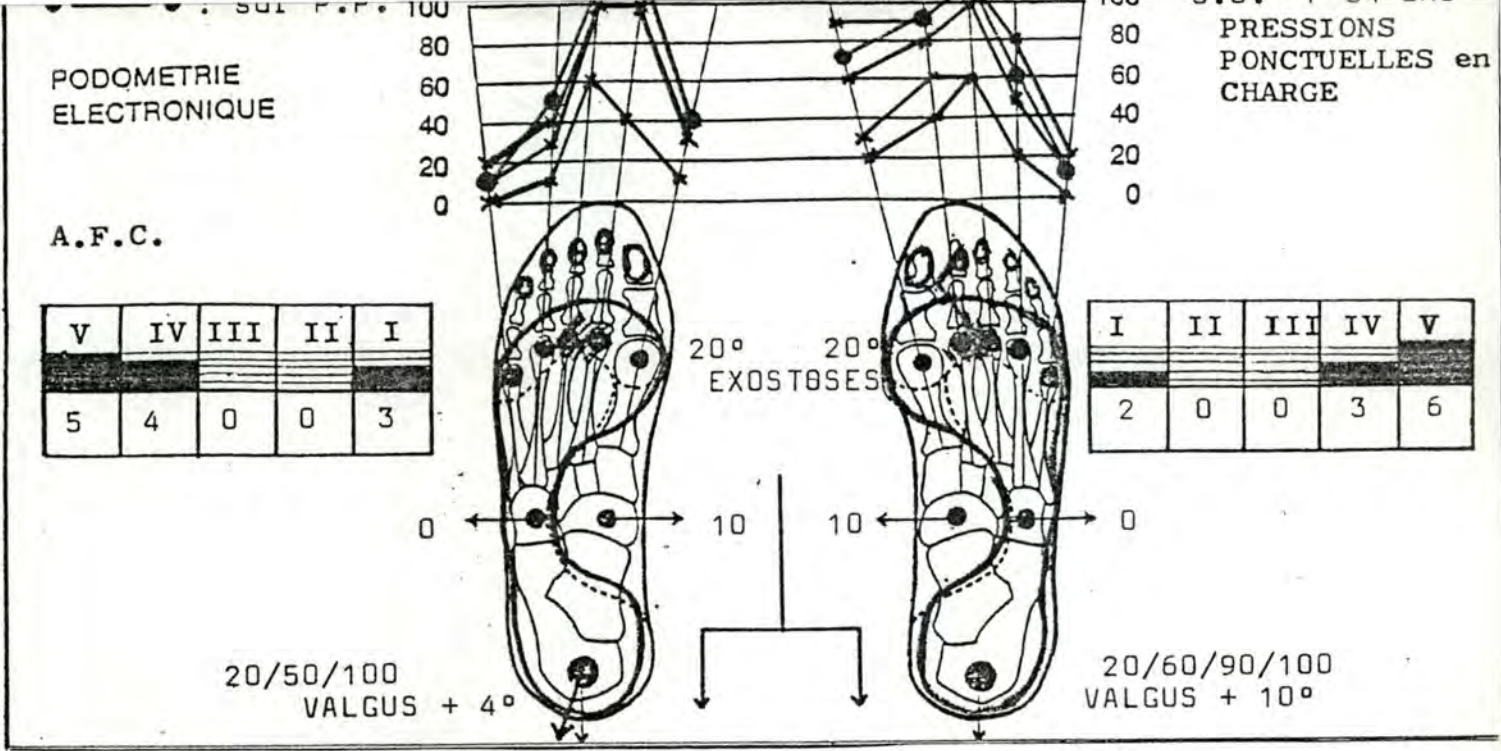
Profil gauche type I.C.C; droit "central".



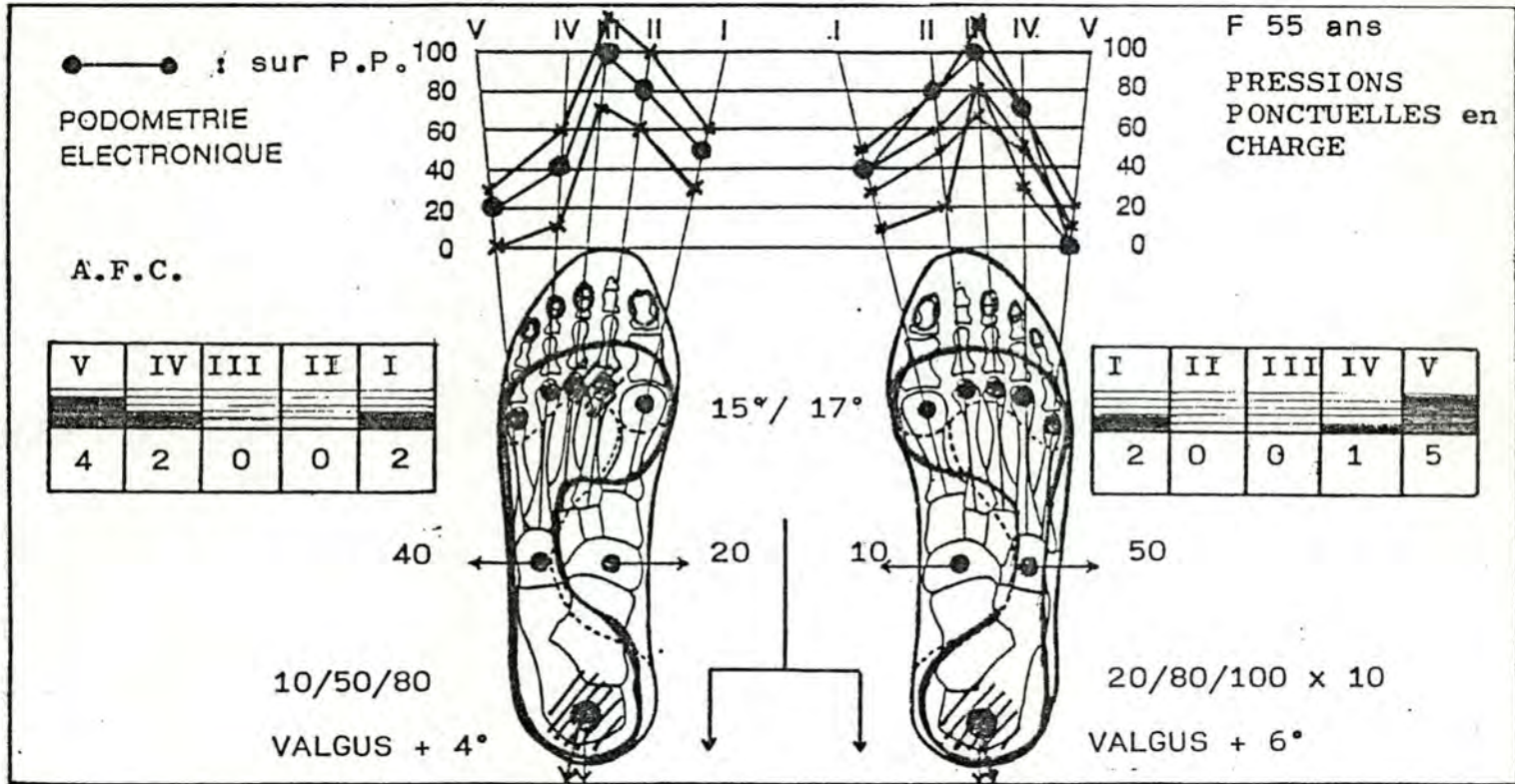
Profil gauche "central" décalé (T.M. III et IV).

On a tenu compte à la fois des hyperpressions relatives de T.M I et du diagramme de l'évolution des P.P.C. sur P.P. pour attribuer le même relief à T.M. I et II

(fig. A15.)

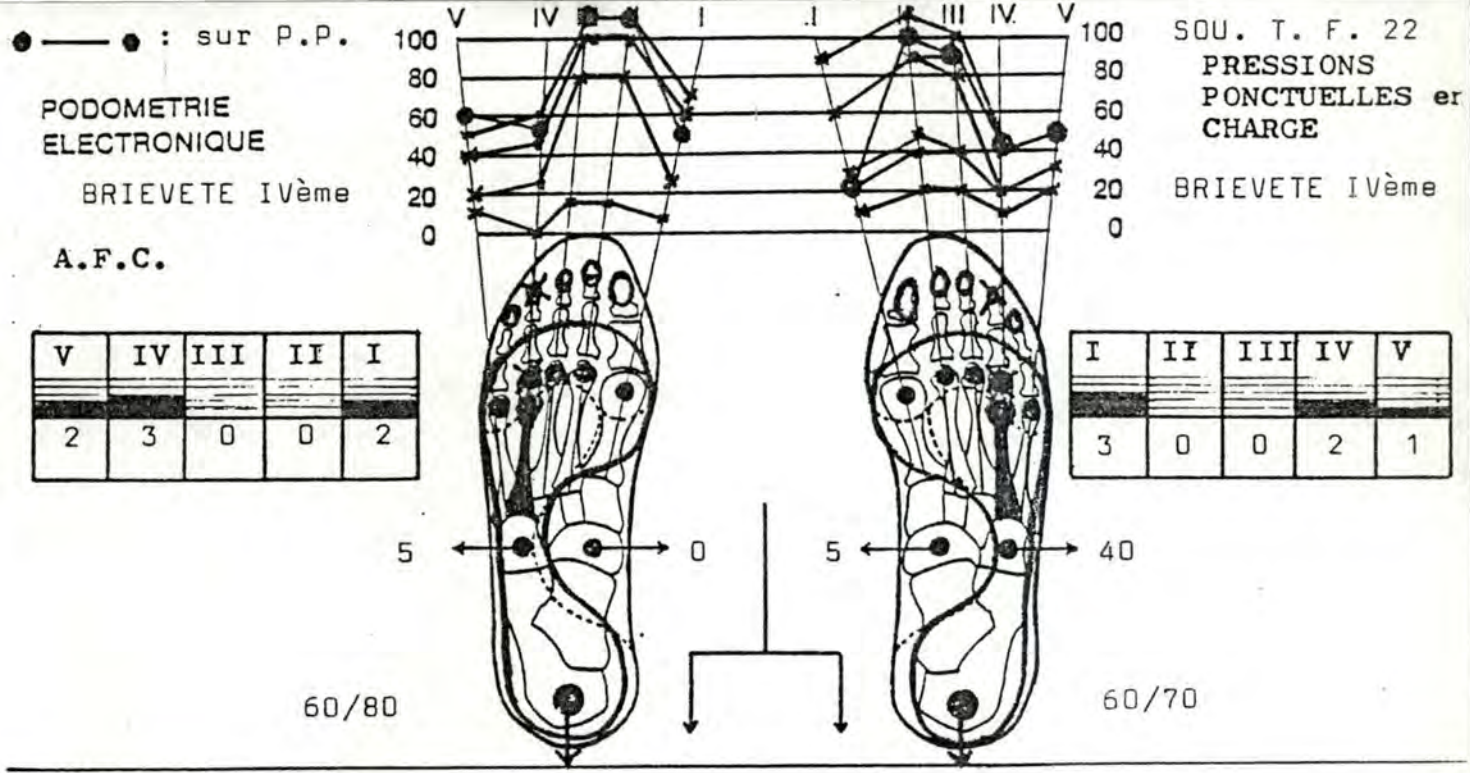


Profils "centraux;"

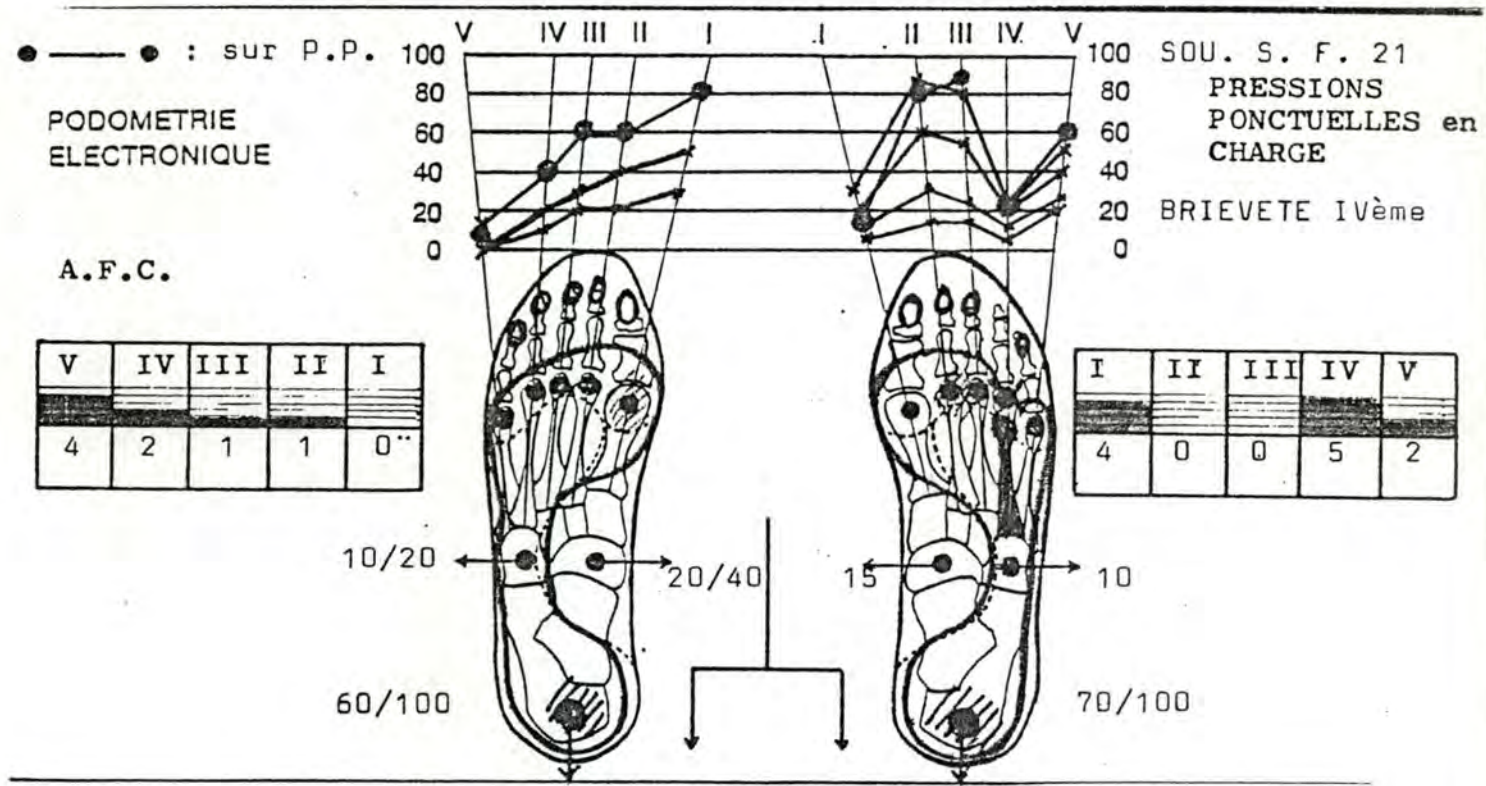


Profils "centraux;"

(fig. A16.)



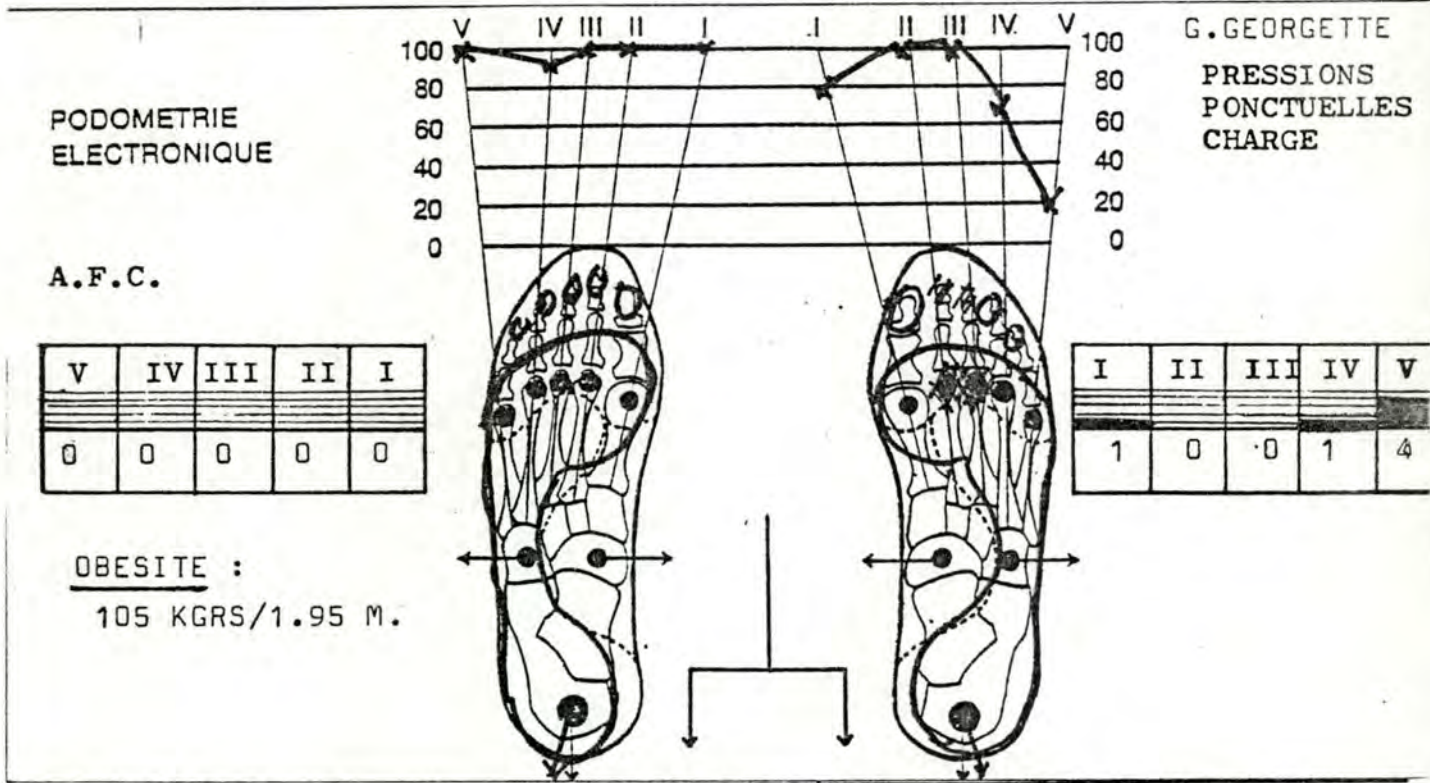
Profils "centraux;"



Profil gauche en supination; profil droit "central" mais avec une hyperpression inhabituelle de T.M. V.

(fig. A17.)

INCIDENCE de l'OBESITE sur le PIED DOULOUREUX



Cette patiente née en 1929, c'est-à-dire âgée de 49 ans au moment de la première consultation se plaint de douleurs au niveau du pied droit associées à une sensation de fatigue du membre inférieur. Le pied gauche est parfaitement indolent et aucune plainte n'est évoquée au niveau du membre inférieur gauche.

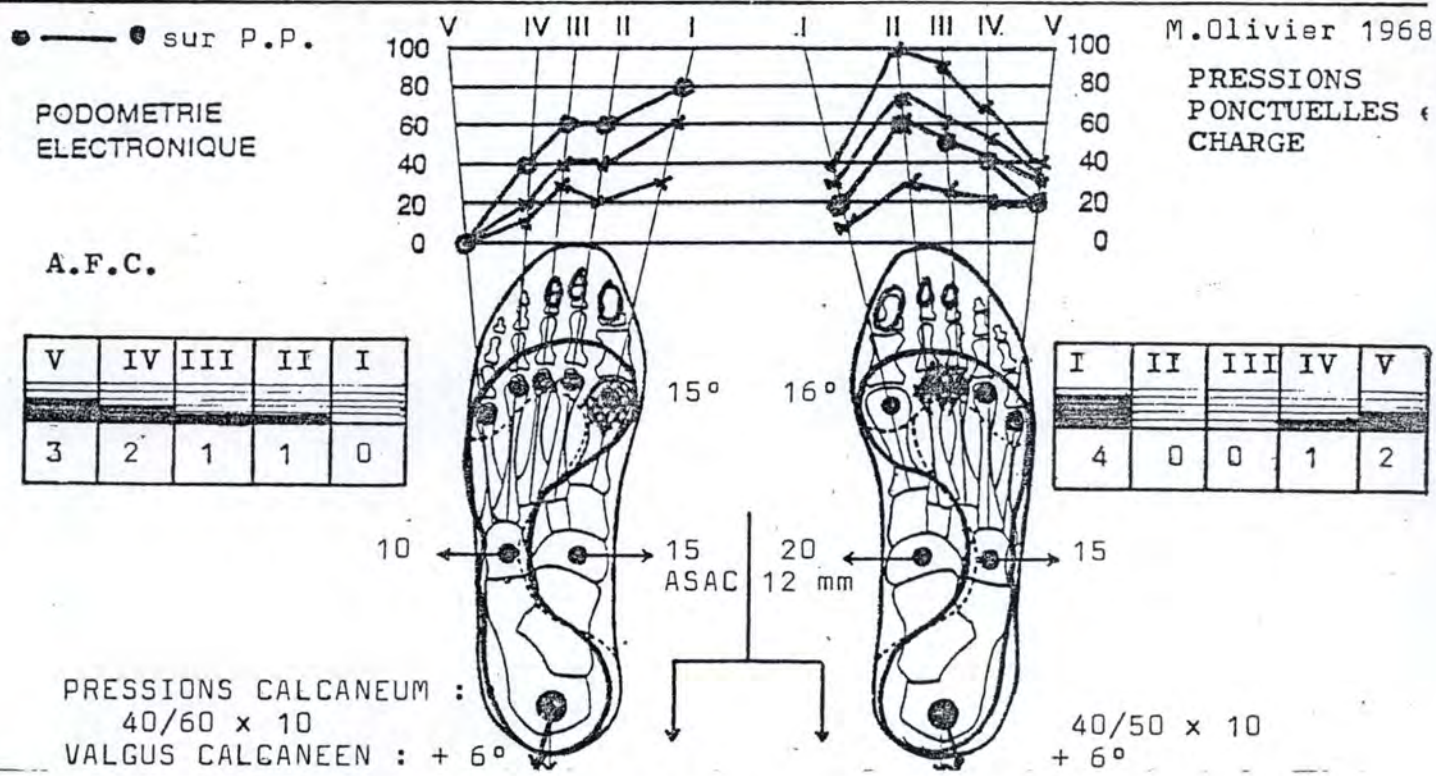
Cette personne mesure 1.95 mètres pour un poids de 105 kgrs. Certes, elle est "enveloppée", mais son corps est harmonieux.

Le profil podométrique gauche est dans les limites de la normale et peut être considéré comme eupiésique pour ces raisons. Notons, au passage, que la normalité des mesures biologiques est établie dans une "fourchette" de résultats extrêmes compatibles avec un status clinique asymptomatique!

Le profil podométrique droit est dyspiésique et le pied est douloureux (dyspiésalgique). Les dyspiésalgies sont les douleurs de l'appareil métatarsien pathognomoniques des dyspiésies.

Si le poids de cette patiente était responsable, au moins partiellement, des douleurs dont elle atteinte, il paraît logique que le pied gauche serait lui aussi douloureux ce qui n'est guère le cas.

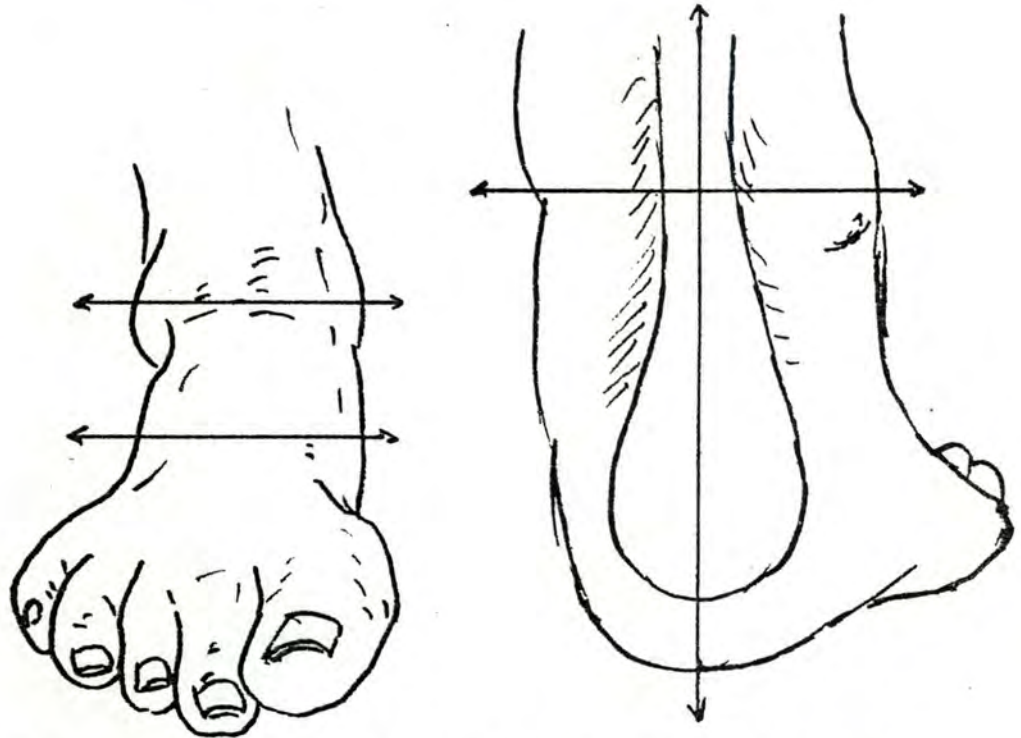
fig. A18.



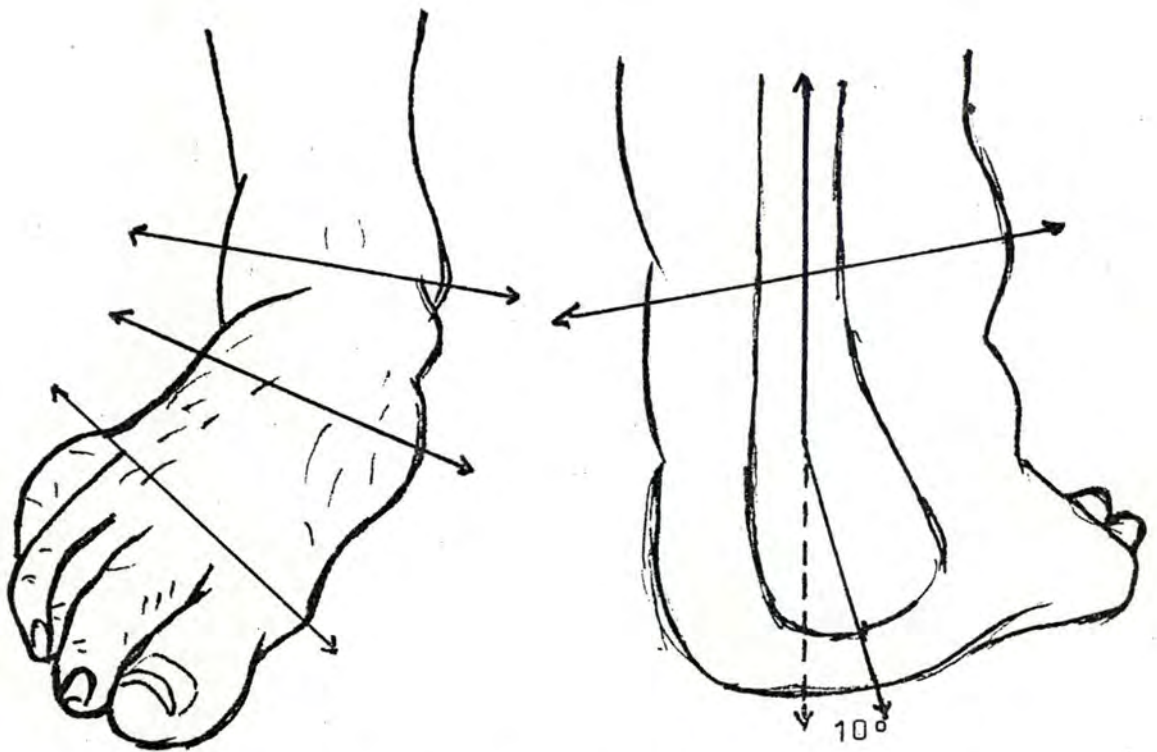
Jeune homme de 13 ans traité pour pieds " creux " par semelle orthopédique classique comportant une barre rétro-capitale dite de THOMAS, depuis quelques années. Genu valgus physiologique pour l'âge. Dyspiésies des deux appareils métatarsiens : à gauche du type en pronation, à droite du type central classique. La semelle droite, par l'excavation visible, met en évidence les métatarsiens critiques II et III objectivés par la Podométrie électronique. Orthèses mixtes : correction active et réharmonisation des PPC.

fig. A19.

LE PIED DIT " PLAT " de 1' ENFANT



AVANT-PIED en POSITION NEUTRE - CALCANEUM d'EQUERRE
 PODOSCOPIE : EMPREINTE PLANTAIRE BANALE.



AVANT-PIED & APPAREIL METATARSIEN EN PRONATION ;
 VALGUS du CALCANEUM de 10°.
 PIED dit " PLAT " :

- L'EMPREINTE PLANTAIRE EST SOUVENT NORMALE AVEC UNE "ARCHE EXTERNE" BIEN INDIVIDUALISEE A L'EXAMEN PODOSCOPIQUE,
- BASCULE du SCAPHOIDE TARSIEEN VERS LE BAS QUI PEUT FAIRE CROIRE A UN EXAMINATEUR NE POSSEDANT PAS DE PODOSCOPE QUE LE PIED EST " PLAT " UNIQUEMENT EN PROMENANT SON INDEX LE LONG DU BORD INTERNE DU PIED

ORTHESES DE CORRECTION ACTIVE

La plupart des enfants consultant pour " pieds plats " sont en réalité des enfants atteints de troubles de la locomotion dus à une attitude en pronation du pied par suite d'un VALGUS calcanéen.

L'empreinte plantaire étudiée en podoscopie et, le cas échéant, l'étude des P.P.C. en Podométrie électronique lorsque l'examen est réalisable (dimensions suffisantes du pied et coopération du jeune patient) mettent en évidence les hypof-pressions au niveau de TM I et TM II: profil en pronation.

L'empreinte plantaire est rarement " plate "; dans la plupart des cas elle est au contraire " normale " avec une voûte longitudinale interne bien caractérisée.

L'examen des pieds en orthostatisme met en évidence :

1. une bascule du scaphoïde tarsien vers le bas ce qui peut faire dire à un examinateur ne possédant pas de podoscope que le pied est " plat " en promenant son index le long du bord interne du pied;
2. un valgus calcanéen pouvant atteindre 10° ; ce valgus est caractéristique du pied dit plat et peut entraîner, à la longue, une bascule interne de l'articulation tibio-astragaliennne normalement horizontale, source d'arthrose mécanique ultérieure.

L'étude de la biomécanique de l'appareil métatarsien démontre que le jambier postérieur est un muscle supinateur dont l'un des effets, lors de sa contraction, est de dégager le gros orteil du plan du sol au début du pas. Ce muscle s'insère sur le scaphoïde tarsien; dans la plupart des cas il existe des expansions sur le 1er Cunéiforme. A cet endroit le tendon est superficiel et peut, par conséquent, être excité de manière à provoquer une contraction musculaire sélective grâce aux fibres nerveuses proprioceptives sensibles à la pression dont il est pourvu.

Le principe de l'orthèse de correction active est simple :

1. exciter les terminaisons proprioceptives du tendon pour provoquer la contraction sélective du muscle,
2. éviter l'excitation permanente du muscle et, par conséquent sa tétanie, en adaptant le relief proposé qui dépassera rarement 15 millimètres.

Ce jeu subtil pourrait se résumer ainsi :

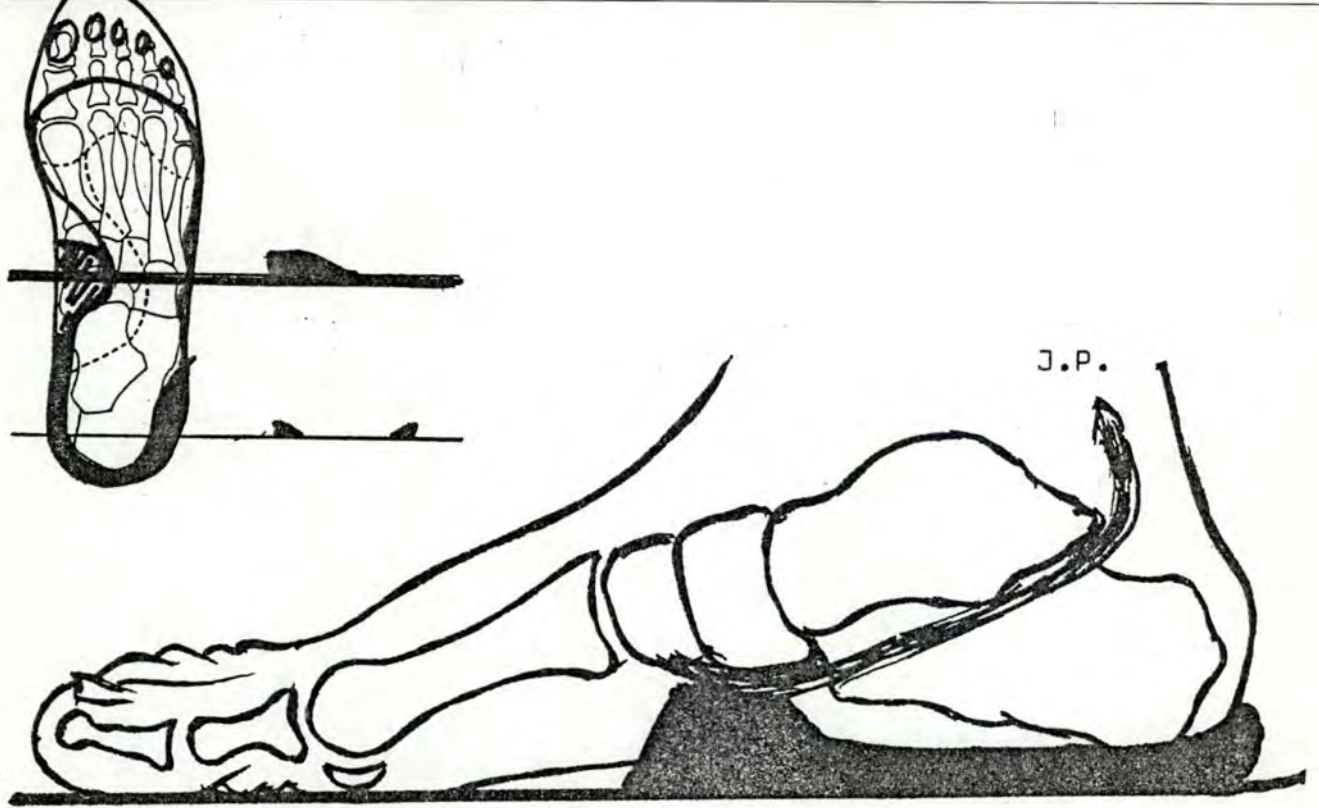
" Je te fais mal mais, si tu fais ce que je te demandes , tu ne sentiras plus rien. "

Et de fait, dans la majorité des cas, la sole plantaire ne présente aucune trace d'appui au niveau du relief, c'est-à-dire aucune rougeur.

Globalement, le valgus calcanéen est corrigé de la moitié de sa valeur initiale; un valgus initial de 10° sera réduit à 5° après la première année du port permanent de l'orthèse.

Finalement, cette technique crée un réflexe conditionné de contraction du muscle jambier postérieur pour éviter une douleur ponctuelle à un endroit précis du pied.

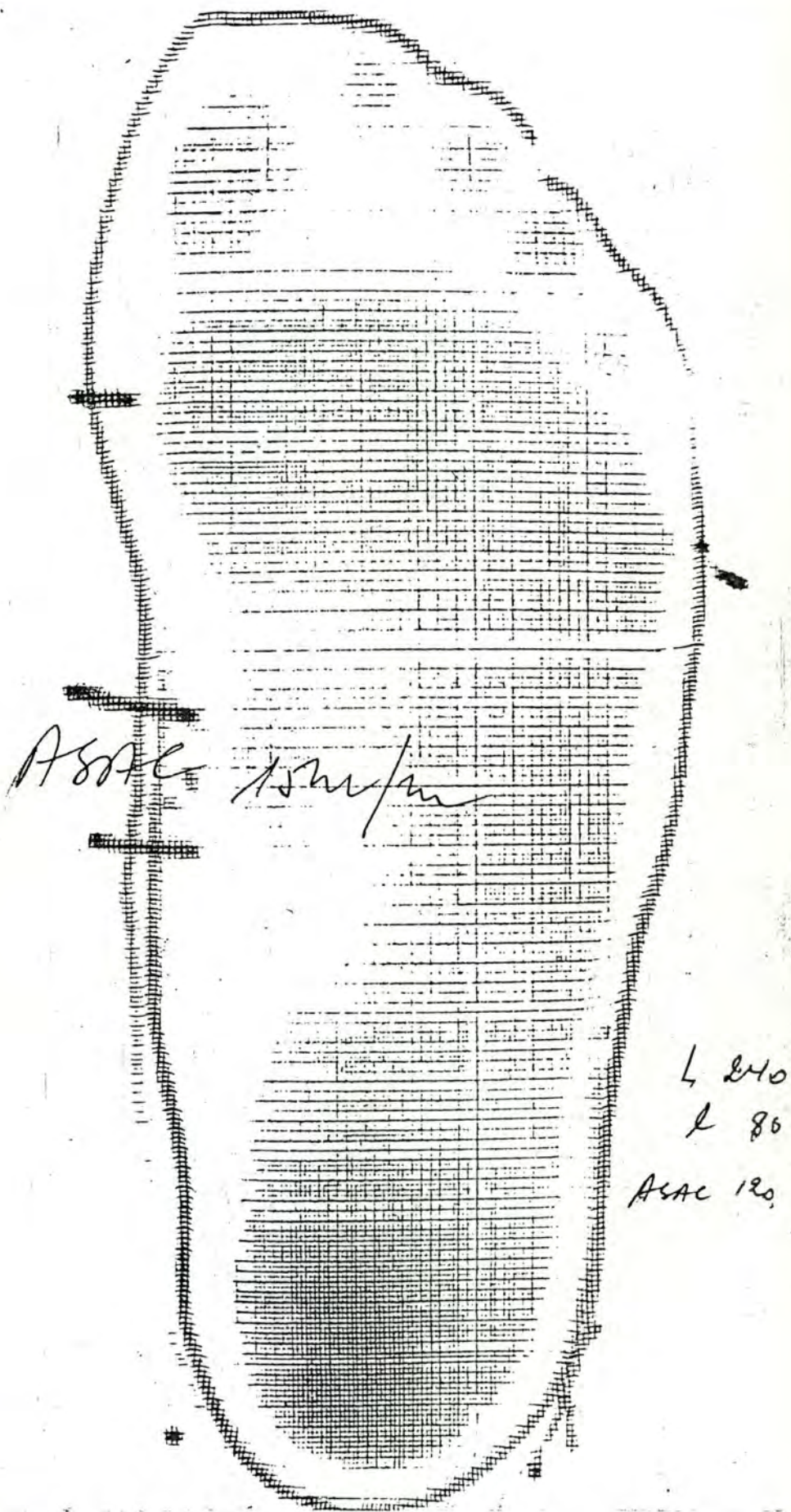
La réduction complète du valgus calcanéen demande quelques années; cette durée est, en principe, due à l'importance de la musculature.



Schémas illustrant le principe de la correction active. Le relief sous-calcanéen est placé avec précision sous le tendon du jambier postérieur (J.P.).

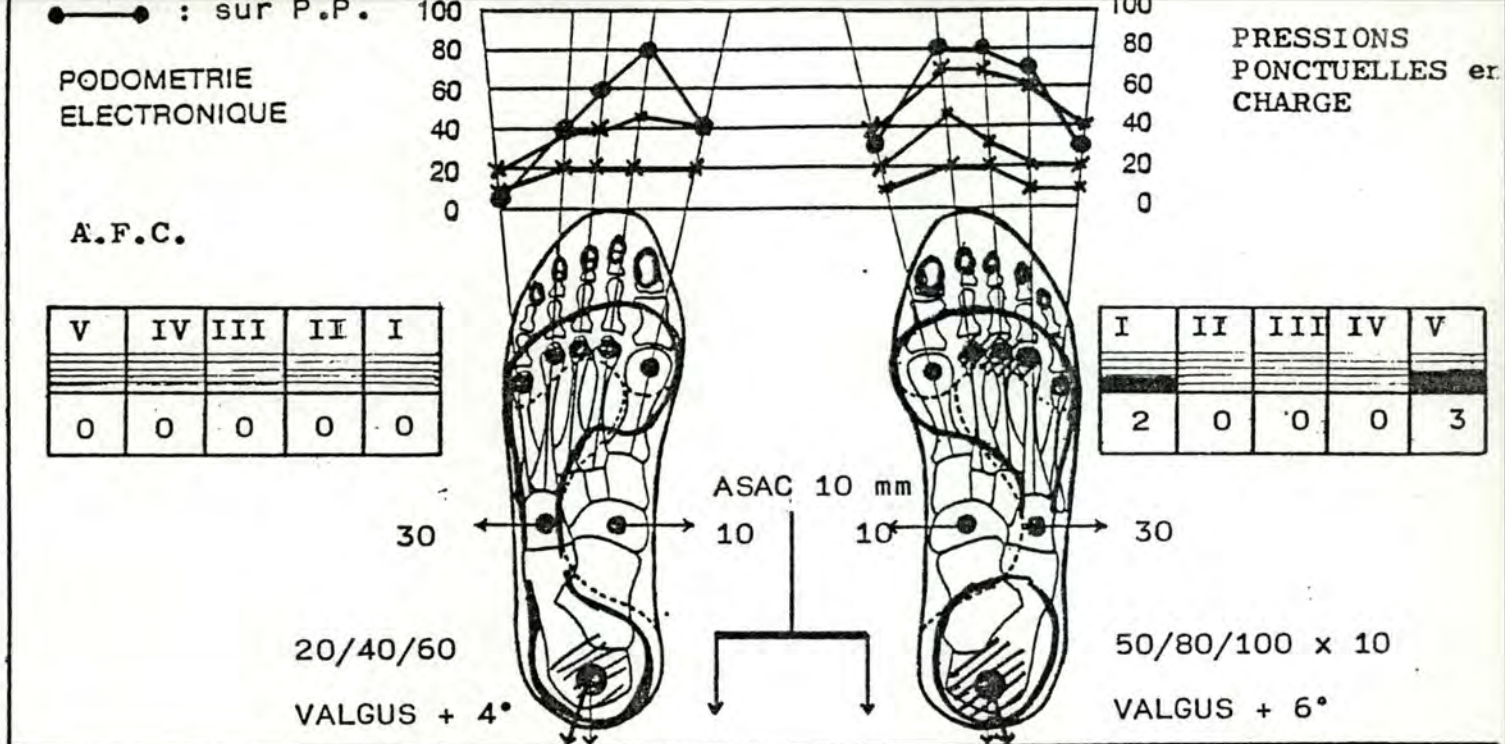
Le rebord postérieur de l'orthèse est destiné à maintenir le calcaneum en bonne position.

Le principe de cette orthèse est d'exciter de manière proprioceptive le tendon du J.P., muscle supinateur, par un relief douloureux lorsque le pied de l'enfant est en pronation, et parfaitement indolent lors de la contraction du J.P. Finalement, l'orthèse crée un réflexe conditionné.



Représentation en vraie grandeur de la prescription d'une
 paire d'orthèses de correction active avec le repérage
précis de la position que devra occuper le relief sous-
 -scapuloïdien.

fig. A23.



Jeune fille de 14 ans consultant pour "pieds plats" !
L'examen clinique des soles plantaires met en évidence un appareil métatarsien gauche normal tandis qu'à droite on note des stigmates de dyspiésies caractérisées par une voûsure de la sole plantaire au niveau des TM centrales accompagnée d'embryons de durillons.

La podométrie électronique confirme l'eupiésie de l'appareil métatarsien gauche et les dyspiésies droites.

L'empreinte plantaire examinée en podoscopie infirme l'existence de pieds " plats " ; par contre, il existe un valgus calcanéen bilatéral de 4° à gauche et de 6° à droite. Notons, en passant, la différence de pressions au niveau des calcanea; à gauche, elles sont quasi normales tandis qu'à droite elles sont augmentées. L'expérience démontre qu'à une hyper-pression calcanéenne correspond pratiquement toujours une dyspiésie de l'appareil métatarsien par réflexe antalgique de décharge de l'appareil métatarsien.

Le traitement orthétique a consisté en la prescription de :

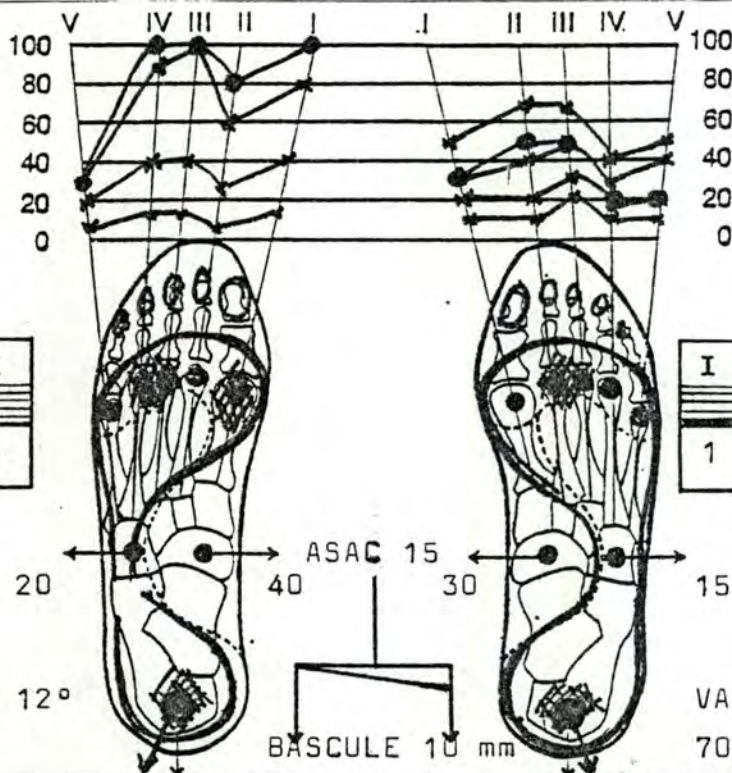
1. orthèse de correction active composée d'un relief sous-scapoïdien de 10 millimètres pour le pied gauche,
2. orthèse mixte de correction active et de réharmonisation des PPC pour le pied droit.

fig. A24.

PODOMETRIE
 ELECTRONIQUE

A.F.C.

V	IV	III	II	I
2	0	0	2	0



I	II	III	IV	V
1	0	0	2	2

VALGUS CALCANEEN 12°
 40/60/80 x 10

VALGUS 12°
 70/90 x 10

Exemple d'orthèse " mixte " :

1. Correction active par le relief sous scaphoïdien (ASAC) de 15 millimètres
2. Réharmonisation millimétrique des PPC.

Douze mois après le port permanent des orthèses :

1. Diminution du valgus calcanéen qui passe de 12° à 5° pour le pied gauche et à 6° au pied droit,
2. Nouvelle podométrie électronique superposable à l'examen initial. En fait, nous avons rarement constaté une modification fondamentale du profil podométrique tant chez l'enfant que chez l'adulte. Une exception, toutefois chez l'enfant dont les deux profils sont en pronation. Dans ce cas, la correction du valgus calcanéen entraîne la normalisation du profil par rotation externe de l'appareil métatarsien autour de l'axe longitudinal de cet appareil (le IIème rayon).

fig. A25.

DISTRIBUTION DES VALEURS MILLIMÉTRIQUES POUR LES PROFILS GAUCHES

	(V	IV	III	II	I)	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	≥40%	m	S	m.Up	m.Low	
V	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	≥40%	2	21.00	0.00	21.00	21.00
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	22.43	4.50	19.10	25.76
2	0	0	0	0	0	4	3	3	1	7	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	16.55	3.76	14.97	18.12
3	2	0	0	0	7	12	8	8	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53	11.15	4.07	10.05	12.25
4	1	4	5	11	8	12	6	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52	9.23	3.96	8.18	10.28
5	7	8	12	7	8	9	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	6.52	3.67	5.54	7.50
	10	12	20	25	23	37	19	14	8	12	6	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0					
IV	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	12	9	11	11	11	9	9	1	2	2	1	80	27.38	5.04	26.27	28.48
1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	10	3	5	5	6	1	1	0	0	0	0	0	33	22.64	3.83	21.33	23.94
2	0	0	0	0	0	5	4	4	11	5	14	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	47	17.85	3.78	16.77	18.93
3	0	0	0	1	2	5	2	7	3	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	14.44	3.73	12.98	15.90
4	0	0	0	0	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	11.00	1.26	9.89	12.11
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
	0	0	0	1	3	13	7	12	16	19	31	14	18	17	12	10	9	1	2	2	1					
IIIb	0	0	0	0	0	0	0	2	1	3	9	12	22	26	25	21	19	14	8	4	4	170	29.00	5.25	28.21	29.79
1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	1	6	2	1	1	0	0	0	0	0	0	15	22.00	3.67	20.20	23.80
2	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	19.50	3.28	16.29	22.71
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
	0	0	0	0	0	0	0	3	5	6	10	19	25	27	26	21	19	14	8	4	4					
II	0	0	0	0	0	0	0	3	1	4	13	10	14	8	8	5	4	3	1	1	0	75	25.43	5.14	24.26	26.59
1	0	0	0	1	2	1	2	6	13	6	13	11	4	3	1	0	0	0	0	0	0	63	19.41	4.51	18.30	20.53
2	0	0	0	0	4	13	9	11	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43	15.37	3.06	14.46	16.29
3	0	0	0	4	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	11.57	3.16	9.23	13.91
4	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6.00	1.00	4.61	7.39
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
	0	0	1	2	6	5	16	19	26	13	27	22	19	11	9	5	4	3	1	1	0					
I	0	0	0	0	0	0	0	2	0	4	7	1	8	11	5	3	2	1	1	0	1	46	25.87	5.29	24.34	27.40
1	0	0	0	0	1	4	7	2	3	15	8	6	5	1	0	0	0	0	0	0	0	52	20.62	4.42	19.41	21.82
2	0	0	0	0	5	6	6	12	6	8	4	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	53	15.98	4.27	14.83	17.13
3	0	2	2	1	6	1	1	4	2	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	12.68	5.82	10.40	14.96
4	2	0	1	2	1	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	8.83	4.72	6.16	11.51
5	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7.00	2.00	4.23	9.77
	2	2	4	3	14	9	14	25	11	19	26	15	15	16	6	3	2	1	1	0	1					

fig. A26.

VALEURS DES PRESSIONS TRANSFORMEES (PIEDS GAUCHES)

num. pat	V	IV	III	II	I			V	IV	III	II	I
1	11.58	33.33	32.15	14.18	8.75	:	3	1.47	10.47	34.22	21.53	32.30
5	21.45	29.07	27.68	13.15	8.65	:	6	13.95	21.71	23.26	22.48	18.60
7	9.84	24.32	39.89	21.58	4.37	:	8	6.01	10.60	25.80	38.52	19.08
9	7.11	10.04	37.66	29.29	15.90	:	12	9.73	23.02	27.50	17.64	25.11
13	19.58	24.34	21.16	13.76	21.16	:	14	6.06	19.54	30.91	18.65	21.85
17	15.20	25.55	19.82	13.44	25.99	:	18	18.84	30.80	24.64	16.30	9.42
21	13.64	16.67	25.76	25.76	18.18	:	22	11.52	26.06	18.18	17.58	26.67
24	14.85	22.44	24.09	17.49	21.12	:	25	7.30	27.74	29.20	23.72	12.04
26	15.24	25.24	28.57	30.95	0.00	:	27	11.31	16.29	25.34	26.24	20.81
29	8.66	20.84	26.65	23.12	20.73	:	30	18.77	30.65	30.65	8.05	11.88
31	5.99	26.97	22.47	12.36	32.21	:	32	14.41	27.03	34.23	16.22	8.11
33	11.84	21.05	31.58	25.00	10.53	:	36	16.92	20.00	28.46	15.38	19.23
37	5.53	27.64	29.65	22.61	14.57	:	38	13.75	29.06	29.06	21.25	6.87
39	8.96	20.25	28.32	23.66	18.82	:	40	17.13	17.68	54.14	9.94	1.10
44	10.24	25.81	37.17	16.97	9.82	:	45	7.38	19.00	28.89	25.43	19.31
46	5.63	16.90	23.94	32.39	21.13	:	47	6.64	32.56	28.57	14.62	17.61
48	10.83	9.87	28.98	23.25	27.07	:	49	5.04	33.58	20.15	17.91	23.32
50	8.04	15.11	27.65	22.83	26.37	:	53	10.13	18.99	35.44	21.52	13.92
54	17.44	42.02	24.31	7.93	8.30	:	55	0.00	37.50	40.44	16.91	5.15
56	10.26	17.89	37.24	21.99	12.61	:	58	4.55	20.45	34.74	19.16	21.10
59	8.98	19.16	24.55	24.85	22.46	:	60	13.35	22.89	15.53	21.53	26.70
61	13.78	21.06	30.12	19.29	15.75	:	62	2.03	30.85	34.24	24.75	8.14
63	11.45	26.31	22.09	14.26	25.90	:	65	20.76	20.76	23.54	13.67	21.27
68	21.12	30.43	18.79	7.92	21.74	:	69	8.05	11.92	31.27	24.61	24.15
71	8.87	17.41	27.99	24.91	20.82	:	72	10.26	10.85	32.84	17.89	28.15
73	8.71	24.62	30.68	16.67	19.32	:	78	15.92	30.17	24.02	17.60	12.29
80	18.64	22.88	28.81	18.64	11.02	:	81	10.52	26.20	23.17	13.19	26.92
82	19.57	26.52	24.35	17.83	11.74	:	83	6.09	15.82	31.24	9.13	37.73
84	12.88	14.31	32.27	23.05	17.49	:	85	9.68	23.53	25.81	13.66	27.32
86	11.25	21.25	37.50	16.25	13.75	:	87	11.88	19.58	27.61	20.55	20.39
88	4.76	18.52	33.86	29.63	13.23	:	89	18.44	17.73	36.88	24.11	2.84
90	5.65	26.74	31.30	23.70	12.61	:	91	8.66	19.91	33.77	27.27	10.39
92	9.96	35.98	33.54	10.77	9.76	:	93	12.64	31.32	30.77	10.99	14.29
95	13.64	17.05	32.95	20.45	15.91	:	103	9.41	32.67	28.71	9.90	19.31
104	10.36	27.03	21.85	13.51	27.25	:	105	8.55	21.37	39.32	15.38	15.38
106	9.60	27.54	29.10	21.19	12.57	:	108	11.15	31.76	21.28	14.53	21.28
110	4.79	28.12	32.27	20.61	14.22	:	111	9.93	21.82	26.22	16.45	25.57
113	6.50	21.75	35.25	15.75	20.75	:	118	17.40	26.23	26.49	17.66	12.21
119	5.35	15.82	32.60	20.80	25.43	:	120	4.99	25.99	24.32	21.83	22.87
121	0.00	12.70	55.56	22.22	9.52	:	123	6.92	26.47	27.68	17.13	21.80
124	12.35	24.07	24.38	20.99	18.21	:	125	10.70	16.04	26.74	20.32	26.20
129	9.40	24.83	25.73	24.61	15.44	:	130	13.12	31.68	17.92	17.28	20.00
131	10.56	21.12	22.11	15.84	30.36	:	133	5.90	19.43	27.73	21.62	25.33
134	13.18	18.24	21.28	26.86	20.44	:	135	13.90	29.28	21.09	16.63	19.11
136	6.49	21.10	23.73	22.31	26.37	:	138	6.88	16.99	33.12	34.19	8.82
140	7.14	21.43	32.14	25.00	14.29	:	141	15.65	32.99	30.61	11.22	9.52
143	8.24	16.47	22.94	27.65	24.71	:	145	0.81	36.44	17.00	26.32	19.43
146	13.43	25.37	29.85	15.67	15.67	:	147	6.91	18.16	16.11	16.62	42.20
148	17.53	29.48	31.87	15.14	5.98	:	149	10.57	32.45	17.36	11.70	27.92
150	15.09	10.69	33.96	25.16	15.09	:	151	12.50	18.75	25.00	31.25	12.50
152	10.00	15.36	33.21	25.00	16.43	:	153	3.65	14.10	30.18	31.18	20.90
154	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	:	157	11.98	15.67	34.10	19.35	18.89
159	7.67	14.85	29.21	23.51	24.75	:	161	19.39	39.80	22.45	4.08	14.29
163	9.57	15.89	32.99	27.29	14.26	:	164	5.88	11.76	29.41	29.41	23.53
167	14.48	10.86	27.15	28.51	19.00	:	169	3.45	13.79	37.36	29.89	15.52

fig. A27.

171	6.37	21.64	27.08	22.69	22.27	173	16.00	21.20	34.00	24.00	4.80
174	6.78	10.17	35.59	28.75	19.21	175	12.90	22.58	32.26	25.81	6.45
178	5.00	23.87	25.48	19.19	26.45	179	2.53	26.58	30.38	23.63	16.88
180	10.56	25.22	27.86	20.53	15.84	182	2.98	20.60	34.69	29.00	12.74
183	0.00	19.23	30.77	26.92	23.08	186	7.09	32.04	27.92	17.85	15.10
188	15.47	22.51	25.41	20.03	16.57	191	10.20	21.43	40.82	24.49	3.06
192	8.09	21.87	27.76	13.05	29.23	193	10.00	26.67	33.33	20.00	10.00
196	2.48	17.70	36.34	23.91	19.57	198	2.45	25.17	29.72	13.99	28.67
201	15.23	28.15	19.21	8.94	28.48	203	5.29	25.66	23.28	28.04	17.72
205	9.24	25.21	27.73	17.65	20.17	206	10.39	16.91	29.95	20.53	22.22
209	1.54	12.65	32.82	32.82	20.17	210	10.10	23.61	24.75	20.77	20.77
211	10.81	17.32	24.36	18.52	28.99	212	5.78	24.86	28.03	15.03	26.30
214	0.00	14.29	35.71	35.71	14.29	215	10.46	22.57	29.00	14.05	23.92
217	9.31	10.04	26.64	27.74	26.28	218	1.67	18.33	26.67	30.00	23.33
219	20.62	23.71	19.93	19.93	15.81	221	8.41	10.28	35.51	22.43	23.36
222	10.08	21.76	28.16	19.04	20.96	223	7.19	20.92	28.10	20.26	23.53
226	18.14	21.00	21.96	14.56	24.34	227	22.83	18.12	21.38	10.14	27.54
229	28.25	15.24	20.95	16.83	18.73	231	7.48	32.85	35.45	15.45	8.78
232	18.02	27.33	24.42	18.60	11.63	233	16.74	29.07	23.79	18.06	12.33
236	10.49	10.49	25.17	26.57	27.27	237	15.19	22.49	23.47	8.48	30.37
239	4.06	21.40	29.15	23.06	22.32	240	5.37	18.51	25.67	23.73	26.72
241	21.43	7.14	28.57	35.71	7.14	242	2.55	8.64	31.04	32.22	25.54
244	2.25	17.98	24.72	24.72	30.34	246	2.18	13.71	26.17	32.40	25.55
247	18.88	18.35	22.66	25.18	14.93	248	11.11	19.26	29.63	15.56	24.44
251	6.87	13.56	27.85	27.85	23.87	252	10.66	22.79	26.47	22.43	17.65
254	11.76	21.22	22.90	15.97	28.15	256	3.55	21.89	31.36	26.63	16.57
258	0.00	8.90	32.21	36.20	22.70	259	13.77	28.41	14.78	21.09	21.95
260	12.06	21.79	15.95	15.18	35.02	261	4.64	21.98	27.22	22.58	23.59
262	16.61	22.79	28.09	12.01	20.49	264	18.10	19.91	35.29	13.57	13.12
266	13.64	12.12	36.36	25.76	12.12	267	15.81	21.69	26.84	15.62	20.04
270	16.36	22.00	24.54	12.83	24.26	271	7.76	31.94	33.43	16.12	10.75
272	29.51	12.30	23.77	18.85	15.57	273	11.25	25.18	24.69	17.60	21.27
274	10.36	18.69	23.65	22.07	25.23	277	12.84	16.82	27.83	24.77	17.74
278	3.85	14.19	31.52	30.47	19.96	281	11.38	28.01	22.54	21.01	17.07
282	5.07	22.72	31.85	25.35	15.01	285	0.86	29.61	31.76	19.74	18.03
286	5.09	25.93	27.31	20.37	21.30	287	10.40	27.75	28.90	17.05	15.90
288	23.33	28.89	17.78	15.56	14.44	290	6.62	30.15	39.71	13.60	9.93
293	11.24	11.99	30.71	29.59	16.48	297	14.16	32.80	25.47	12.67	14.91
298	7.06	21.37	39.31	20.77	11.49	299	6.91	28.90	27.62	20.72	15.86
300	19.74	24.60	18.77	16.34	20.55	302	7.02	38.60	31.58	13.16	9.65

ANNEXE B

Résultats de l'analyse en composantes principales.

1. profils.

- B1 : corrélations, valeurs et vecteurs propres.
- B2 : projections sur les premiers axes principaux (composantes principales).
- B3 : répartition des points sur les axes 1 et 2.
- B4 : contributions aux axes.
- B5 : qualité de la représentation.

2. pressions.

- B6 : corrélations, valeurs et vecteurs propres.
- B7 : projections sur les premiers axes principaux (composantes principales).
- B8 : répartition des points sur les axes 1 et 2.
- B9 : contributions aux axes.
- B10 : qualité de la représentation.

FICHER DONNEES : stat
 NOMBRE DE PATIENTS : 190

- Annexe B1. -

MATRICE DES CORRELATIONS

1.00					
0.33	1.00				
-0.03	-0.06	1.00			
-0.34	-0.45	0.21	1.00		
0.09	0.05	-0.24	-0.32	1.00	

MOYENNES ET ECARTS-TYPES

3.6	1.2
1.2	1.2
0.1	0.4
0.9	0.9
1.5	1.2

VALEURS PROPRES

1.91
 1.16
 0.77
 0.68
 0.47

INERTIE TOTALE : 5.

% DE VAR. EXPLIQUEE PAR CHAQUE FACTEUR
 38.19 23.28 15.42 13.63 9.43

VECTEURS PROPRES

0.45	-0.39	-0.07	-0.80	-0.08
0.49	-0.40	0.23	0.50	-0.54
-0.28	-0.61	-0.71	0.20	0.08
-0.60	0.00	0.08	-0.26	-0.75
0.35	0.57	-0.66	0.02	-0.35

CORRELATIONS VARIABLES - FACTEURS

0.618	-0.418	-0.065	-0.660	-0.057
0.682	-0.428	0.200	0.417	-0.372
-0.385	-0.658	-0.625	0.163	0.053
-0.824	-0.000	0.070	-0.217	-0.518
0.485	0.611	-0.576	0.016	-0.243

NBRE DE FACTEURS RETENUS : 3

- Annexe B2. -

PROJECTIONS

1	:-0.16	0.68	-0.26	3	:-0.90	-1.58	1.32	5	:-0.92	1.34	-0.14
6	:-0.28	1.34	-0.22	7	:-2.14	1.40	-1.83	8	:-0.31	-3.45	-3.42
9	:-1.32	0.01	0.04	12	:-0.45	0.22	0.27	13	:-1.56	1.34	-0.05
14	:-1.83	-1.12	0.70	17	:-1.76	0.08	0.95	18	:-1.28	1.80	-0.59
21	:-1.22	0.80	-0.44	22	:-2.47	-1.48	-0.87	24	:-0.28	-0.58	1.25
25	:-0.16	0.68	-0.26	26	:-1.00	1.60	-1.16	27	:-0.65	-0.12	0.63
29	:-1.41	-0.78	0.51	30	:-2.21	1.34	0.03	31	:-2.47	-1.48	-0.87
32	:-0.47	1.73	-1.59	33	:-0.94	0.34	0.10	36	:-0.52	1.14	-0.71
37	:-0.12	0.67	-0.01	38	:-0.25	1.47	-0.74	39	:-0.48	0.68	-0.35
40	:-1.25	0.94	-0.95	44	:-0.54	1.01	-0.20	45	:-0.61	-0.12	0.38
46	:-0.98	-1.88	-1.85	47	:-1.18	1.01	-0.12	48	:-0.52	-1.25	1.38
49	:-0.58	-0.11	0.12	50	:-0.16	-0.70	0.93	53	:-0.12	0.67	-0.01
54	:-0.54	1.01	-0.20	55	:-0.51	0.81	-0.86	56	:-0.94	0.34	0.10

REPARTITION DES POINTS POUR LES AXES 1 & 2
 # DECOUPE : 256

- Annexe B3. -

1er axe princ : de -4.14 a 2.82
 2em axe princ : de -4.70 a 2.26

+	+	+	+	+	+	+	+	+	2+	1+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	+	+	+	1+	2+	2+	+	2+	+	1+	+	1+	+
+	+	+	+	+	3+	3+	1+	1+	11+	4+	+	3+	2+	+	+	+
+	+	+	+	1+	+	1+	4+	1+	+	6+	8+	+	3+	1+	2+	+
+	+	+	+	1+	1+	+	+	1+	3+	1+	8+	8+	+	2+	+	+
+	+	+	+	1+	1+	5+	3+	2+	1+	4+	2+	5+	3+	2+	+	2+
+	+	+	+	+	+	1+	+	3+	5+	+	+	9+	4+	+	4+	2+
+	2+	+	1+	+	1+	1+	1+	+	2+	3+	+	1+	3+	5+	+	+
+	+	+	+	3+	+	+	+	+	+	2+	1+	+	+	2+	+	+
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1+	+	+	1+	+	+
+	+	1+	+	+	1+	2+	+	+	+	+	1+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	+	+	+	+	1+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	+	1+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	+	+	+	1+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

liste no : 8
 82 : 10013; 148 : 20024;
 # : 2

liste no : 9
 118 : 30024;
 # : 1

liste no : 23
 18 : 20023;
 # : 1

liste no : 24
 141 : 30023; 272 : 12023;
 # : 2

liste no : 25
 38 : 30013; 183 : 30013;
 # : 2

liste no : 27
32 : 41025; 231 : 30003;
: 2

liste no : 29
26 : 31004;
: 1

liste no : 31
7 : 51005;
: 1

liste no : 37
30 : 20032; 262 : 10021; 288 : 10021;
: 3

liste no : 38
13 : 20022; 154 : 00000; 297 : 20022;
: 3

liste no : 39
47 : 30022;
: 1

liste no : 40
5 : 20012;
: 1

liste no : 41
6 : 20002; 36 : 40023; 44 : 30012; 54 : 30012; 124 : 30012; 135 : 30012;
233 : 30012; 252 : 21012; 271 : 30012; 285 : 30012; 290 : 40023;
: 11

liste no : 42
134 : 21002; 232 : 30002; 247 : 21002; 302 : 50024;
: 4

liste no : 44
167 : 22003; 193 : 50014; 259 : 40003;
: 3

liste no : 45
175 : 41004; 203 : 50004;
: 2

liste no : 52
226 : 10020;
: 1

liste no : 54
93 : 20021;
: 1

liste no : 55
65 : 02011; 80 : 21021; 157 : 21021; 264 : 21021;
: 4

liste no : 56
300 : 30011;
: 1

liste no : 58
 1 : 40012; 25 : 40012; 37 : 31012; 53 : 31012; 179 : 40012; 287 : 41023;
 # : 6

liste no : 59
 39 : 40002; 55 : 50013; 62 : 41013; 105 : 40002; 191 : 32013; 248 : 31002;
 256 : 40002; 277 : 31002;
 # : 8

liste no : 61
 21 : 32003; 40 : 42014; 173 : 32003;
 # : 3

liste no : 62
 121 : 52014;
 # : 1

liste no : 63
 151 : 52004; 182 : 52004;
 # : 2

liste no : 68
 237 : 20030;
 # : 1

liste no : 69
 254 : 20020;
 # : 1

liste no : 72
 205 : 40021;
 # : 1

liste no : 73
 12 : 40011; 113 : 31011; 299 : 40011;
 # : 3

liste no : 74
 261 : 40001;
 # : 1

liste no : 75
 91 : 32012; 92 : 50012; 129 : 31001; 150 : 32012; 174 : 32012; 180 : 50012;
 168 : 41012; 286 : 31001;
 # : 8

liste no : 76
 33 : 32002; 56 : 32002; 87 : 41002; 88 : 41002; 89 : 42013; 90 : 51013;
 239 : 50002; 298 : 32002;
 # : 8

liste no : 78
 138 : 42003; 282 : 42003;
 # : 2

liste no : 84
 201 : 30030;
 # : 1

liste no : 85
 229 : 12030;
 # : 1

liste no : 86
 17 : 30020; 85 : 30020; 104 : 30020; 227 : 21020; 270 : 30020;
 # : 5

liste no : 87
 103 : 30010; 111 : 30010; 223 : 31020;
 # : 3

liste no : 88
 60 : 40010; 131 : 40010;
 # : 2

liste no : 89
 86 : 32021;
 # : 1

liste no : 90
 120 : 41011; 186 : 50011; 215 : 41011; 267 : 32011;
 # : 4

liste no : 91
 45 : 41001; 49 : 50001;
 # : 2

liste no : 92
 27 : 32001; 71 : 32001; 146 : 42012; 241 : 23104; 266 : 32001;
 # : 5

liste no : 93
 9 : 42002; 110 : 51002; 221 : 43012;
 # : 3

liste no : 94
 95 : 52002; 218 : 52002;
 # : 2

liste no : 96
 152 : 53003; 214 : 53003;
 # : 2

liste no : 102
 212 : 50030;
 # : 1

liste no : 104
 123 : 50020; 198 : 50020; 244 : 50020;
 # : 3

liste no : 105
 24 : 32010; 125 : 32010; 178 : 50010; 210 : 50010; 274 : 41010;
 # : 5

liste no : 108
 59 : 42001; 61 : 42001; 69 : 33001; 106 : 51001; 136 : 42001; 171 : 51001;
 236 : 42001; 246 : 42001; 261 : 42001;

: 9

liste no :
29 : 52001; 153¹⁰⁹ : 52001; 196 : 53012; 240 : 52001;
: 4

liste no :
163 : 53002; 169¹¹¹ : 53002; 251 : 53002; 258 : 53002;
: 4

liste no :
209 : 54003; 293¹¹² : 54003;
: 2

liste no :
68 : 20140; 161¹¹³ : 20140;
: 2

liste no :
273 : 20120; 115
: 1

liste no :
108 : 30121; 117
: 1

liste no :
130 : 30111; 118
: 1

liste no :
83 : 42030; 119
: 1

liste no :
73 : 42020; 78¹²¹ : 50112;
: 2

liste no :
50 : 43021; 159¹²² : 42010; 211 : 42010;
: 3

liste no :
72 : 43011; 124
: 1

liste no :
84 : 43001; 133¹²⁵ : 43001; 206 : 53011;
: 3

liste no :
14 : 53001; 119¹²⁶ : 53001; 140 : 53001; 222 : 53001; 278 : 53001;
: 5

liste no :
22 : 30120; 31¹³² : 30120; 260 : 30120;
: 3

liste no :
48 : 43010; 58¹³⁹ : 52010;

: 2
liste no : 140
3 : 53010;
: 1
liste no : 143
164 : 54001; 217 : 54001;
: 2
liste no : 156
46 : 52102;
: 1
liste no : 159
242 : 54000;
: 1
liste no : 162
219 : 10210;
: 1
liste no : 165
81 : 41130;
: 1
liste no : 166
63 : 50120; 149 : 50120;
: 2
liste no : 172
143 : 43101;
: 1
liste no : 184
192 : 52120;
: 1
liste no : 197
145 : 40210;
: 1
liste no : 219
8 : 43202;
: 1
liste no : 247
147 : 53220;
: 1

- Annexe B4. -

CONTRIBUTIONS DES POINTS A L' AXE 1		
1	:0.0001;	3 :0.0022;
9	:0.0048;	12 :0.0005;
21	:0.0041;	22 :0.0166;
29	:0.0055;	30 :0.0134;
37	:0.0000;	38 :0.0002;
46	:0.0077;	47 :0.0039;
54	:0.0008;	55 :0.0007;
61	:0.0029;	62 :0.0006;
71	:0.0012;	72 :0.0018;
82	:0.0028;	83 :0.0039;
88	:0.0022;	89 :0.0025;
95	:0.0079;	103 :0.0034;
110	:0.0045;	111 :0.0034;
121	:0.0073;	123 :0.0027;
131	:0.0015;	133 :0.0058;
140	:0.0092;	141 :0.0022;
148	:0.0077;	149 :0.0080;
154	:0.0071;	157 :0.0057;
167	:0.0020;	169 :0.0123;
178	:0.0003;	179 :0.0001;
188	:0.0002;	191 :0.0009;
201	:0.0159;	203 :0.0057;
211	:0.0000;	212 :0.0074;
219	:0.0300;	221 :0.0033;
229	:0.0149;	231 :0.0094;
239	:0.0021;	240 :0.0055;
247	:0.0001;	248 :0.0007;
258	:0.0123;	259 :0.0016;
266	:0.0012;	267 :0.0000;
274	:0.0003;	277 :0.0007;
286	:0.0002;	287 :0.0000;
298	:0.0024;	299 :0.0005;
		300 :0.0019;
		5 :0.0023;
		13 :0.0067;
		24 :0.0002;
		31 :0.0168;
		39 :0.0006;
		49 :0.0007;
		56 :0.0024;
		63 :0.0080;
		73 :0.0008;
		84 :0.0058;
		90 :0.0024;
		104 :0.0085;
		113 :0.0005;
		124 :0.0006;
		134 :0.0001;
		143 :0.0015;
		150 :0.0002;
		159 :0.0000;
		171 :0.0027;
		180 :0.0001;
		192 :0.0021;
		205 :0.0033;
		214 :0.0159;
		222 :0.0092;
		232 :0.0000;
		241 :0.0019;
		251 :0.0123;
		260 :0.0168;
		270 :0.0085;
		278 :0.0092;
		282 :0.0137;
		302 :0.0001;
		6 :0.0002;
		14 :0.0092;
		25 :0.0001;
		32 :0.0006;
		40 :0.0043;
		49 :0.0009;
		59 :0.0006;
		65 :0.0035;
		79 :0.0007;
		85 :0.0085;
		91 :0.0002;
		105 :0.0006;
		118 :0.0010;
		125 :0.0002;
		135 :0.0008;
		145 :0.0128;
		151 :0.0142;
		161 :0.0472;
		173 :0.0041;
		182 :0.0142;
		193 :0.0017;
		206 :0.0039;
		215 :0.0000;
		223 :0.0049;
		233 :0.0008;
		242 :0.0106;
		252 :0.0007;
		261 :0.0029;
		271 :0.0008;
		281 :0.0001;
		290 :0.0007;
		302 :0.0001;
		7 :0.0126;
		17 :0.0085;
		26 :0.0033;
		33 :0.0024;
		44 :0.0008;
		50 :0.0001;
		59 :0.0029;
		68 :0.0472;
		80 :0.0057;
		86 :0.0011;
		92 :0.0001;
		106 :0.0077;
		119 :0.0092;
		129 :0.0002;
		136 :0.0029;
		146 :0.0013;
		152 :0.0159;
		163 :0.0123;
		174 :0.0002;
		183 :0.0002;
		196 :0.0060;
		209 :0.0219;
		217 :0.0139;
		226 :0.0175;
		236 :0.0029;
		244 :0.0027;
		254 :0.0126;
		262 :0.0137;
		272 :0.0019;
		282 :0.0071;
		293 :0.0219;
		8 :0.0003;
		18 :0.0045;
		27 :0.0012;
		36 :0.0007;
		45 :0.0010;
		53 :0.0000;
		60 :0.0015;
		69 :0.0031;
		81 :0.0148;
		87 :0.0022;
		93 :0.0094;
		108 :0.0131;
		120 :0.0000;
		130 :0.0065;
		138 :0.0071;
		147 :0.0038;
		153 :0.0055;
		164 :0.0139;
		175 :0.0060;
		186 :0.0000;
		198 :0.0027;
		210 :0.0003;
		218 :0.0079;
		227 :0.0082;
		237 :0.0213;
		246 :0.0029;
		256 :0.0006;
		264 :0.0057;
		273 :0.0224;
		285 :0.0008;
		297 :0.0067;

CONTRIBUTIONS DES POINTS A L' AXE 2		
1	:0.0021;	3 :0.0113;
9	:0.0000;	12 :0.0002;
21	:0.0029;	22 :0.0099;
29	:0.0028;	30 :0.0021;
37	:0.0021;	38 :0.0098;
46	:0.0160;	47 :0.0046;
54	:0.0046;	55 :0.0030;
61	:0.0009;	62 :0.0029;
71	:0.0001;	72 :0.0023;
82	:0.0205;	83 :0.0036;
88	:0.0005;	89 :0.0010;
95	:0.0005;	103 :0.0000;
110	:0.0000;	111 :0.0000;
121	:0.0017;	123 :0.0015;
131	:0.0003;	133 :0.0028;
140	:0.0056;	141 :0.0098;
148	:0.0232;	149 :0.0206;
154	:0.0052;	157 :0.0013;
167	:0.0058;	169 :0.0019;
178	:0.0015;	179 :0.0021;
188	:0.0005;	191 :0.0029;
201	:0.0000;	203 :0.0074;
211	:0.0038;	212 :0.0015;
219	:0.0256;	221 :0.0095;
		104 :0.0000;
		113 :0.0002;
		124 :0.0046;
		134 :0.0046;
		143 :0.0249;
		150 :0.0005;
		159 :0.0038;
		171 :0.0009;
		180 :0.0006;
		192 :0.0356;
		205 :0.0002;
		214 :0.0002;
		222 :0.0050;
		6 :0.0081;
		14 :0.0056;
		25 :0.0021;
		32 :0.0136;
		40 :0.0040;
		49 :0.0001;
		58 :0.0070;
		65 :0.0034;
		78 :0.0066;
		85 :0.0000;
		91 :0.0005;
		105 :0.0021;
		118 :0.0169;
		125 :0.0015;
		135 :0.0046;
		145 :0.0512;
		151 :0.0017;
		161 :0.0060;
		173 :0.0029;
		182 :0.0017;
		193 :0.0074;
		206 :0.0056;
		215 :0.0001;
		223 :0.0003;
		7 :0.0089;
		17 :0.0000;
		26 :0.0116;
		33 :0.0005;
		44 :0.0046;
		50 :0.0028;
		59 :0.0009;
		68 :0.0060;
		80 :0.0013;
		86 :0.0001;
		92 :0.0006;
		106 :0.0009;
		119 :0.0056;
		129 :0.0002;
		136 :0.0009;
		146 :0.0000;
		152 :0.0002;
		163 :0.0019;
		174 :0.0005;
		183 :0.0098;
		196 :0.0019;
		209 :0.0013;
		217 :0.0095;
		226 :0.0025;
		8 :0.0537;
		18 :0.0147;
		27 :0.0001;
		36 :0.0059;
		45 :0.0001;
		53 :0.0021;
		60 :0.0003;
		69 :0.0009;
		81 :0.0207;
		87 :0.0005;
		93 :0.0035;
		108 :0.0047;
		120 :0.0001;
		130 :0.0046;
		138 :0.0010;
		147 :0.0999;
		153 :0.0028;
		164 :0.0095;
		175 :0.0073;
		186 :0.0001;
		198 :0.0015;
		210 :0.0015;
		218 :0.0005;
		227 :0.0000;

229	:0.0000:	231	:0.0098:	232	:0.0046:	233	:0.0046:	236	:0.0009:	237	:0.0008:
239	:0.0000:	240	:0.0026:	241	:0.0004:	242	:0.0165:	244	:0.0015:	246	:0.0009:
247	:0.0046:	248	:0.0021:	251	:0.0019:	252	:0.0046:	254	:0.0008:	256	:0.0021:
258	:0.0019:	259	:0.0059:	260	:0.0099:	261	:0.0009:	262	:0.0066:	264	:0.0013:
266	:0.0001:	267	:0.0001:	270	:0.0000:	271	:0.0046:	272	:0.0096:	273	:0.0060:
274	:0.0015:	277	:0.0021:	278	:0.0056:	281	:0.0002:	282	:0.0010:	285	:0.0046:
286	:0.0002:	287	:0.0029:	288	:0.0066:	290	:0.0059:	293	:0.0013:	297	:0.0081:
298	:0.0005:	299	:0.0002:	300	:0.0014:	302	:0.0074:				

CONTRIBUTIONS DES POINTS A L' AXP 3											
1	:0.0005:	3	:0.0119:	5	:0.0001:	6	:0.0003:	7	:0.0227:	8	:0.0797:
9	:0.0000:	12	:0.0005:	13	:0.0000:	14	:0.0034:	17	:0.0062:	18	:0.0024:
21	:0.0013:	22	:0.0051:	24	:0.0107:	25	:0.0005:	26	:0.0093:	27	:0.0027:
29	:0.0018:	30	:0.0009:	31	:0.0051:	32	:0.0173:	33	:0.0001:	36	:0.0035:
37	:0.0000:	38	:0.0037:	39	:0.0008:	40	:0.0062:	44	:0.0003:	45	:0.0010:
46	:0.0233:	47	:0.0001:	48	:0.0131:	49	:0.0001:	50	:0.0060:	53	:0.0000:
54	:0.0003:	55	:0.0051:	56	:0.0001:	58	:0.0087:	59	:0.0022:	60	:0.0044:
61	:0.0022:	62	:0.0025:	63	:0.0067:	65	:0.0056:	68	:0.0027:	69	:0.0047:
71	:0.0027:	72	:0.0049:	73	:0.0111:	78	:0.0315:	80	:0.0031:	81	:0.0029:
82	:0.0026:	83	:0.0127:	84	:0.0040:	85	:0.0062:	86	:0.0044:	87	:0.0002:
88	:0.0002:	89	:0.0012:	90	:0.0031:	91	:0.0002:	92	:0.0007:	93	:0.0016:
95	:0.0000:	103	:0.0052:	104	:0.0062:	105	:0.0008:	106	:0.0007:	108	:0.0134:
110	:0.0003:	111	:0.0052:	113	:0.0019:	118	:0.0096:	119	:0.0034:	120	:0.0015:
121	:0.0070:	123	:0.0047:	124	:0.0003:	125	:0.0107:	129	:0.0013:	130	:0.0151:
131	:0.0044:	133	:0.0040:	134	:0.0000:	135	:0.0003:	136	:0.0022:	138	:0.0017:
140	:0.0034:	141	:0.0029:	143	:0.0076:	145	:0.0550:	146	:0.0001:	147	:0.0342:
148	:0.0086:	149	:0.0067:	150	:0.0002:	151	:0.0082:	152	:0.0009:	153	:0.0018:
154	:0.0064:	157	:0.0031:	159	:0.0097:	161	:0.0027:	163	:0.0002:	164	:0.0055:
167	:0.0010:	169	:0.0002:	171	:0.0007:	173	:0.0013:	174	:0.0002:	175	:0.0103:
178	:0.0038:	179	:0.0005:	180	:0.0007:	182	:0.0082:	183	:0.0037:	186	:0.0003:
188	:0.0000:	191	:0.0008:	192	:0.0025:	193	:0.0133:	196	:0.0004:	198	:0.0047:
201	:0.0074:	203	:0.0150:	205	:0.0099:	206	:0.0042:	209	:0.0002:	210	:0.0038:
211	:0.0097:	212	:0.0057:	214	:0.0009:	215	:0.0015:	217	:0.0055:	218	:0.0000:
219	:0.0479:	221	:0.0097:	222	:0.0034:	223	:0.0090:	226	:0.0080:	227	:0.0100:
229	:0.0164:	231	:0.0040:	232	:0.0006:	233	:0.0003:	236	:0.0022:	237	:0.0083:
239	:0.0012:	240	:0.0018:	241	:0.0440:	242	:0.0139:	244	:0.0047:	246	:0.0022:
247	:0.0000:	248	:0.0001:	251	:0.0002:	252	:0.0000:	254	:0.0071:	256	:0.0008:
258	:0.0002:	259	:0.0053:	260	:0.0051:	261	:0.0022:	262	:0.0020:	264	:0.0031:
266	:0.0027:	267	:0.0035:	270	:0.0062:	271	:0.0003:	272	:0.0001:	273	:0.0044:
274	:0.0068:	277	:0.0001:	278	:0.0034:	281	:0.0002:	282	:0.0017:	285	:0.0003:
286	:0.0013:	287	:0.0019:	288	:0.0020:	290	:0.0035:	293	:0.0002:	297	:0.0000:
298	:0.0001:	299	:0.0005:	300	:0.0008:	302	:0.0117:				

- Annexe B5. -

QUALITE DE LA REPRESENTATION DES POINTS											
1	:0.02:	0.37:	0.42:	0.93:	1.00:	3	:0.15:	0.61:	0.93:	0.94:	1.00:
5	:0.27:	0.84:	0.95:	0.94:	1.00:	6	:0.02:	0.45:	0.46:	0.62:	1.00:
7	:0.44:	0.62:	0.94:	0.99:	1.00:	8	:0.00:	0.45:	0.89:	1.00:	1.00:
9	:0.93:	0.93:	0.93:	0.99:	1.00:	12	:0.14:	0.18:	0.23:	0.75:	1.00:
13	:0.55:	0.95:	0.95:	0.97:	1.00:	14	:0.66:	0.90:	1.00:	1.00:	1.00:
17	:0.73:	0.73:	0.95:	1.00:	1.00:	18	:0.28:	0.85:	0.91:	0.92:	1.00:
21	:0.45:	0.64:	0.70:	1.00:	1.00:	22	:0.67:	0.91:	0.99:	0.99:	1.00:
24	:0.03:	0.17:	0.82:	1.00:	1.00:	25	:0.02:	0.37:	0.42:	0.93:	1.00:
26	:0.22:	0.69:	0.93:	1.00:	1.00:	27	:0.20:	0.21:	0.40:	0.85:	1.00:
29	:0.63:	0.82:	0.90:	0.95:	1.00:	30	:0.60:	0.82:	0.82:	0.82:	1.00:
31	:0.67:	0.91:	0.99:	0.99:	1.00:	32	:0.02:	0.34:	0.60:	0.65:	1.00:
33	:0.43:	0.49:	0.49:	0.97:	1.00:	36	:0.07:	0.40:	0.53:	0.83:	1.00:

229	0.45	0.45	0.65	0.82	1.00	231	0.04	0.61	0.79	0.79	1.00
232	0.00	0.41	0.44	0.45	1.00	233	0.19	0.87	0.90	0.91	1.00
236	0.56	0.06	0.63	0.88	1.00	237	0.81	0.83	0.96	0.96	1.00
239	0.21	0.24	0.29	0.70	1.00	240	0.63	0.82	0.90	0.95	1.00
241	0.05	0.05	0.00	0.98	1.00	242	0.39	0.77	0.99	1.00	1.00
244	0.19	0.25	0.38	1.00	1.00	246	0.56	0.66	0.83	0.88	1.00
247	0.01	0.32	0.32	0.80	1.00	248	0.17	0.46	0.47	0.67	1.00
251	0.89	0.97	0.99	0.99	1.00	252	0.12	0.58	0.58	1.00	1.00
254	0.78	0.81	0.90	0.99	1.00	256	0.10	0.30	0.35	0.48	1.00
258	0.69	0.97	0.95	0.98	1.00	259	0.16	0.52	0.74	0.81	1.00
260	0.67	0.91	0.99	0.99	1.00	261	0.56	0.66	0.83	0.88	1.00
262	0.66	0.85	0.89	1.00	1.00	264	0.58	0.67	0.79	0.92	1.00
266	0.20	0.21	0.40	0.85	1.00	267	0.00	0.01	0.50	0.94	1.00
270	0.73	0.73	0.95	1.00	1.00	271	0.19	0.87	0.90	0.91	1.00
272	0.08	0.34	0.34	0.73	1.00	273	0.75	0.88	0.94	0.99	1.00
274	0.06	0.24	0.80	0.90	1.00	277	0.17	0.46	0.47	0.67	1.00
278	0.66	0.90	1.00	1.00	1.00	281	0.02	0.04	0.05	0.18	1.00
282	0.81	0.80	0.96	1.00	1.00	285	0.19	0.87	0.90	0.91	1.00
286	0.03	0.06	0.18	0.37	1.00	287	0.00	0.22	0.31	0.46	1.00
288	0.66	0.85	0.89	1.00	1.00	290	0.07	0.40	0.53	0.83	1.00
293	0.82	0.85	0.85	0.88	1.00	297	0.55	0.95	0.95	0.97	1.00
298	0.43	0.49	0.49	0.97	1.00	299	0.14	0.18	0.23	0.75	1.00
300	0.44	0.63	0.71	0.72	1.00	302	0.00	0.21	0.43	0.83	1.00

FICHIER DONNEES : stat
 NOMBRE DE PATIENTS : 190

- Annexe B6. -

MATRICE DES CORRELATIONS

1.00				
0.12	1.00			
-0.34	-0.24	1.00		
-0.43	-0.62	0.18	1.00	
-0.23	-0.29	-0.52	-0.11	1.00

MOYENNES ET ECARTS-TYPES

10.4	5.6
22.1	6.6
28.4	6.1
20.5	6.3
18.6	7.1

VALEURS PROPRES

2.00
 1.51
 0.91
 0.58
 0.00

INERTIE TOTALE : 5.

% DE VAR. EXPLIQUEE PAR CHAQUE FACTEUR
 39.94 30.16 18.25 11.65 0.00

VECTEURS PROPRES

-0.46	-0.10	0.78	-0.13	0.39
-0.52	-0.29	-0.51	0.40	0.47
0.40	-0.56	-0.14	-0.57	0.42
0.60	0.07	0.24	0.62	0.44
-0.02	0.77	-0.22	-0.34	0.50

CORRELATIONS VARIABLES - FACTEURS

-0.646	-0.121	0.747	-0.100	0.000
-0.738	-0.355	-0.488	0.303	0.000
0.565	-0.686	-0.137	-0.437	0.000
0.846	0.082	0.231	0.473	0.000
-0.022	0.943	-0.208	-0.257	0.000

NBRE DE FACTEURS RETENUS : 3

- Annexe B7. -

PROJECTIONS

1	:-1.29	-1.97	-0.71	:	3	:	2.08	1.60	-0.90	:	5	:	-2.16	-1.58	1	:	0.06	:
6	:-0.41	0.45	0.72	:	7	:	0.77	-2.66	-0.04	:	9	:	-2.78	1.04	1	:	0.08	:
9	:-2.65	-0.48	0.64	:	12	:	-0.11	0.77	-0.87	:	13	:	-2.04	0.61	1	:	0.05	:
14	:-0.29	0.23	-0.23	:	17	:	-1.91	1.28	0.12	:	18	:	-1.98	-1.21	1	:	0.33	:
21	:-0.48	0.42	1.14	:	22	:	-1.36	1.50	-0.26	:	24	:	-0.96	0.54	1	:	0.50	:
25	:-0.20	-0.93	-0.56	:	26	:	0.41	-2.13	1.40	:	27	:	0.71	0.81	1	:	0.79	:
29	:-0.37	0.50	-0.08	:	30	:	-2.36	-1.58	0.20	:	31	:	-1.20	1.79	1	:	0.57	:
32	:-0.70	-1.99	0.21	:	33	:	0.62	-1.10	0.62	:	36	:	-0.85	-0.02	1	:	0.85	:
37	:-0.27	-0.68	-0.93	:	38	:	-0.67	-1.67	0.31	:	39	:	0.55	0.17	1	:	0.05	:
40	:-0.53	-4.30	0.79	:	44	:	-0.01	-1.95	-0.38	:	45	:	0.99	0.27	1	:	0.04	:
46	:-1.62	1.11	0.20	:	47	:	-1.04	-0.57	-1.51	:	48	:	1.19	1.40	1	:	0.81	:
49	:-1.24	0.84	-1.66	:	50	:	0.80	-1.26	0.06	:	53	:	0.83	-1.01	1	:	0.21	:
54	:-3.54	-1.84	-0.58	:	55	:	0.15	-3.07	-2.63	:	56	:	1.07	-1.26	1	:	0.33	:

58				59				60				
61	-0.89	-0.16	-0.00	62	0.49	0.96	0.16	63	-1.07	1.98	1.00	1.43
65	-0.19	-0.50	-0.00	66	0.82	-1.85	-1.49	69	-1.43	1.10	1.00	1.85
71	-0.97	-0.53	-0.00	72	0.35	0.54	0.52	73	0.54	0.85	0.00	0.54
78	-0.62	-0.55	-0.00	80	0.90	1.07	0.33	81	0.27	0.75	0.00	0.27
82	-0.59	-0.75	-0.00	83	0.86	-1.05	-1.24	84	0.38	1.12	0.00	0.38
85	-0.89	-0.05	-0.00	86	0.10	2.02	-1.22	87	0.90	0.99	0.00	0.90
88	-0.97	-0.74	-0.00	89	0.21	-1.39	-0.05	90	0.02	0.34	0.00	0.02
91	-0.33	-0.16	-0.00	92	0.62	-2.40	1.87	93	0.54	0.99	0.00	0.54
95	-0.43	-0.55	-0.00	103	0.59	-2.11	-1.33	104	0.62	1.22	0.00	0.62
105	-0.45	-0.55	-0.00	106	0.71	-0.50	-1.37	108	0.49	1.25	0.00	0.49
110	-0.27	-0.34	-0.00	111	0.23	-0.93	-0.33	113	0.84	0.45	0.00	0.84
118	-1.27	-0.84	-0.00	119	0.48	0.92	-0.36	120	0.34	0.37	0.00	0.34
121	-3.55	-2.86	-1.11	123	0.10	0.70	-0.53	124	0.01	0.77	0.00	0.01
125	-0.30	-1.22	-0.00	129	0.42	0.25	-1.03	130	0.53	0.21	0.00	0.53
131	-0.82	-1.22	-0.00	133	0.10	0.15	-0.03	134	0.95	0.62	0.00	0.95
135	-1.68	-0.32	-0.00	136	0.62	0.99	-0.58	138	0.20	1.03	0.00	0.20
140	-1.00	-0.68	-0.00	141	0.25	1.39	-0.53	143	0.31	1.07	0.00	0.31
145	-0.52	-0.76	-0.00	146	0.98	-1.84	-0.22	147	0.92	1.51	0.00	0.92
148	-0.40	-0.76	-0.00	149	0.85	-0.70	0.05	150	0.64	3.85	0.00	0.64
151	-0.90	-0.13	-0.00	152	0.39	-1.44	-1.12	153	0.31	-0.44	0.00	0.31
154	-1.22	-0.84	-0.00	157	1.30	-0.34	0.57	159	0.29	0.65	0.00	0.29
161	-4.03	-1.00	-0.00	163	0.63	-0.26	0.51	164	0.11	0.97	0.00	0.11
167	-0.21	-1.00	-0.00	169	0.54	-0.54	-0.63	171	0.48	1.05	0.00	0.48
173	-0.34	-2.03	-0.00	174	0.69	-0.58	-0.11	175	0.48	0.62	0.00	0.48
178	-0.03	-1.12	-0.00	179	0.42	0.55	0.49	180	0.54	1.67	0.00	0.54
182	-1.96	-0.93	-0.00	183	0.73	-0.39	-1.32	186	0.77	0.39	0.00	0.77
188	-0.68	-0.06	-0.00	191	1.83	0.63	-1.19	192	0.28	1.73	0.00	0.28
193	-0.02	-1.57	-0.00	196	1.30	-2.74	-0.35	198	0.56	1.17	0.00	0.56
201	-2.58	-1.44	-0.00	203	0.53	0.27	-0.87	205	0.14	0.90	0.00	0.14
206	-0.50	-0.46	-0.00	209	0.31	0.39	-0.55	210	0.46	0.08	0.00	0.46
211	-0.14	-1.66	-0.00	212	0.22	0.45	-0.21	214	0.31	0.51	0.00	0.31
215	-0.62	-0.42	-0.00	217	0.30	0.76	-1.29	218	0.39	0.46	0.00	0.39
219	-1.56	-0.22	-0.00	221	1.57	1.59	0.84	222	0.78	1.08	0.00	0.78
223	-0.30	-0.22	-0.00	226	1.71	0.41	0.37	227	0.10	0.28	0.00	0.10
229	-1.77	-0.66	-0.00	231	1.55	1.06	0.91	232	0.17	1.45	0.00	0.17
233	-1.57	-0.69	-0.00	236	0.58	-2.17	-1.28	237	0.45	0.76	0.00	0.45
239	-0.86	-0.50	-0.00	240	1.23	1.78	0.93	241	0.91	1.49	0.00	0.91
242	-2.95	-1.33	-0.00	244	0.80	1.40	-0.50	246	0.73	0.65	0.00	0.73
247	-0.33	-1.19	-0.00	248	1.12	1.96	-0.94	251	0.28	1.58	0.00	0.28
252	-0.01	-0.06	-0.00	254	0.24	0.57	-0.09	256	0.59	1.12	0.00	0.59
258	-3.60	-1.00	-0.00	259	0.85	1.50	-0.08	260	0.36	0.30	0.00	0.36
261	-0.59	-0.77	-0.00	262	1.61	1.20	0.24	264	0.47	2.84	0.00	0.47
266	-1.54	-0.71	-0.00	267	0.39	0.00	0.44	270	0.65	1.34	0.00	0.65
271	-0.60	-1.73	-0.00	272	1.99	0.17	0.59	274	0.47	0.78	0.00	0.47
274	-0.09	-1.31	-0.00	277	0.26	0.16	3.55	278	0.83	0.45	0.00	0.83
281	-0.87	-0.11	-0.00	282	0.58	0.18	0.94	285	0.29	0.41	0.00	0.29
286	-0.05	-0.32	-0.00	287	1.09	0.59	-0.58	289	0.36	0.53	0.00	0.36
290	-0.20	-2.32	-0.00	293	1.10	0.72	-0.49	297	0.73	0.04	0.00	0.73
298	-1.09	-1.68	-0.00	299	1.73	0.67	1.23	300	0.05	0.73	0.00	0.05
302	-1.45	-1.98	-0.00		2.26	0.45	-0.89					

liste no : 68
149 : 50120; 201 : 30030; 227 : 21020;
: 3

liste no : 69
237 : 20030;
: 1

liste no : 70
22 : 30120; 31 : 30120;
: 2

liste no : 71
254 : 20020;
: 1

liste no : 73
136 : 42001; 211 : 42010; 274 : 41010;
: 3

liste no : 75
48 : 43010; 143 : 43101; 240 : 52001;
: 3

liste no : 76
217 : 54001; 236 : 42001;
: 2

liste no : 77
3 : 53010;
: 1

liste no : 78
246 : 42001;
: 1

liste no : 79
242 : 54000;
: 1

liste no : 85
17 : 30020;
: 1

liste no : 86
49 : 50001; 63 : 50120; 61 : 41130; 104 : 30020; 154 : 00000; 226 : 10020;
259 : 40003;
: 7

liste no : 87
65 : 30020;
: 1

liste no : 88
111 : 30010; 192 : 52120;
: 2

liste no : 89
134 : 21002; 178 : 50010; 198 : 50020;
: 3

liste no : 90
27 : 32001; 59 : 42001; 125 : 32010; 133 : 43001;
: 4

liste no : 91
50 : 43021; 72 : 43011; 156 : 42010;
: 3

liste no : 92
46 : 52102; 69 : 33001; 251 : 53002;
: 3

liste no : 93
164 : 54001; 218 : 52002;
: 2

liste no : 95
8 : 43202;
: 1

liste no : 96
258 : 53002;
: 1

liste no : 98
68 : 20140;
: 1

liste no : 101
13 : 20022; 65 : 02011; 108 : 30121; 130 : 30111; 135 : 30012; 229 : 12030;
300 : 30011;
: 7

liste no : 102
270 : 30020;
: 1

liste no : 103
24 : 32010; 273 : 20120;
: 2

liste no : 104
6 : 20002; 145 : 40210; 210 : 50010; 212 : 50030; 215 : 41011; 248 : 31002;
: 6

liste no : 105
12 : 40011; 87 : 41002; 120 : 41011; 286 : 31001;
: 4

liste no : 106
21 : 32003; 29 : 52001; 171 : 51001; 203 : 50004; 206 : 53011; 223 : 31020;
261 : 42001;
: 7

liste no : 107
71 : 32001; 119 : 53001; 167 : 22003; 239 : 50002;
: 4

liste no : 109
183 : 30013; 221 : 43012;
: 2

liste no : 110
153 : 52001; 278 : 53001;
: 2

liste no : 111
209 : 54003;
: 1

liste no : 115
288 : 10021;
: 1

liste no : 118
219 : 10210; 262 : 10021; 272 : 12023;
: 3

liste no : 119
36 : 40023; 267 : 32011; 281 : 40001;
: 3

liste no : 120
123 : 50020; 124 : 30012; 188 : 41012; 205 : 40021; 247 : 21002;
: 5

liste no : 121
129 : 31001; 222 : 53001; 252 : 21012;
: 3

liste no : 122
14 : 53001; 39 : 40002; 277 : 31002;
: 3

liste no : 123
45 : 41001; 58 : 52010; 64 : 43001; 151 : 52004;
: 4

liste no : 125
293 : 54003;
: 1

liste no : 126
174 : 32012;
: 1

liste no : 133
103 : 30010;
: 1

liste no : 134
233 : 30012;
: 1

liste no : 135
47 : 30022; 146 : 42012; 186 : 50011; 287 : 41023;
: 4

liste no : 136
73 : 42020; 180 : 50012; 299 : 40011;
: 3

liste no : 137
61 : 42001;
: 1

liste no : 138
37 : 31012; 95 : 52002; 113 : 31011; 157 : 21021; 179 : 40012; 285 : 30012;
: 6

liste no : 139
140 : 53001; 282 : 42003;
: 2

liste no : 140
150 : 32012; 152 : 53003; 163 : 53002; 256 : 40002;
: 4

liste no : 141
196 : 53012; 241 : 23104;
: 2

liste no : 143
9 : 42002; 169 : 53002;
: 2

liste no : 144
214 : 53003;
: 1

liste no : 145
161 : 20140;
: 1

liste no : 149
18 : 20023; 297 : 20022;
: 2

liste no : 150
78 : 50112; 82 : 10013; 93 : 20021; 118 : 30024; 232 : 30002;
: 5

liste no : 151
80 : 21021;
: 1

liste no : 152
106 : 51001;
: 1

liste no : 153
25 : 40012;
: 1

liste no : 154
33 : 32002; 90 : 51013; 110 : 51002;
: 3

liste no : 155
53 : 31012;
: 1

liste no : 156
91 : 32012; 266 : 32001;
: 2

liste no : 157
88 : 41002; 182 : 52004;
: 2

liste no : 158
138 : 42003;
: 1

liste no : 164
5 : 20012; 30 : 20032;
: 2

liste no : 168
38 : 30013; 264 : 21021; 271 : 30012;
: 3

liste no : 169
86 : 32021; 193 : 50014;
: 2

liste no : 170
105 : 40002; 175 : 41004;
: 2

liste no : 171
56 : 32002; 298 : 32002;
: 2

liste no : 178
54 : 30012;
: 1

liste no : 181
141 : 30023;
: 1

liste no : 182
1 : 40012; 92 : 50012; 148 : 20024; 302 : 50024;
: 4

liste no : 183
32 : 41025;
: 1

liste no : 184
231 : 30003;
: 1

liste no : 185
44 : 30012;
: 1

liste no : 180
: 2 31004; 173 : 32003;

liste no : 187
: 1 62 : 41013;

liste no : 201
: 1 290 : 40023;

liste no : 202
: 1 69 : 42013;

liste no : 203
: 1 7 : 51005;

liste no : 204
: 1 191 : 32013;

liste no : 217
: 1 55 : 50013;

liste no : 224
: 1 121 : 52014;

liste no : 250
: 1 40 : 42014;

- Annexe B9. -

CONTRIBUTIONS DES POINTS A L' AXE 1

1	:0.0044;	3	:0.0114;	5	:0.0123;	6	:0.0004;	7	:0.0016;	8	:0.0204;
9	:0.0184;	12	:0.0006;	13	:0.0110;	14	:0.0002;	17	:0.0096;	18	:0.0103;
21	:0.0006;	22	:0.0049;	24	:0.0024;	25	:0.0001;	26	:0.0004;	27	:0.0013;
29	:0.0004;	30	:0.0146;	31	:0.0036;	32	:0.0013;	33	:0.0010;	36	:0.0019;
37	:0.0002;	38	:0.0012;	39	:0.0008;	40	:0.0007;	44	:0.0000;	45	:0.0026;
46	:0.0069;	47	:0.0023;	48	:0.0037;	49	:0.0041;	50	:0.0021;	53	:0.0018;
54	:0.0330;	55	:0.0001;	56	:0.0030;	58	:0.0021;	59	:0.0006;	60	:0.0030;
61	:0.0001;	62	:0.0018;	63	:0.0054;	65	:0.0077;	68	:0.0295;	69	:0.0063;
71	:0.0020;	72	:0.0021;	73	:0.0002;	78	:0.0069;	80	:0.0020;	81	:0.0050;
82	:0.0067;	83	:0.0000;	84	:0.0021;	85	:0.0021;	86	:0.0001;	87	:0.0000;
88	:0.0103;	89	:0.0010;	90	:0.0008;	91	:0.0046;	92	:0.0067;	93	:0.0070;
95	:0.0005;	103	:0.0077;	104	:0.0058;	105	:0.0005;	106	:0.0001;	108	:0.0089;
110	:0.0002;	111	:0.0006;	113	:0.0003;	118	:0.0042;	119	:0.0037;	120	:0.0000;
121	:0.0331;	123	:0.0005;	124	:0.0007;	125	:0.0002;	129	:0.0000;	130	:0.0101;
131	:0.0018;	133	:0.0010;	134	:0.0001;	135	:0.0075;	136	:0.0002;	138	:0.0141;
140	:0.0026;	141	:0.0103;	143	:0.0022;	145	:0.0007;	146	:0.0019;	147	:0.0011;
148	:0.0052;	149	:0.0150;	150	:0.0045;	151	:0.0021;	152	:0.0045;	153	:0.0139;
154	:0.0040;	157	:0.0011;	159	:0.0032;	161	:0.0428;	163	:0.0060;	164	:0.0112;
167	:0.0038;	169	:0.0191;	171	:0.0006;	173	:0.0003;	174	:0.0154;	175	:0.0008;
178	:0.0000;	179	:0.0014;	180	:0.0002;	182	:0.0101;	183	:0.0088;	186	:0.0015;
188	:0.0012;	191	:0.0045;	192	:0.0008;	193	:0.0000;	196	:0.0088;	198	:0.0000;
201	:0.0175;	203	:0.0007;	205	:0.0006;	206	:0.0007;	209	:0.0223;	210	:0.0003;
211	:0.0001;	212	:0.0004;	214	:0.0302;	215	:0.0010;	217	:0.0065;	218	:0.0084;
219	:0.0064;	221	:0.0077;	222	:0.0000;	223	:0.0002;	226	:0.0063;	227	:0.0124;
229	:0.0082;	231	:0.0009;	232	:0.0055;	233	:0.0065;	236	:0.0040;	237	:0.0096;
239	:0.0019;	240	:0.0017;	241	:0.0079;	242	:0.0229;	244	:0.0033;	246	:0.0137;
247	:0.0003;	248	:0.0001;	251	:0.0067;	252	:0.0000;	254	:0.0019;	256	:0.0049;
258	:0.0341;	259	:0.0068;	260	:0.0057;	261	:0.0009;	262	:0.0051;	264	:0.0011;
266	:0.0063;	267	:0.0025;	270	:0.0057;	271	:0.0010;	272	:0.0042;	273	:0.0018;
274	:0.0000;	277	:0.0009;	278	:0.0139;	281	:0.0020;	282	:0.0031;	285	:0.0003;
286	:0.0000;	287	:0.0014;	288	:0.0127;	290	:0.0001;	293	:0.0079;	297	:0.0111;
298	:0.0031;	299	:0.0002;	300	:0.0104;	302	:0.0056;				

CONTRIBUTIONS DES POINTS A L' AXE 2

1	:0.0136;	3	:0.0089;	5	:0.0097;	6	:0.0007;	7	:0.0248;	8	:0.0038;
9	:0.0008;	12	:0.0021;	13	:0.0013;	14	:0.0002;	17	:0.0057;	18	:0.0051;
21	:0.0006;	22	:0.0088;	24	:0.0010;	25	:0.0030;	26	:0.0158;	27	:0.0023;
29	:0.0009;	30	:0.0027;	31	:0.0112;	32	:0.0139;	33	:0.0042;	36	:0.0000;
37	:0.0016;	38	:0.0098;	39	:0.0001;	40	:0.0644;	44	:0.0132;	45	:0.0002;
46	:0.0043;	47	:0.0611;	48	:0.0068;	49	:0.0025;	50	:0.0056;	53	:0.0035;
54	:0.0118;	55	:0.0328;	56	:0.0056;	58	:0.0001;	59	:0.0032;	60	:0.0137;
61	:0.0009;	62	:0.0119;	63	:0.0042;	65	:0.0010;	68	:0.0010;	69	:0.0025;
71	:0.0010;	72	:0.0040;	73	:0.0002;	78	:0.0020;	80	:0.0039;	81	:0.0044;
82	:0.0019;	83	:0.0142;	84	:0.0001;	85	:0.0039;	86	:0.0067;	87	:0.0004;
88	:0.0019;	89	:0.0200;	90	:0.0035;	91	:0.0049;	92	:0.0156;	93	:0.0052;
95	:0.0011;	103	:0.0069;	104	:0.0054;	105	:0.0063;	106	:0.0030;	108	:0.0007;
110	:0.0034;	111	:0.0030;	113	:0.0005;	118	:0.0025;	119	:0.0017;	120	:0.0021;
121	:0.0289;	123	:0.0002;	124	:0.0002;	125	:0.0052;	129	:0.0001;	130	:0.0014;
131	:0.0117;	133	:0.0034;	134	:0.0037;	135	:0.0003;	136	:0.0068;	138	:0.0040;
140	:0.0016;	141	:0.0118;	143	:0.0079;	145	:0.0020;	146	:0.0017;	147	:0.0518;
148	:0.0165;	149	:0.0076;	150	:0.0007;	151	:0.0001;	152	:0.0004;	153	:0.0015;
154	:0.0024;	157	:0.0002;	159	:0.0033;	161	:0.0035;	163	:0.0010;	164	:0.0038;
167	:0.0015;	169	:0.0012;	171	:0.0013;	173	:0.0143;	174	:0.0000;	175	:0.0098;
178	:0.0043;	179	:0.0005;	180	:0.0005;	182	:0.0030;	183	:0.0014;	186	:0.0018;
188	:0.0000;	191	:0.0263;	192	:0.0048;	193	:0.0087;	196	:0.0002;	198	:0.0028;
201	:0.0072;	203	:0.0005;	205	:0.0000;	206	:0.0008;	209	:0.0007;	210	:0.0009;
211	:0.0046;	212	:0.0020;	214	:0.0008;	215	:0.0006;	217	:0.0089;	218	:0.0041;
219	:0.0002;	221	:0.0006;	222	:0.0003;	223	:0.0015;	226	:0.0039;	227	:0.0073;

229	:0.0014;	231	:0.0164;	237	:0.0070;	233	:0.0016;	236	:0.0111;	237	:0.0077;
239	:0.0009;	240	:0.0065;	241	:0.0015;	242	:0.0062;	244	:0.0134;	246	:0.0087;
247	:0.0001;	248	:0.0011;	251	:0.0044;	252	:0.0000;	254	:0.0078;	256	:0.0003;
258	:0.0035;	259	:0.0058;	260	:0.0281;	261	:0.0021;	262	:0.0000;	264	:0.0063;
266	:0.0036;	267	:0.0001;	270	:0.0021;	271	:0.0104;	272	:0.0001;	273	:0.0007;
274	:0.0060;	277	:0.0001;	278	:0.0006;	281	:0.0000;	282	:0.0012;	285	:0.0010;
286	:0.0003;	287	:0.0013;	289	:0.0000;	290	:0.0189;	293	:0.0000;	297	:0.0019;
298	:0.0098;	299	:0.0007;	300	:0.0021;	302	:0.0137;				

CONTRIBUTIONS DES POINTS A L'AAF 3											
1	:0.0029;	3	:0.0046;	5	:0.0065;	6	:0.0030;	7	:0.0000;	8	:0.0056;
9	:0.0024;	12	:0.0044;	13	:0.0052;	14	:0.0003;	17	:0.0001;	18	:0.0031;
21	:0.0074;	22	:0.0004;	24	:0.0015;	25	:0.0018;	26	:0.0114;	27	:0.0036;
29	:0.0000;	30	:0.0002;	31	:0.0143;	32	:0.0002;	33	:0.0022;	36	:0.0042;
37	:0.0050;	38	:0.0006;	39	:0.0000;	40	:0.0036;	44	:0.0008;	45	:0.0000;
46	:0.0002;	47	:0.0132;	48	:0.0038;	49	:0.0160;	50	:0.0000;	53	:0.0002;
54	:0.0020;	55	:0.0398;	56	:0.0006;	58	:0.0055;	59	:0.0001;	60	:0.0012;
61	:0.0017;	62	:0.0126;	63	:0.0014;	65	:0.0101;	68	:0.0016;	69	:0.0007;
71	:0.0004;	72	:0.0006;	73	:0.0024;	78	:0.0007;	80	:0.0089;	81	:0.0029;
82	:0.0076;	83	:0.0086;	84	:0.0054;	85	:0.0027;	86	:0.0000;	87	:0.0007;
88	:0.0001;	89	:0.0202;	90	:0.0035;	91	:0.0005;	92	:0.0102;	93	:0.0026;
95	:0.0037;	103	:0.0108;	104	:0.0033;	105	:0.0018;	106	:0.0006;	108	:0.0034;
110	:0.0082;	111	:0.0006;	113	:0.0050;	118	:0.0037;	119	:0.0016;	120	:0.0062;
121	:0.0064;	123	:0.0061;	124	:0.0004;	125	:0.0005;	129	:0.0000;	130	:0.0004;
131	:0.0005;	133	:0.0019;	134	:0.0061;	135	:0.0000;	136	:0.0016;	138	:0.0021;
140	:0.0002;	141	:0.0003;	143	:0.0006;	145	:0.0220;	146	:0.0000;	147	:0.0035;
148	:0.0017;	149	:0.0072;	150	:0.0160;	151	:0.0086;	152	:0.0019;	153	:0.0000;
154	:0.0154;	157	:0.0015;	159	:0.0000;	161	:0.0011;	163	:0.0023;	164	:0.0005;
167	:0.0174;	169	:0.0001;	171	:0.0016;	173	:0.0093;	174	:0.0014;	175	:0.0036;
178	:0.0071;	179	:0.0100;	180	:0.0001;	182	:0.0019;	183	:0.0082;	186	:0.0082;
188	:0.0036;	191	:0.0007;	192	:0.0047;	193	:0.0004;	196	:0.0043;	198	:0.0216;
201	:0.0005;	203	:0.0017;	205	:0.0017;	206	:0.0003;	209	:0.0003;	210	:0.0001;
211	:0.0001;	212	:0.0096;	214	:0.0006;	215	:0.0012;	217	:0.0040;	218	:0.0027;
219	:0.0142;	221	:0.0068;	222	:0.0001;	223	:0.0015;	226	:0.0048;	227	:0.0136;
229	:0.0535;	231	:0.0094;	232	:0.0047;	233	:0.0019;	236	:0.0050;	237	:0.0000;
239	:0.0044;	240	:0.0014;	241	:0.0745;	242	:0.0000;	244	:0.0051;	246	:0.0003;
247	:0.0207;	248	:0.0000;	251	:0.0004;	252	:0.0001;	254	:0.0000;	256	:0.0030;
258	:0.0000;	259	:0.0003;	260	:0.0001;	261	:0.0041;	262	:0.0011;	264	:0.0055;
266	:0.0115;	267	:0.0020;	270	:0.0012;	271	:0.0077;	272	:0.0726;	273	:0.0003;
274	:0.0003;	277	:0.0051;	278	:0.0000;	281	:0.0001;	282	:0.0019;	285	:0.0229;
286	:0.0069;	287	:0.0014;	288	:0.0128;	290	:0.0114;	293	:0.0088;	297	:0.0009;
298	:0.0012;	299	:0.0046;	300	:0.0073;	302	:0.0187;				

- Annexe B10. -

QUALITE DE LA REPRESENTATION DES POINTS											
1	:0.27;	0.91;	1.00;	1.00;	1.00;	3	:0.43;	0.68;	0.76;	1.00;	1.00;
5	:0.56;	0.86;	1.00;	1.00;	1.00;	6	:0.14;	0.30;	0.73;	1.00;	1.00;
7	:0.08;	1.00;	1.00;	1.00;	1.00;	8	:0.65;	0.75;	0.83;	1.00;	1.00;
9	:0.89;	0.92;	0.97;	1.00;	1.00;	12	:0.01;	0.41;	0.92;	1.00;	1.00;
13	:0.76;	0.83;	0.99;	1.00;	1.00;	14	:0.13;	0.21;	0.29;	1.00;	1.00;
17	:0.69;	0.99;	1.00;	1.00;	1.00;	18	:0.61;	0.84;	0.92;	1.00;	1.00;
21	:0.12;	0.22;	0.92;	1.00;	1.00;	22	:0.39;	0.93;	0.95;	1.00;	1.00;
24	:0.63;	0.82;	0.99;	1.00;	1.00;	25	:0.02;	0.42;	0.57;	1.00;	1.00;
26	:0.02;	0.45;	0.63;	1.00;	1.00;	27	:0.26;	0.60;	0.92;	1.00;	1.00;
29	:0.29;	0.81;	0.82;	1.00;	1.00;	30	:0.64;	0.92;	0.93;	1.00;	1.00;
31	:0.20;	0.63;	0.97;	1.00;	1.00;	32	:0.11;	0.97;	0.98;	1.00;	1.00;
33	:0.18;	0.73;	0.91;	1.00;	1.00;	36	:0.35;	0.35;	0.69;	1.00;	1.00;

37 0.04
39 0.78
44 0.00
46 0.47
48 0.29
50 0.31
54 0.75
56 0.35
59 0.17
61 0.00
63 0.58
68 0.45
71 0.67
73 0.10
80 0.22
82 0.54
84 0.38
86 0.01
88 0.82
90 0.12
92 0.29
95 0.12
104 0.51
106 0.04
110 0.33
113 0.05
119 0.46
121 0.66
124 0.42
129 0.01
131 0.15
134 0.01
136 0.62
140 0.06
143 0.23
146 0.55
148 0.32
150 0.33
152 0.76
154 0.00
159 0.35
163 0.76
167 0.30
171 0.24
174 0.91
178 0.00
180 0.20
183 0.64
188 0.40
192 0.08
196 0.75
201 0.73
205 0.41
209 0.96
211 0.01
214 0.92
217 0.43
219 0.44
222 0.07
226 0.52

0.28
0.85
0.90
0.70
0.93
0.95
0.64
0.82
0.43
0.99
0.88
0.99
0.97
0.93
0.18
0.75
0.00
0.99
0.66
0.40
0.93
0.79
0.00
0.72
0.99
0.72
0.40
0.11
0.47
0.81
0.55
0.03
0.95
0.96
0.91
0.85
0.91
0.00
0.37
0.61
0.44
0.86
0.38
0.65
0.91
0.50
0.64
0.99
0.71
0.41
0.04
0.77
0.96
0.42
0.98
0.89
0.94
0.95
0.00
0.45
0.53
0.77

0.73
0.88
0.93
0.70
0.83
0.93
0.77
0.84
0.88
0.99
0.60
0.99
0.60
0.75
0.00
0.99
0.66
0.62
0.65
0.69
0.72
0.78
0.81
0.83
0.87
0.89
0.91
0.93
103
105
108
111
112
120
123
125
130
133
135
138
141
145
147
149
151
153
157
161
164
169
173
175
179
182
186
191
193
198
203
206
210
212
215
218
221
223
227

0.11
0.80
0.00
0.25
0.35
0.00
0.33
0.19
0.00
0.54
0.65
0.16
0.67
0.50
0.00
0.27
0.04
0.51
0.55
0.05
0.76
0.16
0.53
0.14
0.05
0.69
0.22
0.88
0.55
0.02
0.03
0.62
0.19
0.89
0.21
0.93
0.78
0.95
0.07
0.00
0.19
0.71
0.20
0.18
0.00
0.00
0.08
0.28
0.19
0.06
0.24
0.57
0.58
0.11
0.44

0.78
0.56
0.99
0.38
0.85
0.57
0.83
0.86
0.55
0.88
0.60
0.81
0.83
0.64
0.91
0.86
0.48
0.81
0.73
0.18
0.79
0.76
0.88
0.79
0.88
0.84
0.00
0.99
0.85
0.99
0.53
0.99
0.25
0.98
0.71
0.73
0.38
0.99
0.16
0.55
0.70
0.87
0.48
0.64
0.94
0.85

229	0.24	0.27	0.99	1.00	1.00	231	0.05	0.75	1.00	1.00
232	0.53	0.68	0.88	1.00	1.00	233	0.64	0.77	0.85	1.00
236	0.27	0.44	0.99	1.00	1.00	237	0.47	0.76	0.76	1.00
239	0.42	0.55	0.99	1.00	1.00	240	0.22	0.91	1.00	1.00
241	0.17	0.20	0.95	1.00	1.00	242	0.83	1.00	1.00	1.00
244	0.21	0.85	1.00	1.00	1.00	246	0.83	0.92	0.93	1.00
247	0.03	0.03	0.87	1.00	1.00	248	0.04	0.25	0.26	1.00
251	0.66	0.99	1.00	1.00	1.00	252	0.00	0.02	0.09	1.00
254	0.23	0.93	0.94	1.00	1.00	256	0.66	0.70	0.88	1.00
258	0.91	0.98	0.98	1.00	1.00	259	0.40	0.65	0.66	1.00
260	0.21	0.99	1.00	1.00	1.00	261	0.21	0.55	0.97	1.00
262	0.62	0.62	0.68	1.00	1.00	264	0.08	0.44	0.63	1.00
266	0.41	0.50	0.94	1.00	1.00	267	0.59	0.60	0.82	1.00
270	0.60	0.77	0.83	1.00	1.00	271	0.08	0.71	1.00	1.00
272	0.11	0.11	0.99	1.00	1.00	273	0.72	0.94	0.99	1.00
274	0.00	0.97	0.99	1.00	1.00	277	0.26	0.29	0.99	1.00
278	0.95	0.98	0.98	1.00	1.00	281	0.42	0.43	0.43	1.00
282	0.56	0.73	0.80	1.00	1.00	285	0.03	0.09	0.99	1.00
286	0.00	0.93	0.93	1.00	1.00	287	0.45	0.79	0.99	1.00
268	0.72	0.72	0.94	1.00	1.00	290	0.00	0.68	0.93	1.00
293	0.66	0.66	0.99	1.00	1.00	297	0.85	0.96	0.99	1.00
298	0.26	0.87	0.92	1.00	1.00	299	0.04	0.17	0.69	1.00
300	0.66	0.77	0.99	1.00	1.00	302	0.22	0.64	0.99	1.00

ANNEXE C

résultats de la classification hiérarchique.

1.
 - C 1 : single linkage sur les profils.
2. complete linkage, métrique chi-carré :
 - C 2 : pour les profils.
 - C 3 : pour les pressions.
3. complete linkage, métrique $D1/S^2$:
 - C 4 : pour les profils.
 - C 5 : pour les pressions.
4. complete linkage, métrique euclidienne :
 - C 6 : pour les profils.
5.
 - C 7 : correspondances classification pressions et profils
6.
 - C 8 : liens avec l'analyse en composantes principales

CORRESPONDANCE NO NOEUD / NO PATIENT

1:	1	2:	3	3:	5	4:	6	5:	7	6:	8	7:	9	8:	12
9:	13	18:	14	11:	17	12:	18	13:	21	14:	22	15:	24	16:	25
17:	26	19:	27	19:	29	20:	30	21:	31	22:	32	23:	33	24:	36
25:	37	26:	38	27:	39	28:	40	29:	44	30:	45	31:	46	32:	47
33:	48	34:	49	35:	50	36:	53	37:	54	38:	55	39:	56	40:	58
41:	59	42:	60	43:	61	44:	62	45:	63	46:	65	47:	68	48:	69
49:	71	50:	72	51:	73	52:	78	53:	80	54:	81	55:	82	56:	83
57:	84	58:	85	59:	86	60:	87	61:	88	62:	89	63:	90	64:	91
65:	92	66:	93	67:	95	68:	103	69:	104	70:	105	71:	106	72:	108
73:	110	74:	111	75:	113	76:	118	77:	119	78:	120	79:	121	80:	123
81:	124	82:	125	83:	129	84:	130	85:	131	86:	133	87:	134	88:	135
89:	136	90:	138	91:	140	92:	141	93:	143	94:	145	95:	146	96:	147
97:	148	98:	149	99:	150	100:	151	101:	152	102:	153	103:	154	104:	157
105:	159	106:	161	107:	163	108:	164	109:	167	110:	169	111:	171	112:	173
113:	174	114:	175	115:	178	116:	179	117:	180	118:	182	119:	183	120:	186
121:	188	122:	191	123:	192	124:	193	125:	196	126:	198	127:	201	128:	203
129:	205	130:	206	131:	209	132:	210	133:	211	134:	212	135:	214	136:	215
137:	217	138:	218	139:	219	140:	221	141:	222	142:	223	143:	226	144:	227
145:	229	146:	231	147:	232	148:	233	149:	236	150:	237	151:	239	152:	240
153:	241	154:	242	155:	244	156:	246	157:	247	158:	248	159:	251	160:	252
161:	254	162:	256	163:	258	164:	259	165:	260	166:	261	167:	262	168:	264
169:	266	170:	267	171:	270	172:	271	173:	272	174:	273	175:	274	176:	277
177:	278	178:	281	179:	282	180:	285	181:	286	182:	287	183:	288	184:	290
185:	293	186:	297	187:	298	188:	299	189:	300	190:	302				

55 10013*****359* * *
5 51005*****361***** * * *
22 41025*****363***** * * *
145 12030*****364***** * * *
173 12023*****368***** * * *
46 02011*****371** * * *
103 00000*****373***** * * *
96 53220*****376 * * *
6 43202*****377* * *
153 23104*****37A * * *
+++++

CLUSTER ANALYSIS (PROFILS)

METRIQUE:CHI-SQ

#DATA:190

```

+++++
93 43101****
    335
6 43202*****
    337*****
31 52102*****
    *
153 23104*****
    *
185 54003*
    195
131 54003**
    312***
135 53003** *
    222 *
101 53003** *
    253 *
187 32002** *
    193 *
39 32002** *
    254 *
23 32002** *
    294 *
7 42002*
    *
179 42003*
    *
90 42003*
    *
    295***
176 31002** *
    202 **
158 31002** *
    272 **
118 52004** *
    227 **
100 52004** *
    339
157 21002*
    *
87 21002*
    212 *
    279 *
112 32003** *
    231 *
13 32003** *
    313**
109 22003**
    *
166 42001*
    363*****
    207
156 42001*
    *
    213
149 42001*
    *
    216
89 42001*
    *
    240
43 42001*
    *
    253

```

- les 16 groupes encadrés expliquent 71% de l'inertie

113 32012* *
230 *
99 32012* *
237 *
64 32012* *
298 *
95 42012* *
323** *
140 43012* * *
289 * *
125 53012*** * *
310 * *
170 32011** * *
346***** *
130 53011* *
236***** *
50 43011* ** *
343 *
136 41011* * *
221 * *
78 41011* * *
290*** *
75 31011* *
+++++

```

+++++
106 20140*****
    319*****
37  30012*****
    355*****
183 10021*****
    332*****
47  20140*****
    369*****
196 20022**
    254
66  20021** *
    299*****
68  30010****
    347*****
172 30012*
    212
146 30003**
    265
184 40023** *
    305*****
65  50012** *
    257
1  40012*****
    290
190 50024***
    362*****
97  20024**
    262
22  41025***
    293*
26  30013***
    327*****
12  20023**
    256 *
3  20012** *
    304
148 30012*
    191*
52  50112*
    247*
147 30002*
    194*
55  10013*
    206*
76  30024*
    295
53  21021***
    350***
92  30023**
    277***
20  20032**
    335***
168 21021*****
42  40010**
    268
377*****

```

O: 10 groupes: inertie = 57%

: 18 groupes: = 73%

62 42013***** *
17 31004***** *
28 42014***** *
79 52014***** *
38 50013***** *
156 42001** *
133 52002** *
155 50020*** *
119 30013***** *
2 53010***** *
163 53002***** *
135 53003***** *
177 53001* *
102 52001** *
131 54003** *
154 54000*** *
159 53002* *
108 54001* *
31 52102*** *
6 43202***** *
176 31002* *
13 32003* *
18 32001** *
87 21002** *
100 52004***** *
113 32012* *
7 42002* *
169 32001* *
99 32012* *
185 54003** *

353*****
370*****
367*****
345*****
353*****
322*****
354*****
341*****
372*****
311*****
356***
334*****
320

376*****
378***

63 51013* *
205 *
25 31012* *
227 *
73 51002* * *
298** *
71 51001* * *
233 *
16 40012* *
338*** *
124 50014* *
236** *
29 30012* * *
318 *
70 40002* * *
241** *
59 32021* *
352***** *
121 41012* *
231 *
4 20002** *
261* *
15 32010** *
314 *
182 41023* * *
232 * *
117 50012* * * *
288 * *
95 42012*** *
258 * *
43 42001** *
336*** *
160 21012* * *
214 * *
81 30012** * *
266 * *
178 40001** * *
269* * *
83 31001** * * *
317 * *
174 20120* * *
220 * *
132 50010** * *
281* * *
129 40021** * *
204 * *
51 42020** * *
244 * *
80 50020* * *
349 *
75 31011** *
251***** *
40 52010** * *
344* *
27 40002* * *
200 * *
19 52001* * *
228 * *
49 32001* * *
211 * *

30 41001* * *
292** * *
141 53001* * * *
215 * * *
10 53001*** * * *
255 * * *
130 53011** * * *
234 * * *
60 41002* * * *
331 * * *
104 21021* * * *
235 * * *
67 52002* * * *
240* * * *
57 43001* * * *
302* * * *
39 32002* * * *
198* * * *
36 31012** * * *
275 * * * *
107 53002** * * *
209 * * * *
101 53003* * * * *

pressions: métrologie chi-carré

noeuds:

191	192																			FILSG	FILSD	
148 52	69 54	177 102	147 55	192 45	105 35	156 111	33 36	161 85	149 137	176 13	27 19	173 162	170 24	63 25	49 30	142 86	172 146	118 61	159 108			
0.23	0.26	0.28	0.32	0.32	0.37	0.37	0.39	0.40	0.40	0.41	0.41	0.43	0.43	0.44	0.45	0.46	0.47	0.48	0.48	0.48	0.48	NIVS
107 101	205 16	129 80	141 60	194 76	197 151	81 4	134 8	130 10	123 58	158 136	189 9	160 117	152 89	181 78	174 132	113 7	104 67	171 143	70 59			
0.49	0.51	0.52	0.53	0.53	0.54	0.55	0.56	0.57	0.57	0.57	0.58	0.58	0.58	0.59	0.59	0.60	0.61	0.61	0.63			
120 32	133 82	175 41	202 206	88 84	114 23	169 99	193 131	122 5	75 40	217 121	182 95	201 18	204 167	191 12	228 57	221 74	213 51	188 71	207 216			
0.64	0.65	0.66	0.66	0.66	0.67	0.67	0.67	0.67	0.68	0.68	0.70	0.70	0.70	0.70	0.73	0.74	0.74	0.74	0.76			
223 83	65 1	203 91	124 29	235 72	218 115	139 103	140 48	116 78	214 219	97 22	156 138	200 33	112 62	173 145	127 11	92 20	163 154	241 15	215 245			
0.77	0.77	0.78	0.80	0.81	0.81	0.81	0.82	0.82	0.82	0.84	0.85	0.86	0.87	0.87	0.89	0.89	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	
259 180	185 109	229 46	42 14	226 178	212 249	186 66	193 187	224 233	196 77	227 110	93 31	195 199	220 247	236 64	209 253	208 252	287 190	53 43	234 250			
0.92	0.93	0.93	0.95	0.97	0.97	0.98	0.98	1.01	1.01	1.03	1.03	1.04	1.07	1.07	1.09	1.12	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	
274 164	106 37	243 87	256 126	125 119	266 150	277 68	222 257	261 26	258 50	211 237	210 262	230 278	244 273	267 3	269 275	231 248	232 279	238 268	225 128			
1.16	1.19	1.21	1.23	1.25	1.25	1.26	1.27	1.28	1.31	1.31	1.31	1.31	1.32	1.32	1.33	1.37	1.43	1.44	1.48	1.48	1.48	
293 100	282 302	165 96	289 168	251 276	260 290	230 300	93 21	246 301	135 30	242 254	183 47	271 44	311 157	309 6	94 34	240 303	283 284	184 38	308 155			
1.48	1.48	1.49	1.52	1.52	1.52	1.53	1.55	1.56	1.58	1.63	1.66	1.68	1.68	1.74	1.76	1.78	1.79	1.82	1.83	1.83	1.83	
286 295	263 272	239 285	310 315	317 2	270 299	297 307	296 144	281 320	255 306	298 304	294 328	264 17	314 321	291 340	316 334	305 336	312 332	288 329	322 341			
1.85	1.85	1.87	1.87	1.93	1.95	2.03	2.05	2.05	2.07	2.08	2.11	2.18	2.18	2.21	2.35	2.41	2.62	2.64	2.64	2.64	2.64	
333 343	331 339	344 347	330 342	323 327	319 324	325 343	313 56	319 345	338 250	337 353	346 354	352 357	349 355	326 359	356 153	79 28	335 362	292 361	265 366			
2.64	2.67	2.70	2.74	2.77	2.89	3.04	3.04	3.14	3.19	3.27	3.40	3.54	3.70	3.76	3.84	3.89	4.10	4.16	4.27	4.27	4.27	
360 369	351 364	358 368	365 373	367 372	363 374	370 376	371 377	375 378	379													
4.58	4.59	5.15	5.44	5.84	6.16	6.86	7.91	P.77														

noeuds 1 à 190 = feuilles (individus)
 noeuds 191 à 379 = noeuds non terminaux
 Ex: 191 = fusion de 148 & 52 au
 niveau de similitude 0.23

CLUSTER ANALYSIS (PROFILS)

METRIQUE:01/S2

#DATA:190

```

+++++
173 12023*****
      245*****
46  02011*****
      *
103 00000*****
      *
132 50010*
      223*****
115 50010*
      *
      279*****
120 50011*****
      *
      349*****
111 51001*
      231*****
      *
71  51001*
      *
      290*****
152 52001*
      *
      214
102 52001*
      *
      235*****
19  52001*
      *
      339**
151 50002*****
      *
      270*****
73  51002*****
      *
      324***
178 40001*****
      *
      260*****
34  50001*****
      *
      364*****
181 31001*
      *
      197*****
83  31001*
      *
      287*****
30  41001*****
      *
      334*****
121 41012*****
      *
      278*****
95  42012*****
      *
      322**
113 32012*
      *
      229
99  32012*
      *
      236*****
64  32012*
      *
      263*****
170 32011*****
      *
      356*****
171 30020*
      *
      203
69  30020*
      *
      248
58  30020*
      *
      250*****
11  30020*
      *

```

O: 14 groupes
membre: 92%

65 50012* 227***** * * * * *
116 40012* 293***** * * * * *
16 40012* 228 * * * * *
1 40012* 257***** * * * * *
184 40023* 347***** * * * * *
24 40023* 195***** * * * * *
182 41023***** 259***** * * * * *
124 50014***** 336*** * * * * *
38 50013***** 276***** * * * * *
190 50024***** 317*** * * * * *
106 20140* 233***** * * * * *
47 20140* * * * * *
150 20030***** 271***** * * * * *
127 30030***** 348 * * * * *
183 10021* 196***** * * * * *
167 10021* 264***** * * * * *
143 10020***** 320***** * * * * *
161 20020***** 266** * * * * *
144 21020***** 305** * * * * *
168 21021* 205 * * * * *
104 21021* 234***** * * * * *
53 21021* 292** * * * * *
66 20021***** 351***** * * * * *
145 12030***** * * * * *
93 43101***** 323***** * * * * *
31 52102***** * * * * *
6 43202***** 357***** * * * * *
153 23104***** 365***** * * * * *
165 30120* 375***** * * * * *
21 30120* 207 * * * * *

14 30120* 256***** *
*
174 20120***** 262***** *
*
84 30111***** 330***** *
*
72 30121***** 302*** *
*
98 50120* 358* *
*
45 50120* 237***** *
*
123 52120***** 333***** *
*
54 41130***** 329 *
*
52 50112***** 362***** *
*
139 10210***** 372***** *
*
94 40210***** 252***** *
*
96 53220***** 371** *

CLUSTER ANALYSIS : PRESSIONS

DISTANCE:D1/S2

#DATA:190

```

+++++
79 52014*****
28 42014*****
122 32013*****
5 51005*****
114 41004*****
23 32002*****
64 32012*****
112 32003*****
52 42013*****
17 31004*****
172 30012*****
146 30003*****
65 50012*****
1 40012*****
190 50024*****
184 40023*****
38 50013*****
116 40012*****
73 51002*****
180 30012*****
44 41013*****
75 31011*****
40 52010*****
70 40002*****
59 32021*****
39 32002*****
36 31012*****
187 32002*****
127 30030*****

```

239*****
 333*****
 236***
 285*****
 351*****
 264*****
 343***
 208*****
 287
 252**
 208*****
 349*****
 329*****
 364*****
 259
 271*****
 323*****
 355*****
 240*****
 327*****
 230*****
 303*****
 193*****
 278**

367*****
 375*****
 372*****

O : 12 groupes,
meille: 63%

- Annexe C5. -

34 50001*****325*****
98 50120*****365*****
21 30120*****319*****
42 40010*****359*****
14 30120*****274*
164 40003*****291*****
88 30012*****345*****
84 30111*****235*
72 30121*****255*****
81 30012*****340*
4 20002*****217*
121 41012*****241*
15 32010*****269**
174 20120*****306*****
132 50010*****226**
178 40001*****275**
165 30120*****374*****
96 53220*****313*****
56 42030*****358*****
105 42010*****373**
35 43021*****196*****
77 53001*****280*****
140 43012*****317**
48 33001*****258**
50 43011*****300*
2 53010*****335*****
141 53001*****368*****
60 41002*****214**
130 53011*****260*****
10 53001*****219*

27 40002***** 316***** *
19 52001***** 202* *
49 32001***** 234*** *
30 41001***** 206 * *
142 31020***** 290*** *
86 43001***** 207* *
166 42001***** 250** *
111 51001***** 197 * *
151 50002***** 216 * *
181 31001***** 446***** *
78 41011***** 225***** *
128 50004***** 310*** *
160 21012***** 334*** *
117 50012***** 223 * *
83 31001***** 251***** *
63 51013***** 315** *
25 31012***** 205 * *
16 40012***** 212*** *
188 40011***** 276***** *
71 51001***** 249 * *
133 42010***** 362***** *
82 32010***** 232***** *
152 52001***** 308** *
89 42001***** 224*** *
175 41010***** 279*** *
41 42001***** 233** *
155 50020***** 330***** *
134 50030***** 354***** *
8 40011***** 218* *
115 50010***** 256** *

126 50020*****294*****
69 30020***192
54 41130***195*****
45 50120***283*****
161 20020***199*****
85 40010***329**
123 52120*****220*****
58 30020*****284*****
158 31002*****221
136 41011*****247**
74 30010*****

```
+++++
186 20022*
    193*****
  9 20022*
    302*****
 20 20032*****
    353*****
 92 30023*****
    287***
 32 30022*****
    323*****
130 30012*
    198
172 30012*
    202
148 30012*
    216
 88 30012*
    240
 81 30012*
    244
 37 30012*
    254*****
 29 30012*
    301***
119 30013*
    225*****
 26 30013*
    352
 97 20024*****
    285***
 76 30024*****
    315*****
 12 20023*****
    377*****
183 10021*
    196*****
167 10021*
    265*****
143 10020*****
    325*****
168 21021*
    205
104 21021*
    234*****
 53 21021*
    293*****
 66 20021*****
    350*****
171 30020*
    203
 69 30020*
    248
 58 30020*
    250*****
 11 30020*
```

174 20120***** 304** * * * * *
243*** * * * * *
161 20020***** * * * * *
327***** * * * * *
144 21020***** * * * * *
272***** * * * * *
142 31020***** * * * * *
326 * * * * *
150 20030***** * * * * *
271***** * * * * *
127 30030***** * * * * *
361***** * * * * *
106 20140* * * * *
233***** * * * * *
47 20140* * * * *
354** * * * * *
145 12030***** * * * * *
374***** * * * * *
139 10210***** * * * * *
348***** * * * * *
103 00000***** * * * * *
372***** * * * * *
157 21002* * * * *
211***** * * * * *
87 21002* * * * *
267*** * * * * *
160 21012***** * * * * *
312***** * * * * *
4 20002***** * * * * *
303*** * * * * *
3 20012***** * * * * *
341***** * * * * *
55 10013***** * * * * *
363***** * * * * *
173 12023***** * * * * *
347***** * * * * *
46 02011***** * * * * *
379***** * * * * *
112 32003* * * * *
230***** * * * * *
13 32003* * * * *
292***** * * * * *
109 22003***** * * * * *
235***** * * * * *
153 23104***** * * * * *
368***** * * * * *
185 54003* * * * *
194***** * * * * *
131 54003* * * * *
275***** * * * * *
135 53003* * * * *
221***** * * * * *
101 53003* * * * *
355***** * * * * *
179 42003* * * * *
199***** * * * * *
90 42003* * * * *
288***** * * * * *
62 42013***** * * * * *

15 32010* 243***** * * * * *
170 32011***** * * * * *
75 31011***** 264*** * * * * *
59 32021***** 316 * * * * *
26 43001* 359** * * * * *
57 43001* 241***** * * * * *
93 43101***** 295***** * * * * *
169 32001* 333***** * * * * *
49 32001* 204 * * * * *
18 32001* 251***** * * * * *
48 33001***** 298***** * * * * *
177 53001* 370***** * * * * *
141 53001* 200 * * * * *
91 53001* 217 * * * * *
77 53001* 238 * * * * *
10 53001* 245***** * * * * *
137 54001* 309***** * * * * *
108 54001* 219***** * * * * *
154 54000***** 269*** * * * * *
140 43012***** 367***** * * * * *
125 53012***** 273*** * * * * *
130 53011***** 307***** * * * * *
50 43011***** 276*** * * * * *
166 42001* 344*** * * * * *
156 42001* 206 * * * * *
149 42001* 212 * * * * *
89 42001* 215 * * * * *
43 42001* 239 * * * * *
41 42001* 252***** * * * * *
7 42002***** 299***** * * * * *

```
163 53002* 336***** * *
209 * * *
159 53002* * * *
210 * * *
110 53002* * * *
232***** * * *
107 53002* * * *
283*** * * *
138 52002* * * *
218***** * * *
67 52002* * * *
317** * * *
31 52102***** * *
360**** *
6 43202***** *
376*****
165 30120* *
207 * *
21 30120* * *
256***** * *
14 30120* * *
290***** * *
72 30121***** * *
339***** *
94 40210***** *
366*****
132 50010* *
223***** * *
115 50010* * *
230***** * *
120 50011***** * *
329***** * *
178 40001***** * *
261***** * *
34 50001***** * *
351*****
188 40011* *
191***** * *
8 40011* * *
277***** * *
129 40021***** * *
335*****
189 30011***** *
259***** *
84 30111***** *
330
74 30010* *
246***** *
68 30010* * *
292***** *
85 40010* * *
242***** *
42 40010* *
373*****
123 52120***** *
306***** *
96 53220***** *
349***** *
40 52010***** *
```

```

      300*****
2 53010*****
      343***
35 43021*****
      322*****
33 43010*****
      369*****
98 50120*
    237*****
45 50120*
      313*****
155 50020*
    213
      *
126 50020*
    224*****
      *
80 50020*
    274***
      *
134 50030*****
      356*****
      *
56 42030*****
    297*****
      *
51 42020*****
      334*****
      *
54 41130*****
+++++
```

CORRESPONDANCE PROFILS (METRIQUE:CHI-SQ) / PRESSIONS (METRIQUE:CHI-SQ)

pressions

3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
6	5	6	7	6	6	6	6	5	5
9	8	6	5	7	3	4	1	1	2

profils

362	0	0	1	1	0	2	0	0	0
345	0	0	1	2	0	2	1	0	2
347	0	0	2	0	0	5	2	0	0
348	1	2	0	0	0	0	0	0	0
358	16	4	0	1	0	1	1	1	2
349	1	0	0	3	1	0	0	1	1
355	2	1	0	3	0	0	0	1	1
361	2	0	0	0	1	0	1	2	0
342	0	5	4	0	0	0	0	0	0
356	1	2	5	0	0	1	0	2	0
360	2	0	0	1	0	0	0	0	0
364	0	2	5	0	0	0	1	0	1
365	0	1	0	2	0	0	0	0	0
354	0	0	3	0	0	3	0	1	1
357	0	1	6	0	0	1	0	1	1
359	2	1	4	0	0	4	0	1	1

4
19
26
3
26
12
8
13
9
14
3
10
3
11
12
17

CORRESPONDANCE PROFILS (METRIQUE:CHT-50) / PRESSIONS (METRIQUE:D1/S2)

pressions

	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	6	5	6	6	6	7	6	5	5	5	6	5
profils	7	1	4	0	6	0	3	5	8	5	6	4

362	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4
345	0	0	2	0	1	6	0	0	0	0	0	0	19
347	0	2	1	0	1	4	0	0	0	0	0	0	26
348	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3
353	0	0	4	5	1	0	1	2	0	0	0	0	26
349	2	0	2	0	4	0	0	1	0	0	0	0	12
355	0	3	1	0	1	0	0	2	0	0	0	0	8
361	0	0	5	0	1	0	1	2	0	0	0	0	13
342	0	0	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	9
356	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	14
350	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3
354	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	10
365	0	0	0	1	0	2	5	0	0	0	0	0	3
354	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	11
357	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	12
359	0	1	2	1	1	2	0	0	0	0	0	0	17

F. CHIER DONNEES : 500 - 21
 NOMBRE DE PATIENTS : 21

Analyse en C.P., pour le nombre 354

MATRICE DES CORRELATIONS

1.00					
-0.04	1.00				
-0.35	-0.09	1.00			
-0.35	-0.71	-0.17	1.00		
-0.27	-0.00	-0.24	-0.16	1.00	

MOYENNES ET ECARTS-TYPES

8.5	2.9
21.7	3.1
25.5	2.4
17.5	3.9
26.8	2.0

valeurs relatives basses pour la III,) axe 2
 hautes pour la I.

VALEURS PROPRES

- 1.78
- 1.32
- 1.23
- 0.67
- 0.00

INERTIE TOTALE : 5.

% DE VAR. EXPLIQUEE PAR CHAQUE FACTEUR

35.55	26.50	24.58	13.37	0.00
-------	-------	-------	-------	------

VECTEURS PROPRES

-0.30	-0.70	0.28	-0.40	-0.44
-0.63	0.22	-0.06	0.57	-0.47
0.07	0.65	0.50	-0.43	-0.37
0.71	-0.15	-0.05	0.34	-0.60
-0.06	0.15	-0.82	-0.46	-0.30

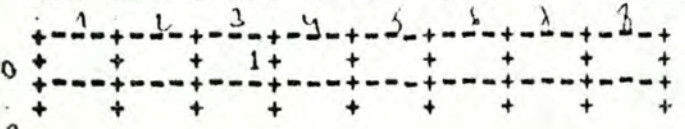
CORRELATIONS VARIABLES - FACTEURS

-0.396	-0.800	0.312	-0.326	-0.000
-0.846	0.252	-0.063	0.465	-0.000
0.092	0.750	0.552	-0.353	0.000
0.943	-0.167	-0.060	0.282	-0.000
-0.083	0.175	-0.905	-0.378	0.000

NBRE DE FACTEURS RETENUS : 3

REPARTITION DES POINTS POUR LES AXES 1 & 2

DECOUPE : 64
 1er axe princ : de -2.12 a 2.59
 2em axe princ : de -1.44 a 3.14



1. IV vs II

50120

52001

+	+	+	1+	+	+	+	+	+
+	+	+	1+	1+	1+	+	+	1+
+	+	+	1+	+	+	+	+	1+
+	+	1+	+	2+	+	1+	+	+
+	2+	+	+	+	+	+	1+	+
+	1+	+	2+	+	1+	1+	1+	+

liste no : 3
198 : 50020;
: 1

liste no : 19
212 : 50030;
: 1

liste no : 27
192 : 52120;
: 1

liste no : 28
12 : 40011;
: 1

liste no : 29
178 : 50010;
: 1

liste no : 32
244 : 50020;
: 1

liste no : 35
215 : 41011;
: 1

liste no : 40
240 : 52001;
: 1

liste no : 42
85 : 30020;
: 1

liste no : 44
248 : 31002: 111 : 30010;
: 2

liste no : 46
136 : 42001;
: 1

liste no : 49
104 : 30020: 81 : 41130;

: 2

liste no : 55
125 : 32010;
: 1

liste no : 57
63 : 50120;
: 1

liste no : 59
254 : 20020; 131 : 40010;
: 2

liste no : 61
211 : 42010;
: 1

liste no : 62
274 : 41010;
: 1

liste no : 63
59 : 42001;
: 1

FICHER DONNEES : stat
NOMBRE DE PATIENTS : 33

ACP pour le niveau 369

MATRICE DES CORRELATIONS

1.00				
-0.59	1.00			
0.09	-0.56	1.00		
-0.41	0.17	-0.14	1.00	
-0.22	-0.07	-0.18	-0.55	1.00

MOYENNES ET ECARTS-TYPES

14.7	5.0
25.5	4.4
21.5	3.4
16.2	4.3
22.1	4.2

hautes pressions sous la IV.

VALEURS PROPRES

2.00
1.54
0.93
0.53
0.00

INERTIE TOTALE : 5.

% DE VAR. EXPLIQUEE PAR CHAQUE FACTEUR
40.05 30.75 18.58 10.62 0.00

VECTEURS PROPRES

0.55	-0.05	0.66	-0.02	0.52
-0.61	0.16	0.14	-0.61	0.46
0.44	-0.26	-0.68	-0.39	0.35
-0.37	-0.61	-0.08	0.55	0.45
0.02	0.73	-0.30	0.44	0.44

CORRELATIONS VARIABLES - FACTEURS

0.773	-0.056	0.632	-0.018	0.000
-0.862	0.204	0.130	-0.445	0.000
0.622	-0.323	-0.053	-0.286	0.000
-0.524	-0.756	-0.072	0.385	0.000
0.026	0.903	-0.284	0.320	0.000

NBRE DE FACTEURS RETENUS : 3

REPARTITION DES POINTS POUR LES AXES 1 & 2
DECOUPE : 64

1er axe princ : de -4.50 a 2.45
2em axe princ : de -1.91 a 2.42

+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
+ + + + 1+ 1+ 1+ 1+ +
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
+ + + + + 1+ + 1+

- 986 -

```

+---+---+---+---+---+---+---+---+
+   +   +   +   + 1+ 1+   +   +
+---+---+---+---+---+---+---+---+
+   +   + 1+ 1+ 1+   + 2+   +
+---+---+---+---+---+---+---+---+
+   +   +   + 2+   + 1+ 1+ 1+
+---+---+---+---+---+---+---+---+
+   +   +   +   + 1+ 2+   + 1+
+---+---+---+---+---+---+---+---+
+ 1+   +   +   + 1+ 1+ 2+ 1+
+---+---+---+---+---+---+---+---+
+   +   +   +   + 1+ 4+   +   +
+---+---+---+---+---+---+---+---+

```

liste no : 4
149 : 50120;
: 1

liste no : 5
31 : 30120;
: 1

liste no : 6
201 : 30030;
: 1

liste no : 7
237 : 20030;
: 1

liste no : 14
68 : 20140;
: 1

liste no : 16
227 : 21020;
: 1

liste no : 21
22 : 30120;
: 1

liste no : 22
17 : 30020;
: 1

liste no : 27
49 : 50001;
: 1

liste no : 28
108 : 30121;
: 1

liste no : 29
60 : 40010;
: 1

liste no : 31
270 : 30020; 226 : 10020;

: 2
liste no : 36
259 : 40003; 130 : 30111;
: 2
liste no : 38
300 : 30011;
: 1
liste no : 39
13 : 20022;
: 1
liste no : 40
65 : 02011;
: 1
liste no : 45
135 : 30012;
: 1
liste no : 46
24 : 32010; 273 : 20120;
: 2
liste no : 48
262 : 10021;
: 1
liste no : 49
145 : 40210;
: 1
liste no : 53
210 : 50010;
: 1
liste no : 54
288 : 10021;
: 1
liste no : 55
154 : 00000; 267 : 32011;
: 2
liste no : 56
36 : 40023;
: 1
liste no : 61
281 : 40001;
: 1
liste no : 62
124 : 30012; 6 : 20002; 188 : 41012; 219 : 10210;
: 4

FICHER DONNEES : stat
 NOMBRE DE PATIENTS : 20

A.C.P pour 363 (= 352UB57)

MATRICE DES CORRELATIONS

1.00				
-0.30	1.00			
-0.37	0.12	1.00		
-0.37	-0.33	-0.03	1.00	
0.10	-0.49	-0.64	-0.16	1.00

MOYENNES ET ECARTS-TYPES

5.3	3.0
14.5	4.1
30.7	4.0
29.7	3.0
19.8	4.8

IV vs II : axe 1

VALEURS PROPRES

2.04
 1.37
 0.91
 0.67
 0.00

INERTIE TOTALE : 5.

% DE VAR. EXPLIQUEE PAR CHAQUE FACTEUR
 40.79 27.49 18.29 13.44 0.00

VECTEURS PROPRES

0.40	-0.42	0.61	0.36	0.40
-0.43	-0.46	-0.53	0.34	0.46
-0.55	0.04	0.44	-0.56	0.44
-0.08	0.78	0.04	0.48	0.40
0.59	0.09	-0.39	-0.46	0.53

CORRELATIONS VARIABLES - FACTEURS

0.572	-0.493	0.584	0.208	0.000
-0.618	-0.534	-0.506	0.276	0.000
-0.783	0.051	0.418	-0.459	0.000
-0.109	0.912	0.041	0.394	0.000
0.840	0.109	-0.375	-0.376	0.000

NBRE DE FACTEURS RETENUS : 3

REPARTITION DES POINTS POUR LES AXES 1 & 2

DECOUPE : 64

1er axe princ : de -2.31 a 2.74
 2em axe princ : de -2.09 a 2.74

3002
 +---+---+---+---+---+---+
 + + + + 1+ + 1+ + +
 +---+---+---+---+---+---+
 + 1+ + + + 1+ + +

```

+---+---+---+---+---+---+---+---+
+   +   + 1+   +   + 1+   +   +
+---+---+---+---+---+---+---+---+
+ 1+ 1+   + 2+   +   +   +   +
+---+---+---+---+---+---+---+---+
+   +   + 1+ 2+ 1+ 1+   +   +
+---+---+---+---+---+---+---+---+
+ (2+) + 1+   + 1+ 1+   + 2+
+---+---+---+---+---+---+---+---+
+   + 2+   +   +   +   + 2+ 1+
+---+---+---+---+---+---+---+---+
+   + 2+   +   +   +   +   +
+---+---+---+---+---+---+---+---+

```

54001
43010

- liste no : 4
258 : 53002:
: 1
- liste no : 6
8 : 43202:
: 1
- liste no : 9
214 : 53003:
: 1
- liste no : 14
242 : 54000:
: 1
- liste no : 19
209 : 54003:
: 1
- liste no : 22
246 : 42001:
: 1
- liste no : 25
138 : 42003:
: 1
- liste no : 26
169 : 53002:
: 1
- liste no : 28
278 : 53001; 153 : 52001;
: 2
- liste no : 35
9 : 42002;
: 1
- liste no : 36
174 : 32012; 218 : 52002;
: 2
- liste no : 37
46 : 52102;

: 1
liste no : 38
104 : 54001;
: 1
liste no : 41
182 : 52004; 88 : 41002;
: 2
liste no : 43
183 : 30013;
: 1
liste no : 45
293 : 54003;
: 1
liste no : 46
251 : 53002;
: 1
liste no : 48
236 : 42001; 217 : 54001;
: 2
liste no : 50
256 : 40002; 196 : 53012;
: 2
liste no : 55
143 : 43101; 167 : 22003;
: 2
liste no : 56
48 : 43010;
: 1
liste no : 58
282 : 42003; 140 : 53001;
: 2

FICHER DONNEES : stat
NOMBRE DE PATIENTS : 38

ACP pour 366 U346

MATRICE DES CORRELATIONS

1.00				
-0.72	1.00			
0.08	-0.37	1.00		
0.46	-0.46	-0.20	1.00	
-0.51	0.13	-0.27	-0.55	1.00

MOYENNES ET ECARTS-TYPES

9.9	3.8
20.1	5.0
28.5	3.3
23.6	3.4
18.0	4.0

) valeurs "identiques" pour les têtes centrales

VALEURS PROPRES

2.48
1.20
0.89
0.43
0.00

INERTIE TOTALE : 5.

% DE VAR. EXPLIQUEE PAR CHAQUE FACTEUR
49.52 24.05 17.75 8.69 0.00

VECTEURS PROPRES

0.55	-0.02	0.23	0.67	0.44
-0.50	-0.27	-0.55	0.22	0.57
0.17	0.83	-0.29	-0.20	0.37
0.47	-0.48	-0.05	-0.63	0.38
-0.44	0.09	0.75	-0.18	0.45

CORRELATIONS VARIABLES - FACTEURS

0.870	-0.024	0.216	0.443	0.000
-0.787	-0.296	-0.521	0.147	0.000
0.275	0.907	-0.271	-0.170	0.000
0.737	-0.531	-0.043	-0.410	0.000
-0.694	0.101	0.703	-0.121	0.000

NBRE DE FACTEURS RETENUS : 3

REPARTITION DES POINTS POUR LES AXES 1 & 2
DECOUPE : 64

1er axe princ : de -2.31 a 5.84
2em axe princ : de -2.24 a 2.29

+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
+ + + 1+ + 1+ + + +
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
+ + 1+ + 3+ 1+ + + +

```

+---+---+---+---+---+---+---+---+
+   + 1+   + 1+   +   +   +   +
+---+---+---+---+---+---+---+---+
+  3+  3+   +   +   +   +   +
+---+---+---+---+---+---+---+---+
+  4+  6+  3+  1+   +   +   +
+---+---+---+---+---+---+---+---+
+  1+   +  1+  1+   +   +   +
+---+---+---+---+---+---+---+---+
+   +  1+   +   +   +   +  1+
+---+---+---+---+---+---+---+---+
+   +  1+  1+  1+  1+   +   +
+---+---+---+---+---+---+---+---+

```

```

liste no :          3
157 : 21021;
# : 1

liste no :          5
266 : 32001;
# : 1

liste no :          10
14 : 53001;
# : 1

liste no :          12
95 : 52002; 84 : 43001; 152 : 53003;
# : 3

liste no :          13
150 : 32012;
# : 1

liste no :          18
206 : 53011;
# : 1

liste no :          20
163 : 53002;
# : 1

liste no :          25
223 : 31020; 133 : 43001; 239 : 50002;
# : 3

liste no :          26
222 : 53001; 87 : 41002; 90 : 51013;
# : 3

liste no :          33
261 : 42001; 171 : 51001; 286 : 31001; 299 : 40011;
# : 4

liste no :          34
29 : 52001; 252 : 21012; 180 : 50012; 37 : 31012; 25 : 40012; 106 : 51001;
# : 6

liste no :          35

```

39 : 40002: 71 : 32001: 45 : 41001:
: 3

liste no : 36
277 : 31002:
: 1

liste no : 41
120 : 41011:
: 1

liste no : 43
27 : 32001:
: 1

liste no : 44
21 : 32003:
: 1

liste no : 50
129 : 31001:
: 1

liste no : 56
241 : 23104:
: 1

liste no : 58
203 : 50004:
: 1

liste no : 59
134 : 21002:
: 1

liste no : 60
247 : 21002:
: 1

liste no : 61
151 : 52004:
: 1

FICHER DONNEES : stat
NOMBRE DE PATIENTS : 29

ACP nombre 360

MATRICE DES CORRELATIONS

1.00				
0.10	1.00			
-0.32	-0.49	1.00		
-0.26	-0.69	0.14	1.00	
-0.64	-0.16	-0.12	-0.03	1.00

MOYENNES ET ECARTS-TYPES

14.3	4.3
28.9	4.7
28.6	3.6
15.2	4.0
13.0	4.0

axe 1 : IV vs. II

VALEURS PROPRES

2.11
1.43
0.90
0.51
0.00

INERTIE TOTALE : 5.

% DE VAR. EXPLIQUEE PAR CHAQUE FACTEUR
42.22 29.57 18.09 10.11 0.00

VECTEURS PROPRES

0.44	0.53	0.19	-0.52	0.46
0.56	-0.32	-0.17	0.54	0.51
-0.41	0.24	-0.79	-0.05	0.39
-0.50	0.29	0.53	0.45	0.43
-0.27	-0.69	0.18	-0.48	0.44

CORRELATIONS VARIABLES - FACTEURS

0.640	0.649	0.182	-0.369	0.000
0.820	-0.394	-0.161	0.383	0.000
0.592	0.290	-0.751	-0.032	0.000
0.722	0.349	0.503	0.323	0.000
0.397	-0.834	0.168	-0.343	0.000

NBRE DE FACTEURS RETENUS : 3

REPARTITION DES POINTS POUR LES AXES 1 & 2
DECOUPE : 64

1er axe princ : de -1.93 a 3.84
2em axe princ : de -2.32 a 1.77

+	1+	2+	1+	1+	1+	+	+	+
+	2+	+	+	2+	1+	+	+	+

K	+	1+	+	1+	1+	2+	+	+	+
U	+	+	1+	+	1+	+	+	+	+
3L	+	+	1+	+	1+	+	+	+	1+
10	+	1+	+	+	+	1+	+	+	+
18	+	1+	1+	+	+	+	+	+	(1) 20140
56	+	1+	1+	1+	+	+	+	+	+

→
IV vs II

- liste no : 1
264 : 21021;
: 1
- liste no : 2
60 : 21021: 32 : 41025;
: 2
- liste no : 3
38 : 30013;
: 1
- liste no : 4
148 : 20024;
: 1
- liste no : 5
5 : 20012;
: 1
- liste no : 9
193 : 50014: 44 : 30012;
: 2
- liste no : 12
232 : 30002: 82 : 10013;
: 2
- liste no : 13
18 : 20023;
: 1
- liste no : 17
61 : 42001;
: 1
- liste no : 19
118 : 30024;
: 1
- liste no : 20
233 : 30012;
: 1
- liste no : 21
141 : 30023: 30 : 20032;

: 2
liste no : 26
146 : 42012;
: 1
liste no : 28
78 : 50112;
: 1
liste no : 34
287 : 41023;
: 1
liste no : 36
93 : 20021;
: 1
liste no : 40
54 : 30012;
: 1
liste no : 41
73 : 42020;
: 1
liste no : 45
297 : 20022;
: 1
liste no : 49
205 : 40021;
: 1
liste no : 50
186 : 50011;
: 1
liste no : 56
161 : 20140;
: 1
liste no : 57
123 : 50020;
: 1
liste no : 58
47 : 30022;
: 1
liste no : 59
103 : 30010;
: 1

FICHER DONNEES : stat
NOMBRE DE PATIENTS : 26

ACP : valeur 372.

MATRICE DES CORRELATIONS

1.00					
-0.47	1.00				
-0.07	-0.20	1.00			
0.31	-0.57	-0.25	1.00		
-0.53	-0.12	-0.11	-0.37	1.00	

MOYENNES ET ECARTS-TYPES

8.5	4.4
25.8	6.2
35.1	3.3
20.1	4.9
10.4	5.3

faibles sur G I.
hautes points sur III) axe II

VALEURS PROPRES

2.09
1.17
1.13
0.62
0.00

INERTIE TOTALE : 5.

% DE VAR. EXPLIQUEE PAR CHAQUE FACTEUR

41.76 23.31 22.01 12.32 0.00

VECTEURS PROPRES

0.56	0.16	-0.15	-0.69	0.40
-0.48	0.67	-0.02	0.10	0.56
-0.04	-0.34	-0.85	0.25	0.30
0.55	-0.07	0.34	0.61	0.45
-0.40	-0.64	0.36	-0.27	0.48

CORRELATIONS VARIABLES - FACTEURS

0.806	0.170	-0.159	-0.544	0.000
-0.687	X-0.722	-0.023	0.079	0.000
-0.051	-0.371	-0.906	0.198	0.000
0.794	-0.072	0.365	0.481	0.000
-0.578	X-0.687	0.386	-0.209	0.000

NBRE DE FACTEURS RETENUS : 3

REPARTITION DES POINTS POUR LES AXES 1 & 2

DECOUPE : 64

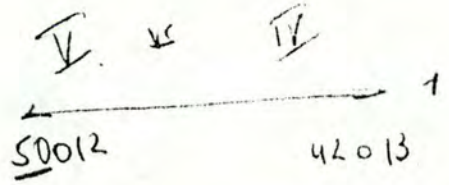
1er axe princ : de -1.98 a 2.95
2em axe princ : de -1.96 a 1.95

+---+---+---+---+---+---+---+---+
+ 2+ + 1+ + + + + 1+
+---+---+---+---+---+---+---+---+
+ 1+ + + + + + +

```

+---+---+---+---+---+---+---+---+
+ 2+ 1+ + + 2+ +
+---+---+---+---+---+---+---+---+
+ 1+ + + 1+ + + 1+
+---+---+---+---+---+---+---+---+
+ 1+ 2+ + + 2+ + +
+---+---+---+---+---+---+---+---+
+ + + + + 1+ + +
+---+---+---+---+---+---+---+---+
+ + + 1+ 2+ 2+ + + +
+---+---+---+---+---+---+---+---+
+ + 2+ + + + + + +
+---+---+---+---+---+---+---+---+

```



31004

52010

liste no : 1
 92 : 50012; 302 : 50024;
 # : 2

liste no : 3
 1 : 40012;
 # : 1

liste no : 8
 26 : 31004;
 # : 1

liste no : 9
 55 : 50013;
 # : 1

liste no : 18
 271 : 30012; 231 : 30003;
 # : 2

liste no : 19
 62 : 41013;
 # : 1

liste no : 23
 175 : 41004; 173 : 32003;
 # : 2

liste no : 26
 290 : 40023;
 # : 1

liste no : 29
 7 : 51005;
 # : 1

liste no : 32
 89 : 42013;
 # : 1

liste no : 33
 285 : 30012;
 # : 1

liste no : 34
 179 : 40012; 110 : 51002;

: 2
liste no :
191 : 32013; 33 38 : 32002;
: 2
liste no : 46
91 : 32012;
: 1
liste no : 51
105 : 40002;
: 1
liste no : 52
86 : 32021; 298 : 32002;
: 2
liste no : 53
56 : 32002; 53 : 31012;
: 2
liste no : 58
113 : 31011; 58 : 52010;
: 2

ANNEXE D

Résultats de l'analyse discriminante.

1. réaffectation Bayésienne.

- D1 : profils, groupes issus métrique chi-carré, prob. ég.
- D2 : pressions, groupes issus métrique chi-carré, prob. ég.
- D3 : , prob. prop.
- D4 : profils, groupes issus métrique $D1/S^2$, prob. égales.
- D5 : , prob. proport.
- D6 : pressions, groupes issus métrique $D1/S^2$, prob. égales.
- D7 : , prob. proport.

2. réaffectation au centre de gravité le plus proche.

- D8 : profils, groupes issus métrique $D1/S^2$.
- D9 : pressions, groupes issus métrique chi-carré.

- Annexe D1. -

nombre d individus :	190															
nombre de groupes :	16															
numero des groupes (noeuds) :	362,	345,	347,	348,	358,	340,	355,	361,	342,	356,	360,	364,	365,	354,	359,	357,
nombre d individus/groupe :	4,	19,	26,	3,	26,	17,	8,	13,	9,	14,	3,	10,	3,	11,	17,	12,
probabilite des groupes :	0.06															
D	-61.90	-16.45	-14.62	-53.73	-15.02	-18.27	-18.61	-17.82	-21.00	-18.70	-101.37	-77.58	-19.96	-23.89	-15.48	-19.06
x _m	3.75	3.63	4.27	3.67	2.54	3.75	3.63	4.46	2.78	4.21	1.67	3.90	0.67	4.64	3.41	3.75
	2.75	2.11	1.85	0.00	0.00	1.33	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	2.00	3.27	1.94	1.92
	1.25	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.33	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	1.33	1.54	1.17	0.00	0.54	2.33	1.29	3.00	2.00	2.00	0.00	1.29	1.42
	2.25	2.68	1.35	1.33	2.31	3.00	3.38	2.08	0.00	0.36	0.00	0.00	1.33	0.91	1.35	0.00
w	2.04	2.20	4.19	4.57	2.26	2.66	3.18	5.47	3.92	6.03	2.10	5.15	-1.68	3.86	2.63	3.97
	3.79	3.99	2.86	-4.99	-2.24	1.32	-2.39	-3.98	-1.70	-3.19	-3.34	-2.95	6.80	7.79	4.20	4.18
	74.52	-3.74	-3.54	70.17	7.66	3.35	-0.08	2.87	10.84	5.98	98.97	84.51	5.61	-6.53	2.35	2.65
	5.32	-0.80	-0.54	10.26	6.44	4.58	-1.41	1.40	10.96	5.57	20.58	14.94	9.69	-0.13	5.88	6.82
	3.05	4.08	0.38	0.98	3.83	4.64	6.24	2.39	-2.38	-2.03	-1.60	-2.82	1.89	-1.29	0.50	-3.15
d	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.95	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.04	0.00	0.92	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.06	0.82	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.83

points mal classes :

- groupe 345
- 7 (347),
- groupe 347
- 163 (354), 159 (354), 110 (354), 107 (354), 73 (361),
- groupe 356
- 66 (342), 103 (347),
- groupe 361
- 124 (355),
- groupe 359
- 130 (354), 136 (356), 78 (356),
- groupe 357

ANALYSE DISCRIMINANTE (METRIQUE CUIO-50)

- Annexe D2. -

nombre d individus : 190
 nombre de groupes : 10
 numero des groupes (noeuds) : 369, 358, 366, 375, 367, 363, 364, 361, 351, 352,
 nombre d individus/groupe : 27, 19, 32, 13, 2, 15, 22, 4, 14, 42,
 probabilite des groupes : 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10

D -287.32 -219.64 -180.01 -299.33 -273.67 -193.27 -240.56 -236.83 -207.23 -234.91

\bar{x}_m
 15.29 15.78 8.83 18.34 0.00 2.90 8.89 1.56 5.79 10.00
 30.81 24.95 18.98 18.99 25.10 13.69 16.76 30.87 24.97 22.29
 28.52 21.23 26.22 30.96 48.00 29.54 31.91 28.35 26.28 29.99
 13.91 14.50 18.37 22.88 19.57 30.82 27.18 23.61 21.26 20.51

w
 8.40 7.47 6.35 8.69 7.04 5.89 7.17 6.56 6.51 7.27
 6.75 5.85 5.16 6.50 6.26 5.06 5.78 6.17 5.68 5.92
 5.57 4.75 4.45 5.72 5.82 4.47 5.12 4.90 4.65 5.09
 5.39 4.83 4.62 5.87 5.42 5.31 5.60 5.49 5.08 5.26

d
 0.81 0.07 0.00 0.07 0.04 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
 0.00 1.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
 0.00 0.09 0.78 0.00 0.00 0.06 0.00 0.00 0.06 0.00
 0.00 0.08 0.00 0.92 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
 0.00 0.00 0.00 0.00 1.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 1.00 0.00 0.00 0.00 0.00
 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.05 0.32 0.00 0.05 0.09
 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 1.00 0.00 0.00
 0.00 0.00 0.14 0.00 0.00 0.00 0.00 0.07 0.57 0.21
 0.05 0.02 0.02 0.00 0.00 0.00 0.12 0.07 0.07 0.64

points mal classes :

groupe 369
 47 (358), 68 (358), 184 (367), 53 (375), 168 (375),
 groupe 366
 137 (363), 41 (351), 93 (363), 69 (358), 54 (358), 45 (358), 115 (351),
 groupe 375
 103 (358),
 groupe 364
 162 (351), 125 (363), 23 (352), 187 (352),
 groupe 351
 188 (352), 120 (352), 32 (352), 152 (366), 86 (366), 128 (361),
 groupe 352
 63 (361), 25 (361), 73 (361), 29 (369), 15 (358), 95 (369), 80 (351),
 40 (351), 19 (351), 49 (364), 30 (364), 130 (366), 57 (364), 107 (364),
 101 (364),

- Annexe D3. -

nombre d individus :	190									
nombre de groupes :	10									
numero des groupes (noeuds) :	369,	358,	366,	375,	367,	363,	364,	361,	351,	352,
nombre d individus/groupe :	27,	19,	32,	13,	2,	15,	22,	4,	14,	42,
probabilite des groupes :	0.14	0.10	0.17	0.07	0.01	0.08	0.12	0.02	0.07	0.22

^D -286.97 -219.64 -179.49 -299.71 -275.92 -193.51 -240.41 -238.39 -207.53 -234.11

^{xm}	15.29	15.78	8.83	18.34	0.00	2.90	8.89	1.56	5.79	10.00
	30.81	24.95	18.98	18.99	25.10	13.69	16.76	30.87	24.97	22.29
	28.52	21.23	26.22	30.96	48.00	29.54	31.91	28.35	26.28	29.99
	13.91	14.50	18.37	22.88	19.57	30.87	27.18	23.61	21.76	20.51

^w	8.40	7.47	6.35	8.69	7.04	5.89	7.17	6.56	6.51	7.27
	6.75	5.85	5.16	6.50	6.26	5.06	5.78	6.17	5.68	5.92
	5.57	4.75	4.45	5.72	5.82	4.47	5.12	4.90	4.65	5.09
	5.39	4.83	4.62	5.87	5.42	5.31	5.60	5.49	5.08	5.26

^d	0.89	0.07	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.89	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.03	0.91	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.06	0.08	0.00	0.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.93	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.00	0.00	0.32
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	0.00
	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.21
	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.88

points mal classes :

groupe 369	47 (358),	68 (358),	53 (375),							
groupe 358	42 (366),	14 (366),								
groupe 366	137 (363),	93 (363),	45 (358),							
groupe 375	139 (369),	103 (358),								
groupe 363	2 (366),									
groupe 364	176 (352),	13 (352),	87 (352),	179 (352),	23 (352),	187 (352),	91 (352),			
groupe 361	180 (351),	116 (351),								
groupe 351	168 (352),	120 (352),	32 (352),	142 (366),	152 (366),	86 (366),	89 (366),			
groupe 352	15 (358),	40 (366),	30 (364),	107 (364),	101 (364),					

nombre d individus : 190
 nombre de groupes : 14

numero des groupes (noeuds) :
 368, 349, 334, 338, 366, 341, 354, 363, 344, 353, 360, 367, 365, 372,
 nombre d individus/groupe :
 3, 12, 9, 16, 16, 13, 24, 9, 17, 20, 19, 14, 4, 14,
 probabilite des groupes :
 0.07 0.07 0.07 0.07 0.07 0.07 0.07 0.07 0.07 0.07 0.07 0.07 0.07 0.07

D
 -8.25 -29.06 -18.34 -18.09 -27.04 -35.89 -27.19 -29.05 -16.26 -21.54 -37.59 -17.81 -57.07 -47.41

X_{ij}
 0.33 4.92 3.33 3.44 4.19 4.77 4.25 2.56 2.59 3.35 4.58 1.79 3.75 3.64
 1.33 0.75 1.56 0.25 1.63 2.77 2.75 0.11 0.29 1.10 0.63 0.43 2.75 0.43
 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.14 1.25 1.21
 1.00 0.25 0.67 1.38 1.63 0.00 0.17 2.11 0.82 0.10 1.00 2.50 0.00 1.79
 1.33 1.00 1.56 0.44 0.13 2.46 1.04 3.00 2.18 2.55 3.21 0.43 2.25 0.29

W
 0.11 10.35 6.63 7.00 8.39 9.63 8.63 4.62 5.09 0.76 9.18 3.14 7.68 7.56
 2.07 0.28 1.87 0.06 2.75 3.40 4.13 -1.11 -0.66 0.43 -0.76 0.78 2.73 -0.33
 -0.75 1.14 0.34 -0.88 -2.38 1.62 -0.23 0.88 1.56 2.49 2.58 2.56 48.17 43.95
 4.41 0.08 2.42 4.67 5.70 -0.13 0.36 8.30 3.09 0.29 3.55 9.38 -1.57 4.64
 3.01 1.72 3.06 0.90 -0.59 4.55 0.96 7.88 5.38 5.74 7.71 1.37 5.49 1.80

d
 1.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
 0.00 0.75 0.00 0.00 0.00 0.00 0.25 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
 0.00 0.11 0.89 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
 0.00 0.00 0.19 0.81 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
 0.00 0.00 0.00 0.00 1.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.65 0.00 0.00 0.00 0.15 0.00 0.00 0.00 0.00
 0.00 0.00 0.17 0.00 0.00 0.04 0.79 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 1.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 1.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
 0.00 0.00 0.15 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.75 0.10 0.00 0.00 0.00
 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.11 0.00 0.00 0.89 0.00 0.00 0.00
 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.86 0.00 0.14
 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 1.00 0.00
 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 1.00

points mal classes :

groupe 349
 152 (354), 102 (354), 19 (354),
 groupe 334
 30 (349),
 groupe 338
 75 (334), 136 (334), 78 (334),
 groupe 341
 179 (353), 90 (353),
 groupe 354
 140 (334), 125 (341), 169 (334), 49 (334), 18 (334),
 groupe 353
 187 (334), 39 (334), 23 (334), 62 (360), 114 (360),
 groupe 360
 184 (363), 24 (363),
 groupe 367
 106 (372), 47 (372),

- Annexe D4. -

nombre d individus : 190
 nombre de groupes : 14
 numero des groupes (noeuds) :
 368, 349, 334, 338, 366, 341, 354, 363, 344, 353, 360, 367, 365, 372,
 nombre d individus/groupe :
 3, 12, 9, 16, 16, 13, 24, 9, 17, 20, 19, 14, 4, 14,
 probabillite des groupes :
 0.02 0.06 0.05 0.08 0.08 0.07 0.13 0.05 0.09 0.11 0.10 0.07 0.02 0.07

^D -9.76 -29.19 -18.75 -17.92 -26.87 -35.94 -26.62 -29.46 -16.03 -21.15 -37.25 -17.78 -58.29 -47.38

^{x_{ii}}
 0.33 4.92 3.33 3.44 4.19 4.77 4.25 2.56 2.59 3.35 4.58 1.70 3.75 3.64
 1.33 0.75 1.56 0.25 1.63 2.77 2.75 0.11 0.29 1.10 0.63 0.43 2.75 0.43
 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.14 1.75 1.21
 1.00 0.25 0.67 1.38 1.63 0.00 0.17 2.11 0.82 0.10 1.00 2.50 0.00 1.79
 1.33 1.00 1.56 0.44 0.13 2.46 1.04 3.00 2.18 2.55 3.21 0.43 2.25 0.29

^w
 0.11 10.35 6.63 7.00 8.39 9.63 8.63 4.62 5.09 6.76 0.18 3.14 7.68 7.56
 2.07 0.28 1.87 0.06 2.75 3.40 4.13 -1.11 -0.66 0.43 -0.76 0.78 2.73 -0.33
 -0.75 1.14 0.34 -0.88 -2.38 1.62 -0.23 0.88 1.56 2.49 2.58 2.56 48.17 43.95
 4.41 0.08 2.42 4.67 5.70 -0.13 -0.36 8.30 3.09 0.29 3.55 9.38 -1.57 4.64
 3.01 1.72 3.06 0.90 -0.59 4.55 0.26 7.88 5.38 5.74 7.71 1.37 5.49 1.80

^d
 0.67 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.33 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
 0.00 0.75 0.00 0.00 0.00 0.00 0.25 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
 0.00 0.11 0.89 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
 0.00 0.00 0.00 1.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
 0.00 0.00 0.00 0.00 0.88 0.00 0.13 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
 0.00 0.00 0.00 0.00 0.60 0.85 0.00 0.00 0.00 0.15 0.00 0.00 0.00 0.00
 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.04 0.26 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.89 0.00 0.00 0.11 0.00 0.00 0.00
 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.88 0.12 0.00 0.00 0.00 0.00
 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.90 0.10 0.00 0.00 0.00
 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 1.00 0.00 0.00 0.00
 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.86 0.00 0.14
 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 1.00 0.00
 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 1.00

points mal classes :

groupe 368
 173 (363),
 groupe 349
 152 (354), 102 (354), 10 (354),
 groupe 334
 30 (349),
 groupe 366
 2 (354), 33 (354),
 groupe 341
 179 (353), 90 (353),
 groupe 354
 125 (341),

groupe 363
 22 (360),
 groupe 344
 157 (353), 87 (353),
 groupe 353
 62 (360), 114 (360),
 groupe 367
 106 (372), 47 (372),

- Annexe D5. -

ANALYSE DISCRIMINANTE

(METRIQUE=D 1/S2)

- Annexe D6. -

nombre d individus : 190
 nombre de groupes : 12

numero des groupes (noeuds) :
 367, 351, 364, 360, 369, 370, 363, 365, 358, 335, 346, 354,

nombre d individus/groupe :
 2, 8, 18, 16, 29, 16, 29, 17, 3, 7, 24, 21,

probabilite des groupes :
 0.08 0.08 0.08 0.08 0.08 0.08 0.08 0.08 0.08 0.08 0.08 0.08

D
 -326.61 -292.80 -253.91 -191.89 -242.95 -230.10 -220.39 -196.40 -124.25 -184.91 -214.70 -175.27

x^m
 8.56 12.89 6.61 18.59 14.29 15.52 5.33 11.09 8.35 7.04 7.68 8.52
 15.19 21.68 27.70 23.41 28.87 15.05 14.50 27.47 18.59 12.76 22.90 21.75
 54.85 34.72 35.21 22.11 28.61 28.56 30.68 20.88 21.10 31.90 27.90 25.46
 16.08 25.40 17.70 13.66 15.23 24.85 29.67 18.66 13.64 21.94 22.33 17.52

w
 5.09 5.32 4.56 4.75 4.96 4.97 4.24 4.36 3.43 4.00 4.34 4.01
 5.31 5.66 5.54 4.82 5.53 4.83 4.70 5.08 3.87 4.24 5.04 4.59
 7.95 6.63 6.33 5.08 5.02 5.73 5.65 4.98 4.23 5.45 5.54 5.05
 5.48 6.27 5.42 4.78 5.32 5.71 5.79 5.13 3.93 4.95 5.42 4.75

d
 1.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
 0.00 1.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
 0.00 0.06 0.78 0.00 0.06 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.11 0.00
 0.00 0.00 0.00 1.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
 0.00 0.00 0.07 0.00 0.79 0.03 0.00 0.00 0.00 0.00 0.10 0.00
 0.00 0.00 0.00 0.06 0.00 0.81 0.06 0.00 0.00 0.06 0.00 0.00
 0.00 0.03 0.00 0.00 0.00 0.07 0.59 0.00 0.00 0.10 0.10 0.00
 0.00 0.00 0.00 0.06 0.00 0.06 0.00 0.71 0.00 0.00 0.12 0.06
 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 1.00 0.00 0.00 0.00
 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 1.00 0.00 0.00
 0.00 0.00 0.04 0.00 0.04 0.00 0.00 0.00 0.00 0.04 0.79 0.08
 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.05 0.00 0.00 0.05 0.90

points par classes :

groupe 364
 1 (369), 116 (346), 40 (346), 39 (351),
 groupe 369
 129 (346), 80 (346), 51 (346), 43 (370), 124 (364), 29 (364),
 groupe 370
 145 (360), 104 (335), 107 (363),
 groupe 363
 179 (346), 162 (346), 91 (346), 90 (351), 149 (335), 137 (335), 33 (335),
 185 (370), 109 (370),
 groupe 365
 21 (354), 81 (346), 121 (370), 15 (360), 132 (346),
 groupe 346
 130 (335), 142 (354), 86 (354), 63 (364), 71 (369),
 groupe 354

- Annexe D7. -

nombre d individus :	190											
nombre de groupes :	12											
numero des groupes (noeuds) :	367,	351,	364,	360,	369,	370,	363,	365,	358,	335,	346,	354,
nombre d individus/groupe :	2,	8,	18,	16,	29,	16,	29,	17,	3,	7,	24,	21,
probabilite des groupes :	0.01	0.04	0.09	0.09	0.15	0.08	0.15	0.09	0.02	0.04	0.13	0.11
D	-328.68	-293.48	-253.70	-191.88	-242.35	-230.18	-219.79	-196.33	-125.97	-185.73	-214.28	-174.98
\bar{x}_M	8.56	12.69	6.61	18.59	14.29	15.52	5.33	11.09	8.35	7.04	7.68	8.52
	15.19	21.68	27.70	23.41	28.87	15.05	14.50	27.47	18.59	12.76	22.90	21.75
	54.85	34.72	35.21	22.11	28.61	28.56	30.68	20.88	21.10	31.90	27.00	25.46
	16.06	25.40	17.76	13.66	15.23	24.85	29.67	18.66	13.64	21.94	27.33	17.52
w	5.09	5.32	4.56	4.76	4.96	4.97	4.24	4.36	3.43	4.00	4.34	4.01
	5.31	5.66	5.54	4.82	5.53	4.83	4.70	5.08	3.87	4.24	5.04	4.50
	7.95	6.63	6.33	5.03	5.92	5.73	5.65	4.98	4.23	5.45	5.54	5.05
	5.48	6.27	5.42	4.78	5.32	5.71	5.79	5.13	3.93	4.95	5.42	4.75
d	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.76	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00
	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.07	0.00	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.75	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.83	0.00	0.00	0.03	0.10	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.06	0.06	0.00	0.00	0.65	0.00	0.00	0.18	0.06
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.57	0.00	0.14
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.92	0.04
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.95

points mal classes :

groupe 364												
65 (369),	1 (369),	116 (346),	40 (346),									
groupe 360												
129 (346),	80 (346),	51 (346),	124 (364),	29 (364),								
groupe 370												
145 (360),	107 (363),	101 (363),	18 (363),									
groupe 363												
179 (346),	162 (346),	91 (346),	33 (335),	109 (370),								
groupe 365												
21 (354),	81 (346),	4 (346),	121 (369),	15 (360),	132 (346),							
groupe 335												
105 (363),	35 (354),	48 (363),										
groupe 346												
86 (354),	71 (360),											
groupe 354												
41 (346),												

ANALYSE DISCRIMINANTE : AFFECTATION AU CENTRE DE GRAV. LE + PROCHE

nombre d individus : 190
 nombre de groupes : 14

numero des groupes (noeuds) :
 368, 349, 334, 338, 366, 341, 354, 363, 344, 353, 360, 367, 365, 372,
 nombre d individus/groupe :
 3, 12, 9, 16, 16, 13, 24, 9, 17, 20, 19, 14, 4, 14,

d	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.11	0.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.19	0.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.19	0.69	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.04	0.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.89	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.90	0.05	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.11	0.16	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

28 points mal classes (14.7%)

groupe 349
 152 (354), 102 (354), 10 (354),
 groupe 334
 30 (349),
 groupe 338
 75 (334), 136 (334), 78 (334),
 groupe 366
 155 (338), 126 (338), 80 (338), 2 (354), 33 (354),
 groupe 341
 179 (353), 90 (353),
 groupe 354
 125 (341), 169 (334), 49 (334), 18 (334),
 groupe 363
 22 (360),
 groupe 353
 147 (344), 62 (360),
 groupe 360
 118 (341), 100 (341), 116 (344), 15 (344), 1 (344), 184 (363), 24 (363),

- Annexe D8. -

ANALYSE DISCRIMINANTE : AFFECTATION AU CENTRE DE GRAV. LE + PROCHE

nombre d individus : 190
 nombre de groupes : 10

numero des groupes (noeuds) :
 369, 358, 366, 375, 367, 363, 364, 361, 351, 352,

nombre d individus/groupe :
 27, 19, 32, 13, 2, 15, 22, 4, 14, 42,

d	0.81	0.07	0.00	0.07	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.13	0.56	0.00	0.00	0.12	0.03	0.00	0.06	0.00
	0.00	0.23	0.00	0.62	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.09
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.71	0.00
	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.10	0.10	0.62

44 points mal classes (23.2%)

groupe 369
 183 (359), 47 (358), 184 (367), 53 (375), 168 (375),
 groupe 366
 140 (364), 48 (363), 149 (363), 137 (363), 41 (351), 93 (363), 165 (358),
 69 (358), 54 (358), 45 (358), 115 (351),
 groupe 375
 145 (358), 139 (358), 103 (358), 5 (367), 28 (367),
 groupe 363
 155 (366),
 groupe 364
 87 (352), 187 (352),
 groupe 351
 120 (361), 152 (366), 86 (366), 99 (366),
 groupe 352
 63 (361), 25 (361), 73 (361), 15 (361), 15 (353), 178 (351), 174 (358),
 132 (351), 80 (351), 19 (351), 47 (364), 30 (364), 57 (364), 39 (364),
 107 (364), 101 (364),

Bibliographie.

1.

- CAMPER P., "Dissertation sur la meilleure forme des souliers", édité "aux dépens" de l'auteur" vers 1780, Musée de la chaussure Bally à Schoenenwerd (Suisse).
- De DONCKERE E., "Le pied normal et pathologique". Acta orthopédica Belgica, 1970.
- GAGNON P.A., "L'ostéotomie métatarsienne oblique dans le traitement de la kératose plantaire". Podologie, Annales 1968, 215-230.
- GIANNISTRAS N.J., "Foot disorders". Medical and surgical Management, Lee and Febiger, Philadelphia, 1973.
- LELIEVRE J., "Pathologie du Pied". Masson, 1967.
- MARTORELL-MARTORELL J., "Concepts et études sur la métatarsalgie et son traitement". Actualités de Médecine et de Chirurgie du Pied, tome VIII, fasc. 2, 237-270, 1973.
- REGNAULD B., "Techniques chirurgicales du Pied", Masson 1974.
- STEINFORT G., SNEPPE R., "Podométrie Electronique (application à la chirurgie de l'avant pied)". R(humatologie), Vol. V, n° 1, 47-66, 1975.
- STEINFORT G., "Le tecniche recenti d'investigazione nelle affezioni del piede". Chirurgica de Piede, Vol. 1, n° 2, 227-230, (marzo-aprile 1977).
- STEINFORT G., "Les métatarsalgies rebelles". Actualités médicales belges, Vol. 6, n° 3, octobre 1978.
- STEINFORT G., "Intérêt diagnostique et thérapeutique de la Podométrie électronique dans la réhabilitation du pied douloureux et de l'appareil locomoteur". Acta Belgica, Vol. 6/Fasc. 4, pp.171-180, oct.-nov.-dec. 1983.

2.

ANDERBERG, Michael R., "Cluster Analysis for Applications", Academic Press, New York, 1973.

BERTIER P., BOUROCHE J.M., "Analyse des données multidimensionnelles", P.U.F., 1975.

BOUROCHE J.M., "L'Analyse des données", Que sais-je ? (n°1854), P.U.F., 1980.

BRAGARD L., RICHARD J.F., SIMAR L., "Analyse discriminante", Recycl. en Statistiques n°4, Comité de Stat. UCL.

LEBART L., "Techniques de la description statistique : méthodes et logiciels pour l'analyse des grands tableaux", Dunod, 1977.

3.

BUCHANAN B., SHORTLIFFE E., "Rule-based Expert System : the MYCIN experiments of Stanford heuristic programming project", Addison-Wesley, 1984.

FIESCHI M., "Intelligence Artificielle en médecine. Des systèmes experts", Masson, 1986.