

Faculté de Médecine de Marseille

DOSSIER INFORMATISE  
STATISTIQUES  
ET ANALYSE DES DONNEES  
EN  
CHIRURGIE VASCULAIRE

-----

T H E S E

Présentée et publiquement soutenue devant  
la Faculté de Médecine de Marseille

le 8 octobre 1987

par

Jérôme MANUCEAU

Né le 13 octobre 1938 à Diré-Daoua (Ethiopie)

(Interne des Hôpitaux).

pour obtenir le grade de DOCTEUR EN MEDECINE

-----

Examineurs de la thèse :

Président : M. le Professeur P. IMBERT

Assesseurs: M. le Professeur C. MERCIER

M. le Professeur C. JUAN

M. le Professeur P. TOURNIGAND

Invité : M. le Professeur D. KASTLER

R E M E R C I E M E N T S

Je voudrais, tout d'abord, remercier toutes les personnes qui ont accepté de travailler à ce dossier, à savoir les Professeurs P. IMBERT, C. MERCIER, P. TOURNIGAND et les Docteurs J.P. MATHIEU, P. PIQUET, J. OCANA et B. JOSSO.

Je tiens à dire à tous les membres du jury, que je suis très honoré qu'ils aient accepté d'en faire partie.

Je remercie tous ceux qui ont bien voulu me transmettre une partie de leur savoir. En particulier, Monsieur le Professeur P. IMBERT, qui, par ses qualités d'éducateur et d'enseignant, a suscité en moi une vocation de chirurgien vasculaire. Je le remercie aussi de m'avoir accepté comme assistant dans son service, prenant ainsi le risque de se trouver confronté, dans l'avenir, à de nombreuses "tracasseries mathématiques".

Je dois préciser que les Professeurs P. IMBERT et C. MERCIER ont accepté de mettre ce dossier à l'épreuve dans leurs services, puis de l'adopter si la période d'essai s'avère satisfaisante. Je les remercie d'avoir eu le courage d'affronter l'aventure que constitue l'informatisation d'un service, avec toutes les contraintes, les tracasseries et les pertes de temps inévitables que cela suppose. Ils introduisent ainsi dans leurs services des changements profonds sur les plans administratifs et scientifiques, sans pouvoir exclure formellement l'échec toujours possible.

J'espère qu'en contre-partie, les résultats seront à la hauteur des espoirs suscités par le développement de l'informatique. Les chercheurs, ainsi libérés de la manipulation longue et fastidieuse de dossiers poussiéreux souvent mal remplis, auront plus de temps à consacrer aux problèmes de fond. N'oublions pas que l'ordinateur est capable de répondre, en quelques minutes, à toutes les questions qu'on se pose, avec des schémas et graphiques à l'appui, alors qu'actuellement, l'accomplissement du même travail nécessite plusieurs semaines de dur labeur.

Nous espérons aussi montrer que deux services très différents peuvent travailler dans une collaboration fructueuse et une concurrence stimulante.

Nous espérons, enfin, que cette collaboration sera un exemple qui fera tache d'huile rapidement, faisant de la région marseillaise un lieu privilégié de la recherche en chirurgie vasculaire. Insistons sur le fait que ce travail ne sera jamais l'oeuvre d'une seule personne mais le résultat de la volonté et de la collaboration de l'ensemble des chirurgiens vasculaires impliqués dans la recherche.

Je voudrais enfin dire l'immense plaisir que me procure la présence du Professeur Daniel KASTLER dans le jury comme invité.

Mon cher Daniel, j'aimerais que tu saches que tu as été pour moi plus qu'un directeur de recherches quand j'étais un jeune chercheur au C.N.R.S. Ton enthousiasme, ton souci de perfection, ta rigueur mathématique m'ont marqué pour toujours. Mais ce qui m'a le plus touché, c'est ton amitié et la confiance que tu as su me faire à un moment où je doutais.

RESUME

Nous commençons par décrire la notion de MODELE en sciences expérimentales. Nous montrons, en particulier, le rôle capital qu'a joué cette notion dans le développement de la physique. En médecine, nous montrons que cette notion a pour équivalent le DOSSIER. Ce dernier joue un rôle central dans la recherche médicale. Nous finissons cette première partie en décrivant le dossier "Chirurgie vasculaire".

La deuxième partie concerne l'utilisation des dossiers. Nous abordons, tout d'abord, les statistiques à travers l'exemple des proportions. Nous décrivons le type de réponse que nous pouvons obtenir et donnons les limites des résultats statistiques. Nous finissons par l'Analyse des Données qui a fait l'objet d'une publication (4)\*. A l'aide d'un exemple simple, nous décrivons l'Analyse en Composantes Principales, puis nous parlons des indices de corrélation.

I - INTRODUCTION

A la question souvent posée : "La médecine est-elle un art ou une science ?", nous préférons substituer la suivante : "Est-il possible d'aborder la recherche médicale par la méthode scientifique ? " La réponse que nous donnons est positive et c'est l'objet de ce travail.

L'essentiel des progrès réalisés en médecine, ces dernières années, sont directement liés aux progrès faits dans certaines disciplines scientifiques, entre autres : la biologie, la génétique, la pharmacologie. La révolution technologique récente a eu des retombées capitales en médecine, en grande partie à cause de l'enjeu économique qu'elle représente.

Autrement dit, les progrès de la médecine sont dus avant tout aux scientifiques fundamentalistes (ce sont eux d'ailleurs qui ont l'immense majorité des prix Nobel en médecine) et aux ingénieurs. Le médecin, face à ces bouleversements, a certainement changé sa pratique, mais souvent on a l'impression que c'est sous la pression des événements.

Jusqu'aux années 50, la trop grande complexité de la matière médicale échappait aux méthodes scientifiques de l'époque qui étaient mal adaptées. Le médecin était obligé de se fier à son expérience et à son intuition. C'est ce que nous appelons "la méthode intuitive" en opposition à la méthode scientifique que nous allons expliciter plus loin.

Dans la méthode intuitive "la vérité est décrétée" et seule la notoriété de son auteur peut assurer sa longévité. Il n'y a d'ailleurs pas "une vérité" mais plusieurs, souvent contradictoires. Dans ce contexte, les progrès sont nécessairement très lents et en dents de scie.

D'ailleurs, l'histoire des sciences a d'innombrables exemples où la "vérité scientifique" est en totale contradiction avec l'intuition. Ainsi au Moyen-Age, il fallait "être fou" pour penser que la terre était ronde, oser contredire ainsi les apparences. Même la démonstration scientifique ne suffisait pas à convaincre.

A la fin du siècle dernier, Max Planck a introduit en thermodynamique la notion de "quatum d'énergie", pour expliquer les propriétés du "trou noir". Il le fit à contre-cœur car cela choquait son intuition. Il finit par la présenter comme une astuce de calcul, provisoire, en espérant pouvoir s'en passer ultérieurement.

Enfin, au début du siècle, la théorie de la relativité d'Einstein choqua tellement l'intuition des scientifiques, qu'elle fut rejetée par la quasi totalité d'entre eux. Il a fallu attendre cinquante ans pour qu'elle soit reconnue unanimement.

Pourtant dès 1919, lors d'une éclipse de soleil au Brésil, on observait la déviation des rayons lumineux par le champ de gravitation du soleil, prévue par la théorie de la relativité générale.

L'avènement de l'ordinateur et de l'informatique, capables de traiter, de classer, d'analyser en quelques minutes des milliers d'informations ont radicalement changé la situation.



Ainsi toute vérité peut être mise à l'épreuve et vérifiée expérimentalement. Nous nous expliquerons sur ce point par la suite.

Le médecin doit-il pour autant se transformer en informaticien ? La réponse est "NON". L'ordinateur lui impose de changer sa pratique, sa façon de penser, mais son rôle demeure néanmoins capital. Le médecin doit définir les paramètres à tester, recueillir les données, l'informaticien en fera le traitement, enfin c'est au médecin d'en donner l'interprétation.

L'informatique se présente donc comme un instrument puissant au service de la médecine. Elle permet d'introduire la méthode scientifique expérimentale dans la pratique médicale. De même que la machine a transformé la vie de l'homme, l'informatique change la pratique du médecin.

L'introduction des méthodes scientifiques expérimentales en codifiant les méthodes diagnostiques et thérapeutiques, les indications, contribue à éloigner progressivement la recherche médicale du domaine de l'intuition.

Sans pour autant bannir l'intuition qui est indispensable dans la recherche scientifique, toute "vérité" doit être établie et non décrétée. Cela suppose : définir de façon précise les paramètres utilisés avant toute expérimentation. Il est alors possible de répéter les expériences et de comparer les résultats.

Enfin, nous pouvons dire que le monde médical comporte en gros deux populations bien distinctes :

- D'une part, les "médecins" dont le but est de soigner en utilisant les moyens thérapeutiques les plus efficaces possible. Pour cela, ils doivent constamment s'adapter aux progrès de la médecine, qu'ils suivent attentivement.

- D'autre part, les "médecins-chercheurs" qui, non seulement, soignent, mais aussi participent aux progrès dans leur domaine.

Du point de vue administratif, les premiers sont les médecins installés, les seconds, les médecins des C.H.U. En fait, il me semble qu'il s'agit avant tout d'un état d'esprit : les uns ne s'intéressant qu'à l'aspect "soins", les autres introduisant dans leur pratique la dimension "recherche".

C'est, en fait, à ces derniers que s'adresse ce travail. Il s'agit de la contribution modeste à la réflexion sur la pratique médicale de quelqu'un qui a travaillé pendant dix ans en tant que mathématicien au Centre de Physique Théorique de Marseille. Le changement d'orientation, aussi curieux que cela puisse paraître, a été motivé par une fascination qu'exerce la médecine sur un grand nombre de scientifiques. En effet, la médecine contient l'extraordinaire, la passionnante dimension humaine, qu'on ne retrouve nulle part ailleurs, avec autant d'intensité, à cause du combat pour la VIE.

II - NOTION DE MODELE

EN SCIENCES EXPERIMENTALES

Ce chapitre est extrait de (1)\*.

Avant d'aborder la notion de modèle en médecine, il est utile de l'examiner dans le cadre relativement simple des sciences expérimentales et plus particulièrement en physique. La physique a été la première des sciences expérimentales à utiliser cette notion de modèle, ce qui lui a valu un extraordinaire développement : toutes ses innombrables retombées technologiques ont révolutionné la société au cours du siècle.

### 1 - ROLE DES MODELES

Les sciences expérimentales admettent un principe de base : "la nature est régie par des lois qu'il est possible de découvrir".

La méthode employée pour découvrir ces lois est appelée "méthode scientifique" basée sur la notion fondamentale de "modèle".

En effet, toute recherche scientifique comprend deux phases très différentes et indissociables :

- l'observation des faits expérimentaux,
- la construction d'un modèle qui aura deux fonctions :
  - . donner une explication commune à des "faits expérimentaux" apparemment très différents,
  - . prévoir de nouveaux faits expérimentaux encore non observés.

(1)\* Notion de modèle en biomécanique. Application : Modèle à trois dimensions de l'articulation de la hanche". Jérôme Manuceau (en cours de publication).

Citons un exemple pour éclairer ces propos : des phénomènes aussi dissemblables et éloignés, a priori, que la chute d'une pomme, le mouvement des marées et le mouvement des planètes ont été observés pendant des siècles par des milliers d'individus. Ils sont devenus des faits scientifiques seulement lorsque Newton a construit un modèle qui les englobait dans une même explication : la théorie de la gravitation universelle.

Ce modèle a permis de découvrir de nombreux phénomènes jusque là inconnus. L'un des plus spectaculaires a été découvert par Urbain Leverrier (1811-1877) : en 1845, il explique les inégalités de l'orbite d'Uranus par la présence d'une planète dont il calcule les dimensions et la position. L'astronome allemand Johann Galle, sollicité par Leverrier, découvre Neptune, à moins d'un degré de la position calculée.

On peut donc affirmer, qu'il n'y a pas de science expérimentale sans modèle.

## 2 - DEFINITION DU MODELE EN PHYSIQUE

Un modèle est une construction mathématique faite d'un nombre limité d'axiomes.

Un modèle est destiné à décrire un aspect très particulier de la réalité physique. Il ne représente donc pas "la vérité", mais "une petite part" de la vérité.

Ainsi la théorie de la gravitation universelle ne décrit que les mouvements des centres de gravité des corps. La structure du corps lui-même lui échappe complètement. Elle émet l'hypothèse que la masse du corps est concentrée en son centre de gravité. Il s'agit bien d'une caricature de la réalité.

Ainsi un modèle va décrire certains faits expérimentaux et pas d'autres. Dire qu'un modèle est vrai ou faux n'a pas de sens. Aussi faut-il donner la liste, qui ne sera d'ailleurs jamais exhaustive, des faits expliqués par la théorie.

### 3 - EVOLUTION DES MODELES

Un deuxième modèle est un progrès par rapport à un premier, lorsqu'il regroupe, dans une nouvelle explication, les phénomènes expliqués par le premier modèle auxquels s'ajoutent les nouveaux.

Ainsi la théorie de la relativité restreinte a été un progrès par rapport à la théorie de la gravitation universelle. De même la théorie de la relativité générale par rapport à celle de la relativité restreinte.

Certaines théories s'emboîtent les unes aux autres, améliorant ainsi leur performance explicative. Mais il en existe d'autres totalement indépendantes qui décrivent des phénomènes apparemment contradictoires.

Ainsi les aspects ondulatoires et corpusculaires d'une même particule n'ont jamais pu être réunis dans une même théorie. Autrement dit, en physique, il n'existe pas de "théorie unitaire", c'est-à-dire une théorie qui englobe toutes les autres.

En conclusion, nous pouvons affirmer que les sciences expérimentales n'existent qu'à travers leurs modèles et les progrès scientifiques coïncident avec le perfectionnement de ces derniers.

III - NOTION DE MODELE

EN MEDECINE : LE DOSSIER



## 1 - DEFINITION DU DOSSIER

Dans ce chapitre, les phénomènes envisagés sont les maladies. Ils sont infiniment plus complexes que ceux abordés par la physique, et comme pour eux, il est impossible d'envisager chaque maladie dans son ensemble. De ce fait, il faut envisager séparément les différents aspects d'une maladie. Même dans ces conditions, les problèmes demeurent encore très complexes, d'où la nécessité d'introduire la notion de modèle qui consiste à donner au problème envisagé une représentation simplifiée : on choisit une liste de "paramètres" qui caractérisent le mieux possible l'aspect de la maladie en question. Cette liste s'appelle "le dossier médical". En donnant à ce dossier un aspect permettant un traitement informatique (c'est l'objectif poursuivi), il s'appellera alors "dossier médical informatisé". Pour ne pas alourdir le texte, nous dirons plus simplement le mot "dossier"

Insistons sur le fait que le dossier est une représentation caricaturale d'un aspect particulier d'une maladie.

Nous en tirons deux principes importants :

1) - Le dossier ne peut représenter qu'une pathologie restreinte. Vouloir établir le dossier de la maladie vasculaire ou même de la chirurgie vasculaire est une aberration théorique qui aboutirait inéluctablement à un échec. Il faut, par conséquent, délimiter le sujet de façon précise et énoncer clairement ses objectifs.

2) - Le dossier est une représentation schématique, cela signifie qu'il est impossible de tout y rentrer. Aussi il faut faire des choix, éliminer les détails et ne retenir que ce qui semble important en fonction des objectifs fixés.

## 2 - ROLE DU DOSSIER

Le dossier est le point de départ indispensable de toute recherche. Il permet de consigner un grand nombre d'observations. Le traitement statistique réalisé par les différents moyens informatiques peut déboucher sur la découverte des lois qui régissent le phénomène.

Alors une question se pose : Pourquoi les statistiques sont-elles inutiles pour la découverte des lois en physique, alors qu'en médecine elles paraissent indispensables ? C'est la nature même des phénomènes qui est à l'origine de cette contradiction.

Exemple : deux corps identiques, lancés dans les mêmes conditions ont exactement la même trajectoire. En effet, les paramètres suivants : la masse, la forme et la position du corps, la densité atmosphérique, la direction et la force de la projection constituent six paramètres indépendants et exhaustifs qui caractérisent parfaitement la trajectoire du centre de gravité du corps.

En médecine cette situation ne se présente jamais. La liste des paramètres (c'est-à-dire le dossier) n'est jamais exhaustive.

Aussi, deux malades ayant exactement le même dossier à un moment donné, peuvent avoir des évolutions très différentes. Le travail du chercheur consiste à répertorier toutes les évolutions possibles et la fréquence de chacune d'entre elles. D'où la nécessité de faire appel aux statistiques et, par conséquent, de disposer d'un grand nombre d'observations. On comprend pourquoi toutes les publications sur des cas rares ou comportant un petit nombre d'observations ont un intérêt scientifique très limité.

Ainsi, l'exploitation du dossier nous amène à mieux définir la maladie (diagnostic), à mieux apprécier sa gravité (pronostic), à choisir le plus objectivement possible le traitement (indication), à apprécier son efficacité immédiate (résultat) et enfin à suivre son évolution lointaine.

### 3 - QUALITE DU DOSSIER

Tout d'abord une remarque : des calculs justes et très sophistiqués faits à partir d'observations fausses ou biaisées donnent toujours des RESULTATS FAUX.

On peut affirmer, sans risque d'erreur, que la qualité d'un travail de recherche dépend de la qualité du dossier et des observations qu'il va permettre. Toute la difficulté réside dans l'établissement de ce dossier. En effet, les méthodes statistiques étant parfaitement codifiées, un statisticien n'aura jamais de mal à résoudre cet aspect du problème.

Quels sont les critères pour qu'un dossier soit considéré comme satisfaisant ?

Nous en retiendrons quatre :

Premier critère :

Il est indispensable que tous les paramètres du dossier soient parfaitement définis. Ces définitions doivent être objectives, La part de subjectivité, quand elle existe, doit être minime, sinon les résultats reflètent la psychologie du chercheur et le travail perd de son intérêt. De ce fait, les statistiques rétrospectives n'ont de sens que si elles portent sur des critères explicites et objectifs des dossiers étudiés (exemple : la date du décès). C'est rarement le cas, aussi tout travail rétrospectif est a priori suspect.

Le choix des paramètres est arbitraire et cela n'a aucune importance si les autres critères sont satisfaits.

Deuxième critère :

Le nombre de paramètres choisis doit être suffisamment grand pour que la pathologie représentée par le dossier soit "correctement décrite". Que signifie "correctement décrite" ? Prenons un exemple simple déjà évoqué : deux malades ayant le même dossier initial peuvent avoir des évolutions très différentes. La description sera considérée comme correcte si la "dispersion" (au sens statistique du terme) des évolutions est faible pour tous les malades ayant le même dossier initial. Autrement dit, des malades ayant la même maladie selon le dossier, doivent avoir des évolutions voisines.

On peut penser qu'en augmentant le nombre de paramètres, on obtienne une description encore plus fidèle de la maladie. En théorie, cela est juste mais en pratique, on s'aperçoit que, dès que le nombre de paramètres devient "assez grand", la lourdeur du dossier paralyse complètement tout travail sérieux. D'où l'obligation de choisir au départ un nombre restreint de paramètres, ce choix étant nécessairement arbitraire.

Troisième critère :

Les paramètres doivent être indépendants ou peu corrélés. En effet, si "l'information" apportée par un paramètre est déjà presque entièrement contenue dans d'autres, il faut rejeter ce dernier paramètre. Ainsi, on diminue le nombre de paramètres sans altérer la qualité du dossier.

Cependant, on ignore les corrélations entre les paramètres, au moment de l'établissement du dossier. C'est le traitement statistique des observations qui les calculera.

Quatrième critère :

Les paramètres qui n'ont pas une influence sensible sur la pathologie doivent être abandonnés.

Là aussi, l'importance d'un paramètre n'apparaît qu'après traitement statistique d'un grand nombre d'observations.

Le nombre de paramètres choisis est donc soumis à deux impératifs : qu'il soit "suffisamment grand" pour que la description

soit correcte et à la fois "suffisamment petit" pour que le dossier soit praticable. Ce nombre n'est pas connu a priori. Dans le premier dossier s'expriment l'expérience et l'intuition du médecin. Ensuite le traitement statistique permet de le transformer en choisissant des paramètres peu corrélés entre eux et ayant une influence sensible sur le phénomène étudié.

En conclusion : le dossier est à la base de toute recherche médicale. C'est l'équivalent du modèle en physique. Et de même qu'il n'existe pas de "théorie unitaire" en physique, il ne peut pas exister de "dossier médical global". On doit se contenter de dossiers limités à des aspects particuliers d'une pathologie. Leur établissement est, de toute façon, très complexe et ne peut se faire que par tâtonnements.

Le succès d'un dossier sera obtenu lorsqu'il permettra de comprendre les lois qui régissent la maladie concernée et de déduire des méthodes thérapeutiques efficaces. Le traitement statistique étant le principal instrument d'analyse des observations.

IV - LES DOSSIERS :

"CHIRURGIE VASCULAIRE"

## 1 - PATHOLOGIE ETUDIEE

Dans un premier temps, nous nous limitons exclusivement aux artériopathies sous rénales obstructives, anévrismales et microemboliques. Les dossiers des artériopathies supra aortiques (en particulier carotidiennes) et rénales étant en cours d'établissement.

L'aspect particulier qui nous intéresse est la chirurgie.

Donc l'objectif est clair : constituer un ensemble de dossiers concernant l'aspect chirurgical des artériopathies qui semblent les plus accessibles à l'expérimentation.

## 2 - METHODE D'ETABLISSEMENT DES DOSSIERS

Il s'agit d'un travail d'équipe auquel ont participé les Professeurs Imbert, Mercier et Tournigand ainsi que les Docteurs Mathieu, Piquet, Ocana et Josso. Nous avons essayé de respecter deux objectifs :

- 1) - Ne garder que les paramètres qui nous semblent essentiels.
- 2) - Présenter l'ensemble des dossiers de façon aussi pratique que possible vis-à-vis du traitement informatique.

Ce dossier est actuellement "mis à l'épreuve" avant d'en donner une version logicielle.



### 3 - STRUCTURE DES DOSSIERS

Ces dossiers concernent les malades hospitalisés en vue d'une exploration ou d'un traitement chirurgical. Il s'agit d'un ensemble de fiches indépendantes les unes des autres. De façon à sauvegarder une certaine facilité d'utilisation, chaque fiche est remplie à un moment bien précis de l'hospitalisation. En outre, cela permet d'économiser le plus de mémoire possible puisque pour chaque malade on ne remplit pas toutes les fiches.

Examinons une à une chaque fiche.

#### 3 - 1 - Identification du patient (page 31)

C'est la première fiche ou plus précisément la page de garde de la chemise contenant toutes les fiches. Elle donne les renseignements administratifs du patient, son numéro de dossier ainsi que celui de chaque fiche constituant le dossier. Nous proposons comme numéro de dossier deux nombres et une lettre : le premier nombre (1) est l'année de la première hospitalisation, le deuxième nombre (2) est le numéro d'ordre de cette hospitalisation et la lettre (H ou F) indique le sexe.

#### 3 - 2 - Clinique (page 32)

Comme toutes les fiches, elle comporte une brève identification du malade et surtout le numéro d'hospitalisation. Ce dernier comprend trois nombres : le premier est le nombre d'hospitalisations à ce jour, le deuxième est la date de cette dernière hospitalisation, le troisième est le numéro de la fiche (il s'agit du numéro 1).

Chaque paragraphe non rempli signifie que la manifestation clinique correspondante est absente.

Précisons quelques termes :

1) - les manifestations d'ischémie aiguë

Elles sont de type sub-aigu si une intervention ne s'impose pas en urgence.

Elles sont de type aigu si le membre est en danger dans l'immédiat, auquel cas l'intervention s'impose en urgence.

L'ischémie est de type dépassé si le traitement aboutit nécessairement à une amputation de jambe ou de cuisse.

Ce paramètre n'est évidemment pas objectif.

2) - la classification en stades est classique.

Stade 1 : absence de signes cliniques.

Stade 2 : présence d'un périmètre de marche parfaitement standardisé par les épreuves fonctionnelles.

Stade 3 : Présence d'une douleur de décubitus.

Stade 4 : Présence de lésions cutanées, spontanées en rapport direct avec l'ischémie des téguments. (Il faut donc exclure les lésions traumatiques qui ne cicatrisent pas et les lésions microemboliques).

### 3) - les qualificatifs d'un anévrisme

Un anévrisme est dit silencieux si le patient ne ressent aucune douleur.

Un anévrisme est rompu en présence de signes d'hémorragie interne imposant une intervention en urgence.

### 3 - 3 - Paraclinique (page 34)

Cette fiche porte le numéro 2. Le paragraphe principal concerne les résultats. La classification du degré de sténose artérielle que nous avons adoptée est inspirée de (2)\*. Nous n'avons pas utilisé exactement la même numérotation. En effet, le choix fait par les auteurs de (2)\*est lié à la définition de la notion de "run off" ou "résistance en aval". Nous y reviendrons dans le paragraphe 3 - 4. En fait, il n'existe pas une numérotation meilleure qu'une autre ; aussi le codage employé aurait pu être remplacé par des lettres ou par tout autre système.

### 3 - 4 Traitement chirurgical (page 36)

Cette fiche regroupe six pathologies numérotées de 3 à 8, selon le type et le siège de la pathologie traitée. Elles visent à remplacer le protocole opératoire en codifiant le geste technique et les suites immédiates le plus précisément possible.

(2)\*Suggested standards for reports dealing with lower extremity ischemia : Journal of vascular surgery vol. 4, Number 1, July 1986

Le paragraphe 2 indique s'il s'agit d'une reprise chirurgicale ou de l'échec d'une angioplastie trans-luminale (ATL).

Le paragraphe 3 est le geste technique codifié.

Dans le paragraphe 4, on "mettra en clair" ce qui manque au paragraphe 3 (en particulier la marque précise de la prothèse).

Le paragraphe 6 indique le "run off" tel qu'il est défini dans (2)\*.

Cette définition qui a le mérite d'exister, comporte cependant une erreur conceptuelle. En effet, les chiffres représentant le degré de sténose ne sont pas des "nombres" mais des "codes", comme nous l'avons déjà dit. Par conséquent, il est interdit de faire des calculs avec ces chiffres de même qu'il ne viendrait à l'idée de personne de faire des calculs avec des lettres.

La définition devient particulièrement absurde lorsqu'ils calculent la résistance en aval de l'aorte ( $R_0$ ), en fonction des résistances en aval des artères iliaques primitives droite et gauche ( $R_1$  et  $R_2$ ). Pour cela, ils utilisent la formule des résistances en mécanique des fluides : 
$$\frac{1}{R_0} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Or, d'après leur définition, la résistance en aval d'une artère varie de 1 (quand le champ en aval est normal) à 10 (quand le champ en aval est totalement obstrué).

On voit d'après cette formule que si les iliaques sont normales, alors on a :  $\frac{1}{R_0} = \frac{1}{1} + \frac{1}{1} = \frac{2}{1}$  d'où  $R_0 = \frac{1}{2} = 0,5$ . Ce chiffre est absurde puisque selon leur définition, les résistances en aval varient de 1 à 10.

D'autre part, si les deux iliaques sont bouchées, on trouve :  $\frac{1}{R_0} = \frac{1}{10} + \frac{1}{10} = \frac{2}{10} = \frac{1}{5}$  d'où  $R_0 = 5$  alors qu'on devrait obtenir  $R_0 = 10$ .

On arrive à une contradiction flagrante par rapport à la définition, puisque selon les calculs, la résistance en aval de l'aorte ( $R_0$ ) varie de 0,5 (quand le champ en aval est normal) à 5 (quand le champ en aval est totalement obstrué).

La connaissance des résistances (au sens de la mécanique des fluides) en aval de l'extrémité distale d'une prothèse est très importante. En effet, elle permet de choisir le diamètre de la prothèse afin que la vitesse circulatoire dans la prothèse soit voisine de la vitesse physiologique. Une prothèse de trop grand diamètre entraîne un ralentissement de la circulation sanguine, augmentant ainsi le risque de thrombose, alors qu'un trop petit diamètre diminue le débit en aval.

Actuellement, l'institut de la mécanique des fluides met au point un appareillage simple qui permettra la mesure per-opératoire de la résistance en aval du siège d'implantation de l'extrémité distale d'une prothèse.

Rappelons la formule  $P_t = R Q_t$  où  $P_t$  est la pression à l'instant  $t$ ,  $Q_t$  le débit à l'instant  $t$  et  $R$  la résistance. La pression est donc proportionnelle au débit, le coefficient de proportionnalité étant la résistance. Cette résistance est théoriquement constante, mais dans le cas précis qui nous intéresse, c'est faux à cause de la vasomotricité artérielle. Aussi, pour échapper à cette difficulté, la mesure des résistances pourrait se faire sous vasodilatateurs.

Le paragraphe 7 concerne le paramètre "anticoagulation post-opératoire". L'attitude des chirurgiens vasculaires est très variable sur ce point qui n'est pourtant pas un détail. Aussi tenterons-nous d'élucider ce problème en introduisant ce paramètre dans la fiche.

Le paragraphe 8 concerne les complications précoces, c'est-à-dire celles qui surviennent au cours du mois qui suit l'intervention. Elles comprennent, d'une part, les complications locales vasculaires et non vasculaires, ainsi que les conséquences thérapeutiques qu'elles entraînent. D'autre part, les complications systémiques et le décès.

Rappelons que cette fiche ne concerne qu'une seule intervention. Dans le même temps opératoire, si deux interventions sont faites (exemple : une fourche aortique et un pont fémoro-poplité droit), on remplira deux fiches. En cas de reprise pour une complication (exemple : une thrombose), si le geste est limité (exemple : une désobstruction), l'incident sera signalé dans les complications

et on ne remplira pas une autre fiche. Par contre, si on change de "stratégie" (exemple : changement du type de prothèse ou du siège d'implantation), on remplira une nouvelle fiche en indiquant qu'il s'agit d'une reprise.

3 - 5 - Eléments pronostics (page 38)

Cette fiche regroupe deux pathologies numérotées 9 et 10. La pathologie numérotée 9 a un paragraphe 2 allégé et le paragraphe 3 n'existe que dans la pathologie numérotée 10. Cette fiche devrait être remplie par l'anesthésiste. D'ailleurs, il existe dans le service du Professeur Imbert, une fiche d'anesthésie beaucoup plus complète mise au point par les anesthésistes eux-mêmes.

4 - LE DOSSIER

# CHIRURGIE VASCULAIRE

NOM :

NOM D'EPOUSE :

PRENOM :

DATE DE NAISSANCE :

NUMERO INSEE :

ADRESSE :

TEL. :

PROFESSION :

MEDECIN TRAITANT :

SPECIALISTE :

CONTENU DU DOSSIER :

(4)	(5)	(6)							
-----	-----	-----	--	--	--	--	--	--	--

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

(1) Année de la première hospitalisation

(2) Numéro d'ordre de cette hospitalisation

(3) Sexe (H ou F)

(4) Nombre d'hospitalisations à ce jour

(5) Date de la dernière hospitalisation

(6) Type de fiche



NOM :

NOM D'EPOUSE : 32 -

N° DOSSIER

PRENOM :

AGE :

N° HOSPITAL.

ARTERIOPATHIE AORTO-ILIAQUE  
ET DES MEMBRES INFERIEURS

C L I N I Q U E

1. MANIFESTATIONS MICRO-EMBOLIQUES

(orteils bleus, nécrose suspendue, livédo)

D = M.I. droit, G = M.I. gauche, B = bilatéral.

2. MANIFESTATIONS d'ISCHEMIE AIGUE

D     G  
type siège

type : 1 = sub-aigue, 2 = aiguë, 3 = dépassée;

siège : 1 = pouls poplité présent, 2 = poplité absent et fémoral présent, 3 = fémoral absent.

3. MANIFESTATIONS d'ISCHEMIE CHRONIQUE

3. 1. Classification (stade)

D   G

3. 2. Explorations fonctionnelles :

\* périmètre de marche (en mètres)

\* pression au bras (systolique)

\* i.p.r. (ou pressions aux chevilles) avant effort

D   G

après effort

D   G

4. MANIFESTATIONS ANEVRYSMALES

4. 1. Aortique

4. 2. Fémoral

D   G

4. 3. Poplité

D   G

1 = silencieux, 2 = douloureux, 3 = rompu.

5. TROUBLES SEXUELS

T.S.V.P.

## 6. ANTECEDENTS CHIRURGICAUX

### 6. 1. VASCULAIRES

\* carotidiens (siège)

D = droit. G = gauche. B = bilatéral

\* autres troncs supra Ao (siège)

\* coronariens

\* aorto-iliaques

\* artères viscérales

\* artères périphériques des M.I. (siège)

### 6. 2. ABDOMINAUX NON VASCULAIRES



ARTERIOPATHIES AORTO-ILIAQUE ET DES  
MEMBRES INFERIEURS

P A R A C L I N I Q U E

1. MOYENS

Artériographie  Echographie  Scanner   
R M N  Plaquettes marquées  Autre

2. RESULTATS

0. Aorte coeliaque		
1. Aorte sous-rénale		
2. Mésentériques Supérieure, Inférieure	S	I
3. Rénales	D	G
4. Iliques primitives	D	G
5. Iliques externes	D	G
6. Iliques internes	D	G
7. Fémorales communes	D	G
8. Fémorales profondes	D	G
9. Fémorales superficielles	D	G
10. Poplitées	D	G
11. Tibiales antérieures	D	G
12. Tronc tibio-péronier	D	G
13. Tibiales postérieures	D	G
14. Péronières	D	G
15. Arcades plantaires	D	G

0 = Sténose < 20 %,  
1 = Sténose entre 20 et 50 %  
2 = Sténose > 50 %  
3 = occlusion sur moins de la moitié de la longueur avec collatérales visibles  
4 = occlusion sur toute la longueur  
A = anévrysme, suivi du Ø pour l'aorte sous-rénale  
E = artérite emboligène

T.S.V.P.

3. D I A G N O S T I C

3.1. Artériopathie aorto-iliaque : \* oblitérante

\* anévrysmale

\* emboligène

3.2. Artériopathie du membre inférieur droit :

\* oblitérante

\* anévrysmale

\* emboligène

3.3. Artériopathie du membre inférieur gauche :

\* oblitérante

\* anévrysmale

\* emboligène

NOM :

NOM D'EPOUSE : 50

N° DOSSIER

PRENOM :

AGE :

N° HOSPITALISAT.

ARTERIOPATHIE AORTO-ILIAQUE	(OBLITERANTE	3
	(ANEVRYSMALE	4
	(EMBOLIQUE	5
ARTERIOPATHIE DES MEMBRES	(OBLITERANTE	6
INFERIEURS	(ANEVRYSMALE	7
	(EMBOLIQUE	8

T R A I T E M E N T
C H I R U R G I C A L

1. DATE

2. ANTECEDENTS MEME TERRITOIRE : Chirurgicaux   
Angioplastie trans-luminale (ATL) 

3. GESTE TECHNIQUE

3.1. Contexte

1 = électif, 2 = semi-urgent, 3 = urgent

3.2. Voie\* première case : 1 = xypho-pubienne, 2 = transverse,  
3 = sous-péritonéal, 4 = Scarpa, 5 = autre.

\* deuxième case : le côté D ou G s'il y a lieu.

3.3. Technique1 = endartériotomie, 2 = thrombectomie, 3 = embolectomie,  
4 = pontage anatomique, 5 = pontage extra-anatomique, 6 = exclusio  
pontage, 7 = mise à plat greffe, 8 = résection greffe, 9 = autre.3.4. Matériel\* première case : 0 = aucun, 1 = Dacron tissé, 2 = Dacron  
tricoté, 3 = PTFE, 4 = veine ombilicale, 5 = veine in situ,  
6 = veine inversée, 7 = autre.

\* deuxième et troisième cases : diamètre proximal

\* quatrième et cinquième cases : diamètre distal pour les  
fourches.3.5. Siège de la principale lésion traitée\* première case : numéro du segment artériel défini dans la  
paraclinique. En cas de lésions multiples, marquer M.

\* deuxième case : côté D ou G, s'il y a lieu.

3.6. Anastomose proximale\* première case : A = axillaire, B = thoracique ascendante,  
C = thoracique descendante; pour les autres segments artériels,  
utiliser leur numéro (voir paraclinique).

\* deuxième case : côté D ou G, s'il y a lieu.

\* troisième case : le mode, 1 = termino-terminal, 2 = termin  
latéral, 3 = latéro-latéral.3.7. Anastomose distale (voir 3.6.)3.8. Gestes associés (au maximum quatre)\* première case : 1 = rénal, 2 = mésentérique supérieure, 3 =  
mésentérique inférieure, 4 = hypogastrique, 5 = restauration du tré  
pied fémoral, 6 = sympathectomie, 7 = angioplastie trans-luminale  
(ATL), suivi du numéro du segment artériel concerné, 8 = autre.\* deuxième case : côté D ou G s'il y a lieu, sauf pour 7  
(ATL).

4. PARTICULARITES OPERATOIRES (complément au protocole)

5. ANATOMOPATHOLOGIE

1 = artériopathie athéromateuse, 2 = artériopathie diabétique,  
3 = dysplasie, 4 = Takayasu, 5 = Burger, 6 = autre.

6. RESISTANCES EN AVAL (run off)

7. ANTICOAGULATION post-opératoire : \* nombre de jours

\* type

1 = anti-agrégant plaquettaire, 2 = isocoagulation (TCK < 40")  
3 = TCK compris entre 40 et 60, 4 = TCK > 60".

8. COMPLICATIONS PRECOCES

8.1 Locales vasculaires : \* infection de prothèse   
\* hémorragie anastomose   
\* thrombose   
\* athéro thrombo embolique   
\* ischémie colique   
\* ischémie médullaire   
\* ischémie musculaire

8.2 Locales non vasculaires : \* hématome   
\* lymphocèle   
\* infection   
\* trauma urétéral

8.3 Conséquences thérapeutiques : \* reprise   
\* aponévrotomie   
\* amputation   
\* autre

8.4 Systémiques : \* H T A   
\* cardiaques   
\* phlébites   
\* pulmonaires   
\* troubles de la coagulation   
\* insuffisance rénale   
\* insuffisance hépatique   
\* septicémie

8.5 Décès : \* nombre de jours depuis l'intervention   
\* cause présumée (en clair) :

NOM :

NOM D'ÉPOUSE :

N° DOSSIER

\_\_\_\_\_

PRENOM :

AGE :

N° HOSPITALISATION

\_\_\_\_\_

ARTERIOPATHIE AORTO - ILIAQUE

9

ARTERIOPATHIE DES MEMBRES INFÉRIEURS

10

E L E M E N T S                      P R O N O S T I C S

I - PRE - OPERATOIRE

- I-1. TABAC paquets années
- I-2. DIABETE   
I= non-insulinodpdt, 2= insulinod., 3= juvenil
- I-3. HYPERLIPIDEMIE   
I= régime seul, 2= type 2,3 ou4 + régime, 3=régime + TRT
- I-4. H T A   
I= monoTRT, 2= biTRT, 3= triTRT, 4= non contrôlée
- I-5. CARDIOPATHIE   
I= stable, 2= instable
- I-6. MALADIE CAROTIDIENNE   
I= souffle asymptomatique, 2= AIT, 3= séquelles AVC
- I-7. NEPHROPATHIE   
I= créatinine + de I20
- I-8. PNEUMOPATHIE   
I= dyspnée modérée, 2= entre I et 3, 3= CV < I,8 l, ou VEMS < 850 cc, ou PCO2 > 45 T
- I-9. HEPATOPATHIE   
I= tr. bio. mineurs, 2= cirrhose compensée, 3= cir. décomp.
- I-10. OBESITE   
Poids: \_\_\_\_\_ kg, Taille: \_\_\_\_\_ m, BMI = Poids / (taille)<sup>2</sup>  
I= BMI < 30, 2= BMI > 30,
- I-II. ACTIVITE PHYSIQUE   
I= activité en rapport avec l'âge, 2= autonome mais ne peut pas quitter son domicile sans aide, 3= grabataire
- I-12. EVALUATION DU RISQUE   
I= un critère, 2= deux critères, 3= + de deux crit.  
§- cardiopathie instable, HTA non contrôlée,  
FE < 40%, VEMS < 35%, âge > 70, BMI > 30,  
P02 < 60, grabataire, autre maladie évolutive,

2 - PER - OPERATOIRE

2-1. Temps de clampage (mn) :

AO supra coeliaque , AO supra rénale ,  
 A R D , A R G , AO sous rénale ,  
 M I D , M I G ,

2-2. Héparine per-op. , Protamine ,2-3. ATBprophylaxie 

2-4. Pertes:

Sang:  cc , Urines  cc,

2-5. APPORTS:

C G:  , P F C : ,

2-6. AUTOTRANSFUSION

Nombre de poches 

2-7. DUREE DE L'INTERVENTION

  
h mm3 - POST - OPERATOIRE (réanimation)

3-1. DUREE

j.

3-2. Complications:

HTA  , Cardiopathie  , Pneumopathie  ,  
 Néphropathie  , Digestive  , Cérébrale  ,  
 Autre  ,

3-3. Décès:

Cause présumée en clair :



## 5 - EVOLUTION DU DOSSIER

Aucun dossier ne peut être définitif, il évoluera à la lumière des observations futures et de leur traitement statistique. Il s'enrichira des nouvelles questions qu'on se posera, des nouveaux aspects de la maladie vasculaire que l'on voudra aborder.

L'essentiel est que le nouveau dossier soit compatible avec les précédents de façon à pouvoir exploiter l'information qu'ils contiennent.

Le dossier présent est exclusivement un dossier d'hospitalisation. Il devra être complété par :

1) - une fiche de consultation qui permettra de suivre un malade non hospitalisé, traité médicalement.

2) - une fiche résultat (de l'intervention). En effet, l'intervention constitue une rupture, une discontinuité dans l'évolution de la maladie. On passe brutalement d'un état pathologique à un état normal très différent. Cette fiche vise à apprécier ce changement. Elle sera remplie six mois après l'intervention et permettra alors de comparer les mérites immédiats des différentes indications.

3) - une fiche évolution qui sera proche de la précédente. Au début, elle sera remplie tous les six mois (pendant les deux premières années environ), puis tous les ans. Elle permettra de suivre le devenir, à long terme, des différents choix thérapeutiques.

V - STATISTIQUES

Il ne s'agit pas ici d'un cours de statistiques mais de tenter d'expliquer à des non initiés l'esprit d'utilisation des statistiques à travers l'exemple des proportions.

### 1 - ROLE DES STATISTIQUES

Dans ce qui précède, nous avons dit que deux malades ayant le même dossier au moment de l'hospitalisation et le même traitement, peuvent avoir des évolutions très différentes. Cela est dû au fait que nous ne connaissons pas tous les paramètres dont dépend la pathologie étudiée.

L'étude statistique permettra de répertorier les différentes évolutions possibles et de calculer la probabilité de chacune d'elles. On pourra ainsi juger, de façon plus objective, la valeur des différentes indications.

### 2 - VALEUR D'UNE PROPORTION

Rappelons que les statistiques ne se résument pas à des proportions, comme cela se voit dans bien des publications. On peut même affirmer qu'une proportion donnée sans autre précision a une valeur scientifique nulle. Par exemple, affirmer qu'on a 90 % de bons résultats ne nous apprend rien si l'on ne précise pas au minimum la taille de l'échantillon étudié. Le résultat est complet lorsqu'on donne le "coefficient de confiance" et "l'intervalle de confiance".

Nous allons étudier ces deux notions :

En physique, aucun instrument de mesure n'est parfait. Par conséquent, aucune mesure ne peut être parfaitement juste, il y a toujours une erreur dont la valeur maximale est une caractéristique de l'appareil de mesure. Il est donc indispensable de connaître cette valeur maximale.

La situation est comparable en statistique. Pour bien comprendre, prenons un exemple : supposons qu'il s'agisse d'un sondage d'opinion et que nous voulons connaître le pourcentage de voix qu'obtiendra un candidat le jour des élections. Pour cela, nous disposons d'un très petit nombre de futurs électeurs (environ 1.000 pour les sondages les plus sérieux). A partir de leurs intentions de vote, nous voulons déduire les résultats de 25 à 30 millions d'électeurs. On voit la disproportion des chiffres et il est normal, a priori, de rester sceptique à l'annonce des résultats du sondage. En fait, "la loi des grands nombres" et l'"inférence statistique" démontrent qu'on peut prévoir, dans une certaine mesure, les résultats de l'élection à partir des résultats donnés par le sondage. Plus précisément, si  $p$  est le pourcentage donné par le sondage et  $\omega$  le pourcentage (inconnu) qui sera obtenu par le vote, l'inférence statistique donne ce type de réponse :

Nous avons 95 % de chance pour que  $\omega$  soit égal à  $p \pm r$ ,  $r$  étant l'erreur maximale pouvant être commise.

Une formulation équivalente :

Nous avons 5 % de chance de nous tromper en affirmant que  $\theta$  appartient à l'intervalle  $I = [p - r, p + r]$ . I s'appelle l'"intervalle de confiance" et les 5 % représentent le "coefficient de confiance". Ainsi le pourcentage  $p$ , calculé à partir d'un échantillon, n'est jamais égal au pourcentage  $\theta$  que nous cherchons. La seule chose que nous pouvons affirmer, c'est que si nous recommençons ce sondage un très grand nombre de fois, la valeur  $p$  trouvée différerait d'une quantité inférieure à  $r$ , dans 95 % des cas.

C'est le statisticien qui choisit la valeur du "coefficient de confiance". Nous l'avons pris ici égal à 5 % , c'est d'ailleurs la valeur qu'on lui donne le plus souvent. Plus l'échantillon est grand et plus on peut choisir un coefficient de confiance plus petit. En effet, il faut savoir que :

1) - pour un coefficient de confiance donné, l'erreur  $r$  est d'autant plus petite que l'échantillon est grand ; autrement dit,  $p$  est d'autant plus proche de  $\theta$  .

2) - pour un échantillon donné, l'erreur  $r$  est d'autant plus petite que le coefficient de confiance est grand ; et inversement, si on diminue le coefficient de confiance, on augmente l'erreur.

En médecine, l'échantillon est l'ensemble des malades ayant un dossier. La population est constituée par l'ensemble de tous les malades (présents et futurs) et leur nombre peut être considéré comme infini.

Si la proportion  $p$  sur l'échantillon est accessible, par contre la proportion  $\varpi$  sur la population restera toujours inconnue. Par conséquent, on n'aura jamais l'occasion de vérifier une affirmation statistique faite à partir d'un échantillon. C'est la raison pour laquelle la rigueur la plus stricte doit être exigée pour tout travail statistique.

### 3 - REMARQUE

Nous avons vu précédemment que pour un coefficient de confiance donné, l'erreur  $r$  est d'autant plus petite que l'échantillon est grand. L'inverse est vrai aussi : plus l'échantillon est petit, plus l'erreur est grande. Il est évident que si l'erreur est trop grande, le résultat  $p$  n'a plus aucun intérêt puisqu'il peut être très éloigné de la valeur  $\varpi$  recherchée.

On comprend pourquoi les statistiques faites sur des échantillons trop petits n'ont aucun sens. Tous les tests dits "des petits nombres" qui fleurissent dans la littérature médicale n'ont de scientifique que l'apparence.

Disons, pour fixer les idées, que souvent un échantillon peut être considéré comme "suffisamment grand", lorsqu'il contient plus de 50 ou 60 individus.

#### 4 - COMPARAISON DE DEUX PROPORTIONS

Supposons que l'on calcule la même proportion sur deux échantillons différents et que l'on trouve deux résultats  $p_1$  et  $p_2$  différents. Si  $p_1 \geq p_2$ , peut-on affirmer que le premier résultat est meilleur que le second ? Pour pouvoir répondre, il faut calculer l'intervalle de confiance de  $p_1$  et  $p_2$ , pour un coefficient de confiance commun noté  $\gamma$ . Si ces deux intervalles se coupent, on dit que la différence  $p_1 - p_2$  "n'est pas significative" pour le coefficient de confiance  $\gamma$ . S'ils sont disjoints, on dit que la différence "est significative" pour le coefficient  $\gamma$ .

Nous n'aborderons pas les autres théories de l'inférence statistique, tels les tests d'hypothèse, le test de  $\chi^2$  et l'analyse de variance. C'est nettement plus complexe et n'a pas sa place dans cet exposé.

#### 5 - CONCLUSION

On entend souvent dire qu'on peut démontrer n'importe quoi avec des statistiques. Cette assertion est inexacte et nous dirons plutôt qu'on peut démontrer n'importe quoi avec de fausses statistiques. Nous pouvons même ajouter qu'il est souvent difficile de découvrir les erreurs dans les travaux statistiques mal présentés.

On peut considérer que la rigueur mathématique est respectée dans un travail statistique s'il vérifie les conditions suivantes :

1) - on doit connaître la taille de l'échantillon (c'est-à-dire le nombre d'individus) et le mode de sélection des individus.

Ce deuxième point, souvent passé sous silence, est pourtant très important. Il est très facile d'introduire à ce niveau un biais statistique (sans s'en rendre compte), et fausser ainsi tous les résultats.

2) - il faut définir de façon très précise les paramètres que l'on veut tester.

3) - les méthodes thérapeutiques doivent faire l'objet d'un protocole d'application très précis. Les résultats doivent être comparés, chaque fois que c'est possible, à ceux obtenus par des méthodes placebo.

4) - les méthodes statistiques utilisées doivent être clairement annoncées, de façon que les calculs puissent être vérifiés.

5) - enfin, dans l'énoncé des résultats, il faut bien séparer le résultat statistique, en principe objectif, de l'interprétation de ce dernier souvent entaché de subjectivité.

Malgré toutes ces précautions, n'oublions pas que les statistiques ne donnent jamais LA VERITE, mais une PROBABILITE D'APPROCHER LA VERITE. Elles constituent donc un pari, que le résultat cherché est "suffisamment proche" du résultat correspondant, calculé sur l'échantillon avec une probabilité d'erreur appelée "coefficient de confiance" que nous choisissons.



Et même si ce coefficient est petit, il est parfaitement possible que notre résultat soit FAUX. D'où l'importance que les expérimentations soient reproductibles et vérifiées par plusieurs équipes.

Les statistiques constituent un instrument de mesure très imparfait. Il faut toujours recueillir ses résultats avec scepticisme, même si toutes les conditions de sérieux sont réunies. Une loi peut être considérée comme acquise qu'après avoir été vérifiée par plusieurs équipes dans des conditions d'expérimentation rigoureusement identiques.

VI - ANALYSE DES DONNEES

Un travail scientifique ne contient pas nécessairement des résultats chiffrés. Inversement, un travail qui contient des résultats chiffrés n'est pas nécessairement scientifique, même s'il en a l'apparence.

L'"Analyse des Données" est une méthode d'analyse qualitative, ce qui n'enlève rien à son intérêt. Il s'agit d'une théorie relativement jeune qui a pris son essor avec l'apparition des ordinateurs. Ces derniers ont permis d'analyser de grands tableaux de données. Un des ouvrages le plus complet et le plus récent qui la présente est (3)\*.

Le travail (4)\* dont nous donnons ici les principaux résultats a été motivé par trois inconvénients majeurs que présente l'Analyse des Données vis-à-vis des problèmes posés par la médecine.

1) - l'Analyse des Données privilégie les paramètres quantitatifs, alors qu'en médecine, la plupart des paramètres sont qualitatifs. Elle est, par exemple, incapable d'étudier simultanément plus de deux paramètres qualitatifs.

2) - l'Analyse des Données est rapidement bloquée dès que le nombre d'individus dépasse 15 ou 20. Or, nous avons vu au chapitre précédent que toute étude portant sur un petit nombre de patients n'a pas un grand intérêt scientifique.

(3)\* Introduction à l'Analyse des Données : F. Cailliez et J.P. Pages SMASH 1976.

(4)\* Décomposition canonique d'un opérateur et son application en Analyse des Données : Jérôme Manuceau. Publication UER Mathématiques. Université Aix-Marseille I - 1986.

3) - comme nous l'avons déjà dit, l'Analyse des Données apporte une information purement qualitative.

Il était donc important, si on voulait utiliser cette théorie, de l'adapter aux problèmes spécifiques que pose la médecine.

Actuellement, la mise au point d'un logiciel permettant l'analyse des dossiers de chirurgie vasculaire, selon cette théorie, est en cours.

## 1 - FONDEMENTS DE LA THEORIE

Ma contribution aux fondements de cette théorie est double : d'une part, l'établissement des conditions de validité de la théorie, d'autre part, la simplification du formalisme.

### 1 - 1 - Conditions de validité

Pour tout modèle mathématique, on doit démontrer les théorèmes d'unicité. Nous allons nous expliquer :

Un système statistique est un ensemble de paramètres définis sur un ensemble d'individus. Dans notre cas, un système statistique est donc un ensemble de malades traités (ensemble des individus) et un certain nombre de paramètres du dossier que nous voulons tester.

L'Analyse des Données consiste à donner une représentation géométrique du système statistique. Les théorèmes d'unicité consistent à démontrer que tout système statistique n'admet qu'une seule représentation et que deux systèmes statistiques différents admettent deux représentations différentes.

Aucun modèle mathématique n'a d'intérêt si on ne démontre pas ces théorèmes. C'est ce que nous avons fait en donnant, en outre, les limites de validité de cette théorie. Les systèmes statistiques sur lesquels la théorie est applicable ont été appelés "systèmes statistiques non dégénérés".

### 1 - 2 - Formalisme

Nous avons montré que toute la théorie pouvait s'exprimer sans utiliser les espaces duals, ce qui simplifie considérablement le formalisme. On n'utilise plus que deux espaces vectoriels au lieu de quatre.

## 2 - ANALYSE EN COMPOSANTE PRINCIPALE (ACP)

### 2 - 1 - Description de la théorie

C'est la représentation la plus importante de l'Analyse des Données. Elle consiste à représenter l'ensemble des paramètres comme des vecteurs d'un espace vectoriel appelé "espace des paramètres" et l'ensemble des individus comme des vecteurs d'un autre espace vectoriel appelé "espace des individus".

Le mode de regroupement des paramètres dans leur espace et des individus dans le leur est plein d'enseignements. Et même mieux, en superposant les deux espaces, on peut voir quel est le groupe de paramètres qui influence le mieux un groupe d'individus.

Cependant, les espaces vectoriels que nous manipulons, sont presque toujours de dimension supérieure à 3. Dans ces espaces, il est impossible de voir comment se regroupent les vecteurs. L'analyse en composante principale résoud le problème en donnant les meilleurs plans sur lesquels on peut projeter ces vecteurs. Ces plans sont formés à partir d'"axes principaux" qui contiennent une partie de l'information. Le coefficient qui donne la proportion d'information que contient un axe s'appelle "part d'inertie expliquée". Ainsi, supposons que la part d'inertie expliquée par l'axe 1 soit 0,8 et celle de l'axe 2 soit 0,15, alors le plan formé par ces deux axes aura un coefficient égal à 0,95. Ce plan contient donc la quasi-totalité de l'information et la projection des vecteurs sur ce plan nous donnera une bonne idée de la répartition des vecteurs dans l'espace.

Précisons que la dimension de l'"espace des individus" est égale au nombre de paramètres et la dimension de l'"espace des paramètres" est égale au nombre d'individus.

## 2 - 2 - Un exemple simple

Le système statistique qui nous intéresse est le suivant : l'ensemble des individus est un ensemble de neuf élèves (Jean, Aline, Annie, Monique, Didier, André, Pierre, Brigitte, Evelyne). L'ensemble des paramètres est la note qu'obtient, en fin d'année, chaque élève dans cinq matières (Mathématiques, Sciences, Français, Latin, Dessin-Musique).

Le tableau qui résume notre système statistique est le suivant :

	M	S	F	L	D-M
Je	6	6	5	6,5	8
Al	8	8	2	8	9
An	6	7	11	9,5	11
Mo	14,5	14,5	15,5	15	8
Di	14	14	12	12	10
Ad	11	10	5,5	7	13
Pi	5,5	7	14	11,5	10
Br	13	12,5	8,5	9,5	12
Ev	9	9,5	12,5	12	18

Chaque élève peut être assimilé à la colonne des notes qu'il a obtenues. Ainsi :

$$\text{Je} = \begin{bmatrix} 6 \\ 6 \\ 5 \\ 6,5 \\ 8 \end{bmatrix}$$

peut être considéré comme un vecteur d'un espace vectoriel de dimension 5 puisqu'il y a cinq matières (ou paramètres).

De même, chaque matière peut être considérée comme la colonne des différentes notes obtenues par les élèves dans cette matière.

Ainsi :

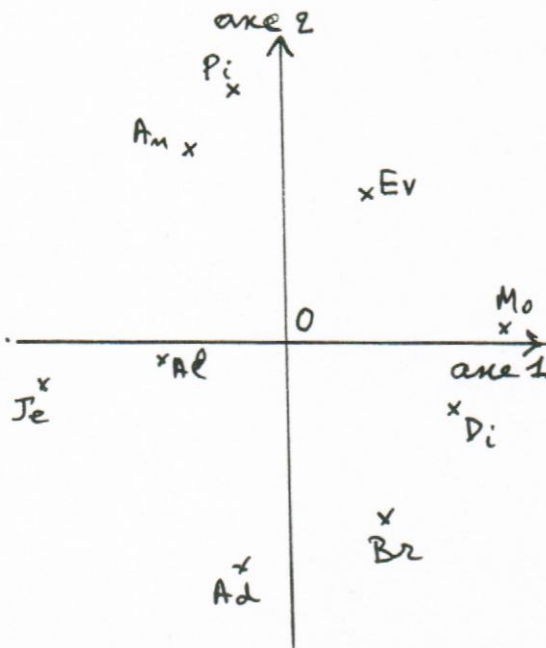
$$M = \begin{bmatrix} 6 \\ 8 \\ 6 \\ 14,5 \\ 14 \\ 11 \\ 5,5 \\ 13 \\ 9 \end{bmatrix}$$

peut être considéré comme un vecteur d'un espace vectoriel de dimension 9, puisqu'il y a neuf élèves (ou individus).

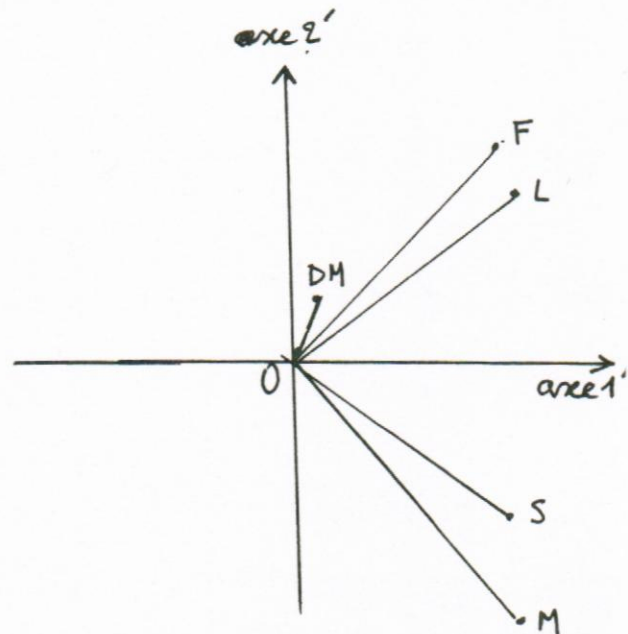
Il est impossible de décrire la répartition des élèves ou des matières dans leur espace respectif. L'analyse en composantes principales donne les meilleurs plans sur lesquels on peut projeter les vecteurs en perdant le minimum d'information.

Voici les résultats en ce qui concerne notre exemple :

1er Plan



Espace des individus



Espace des paramètres



On voit d'après ces deux plans que l'axe 1 dont la part d'inertie expliquée est de 0,58, représente la moyenne générale calculée avec les quatre matières : F, L, S et M (c'est la projection de chaque élève sur cet axe qui donne à peu près cette moyenne). Ainsi, Mo est la meilleure élève, suivie de Di, puis d'Ev et Br qui ont des notes au-dessus de la moyenne. Pi, Ad, An, Al sont en-dessous de la moyenne par ordre décroissant et Je est de loin le plus mauvais.

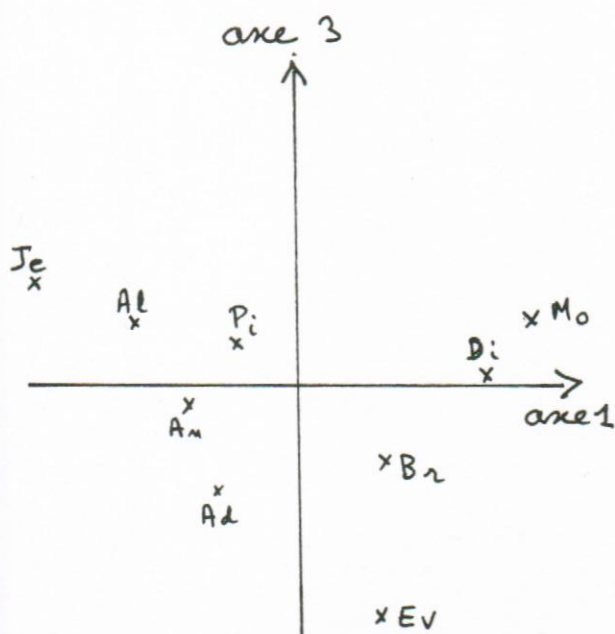
L'axe 2 dont la part d'inertie expliquée est de 0,25, indique la tendance scientifique ou littéraire des élèves. Ainsi les élèves qui sont près de l'axe 1 ont à peu près les mêmes notes dans les quatre matières F, L, S et M ; c'est le cas de Mo, Al et Je. Par contre, Br et Ad sont meilleurs en S et M qu'en F et L (ils sont plus scientifiques que littéraires). Inversement Pi, An et Ev sont plus littéraires que scientifiques.

Le premier plan constitué des axes 1 et 2 a pour part d'inertie expliquée la somme des parts d'inertie expliquée de ces deux axes, soit :  $0,58 + 0,25 = 0,83$ . Il décrit très mal la matière D-M puisque ce vecteur est proche de 0.

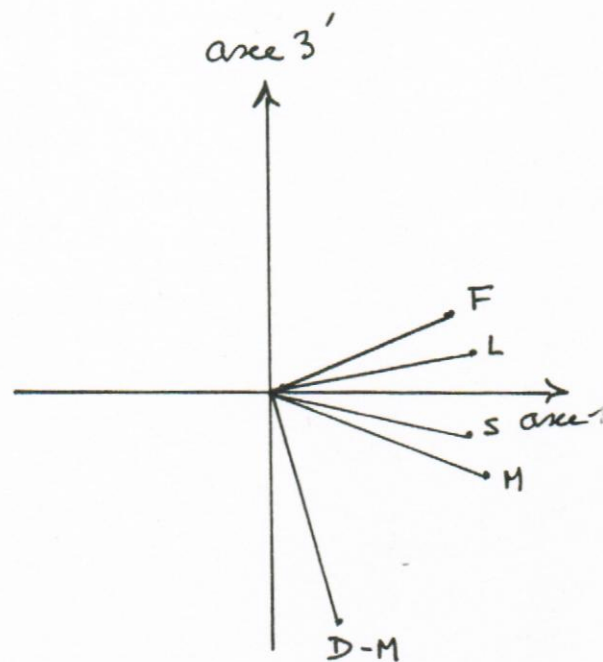
Faisons donc appel à l'axe 3 qui a pour part d'inertie expliquée 0,16. On voit qu'avec ces trois axes, on a la quasi-totalité de l'information ( $0,58 + 0,25 + 0,16 = 0,99$ ).

Prenons comme deuxième plan, celui constitué par les axes 1 et 3.

2ème Plan



Espace des individus



Espace des paramètres

On a confirmation que l'axe 1 représente bien les quatre matières : F, L, S et M. Comme nous l'avons déjà vu, cet axe représente approximativement la moyenne calculée à partir de ces quatre matières. La disposition des projections des élèves sur cet axe est donc la même que sur le premier plan. Par contre, l'axe 3 est très proche de la matière D-M et c'est lui qui va discriminer les tendances artistiques des élèves.

Ainsi, ceux qui sont proches de l'axe 1 ont une note proche de la moyenne en D-M, c'est le cas de Di, Pi, Al, An. Ceux qui sont au-dessus de l'axe ont des mauvaises notes (Mo et Je) et ceux qui sont en-dessous, de bonnes notes (Ev a la meilleure note). Finalement, D-M a peu d'influence sur la moyenne générale, car la part d'inertie expliquée de l'axe 3 est relativement faible.

On en conclut que l'axe 1 nous renseigne sur le niveau moyen des élèves calculé à partir des quatre premières matières. L'axe 2 nous informe sur leurs aptitudes littéraires ou scientifiques et enfin l'axe 3 sur leurs aptitudes artistiques.

### 2 - 3 - Apport personnel à l'A.C.P.

Outre la simplification du formalisme, on a montré que la transformation qui consiste à "centrer" les paramètres n'est pas admissible. En effet, elle change le système statistique envisagé. Or, cette transformation est faite systématiquement dans les ouvrages qui présentent cette théorie.

En outre, nous avons choisi une seule métrique dans les plans de projection contrairement à la théorie classique. C'est la métrique euclidienne qui correspond à notre intuition et facilite donc les interprétations.

### 3 - ANALYSE CANONIQUE (A.C) ET ANALYSE FACTORIELLE DISCRIMINANTE (A.F.D)

Ce sont les deux théories qui abordent le problème des paramètres qualitatifs. L'A.C. étudie un seul paramètre qualitatif avec d'autres paramètres quantitatifs.

L'A.F.D. étudie deux paramètres qualitatifs. Nous considérons que la description qu'elles donnent n'est pas la meilleure. En effet, il a été démontré que c'est l'A.C.P. qui décrit le mieux un ensemble de vecteurs.

#### 4 - ETUDE DES PARAMETRES QUALITATIFS

Nous avons montré qu'il est possible de faire une A.C.P. avec un nombre quelconque de paramètres qualitatifs. Cela se fait dans l'espace des paramètres, même si sa dimension est très grande, c'est-à-dire si le nombre de malades est très grand.

#### 5 - INDICE DE CORRELATION

En statistique classique, on définit le "coefficient de corrélation" entre deux paramètres. Ce coefficient n'est pas très satisfaisant, car deux paramètres indépendants ont un coefficient de corrélation nul, mais la réciproque est fautive. En effet, le coefficient de corrélation peut être nul alors que les paramètres sont dépendants.

Par conséquent, nous avons été amenés à définir un nouveau coefficient que nous appelons "Indice de corrélation". Il varie entre 0 et 1. Il est nul si et seulement si les paramètres sont indépendants. Il est égal à 1 si et seulement si les paramètres sont colinéaires, c'est-à-dire complètement dépendants. Cet indice traduit le degré de proximité entre les paramètres. Nous apportons ainsi une notion quantitative à l'Analyse des Données, qui était jusque là purement qualitative.

VII - C O N C L U S I O N

Einstein disait (5)\* à propos des modèles en physique : "L'homme cherche à se former une image du monde simple et claire. L'extrême netteté, la clarté, la certitude ne s'obtiennent qu'aux dépens de l'intégralité... Cette image comporte les exigences les plus grandes au sujet de la rigueur et de l'exactitude de la représentation des rapports, comme seul l'emploi du langage mathématique peut le procurer". Plus loin, il ajoutait : "La tâche suprême du scientifique est la recherche des lois élémentaires les plus générales. A ces lois ne mène aucun chemin logique, mais seulement l'intuition s'appuyant sur le sentiment de profonde sympathie pour l'expérience".

Dans ces citations, Einstein décrit parfaitement l'activité du chercheur dans toutes les sciences expérimentales : Rôle du modèle, représentation simplifiée de la nature ; Rôle de la rigueur mathématique qui va permettre la manipulation du modèle ; enfin Rôle de l'intuition et de l'expérimentation qui vont nous conduire aux lois de la nature.

La recherche médicale procède exactement de la même démarche. Le dossier est l'équivalent du modèle ; l'expérimentation est constituée par les essais thérapeutiques ; enfin, le langage mathématique utilisé est celui des méthodes statistiques et de l'Analyse des Données.

(5)\* Discours prononcé en 1918 à l'occasion du 60ème anniversaire de Max Planck. Extrait de : "Comment je vois le monde". Flammarion 1958.

Le dossier est donc à la base de toute recherche. La rapidité des progrès à venir, en chirurgie vasculaire, dépend, en grande partie, de la capacité des chirurgiens à se mettre d'accord sur des dossiers communs. C'est la condition indispensable pour parler le même langage et des mêmes malades. Nous avons d'ailleurs montré, en conclusion du chapitre 5, que la nature même des statistiques fait qu'aucun travail, même sérieux, ne peut prétendre détenir LA VERITE.

Cette vérité ne pourra être considérée comme acquise que le jour où plusieurs équipes travaillant dans les mêmes conditions expérimentales auront trouvé des résultats voisins. Les médecins, à cause de la complexité de la matière médicale, sont condamnés à s'entendre, à s'organiser, à planifier leurs essais thérapeutiques, à utiliser avec rigueur et prudence les méthodes statistiques.

Le présent travail n'est donc pas un aboutissement, mais un point de départ. Insistons sur son caractère collectif qui est le seul garant de son intérêt. Ce caractère doit persévérer dans l'avenir et même s'amplifier.

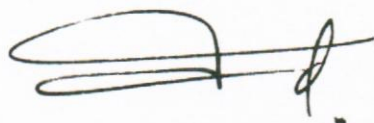
La chirurgie vasculaire est, en outre, un exemple type où une collaboration interdisciplinaire est capitale. Ainsi, le physicien de la mécanique des fluides, l'ingénieur, l'informaticien, le statisticien peuvent apporter, chacun dans leur domaine, une aide précieuse. Mais aussi, chacun de ces scientifiques vient chercher en médecine, source inépuisable de problèmes non résolus, la possibilité de développements nouveaux de sa propre discipline.

L'exemple de la physique et des mathématiques est intéressant sous cet angle. Les progrès faits pour la physique, grâce à l'apport des mathématiques, sont bien connus. Par contre, les progrès faits par les mathématiques, grâce à leur confrontation avec la physique, sont moins connus. Rappelons que la théorie des équations différentielles et de l'intégration sortent directement des théories de Newton. Plus près de nous, la théorie des distributions découle de la physique des particules élémentaires. Enfin, l'informatique et l'extraordinaire développement des ordinateurs proviennent de la physique nucléaire, de la bombe atomique et de la recherche spatiale.

J'aimerais terminer en parlant des sentiments que m'a inspirés la pratique médicale. Tout d'abord, un immense plaisir devant une pratique qui nécessite à la fois un travail manuel minutieux et un travail intellectuel étroitement liés. Ensuite, l'extraordinaire joie et le sentiment de puissance devant les succès thérapeutiques. Enfin, la déception, le découragement et le sentiment d'impuissance devant l'échec. Il survient au moment où l'on s'attend le moins, tempérant les enthousiasmes les plus forts et constituant une leçon d'humilité. C'est à ces instants que l'on ressent le mieux l'importance du travail d'équipe et une envie rageuse d'apporter une contribution, aussi modeste soit-elle, à l'édifice.

Lu et Approuvé  
Le Président du Jury

Pr. IMBERT



Vu  
Marseille,  
le 2 octobre 1987

M. TOGA



REFERENCES

- (1) \* - Notion de Modèle en Biomécanique. Application : modèle à trois dimensions de l'articulation de la hanche : J. MANUCEAU (en cours de publication).
- (2)\* - Suggested standards for reports dealing with lower extremity ischemia : Journal of Vascular Surgery. Vol. 4, Number 1, July 1986.
- (3)\* - Introduction à l'Analyse des Données : F. CAILLIEZ et J.P. PAGES. SMASH 1976.
- (4)\* - Décomposition canonique d'un opérateur et son application en Analyse des Données : J. MANUCEAU. Publication UER de Mathématiques, Université d'Aix-Marseille I - 1986.
- (5)\* - Comment je vois le monde : Albert EINSTEIN. Flammarion 1958.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	p. 1
RESUME	p. 3
I - INTRODUCTION	p. 5
II - NOTION DE MODELE EN SCIENCES EXPERIMENTALES	p. 10
1 - Rôles des modèles	p. 11
2 - Définition du modèle en physique	p. 12
3 - Evolution des modèles	p. 13
III - NOTION DE MODELE EN MEDECINE : LE DOSSIER	p. 15
1 - Définition du dossier	p. 16
2 - Rôle du dossier	p. 17
3 - Qualité du dossier	p. 18
IV - LES DOSSIERS : "CHIRURGIE VASCULAIRE"	p. 22
1 - Pathologie étudiée	p. 23
2 - Méthode d'établissement des dossiers	p. 23
3 - Structure des dossiers	p. 24
3 - 1 - Identification du patient	p. 24
3 - 2 - Clinique	p. 24
3 - 3 - Paraclinique	p. 26
3 - 4 - Traitement chirurgical	p. 26
3 - 5 - Eléments pronostics	p. 30
4 - Le dossier	p. 30
5 - Evolution du dossier	p. 40

V	- STATISTIQUES	p. 41
	1 - Rôle des statistiques	p. 42
	2 - Valeur d'une proportion	p. 42
	3 - Remarque	p. 45
	4 - Comparaison de deux proportions	p. 46
	5 - Conclusion	p. 46
VI	- ANALYSE DES DONNEES	p. 49
	1 - Fondements de la théorie	p. 51
	1 - 1 - Conditions de validité	p. 51
	1 - 2 - Formalisme	p. 52
	2 - Analyse en Composantes Principales (A.C.P.)	p. 52
	2 - 1 - Description de la théorie	p. 52
	2 - 2 - Un exemple simple	p. 53
	2 - 3 - Apport personnel à l'A.C.P.	p. 58
	3 - Analyse Canonique(A.C.) et Analyse Factorielle Discriminante (A.F.D.)	p. 58
	4 - Etude des paramètres qualitatifs	p. 59
	5 - Indice de corrélation	p. 59
VII	- CONCLUSION	p. 60
	REFERENCES	p. 64

UNIVERSITE D'AIX-MARSEILLE

FACULTE DE MEDECINE DE MARSEILLE

SERMENT D'HIPPOCRATE

"En Présence des Maîtres de cette Ecole, de mes chers condisciples et devant l'effigie d'HIPPOCRATE, je promets et je jure d'être fidèle aux Lois de l'Honneur et de la Probité dans l'exercice de la Médecine.

"Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail.

"Je ne permettrai pas que des considération de religion, de nation, de race viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

"Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe. Ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

"Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leur Père.

"Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses. Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes condisciples si j'y manque".

-----

\_\_\_\_\_