

L. ALAWIEH-JABER

Le marché mondial de l'acier de 1969 à 1979

Les cahiers de l'analyse des données, tome 9, n° 4 (1984),
p. 427-446

http://www.numdam.org/item?id=CAD_1984__9_4_427_0

© Les cahiers de l'analyse des données, Dunod, 1984, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Les cahiers de l'analyse des données » implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques

<http://www.numdam.org/>

LE MARCHÉ MONDIAL DE L'ACIER DE 1969 à 1979

[ACIER]

par L. Alawieh-Jaber

0 *L'Acier* : Après un aperçu historique et technique de la sidérurgie, (§ 0.1), nous délimiterons les sources de données récentes auxquelles nous avons eu recours (§ 0.2), et donnerons le plan du présent travail.

0.1 *La sidérurgie* : Bien que le travail du fer météoritique remonte à l'antiquité préhistorique, l'Age du Fer proprement dit commence avec la réduction des oxydes de fer par le charbon de bois ; les premiers centres sidérurgiques importants connus ayant été établis de part et d'autre du Caucase vers 1700 avant J.-C., par les Chalybes et les Hittites (cf. D. Rivet ; Que sais-je n° 561 ; PUF ; 1978). Déboisements et fumées se conjugaient pour faire de la sidérurgie l'une des premières nuisances industrielles connues dans l'histoire. Jusqu'au XIII^e siècle, la technique varia lentement : (selon D. Rivet (*op. laud.*) il fallait 200 kg de minerai et 25 st ($\approx m^3$) de bois pour 50 kg de fer. Les ferriers déplaçaient leurs installations, brûlant la forêt à la ronde. La fonte, ou fer carburé fondant à 1150°C, serait connue en Chine depuis 1000 av. J.-C. ; mais le procédé moderne du haut fourneau est daté par D. Rivet de 1300 : 1313 dans la Rhur, 1323 à Briey... : le fourneau avait 5 m de haut, produisait une T de fonte pour 1,5 T de charbon de bois ; l'acier étant obtenu par décarburation partielle de la fonte. La substitution du coke de houille au charbon de bois, fut réalisée pour la première fois par l'industrie britannique au début du XVIII^e siècle ; il fallut un siècle au reste de l'Europe puis à l'Amérique pour rejoindre l'Angleterre dans la course à l'acier. N'étant plus limitée par la capacité des forêts, la production sidérurgique s'engage dans une croissance exponentielle illimitée jusqu'à nos jours. Au XIX^e siècle naissent les grands procédés, encore en usage de la décarburation de la fonte en acier : au convertisseur Bessemer ou Thomas (gigantesque cornue avec insufflation d'air) ou au four Martin : ce dernier traitant communément de grandes quantités de ferrailles. Aujourd'hui, la lignée des convertisseurs aboutit au procédé Kaldi (cornue rotative semblable à une bétonnière, injection d'oxygène pur) ; le four électrique a presque éliminé le four Martin ; la sidérurgie de l'avenir ne connaîtra sans doute plus la fonte, le minerai étant réduit par l'hydrogène en éponges de fer traitées au four avec les ferrailles récupérées. Pour nous borner à l'image de la période 1969-1979, couverte pas nos statistiques, nous citerons (toujours d'après D.R.) les chiffres suivants :

Pour produire une T de fonte au haut-fourneau, il faut 40 T d'eau, 4 d'air, 2 à 3 de minerai de fer, 500 kg de coke métallurgique sans compter de l'électricité, du fuel, le fondant (préparation de la charge de minerai)...

(*) Docteur 3^o cycle en statistique. Université Pierre et Marie Curie.

Pour une T d'acier (en moyenne mondiale de 1973), on utilise pour moitié la fonte et pour moitié des ferrailles récupérées.

Etablis communément sur le rivage pour recevoir aux moindres frais le minerai et le combustible importé, les grands complexes sidérurgiques modernes réalisent en une chaîne quasi ininterrompue toutes les opérations, jusqu'au laminage à chaud ou à froid des produits profilés ou plats de tout calibre. Tandis qu'un complexe géant produit annuellement de 5 à 7 millions de Tonnes d'acier, et parfois le double, soit 1 ou 2% de la production mondiale (qui est en moyenne de 650 Millions de T pour une de nos années) des "mini-usines" d'une capacité annuelle de 100 000 à 600 000 T, réaliseraient au total selon D.R., 5% de la production mondiale. La diversité des modes de production, quant à la taille, à la technique, à la spécialisation de la main-d'oeuvre, à l'approvisionnement, aux débouchés, au financement, ... mériterait de faire l'objet d'une analyse, si les données étaient rassemblées.

0.2 Les données analysées : L'élément "fer" est l'objet d'un commerce sous forme de minerai, de ferrailles, d'objets manufacturés (machines, véhicules, etc...) et produits sidérurgiques proprement dits : profilés (poutrelles, bancs, ronds ...) produits plats (plaques, tôles, feuillards, ...) et éventuellement lingots d'acier (ou gueuses de fonte). Les données, prises par nous dans les tableaux de l'Annuaire du Commerce Mondial préparé par le Bureau Statistique de l'ONU (VOL III, annexes 1969-79), et analysées dans la suite concernent exclusivement le commerce des produits sidérurgiques : à l'exclusion non seulement du minerai de fer et des ferrailles, mais aussi des équipements dont certains (les navires notamment) représentent une masse considérable de fer, et des objets hors d'usage dont certains (les navires encore) peuvent être en partie débités et réutilisés.

Au sein de ces produits sidérurgiques, qu'on désignera en bref sous le nom générique d'acier, il serait opportun d'introduire des distinctions de matière et de forme : d'une part entre aciers de base, a. de qualité, a. spéciaux ; d'autre part entre produits longs, p. plats et tubes. En effet tant les coûts de production que le savoir-faire requis varient grandement avec la qualité et la forme ; et les marchés que se disputent les sidérurgistes ne sont pas ouverts à l'acier en tant que tel, mais à des produits déterminés, très inégalement recherchés selon la conjoncture. Cependant il a fallu borner notre étude aux données publiées, qui offrent un bilan global de l'activité du marché, même si elles n'en montrent pas les causes ; en espérant avoir ultérieurement accès aux banques de données, dont l'analyse pourrait éclairer les ténèbres de la sidérurgie.

Du fait de la diversité des produits, il est sans doute préférable de chiffrer les flux en valeur, plutôt qu'en tonnage : c'est ainsi que procède l'annuaire utilisé. Les prix sont exprimés en β courants : et nous les avons traités tels quels sans tenter de les convertir en une unité de valeur constante ; parce que, l'analyse des correspondances traitant des profils, la dévaluation générale des monnaies, et les variations relatives du cours des produits sidérurgiques, n'influent sur nos résultats que par des pondérations mettant en relief les années récentes par rapport aux années anciennes. Toutefois au niveau de chaque pays, les importations et les exportations (cumulées sans distinguer quel est l'autre partenaire) sont publiées selon les sources soit en β soit en Tonnage ; ce qui permet une comparaison (§ 2.2) pour autant que des statistiques qui semblent compilées séparément peuvent être rapportées les unes aux autres. Globalement le prix de la Tonne d'acier varierait sur le marché des exportations, de 152 β en 1969 à 525 β en 1979 avec des différences très importantes de pays à pays notamment pour l'URSS

(cf. *infra* § 2.2).

Les statistiques de production et consommation sont données uniquement en tonnage : ce qui est inévitable, dans la mesure où, particulièrement en économie socialiste, l'intégration de la production et de l'utilisation de l'acier se fait en dehors du marché.

Quant à la qualité et à l'exhaustivité des données on peut ré-péter ce qui a été dit ailleurs à propos de la Houille (cf [HOUILLE] *in* C.A.D. VOL IX, n° 3, 1984). La quasi-totalité des exportations est le fait d'un petit nombre de très grands producteurs dûment recensés. La destination des importations est, au contraire imparfaitement connue ; car outre les importateurs majeurs, de nombreux importateurs mineurs consomment de l'acier. La production elle-même n'est pas exhaustivement publiée ; car un certain nombre de pays se sont dotés d'une sidérurgie parfois très perfectionnée mais de capacité annuelle inférieure au million de Tonnes ; et le dynamisme industriel des riverains de l'Océan Pacifique défie la vigilance des statisticiens ; avec notamment en Corée du Sud, l'émergence accélérée d'une sidérurgie à l'échelle mondiale. Enfin, particulièrement au sein de l'Europe, on souhaiterait suivre le détail des flux d'acier, non en terme de pays, mais de complexes industriels.

0.3 Plan de l'étude : Il diffère peu de celui suivi pour d'autres marchés : les phosphates (S. Maïza *in* C.A.D. Vol IX n° 1, 1984) ; le Blé (A. Alawieh ; *in* C.A.D. Vol X, n° 1, 1985) et tout particulièrement la Houille dont l'étude, déjà citée, est liée à celle de l'acier.

Le § 1 considère pour 35 pays leurs production, importation, exportation et consommation d'acier sur l'ensemble de la période 1969-1979.

Le § 2 présente l'évolution temporelle de ces quatre activités pour chaque pays, d'après l'analyse de tableaux, dont l'ensemble des colonnes est l'ensemble T des 11 années retenues, et chaque ligne donne la variation d'une activité pour un pays : par exemple la suite des 11 valeurs des exportations annuelles d'acier par le JAPON ; avec cette particularité que, comme on l'a annoncé au § 2.2, IMportations et EXportations peuvent être évaluées soit en \$/ soit en Tonnes.

Le § 3 aborde le commerce proprement dit, en analysant un tableau croisant l'ensemble des exportateurs principaux d'acier et celui des importateurs principaux ; avec en lignes et colonnes supplémentaires le détail par année.

Le § 4 soumet à la classification ascendante hiérarchique (C.A.H.) les données analysées au § 3.

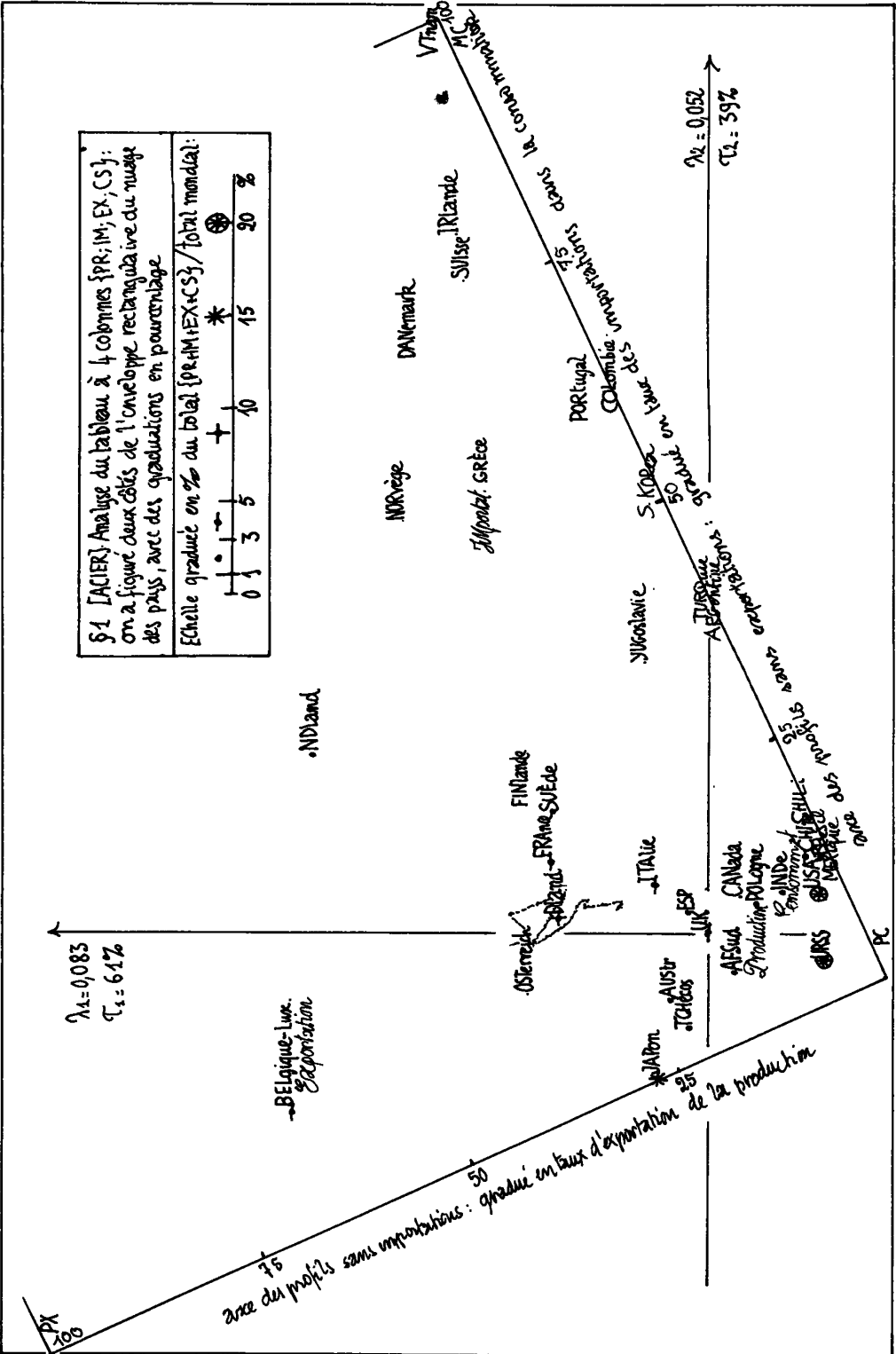
1 PRoduction, IMportation, EXportation, ConSommatIon

Le présent § traite exclusivement de l'acier : nous renvoyons à l'article [HOUILLE], §§ 1.2 et 1.3, pour des analyses conjointes des consommations et productions en acier, coke et houille. Dans le même article est publié au § 1, le tableau analysé ici : tableau à 4 colonnes, (PR, IM, EX, CS) et 35 lignes dont chacune représente l'un des pays considérés ; avec, e.g. à l'intersection de la ligne ARGentine et de la colonne PR le chiffre 23692 qui est selon nos sources le total en milliers de Tonnes de la production de 1969 à 1979 ; les ConSommatIons étant, comme de règle calculées sans tenir compte des variations de stocks d'après PR, IM et EX, seules publiées.

§1 [ACIER] Analyse du tableau à 4 colonnes {PR; IM; EX; CS}; on a figuré deux côtés de l'enveloppe rectangulaire du nuage des pays, avec des quotations en pourcentage

Echelle graduée en % du total {PR+IM+EX+CS} / total mondial:

0	1	3	5	10	15	20	%
---	---	---	---	----	----	----	---



Utilisée d'abord par S. Maïza dans l'étude des phosphates (*op. laud.*), appliquée ensuite au Blé, au Riz, au Charbon et ici à l'Acier, l'analyse du tableau à 4 colonnes a fait l'objet d'un article séparé (C.A.D. Vol IX n° 2, 1984). On se bornera à rappeler ici comment les résultats de l'analyse s'inscrivent dans un diagramme rectangulaire. Les 4 colonnes étant reliées par la relation linéaire ($PR + IM = EX + CS$), l'analyse ne fournit que deux facteurs non triviaux. Dans le plan (1,2) tout point i (pays) tombe nécessairement à l'intérieur du rectangle dont les 4 sommets représentent les profils d'activité de complexité minima, comprenant seulement deux mouvements complémentaires : "PC" (PR et CS : autarcie sans commerce) ; "MC" (Consommation alimentée exclusivement par l'Importation) ; PX (Production destinée exclusivement à l'Exportation) ; et MX (Commerce pur : Importations réexportées en totalité).

Sur la figure on voit seulement ces trois sommets PC, PX, MC ; les axes (PC, PX) et (PC, MC) sont gradués de 0 à 100, avec pour coordonnées respectives :

$$x = EX/(PR + IM) ; m = IM/(CS + EX) ; (\text{en } \%).$$

Seule l'URSS est proche du pôle de l'autarcie, avec des coordonnées $x = 8\%$, $m = 4\%$. Sur l'axe (PC, PX) le JAPON se signale comme un non-importateur, qui exporte en tant qu'Acier, plus du quart de sa production ; le reste étant consommé sur place, mais en partie pour être finalement exporté sous forme de machines et matériels de transport. Sur l'axe (PC, MC) s'alignent, en assez grand nombre des non-exportateurs. Parmi ceux-ci, la Corée du Sud mérite une mention particulière : ce pays en développement très rapide exporte au cours de la période étudiée de forts tonnages de constructions métalliques diverses ; sa sidérurgie dont la construction se poursuit sous nos yeux, ne suffit pas encore à alimenter l'industrie qui se consacre à la fois à l'équipement intérieur et à l'exportation.

La plupart des pays sont à l'intérieur du rectangle : l'Acier est l'objet d'échanges réciproques entre pays non seulement parce qu'au sein des zones économiques intégrées (USA, Canada), Europe Occidentale, Comecon... - les frontières s'estompent, l'unité véritable étant la zone industrielle et non le pays, mais aussi du fait de la grande diversité des produits réunis sous le nom d'acier, ou encore parce que sur un marché où la capacité de production n'est pas entièrement utilisée une concurrence très vive met tous les fournisseurs au service de chaque client.

De ce point de vue, la place relativement au rectangle, du centre de gravité du nuage $N(I)$ (origine des axes factoriels), est caractéristique ; les coordonnées du c. de g. sont : $m \approx 11\%$; $x \approx 15,5\%$ soit environ deux fois plus que pour le charbon (cf. [HOUILLE] § 1.1 *in fine*) ; le fait que $m < x$, confirmant que le total des Exportations est saisi par nos statistiques avec plus de précision que celui, nécessairement égal, des Importations.

Aucun pays n'approche du sommet "MX" du commerce pur : mais la Hollande, avec x (NDL) et m (NDLand) voisins de 50%, est presque au centre du rectangle. Proche également de la diagonale (PX, MC), mais nettement orientée vers l'exportation, on remarque l'Union Belgo-Luxembourgeoise : siège de la CECA (Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier), le Luxembourg consacre à la Sidérurgie l'essentiel de son activité économique.

Réservant au § 2.2 l'étude de l'évolution temporelle des activités de chaque pays, on a seulement montré sur la figure la ligne (d'assez faible amplitude) décrite par les profils annuels successifs de l'Allemagne Fédérale (DLand).

2 — Les courbes d'évolution temporelle : On considère au § 2.1 l'ensemble des tableaux susceptibles d'être construits ; et dont plusieurs sont analysés dans la thèse. Le § 2.2 présente les résultats issus d'un tableau où chaque pays figure par deux lignes (EXportation et IMportation), les années 1969-79 étant en colonnes ; avec en principal les valeurs en \$ et en supplémentaires les tonnages. Enfin au § 2.3 on analyse un tableau de tonnages, croisant l'ensemble des pays, chacun considéré 4 fois (comme Producteur, eXportateur, iMportateur et Consommateur) avec l'ensemble des années.

2.1 Des données aux tableaux : Avant les différences de profils temporels entre pays, on doit considérer les courbes globales dominant par années la production et le flux mondial de l'acier : c'est-à-dire d'un part $PR \approx CS$, et d'autre part $IM \approx EX$. Ces courbes figurent au § 2.0 de [HOUILLE] où on les compare à celles du Coke : nous nous bornerons à rappeler qu'au cours de la période étudiée la production s'accroît de plus de 30% ; et le flux de 40% : mais que la croissance irrégulière laisse présager la crise présente.

Convenons de noter pour l'une des quatre lettres rondes $\mathcal{P}, \mathcal{M}, \mathcal{X}, \mathcal{E}$ suivie d'un sigle à 3 lettres, chacun des pays considéré comme se livrant à l'une des quatre activités Production, iMportation, eXportation, Consommation: par exemple $\mathcal{P}ITA$ représente l'ITALIE, eXportatrice d'Acier. On peut noter $\mathcal{P}I, \mathcal{M}I$ etc., l'ensemble des pays considérés comme Producteurs, iMportateurs, etc. : $\mathcal{M}I = \{\mathcal{M}i | i \in I\} = \mathcal{M}FRA, \mathcal{M}USA, \dots$; éventuellement si un pays i n'importe pas, $\mathcal{M}i$ est sans objet : e.g. $\mathcal{M}JAP$, de masse négligeable n'a pas de place dans l'analyse ; de même $\mathcal{X}COR$ ée etc. .

Pour chaque année t on a des statistiques en Tonnes pour $\mathcal{P}, \mathcal{M}, \mathcal{X}, \mathcal{E}$; et de plus des statistiques en \$ pour les flux \mathcal{M} et \mathcal{X} : selon les valeurs considérées on notera donc $\$t$ ou Tt : par exemple $\$73, T74 \dots$ Et de même pour l'ensemble des années $\$T, TT$ si une confusion est à craindre.

Ceci posé on a 6 tableaux de base, dont chaque ligne décrit pour un pays la courbe d'une activité, évaluée en \$ ou en Tonnes :

$\mathcal{P}I \times TT ; \mathcal{M}I \times TT ; \mathcal{M}I \times \$T ; \mathcal{X}I \times TT ; \mathcal{X}I \times \$T ; \mathcal{E}I \times TT ;$

par exemple le tableau $\mathcal{X}I \times TT$ donne en tonnage les courbes d'exportation d'acier des divers pays.

On peut analyser chacun de ces tableaux séparément : ainsi on trouve dans l'article [HOUILLE] aux §§ 2.1 et 2.2 l'analogue des analyses de $\mathcal{X}I \times TT$ et $\mathcal{M}I \times TT$. Il est également possible de superposer plusieurs tableaux : ainsi dans [HOUILLE] § 2.3 est analysé un tableau qui, avec les notations posées ici n'est autre que $(\mathcal{P}I \cup \mathcal{M}I \cup \mathcal{X}I \cup \mathcal{E}I) \times TT$; ou chaque pays fournit quatre lignes principales, courbes en tonnage de ses quatre activités ; cette analyse est faite ici pour l'acier au § 2.3.

Il ne nous paraît pas judicieux de superposer des tableaux en \$ a des tableaux en tonnes : la dépréciation des monnaies donnant aux courbes en \$ une allure vivement croissante qui les oppose nettement aux courbes en T quelle que soit d'autre part la croissance réelle. (la courbe en \$ des exportations d'un pays qui perd des marchés, croît plus vite que celle en Tonnes du conquérant le plus dynamique ! En revanche la juxtaposition latérale nous intéresse.

Soit par exemple le tableau $\mathcal{X}I \times (\$T \cup TT)$: chaque ligne $\mathcal{X}i$ de ce tableau donne successivement pour le pays i la courbe de ses eXportations en \$ puis en Tonne ; ou encore une colonne $\$t$ donne la répartition par pays des exportations en \$; tandis que la

colonne Tt, donne cette même répartition en Tonnes. Si pour une année déterminée la Tonne d'acier avait un prix déterminé "p", les deux colonnes $\$/t$ et Tt seraient exactement proportionnelles, le rapport étant "p" : elles auraient donc des profils identiques. En fait le prix dépend de la qualité des produits, et aussi de la concurrence entre fournisseurs ; la loi de l'offre et de la demande jouant seulement dans les limites que permettent les accords commerciaux. Il est donc instructif de comparer les profils des deux colonnes Tt et $\$/t$ afférentes à une même année. Toutefois comme ces colonnes ne représentent pas des grandeurs de même dimension, il est préférable de mettre les unes en principales et les autres en supplémentaires : par exemple on présente au § 2.2 l'analyse du tableau ($\mathcal{M}_I \cup \mathcal{X}_I$) ($\$/T \cup TT$), le bloc des 11 colonnes $\$/t$ étant en principales, et les Tt en supplémentaires.

Enfin après avoir calculé pour chaque année, d'après nos données, un coût moyen de la tonne d'acier, on convertirait les courbes de tonnage en courbes de valeur fictive calculées d'après ces coûts moyens ; on pourrait alors comparer, les courbes de valeur fictive aux courbes de valeur réelle : ce qui montrerait par exemple qu'un pays i tend à vendre de plus en plus cher, ou de moins en moins cher relativement au cours moyen ; la cause pouvant être dans le premier cas une spécialisation accrue des produits de haute technologie ; et dans le second une productivité accrue, ou une réduction de la marge bénéficiaire. Toutefois les évaluations en T et $\$/t$ provenant de sources différentes, il nous a paru illusoire de tenter de telles comparaisons.

2.2 Une analyse simultanée des exportations et importations en $\$/t$

et en Tonnes : Nous présentons l'analyse du tableau ($\mathcal{X}_I \cup \mathcal{M}_I$) \times ($\$/T$) des valeurs en $\$/t$, avec en colonnes supplémentaires le tableau ($\mathcal{X}_I \cup \mathcal{M}_I$) \times (TT) des tonnages. Ainsi les exportations et importations majeures sont représentés chacun par un point sur le plan (1,2) ; donc pour un pays qui participe à la fois aux deux activités à un niveau élevé, on aura deux points : par exemple pour la France \mathcal{X}_{FRA} et \mathcal{M}_{FRA} . Pour chaque année on a d'une part un point $\$/t$, qui est un élément principal dans la présente analyse, et un point Tt, en élément supplémentaire. Il apparaît d'abord que le chapelet des points $\$/t$ est rangé dans le plan (1,2) assez régulièrement suivant l'ordre chronologique ; le chapelet des points Tt s'en écarte peu, mais est décalé dans la direction positive de l'axe 1, c'est-à-dire vers le passé. Ce décalage peut s'expliquer par le principe barycentrique, relativement au nuage des lignes. A l'extrémité positive de l'axe 1 (vers le passé) se signale le point \mathcal{X}_{URSS} : en lisant le tableau des données, on constate qu'en tonnage les exportations de l'URSS ont connu une croissance modérée, de peu inférieure à la moyenne ; en revanche, selon nos statistiques, les exportations de l'URSS évaluées en $\$/t$ se caractérisent par un cours qui est en moyenne 1/10 du cours mondial, et est en nette décroissance relative de 1969 à 1979 : par exemple en 1969 les exportations de l'URSS dépassent en Tonnage celles de la France ; mais elles n'en sont que les 8,5% en valeur ; en 1979 les exp de l'URSS sont inférieures de 20% à celles de la France en tonnage ; et elles n'en seraient que 3% en valeur ! Il est bien connu que même dans les relations internationales, l'URSS applique des principes économiques différents de ceux des pays de l'OCDE ; certes les statistiques en valeur et tonnage provenant de volumes différents, il faut considérer que les évaluations peuvent reposer sur des bases différentes ; mais pour aucun pays nous n'avons relevé des dissonances de cette amplitude, ce qui laisse posé le problème des tarifs pratiqués par l'URSS à l'exportation. Quoiqu'il en soit de la qualité des données, il est clair que dans le profil $\$/t$ d'une année t, et particulièrement d'une année de fin de période le poids relatif de \mathcal{X}_{URSS} est de beaucoup moindre que dans

le profil Tt de la même année : ce qui suffit à expliquer le décalage β t vers Tt dans la direction de \mathcal{L} URSS très écarté sur l'axe 1 positif.

Reste à considérer l'ensemble du nuage $\mathcal{L}I$ ou $\mathcal{M}I$ des exportateurs et importateurs. Dans le quadrant $F1 < 0, F2 < 0$ associés aux dernières années, on trouve avec les importations de la CHINE, un groupe d'exportateurs en forte croissance ; notamment l'AF. Sud, l'ESPagne, ... Dans le quadrant $F1 < 0, F2 > 0$, associé à l'année 76, règne \mathcal{L} JAPON : premier exportateur mondial qui a connu une forte croissance, tempérée en fin de période ; non loin de \mathcal{L} JAP est \mathcal{L} ITALIE : ce pays déficitaire en Acier en 1969 est excédentaire en 1979 avec des exportations qui dépassent de 30% les importations.

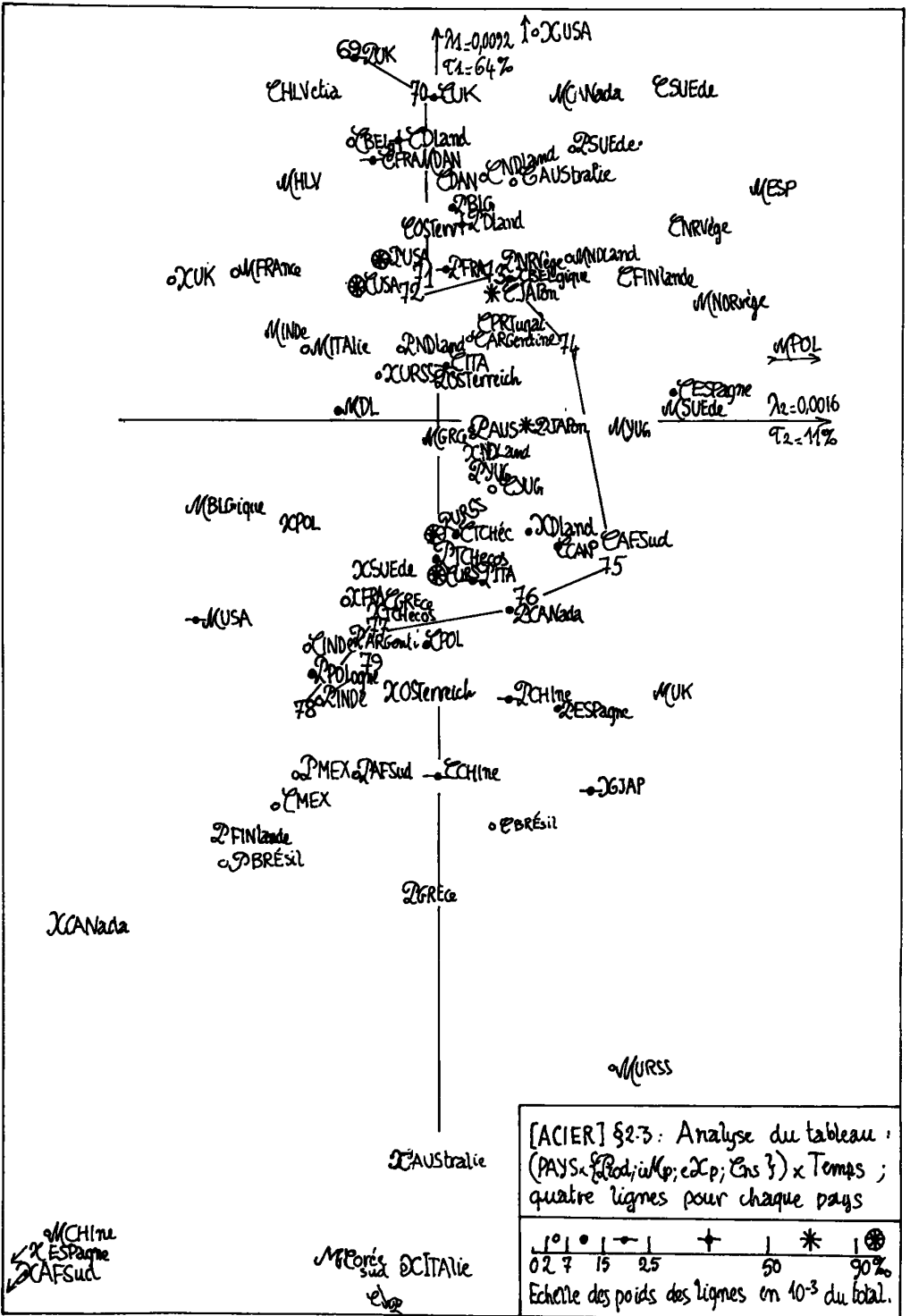
On suivrait de même dans le demi-plan $F1 > 0$, l'ensemble des séries en décroissance temporelle relative : notamment \mathcal{L} URSS (déjà noté), \mathcal{L} BEL, ... Il est particulièrement instructif d'observer la position relative des deux points $\mathcal{M}i$ et $\mathcal{L}i$ afférents à un même pays : par exemple \mathcal{L} UK et \mathcal{M} UK sont à peu près symétriques par rapport à l'origine, \mathcal{M} allant en croissant et \mathcal{L} , en décroissant.

2.3 Analyse globale de tous les profils temporels en tonnage : On analyse le tableau $(\mathcal{P}I \mathcal{M} I \mathcal{L} I \mathcal{E} I) \times (TT)$. Comme au § 2.2, la tendance temporelle est très nette ; et le chapelet des années Tt dessine dans le plan (1,2) une ligne brisée qui, même dans le détail de ses accidents, est semblable à celle du § 2.2 ; le plan (1,2) totalise dans les deux cas 75% de l'inertie, la prépondérance de l'axe 1 étant toutefois plus marquée dans la présente analyse.

On peut examiner ce plan sous plusieurs aspects. Si notre attention est d'abord attirée par les points les plus écartés sur l'axe 1, on note du côté du passé ($F1 > 0$; séries décroissantes) les exportations des USA, \mathcal{L} USA et corrélativement \mathcal{M} CAN ; \mathcal{P} UK avec \mathcal{E} UK ; suivies des consommations de plusieurs pays d'Europe Occidentale : \mathcal{E} SUEde, \mathcal{E} HLVetia, \mathcal{E} BELux, \mathcal{E} Dland, \mathcal{E} FRANCE etc. . A l'opposé, du côté $F1 < 0$ (séries fortement croissantes) on trouve très écartés plusieurs exportateurs dynamiques : \mathcal{L} ESP, \mathcal{L} AFSud, \mathcal{L} ITA, \mathcal{L} AUStralie, avec les importateurs \mathcal{M} CHINE et \mathcal{M} URSS ; et l'ensemble des activités de la Corée du Sud : \mathcal{P} COR, \mathcal{E} COR, \mathcal{P} COR (\mathcal{L} COR étant nul : puisque, comme on l'a dit au § 1, ce pays exportateur de constructions en acier, ne produit pas assez d'acier pour alimenter son industrie en vive croissance). Un peu en retrait on trouve un certain nombre de Producteurs (qui ont créé ou accru leur capacité dans la période étudiée, souvent pour une consommation intérieure en croissance : \mathcal{P} BRESil, \mathcal{P} GREce, \mathcal{P} MEXique, \mathcal{P} ESPagne, \mathcal{P} AFSud, \mathcal{P} CHine, \mathcal{P} INde, \mathcal{P} ARGentine etc. ; \mathcal{E} BRESil, \mathcal{E} MEX, \mathcal{E} INde ; ainsi que \mathcal{L} JAPON.

On peut encore considérer l'un après l'autre les ensembles $\mathcal{E}I$, $\mathcal{P}I$, $\mathcal{L}I$, $\mathcal{M}I$. Il apparaît alors qu'aucun pays d'Europe Occidentale, n'a une consommation en croissance nette ($F1 < 0$) ; l'activité sidérurgique de ces pays se manifestant, dans les meilleurs cas, par des exportations accrues.

Enfin, il reste à comparer les trois ou quatre points afférents à chaque pays. Dans plusieurs cas, il n'y a que 3 points : l'une des deux activités \mathcal{L} ou \mathcal{M} ayant une masse négligeable ! ce qui correspond respectivement aux côtés (PC, MC) et (PC, PX) du diagramme rectangulaire du § 1. Soit par exemple le JAPON : les trois points \mathcal{E} JAP, \mathcal{P} JAP, \mathcal{L} JAP sont alignés : \mathcal{P} JAP se place sur le demi-axe $F2 > 0$, avec $F1 = 0$; ce qui correspond à une croissance moyenne ; \mathcal{E} JAP est du côté $F1 < 0$, la consommation maxima en 1973 ne montre pas de tendance nette alors que la moyenne mondiale est à la croissance ; \mathcal{L} JAP qui double sur la période étudiée, avec



toutefois un léger recul en (78,79), a un facteur $F1$ nettement négatif. Les trois points $\mathcal{C}JAP$, $\mathcal{P}JAP$, $\mathcal{X}JAP$ sont alignés avec \mathcal{P} au barycentre de \mathcal{C} et \mathcal{X} , parce que \mathcal{M} étant seul, on a $\mathcal{P} = \mathcal{C} + \mathcal{X}$; (conformément à l'équation de conservation rappelée au § 1). Dans la CORÉE du Sud, on a également trois points alignés, avec \mathcal{C} au barycentre de \mathcal{M} et \mathcal{P} : mais le segment sort du cadre de notre graphique.

Quant aux points \mathcal{X} et \mathcal{M} on notera la similitude du présent graphique et de celui du § 2.2 : le seul désaccord net concerne l'URSS proche ici de l'origine (du côté $F1 > 0$), tandis qu'il occupe au § 2.2 une position extrême : ceci est dû au cours apparent, en nette décroissance relative, des exportations soviétiques d'acier (cf. *supra*).

3 Analyse factorielle du tableau des flux

3.1 Le tableau analysé : Les données constituent un tableau ternaire $M \times X \times T$; où M et X sont respectivement des ensembles de pays considérés comme importateurs et exportateurs ; et T l'ensemble des 11 années 1969-79 (notées au besoin α , 0, 1, ..., 9) ; avec :

$k(m,x,t)$ = valeur en $\$/$ courant du flux d'acier de l'exportateur x vers l'importateur m , en l'année t .

L'analyse suivra les mêmes étapes que pour la Houille (cf. [HOUILLE] § 3) : il nous suffira de souligner ici ce qui est propre à la présente étude :

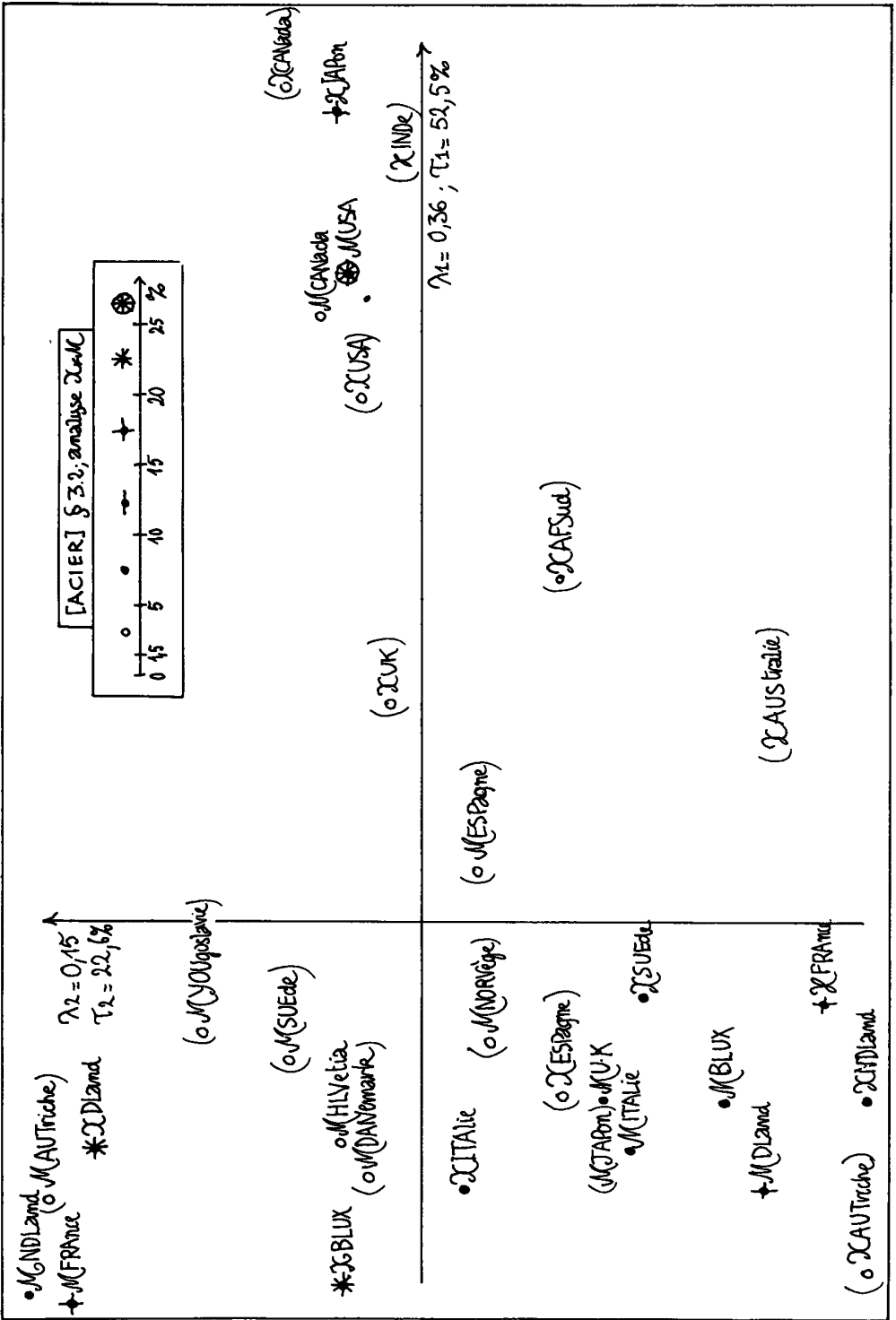
1°) On a choisi les ensembles $M1$ et $X1$ des importateurs et exportateurs principaux :

$M1 = \{\text{USA ; DLand ; France ; ITALie ; NDLand ; UK ; BLuX ; CANada ; HLVetia}\}$;

$X1 = \{\text{DLand ; BLuX ; JAPON ; FRANCE ; NDLand ; ITALie ; Suède}\}$

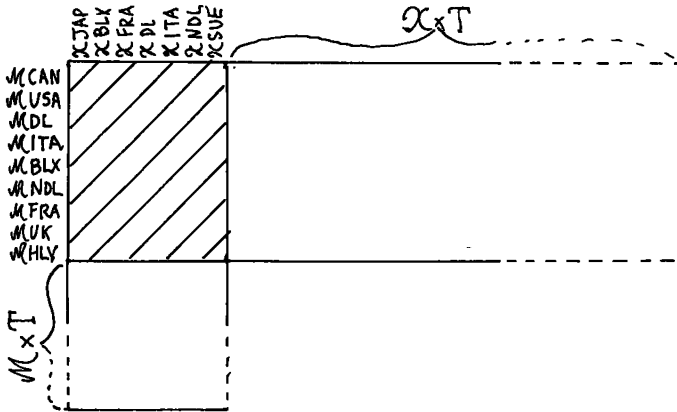
Il faut reconnaître que ce choix ne nous satisfait pas pleinement : tout en expliquant pourquoi nous n'en avons pas trouvé de meilleur. Trois pays seulement, le JAPON parmi les exportateurs, les USA et le CANADA parmi les importateurs, sortent du continuum industriel de l'Europe Occidentale. Certes l'URSS est la puissance mondiale qui fait le plus grand cas de la sidérurgie ; et la CHINE et l'INDE suivront peut-être ses traces. Mais en dehors des pays de l'OCDE les échanges d'Acier sont sinon inexistant, du moins très dispersés. Cependant c'est précisément dans ces zones en développement que se trouvent à la fois des marchés encore ouverts à la concurrence des grands producteurs, et des potentialités d'équipement qui fermeront ces marchés : tout cela n'apparaissant que sporadiquement dans les statistiques, défie l'analyse. L'étude des échanges étant ainsi restreinte aux pays développés à économie libérale, il faut déplorer une fois de plus que les flux soient recensés uniquement au passage des frontières, particulièrement nombreuses encore en Europe Occidentale, et non entre zones économiques : les flux non recensés intérieurs aux USA étant notamment d'une importance au moins égale à ceux au sein de la CECA. D'autre part le dynamisme des grands producteurs sur le marché mondial disparaît presque : réduit à ses exportations vers les autres pays de l'OCDE, le JAPON se classe parmi les exportateurs après l'Allemagne Fédérale et l'Union Belgo-Luxembourgeoise !

2°) On analyse comme tableau principal le tableau $M1 \times X1$; avec $k(m,x)$ = flux total de x vers m sur la période T . Selon ce qu'on



a dit en 1°, cette analyse concernera exclusivement l'OCDE, telle que les frontières la découpe

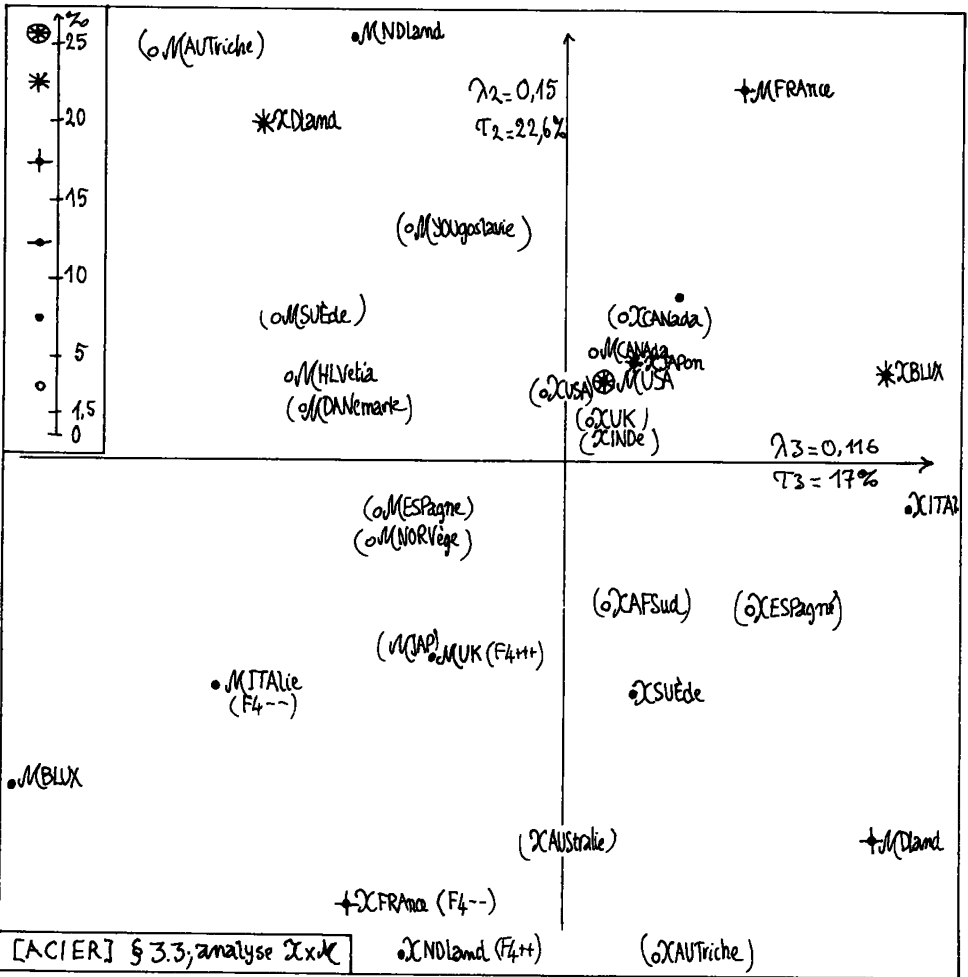
3°) On adjoint à ce tableau respectivement en lignes et colonnes supplémentaires, les ensembles $M \times T$ et $X \times T$ des profils annuels d'achat et de vente de tous les pays considérés (principaux ou secondaires) ; les pays dont l'activité est faible ou fluctuante étant toutefois représentés par un seul vecteur, cumul sur la période T. Ici encore tout pays, même extérieur à l'OCDE, ne sera caractérisé que par ses rapports avec l'OCDE : e.g. les exportations de l'INDe ne sont recensées que vers l'ensemble M1 des importateurs principaux.



4°) Le détail des profils annuels sera considéré au § 4, grâce à la Classification Ascendante Hiérarchique.

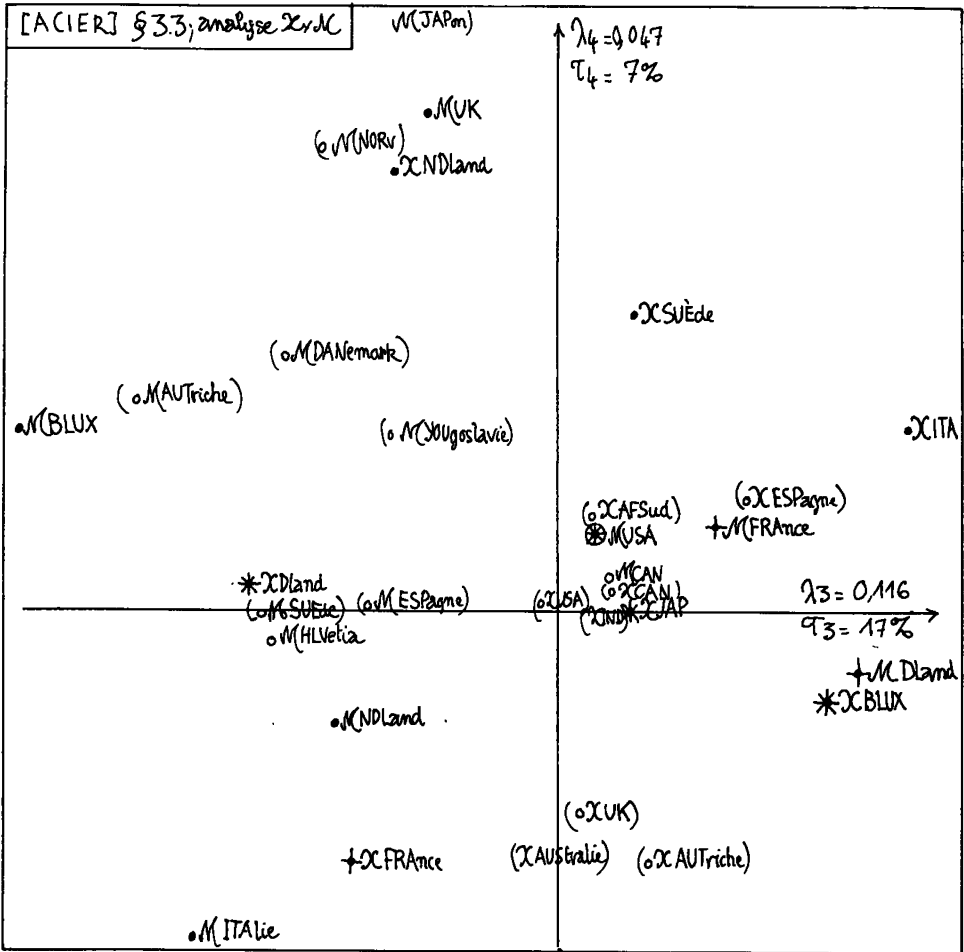
3.2 Marché de l'Amérique du Nord et marché européen : Considérons le plan (1,2) issu de l'analyse factorielle. Les éléments supplémentaires, de faible poids sont mis entre parenthèses : parmi les éléments principaux trois seulement, qui sont ceux extérieurs à l'Europe, ont un facteur F1 positif : X JAPON, M USA, M CANada. Quant aux éléments supplémentaires, seuls parmi les européens (X UK) suivi de (M Espagne) ont un facteur F1 positif : ceci signale que l'Espagne a importé de l'acier du JAPON ; tandis que UK en a vendu sur le marché nord-américain ; d'autre part (X USA) va avec (M CAN) ; (X AFsud) et (X AUstralie) y tendent de plus loin : nous y reviendrons au § 4.1 à propos de la classe 280 de la CAH des exportateurs. On commentera le cas de (X INDe) : le tonnage d'Acier exporté par l'INDe est extrêmement fluctuant : élevé en 1969, minimum en 1972, il atteint brusquement son maximum en 1976, pour finir très bas en 1979. La thèse de T. Gopalan (cf. [EXPORT INDE] in C.A.D. Vol V, n° 4 ; 1980) couvre la période 1963-1975 : "les années 67 à 70 sont celles où les exportations du fer et de l'acier se sont élevées... La dévaluation [de la roupie en 1966] a été suivie de 3 ans de récession... ; et d'une baisse remarquable de la consommation interne de fer et d'acier. Aussi en est-il résulté des exportations élevées..." Bien que les exportations indiennes de Fer et Acier se fassent principalement vers des pays en voie de développement, une fraction restante est partie vers l'Amérique du Nord, mais l'Europe en a très peu reçu.

Ceci dit, il reste à expliquer le demi-espace $F1 < 0$, où l'on ne trouve que des pays européens, en principaux ou supplémentaires ; (à l'exception de (M JAP), dont la masse est minime.



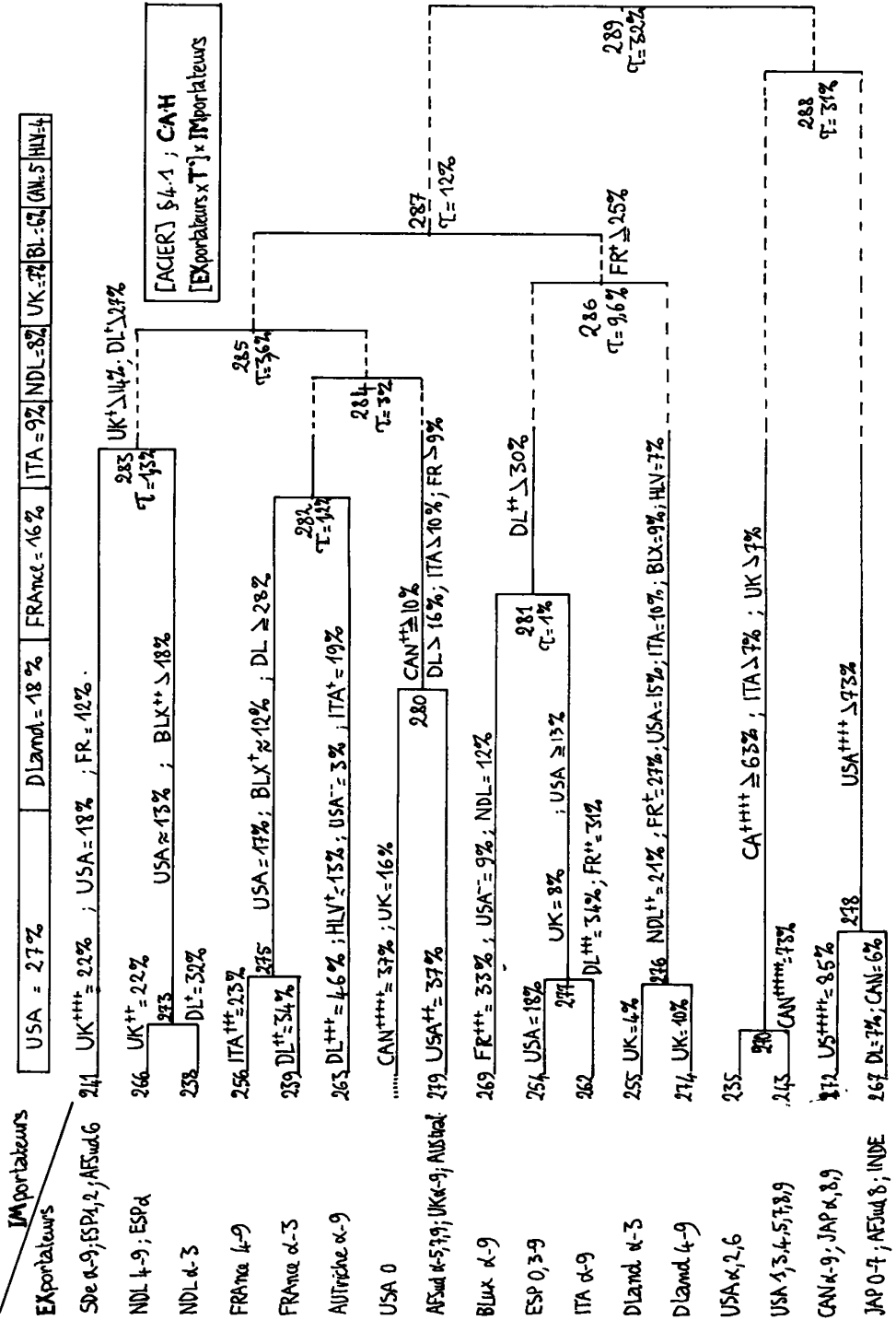
3.3 Le marché européen : Nous considérerons le plan (2,3) où sont portées quelques indications relatives au 4-ème facteur. Dans le quadrant ($F_2 > 0$; $F_3 < 0$) règne X DLand ; entouré d'une couronne d'importateurs : (M)AUTriche), (M)NDLd), (M)YOUgoslavie), (M)SUEde)... Dans le quadrant ($F_2 > 0$; $F_3 > 0$) M FRANCE se place comme attiré par X BLUX, et moins nettement par X DLand et X ITALie. Dans la quadrant ($F_2 < 0$; $F_3 > 0$) M DLand est entouré des exportateurs qui vendent de l'acier sur le marché allemand : X SUEde, X ITAL ; ... ; auxquels on adjoindra X FRANCE et X NDLand placés à la frontière de ce quadrant.

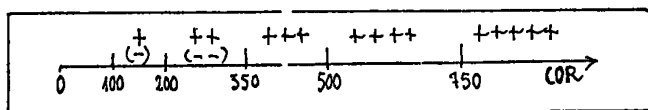
Enfin pour lire sans erreur le quadrant ($F_2 < 0$, $F_3 < 0$) il faut tenir compte du facteur F4. On voit alors que X FRANCE est lié à M ITALie, M BLUX, mais fort peu à M UK ; tandis que X NDLand va avec M UK puis M BLUX, mais non M ITALie. Apparaissent encore, un lien entre M UK et X SUEde ; et une faible tendance de M ITAL et M BLUX vers $F_2 > 0$, c'est-à-dire vers X DLand. Mais seule la CAH permettra une lecture systématique des données dans leur détail.



4 Classifications ascendantes hiérarchiques

4.0 Conventions d'étiquetage des arbres : On utilise ici les notations introduites et expliquées en détail dans l'article [BLE] (in C.A.D. Vol X, n° 1 ; 1985). D'une part on donne des valeurs précises de pourcentage : par exemple (DL > 30%), sur le noeud 281 du § 4.1 ; noeud dont les 3 descendants figurés sur l'arbre dirigent chacun vers l'Allemagne plus de 30% de ses exportations d'Acier ; ce qui est nettement supérieur à la moyenne de 18% indiquée en marge supérieure au-dessus de l'arbre (il faut toutefois noter ici que tous ces pourcentages sont calculés relativement à l'ensemble M1 des importateurs principaux ; ainsi qu'on l'a déploré au § 3.1, 1°). D'autre part on ajoute des signes (ici DL⁺⁺), si cette particularité contribue fortement à l'écart au centre de gravité du noeud considéré, l'échelle d'intensité exprimée par les signes étant celle rappelée ici.





§ 4.0: Echelle pour l'étiquetage des arbres

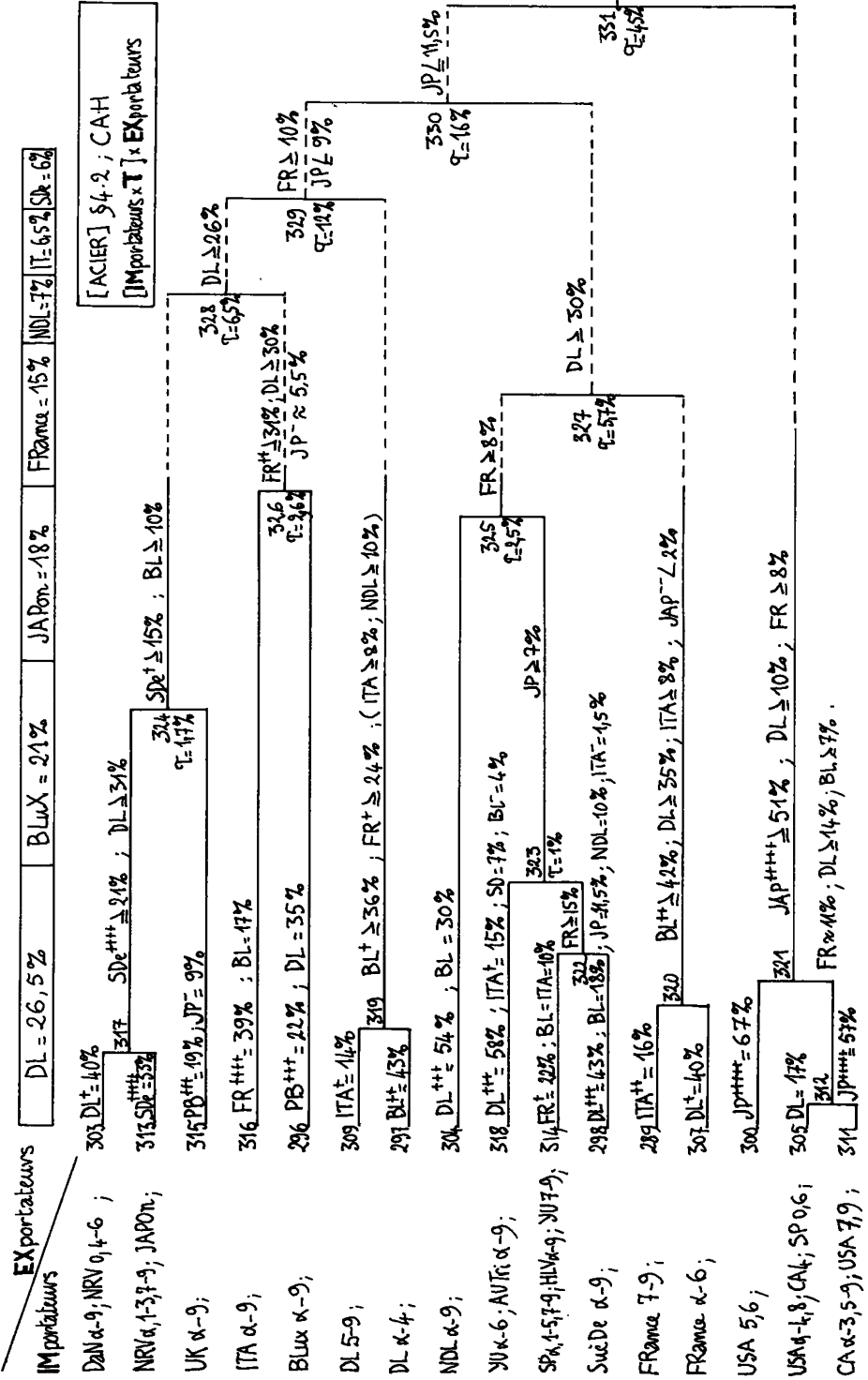
4.1 Classification des profils des exportations : Dans cette classification, les profils annuels des exportateurs sont calculés sur l'ensemble M1 des 9 importateurs principaux retenus au § 3.1. On ne tient donc pas compte des exportations vers d'autres destinataires ; une partie de celles-ci figurant toutefois au § 4.2 comme des importations rapportées au pays destinataire.

Au sommet (noeud 289), l'ensemble XT (des profils des exportateurs) se scinde en deux classes 287 et 288 ; cette opposition a déjà été vue sur l'axe 1 au § 3.2. En effet la classe 288 comprend toutes les années du JAPON, du CANADA et des USA (excepté USA0 ; i.e. 1970), avec INDE et AFSud8 (i.e. 78) ; les importateurs cités avec de forts pourcentages sur les étiquettes sont USA et CANADA. La classe 288 correspond donc à l'extrémité positive de l'axe 1 et représente le marché de l'Amérique du Nord.

Corrélativement la classe 287 représente le marché européen : il y a toutefois une exception notable : la classe 280 formée des profils d'importations USA0, UK α -9 ; AFSud α -5,7,9 ; et AUSTRALIE (cumulé sur toute la période) : cette classe, dont la cohésion est celle du Commonwealth britannique, apparaît dans l'analyse factorielle avec des valeurs faiblement positives du facteur 1.

La classe 287 se scinde en 285 et 286. On interprétera 286 comme le classe des fournisseurs de la FRANCE ; tandis que 285, mise à part la classe 280 du Commonwealth, est constituée des fournisseurs de l'Allemagne. La classe 286 comprend DL α -9, ITA α -9, BLX α -9, et ESP.0,3-9 : on observe une grande stabilité temporelle des quatre pays dont chacun forme une classe, à l'exception de l'ESPAGNE dont manquent trois années. Il faut toutefois tempérer cette appréciation de stabilité, en tenant compte de ce que chaque pays exportateur qui figure également parmi les importateurs principaux, a pour caractéristique première et stable de ne pas exporter vers lui-même : caractéristique qui est due seulement à ce que les flux intérieurs au pays n'ont pu être recensés. La CAH peut, si on le désire, signaler les variations temporelles majeures qui affectent le profil d'un pays exportateur. On l'a fait ici pour l'Allemagne Fédérale : la classe 276 se scinde en deux périodes : classe 255 (DL α -3) et classe 274 (DL4-9) ; on a noté les caractéristiques communes avec le noeud 276, tandis que la dichotomie s'explique principalement par un accroissement des exportations vers UK ; ce pays ayant, au cours de la période, pris place graduellement au sein du marché commun.

Dans la classe 285, dont nous avons déjà considéré la subdivision 280, les exportations vers la France sont parfois faibles ; et, 280 étant excepté, les exportations vers l'Allemagne sont fortes. Le lecteur trouvera sur l'arbre les caractères propres à tel ou tel exportateur qui l'intéresse particulièrement. Nous appelons quant à nous l'attention sur quelques détails. L'acier suédois, de haute réputation est acheté par l'Allemagne, UK, les USA, ... ; et, de plus par le JAPON, fait qui n'apparaîtra qu'au § 4.2. L'Autriche exporte quasi exclusivement vers les pays avec lesquels elle a frontière commune : DL, ITA, HLV. L'évolution temporelle des exportations s'explique pour les Pays-Bas (NDL) comme pour DLAND, par l'insertion de UK dans l'Europe : avec cette caractéristique supplémentaire que l'accroissement des exportations vers UK se fait au dépens de celles vers DL (au moins en %). Pour la France les exportations



vers UK jouent un rôle mineur ; mais il y a, au cours de la période, déplacement de DL vers ITA ; on verra au § 4.2 que considérés au niveau de l'Allemagne importateur, ces mouvements se compensent par des exportations croissantes de ITA vers DL.

4.2 Classification des profils des importateurs : La classification porte sur l'ensemble MT des 11 profils annuels des 9 importateurs principaux qui constituent l'ensemble M1 (cf. § 3.1), ainsi que de 6 autres importateurs (DANemark, NORvège, Suède, Yougoslavie, Autriche, Espagne) auxquels on a adjoint le profil du Japon, cumulé sur toute la période T. Tous ces profils sont définis par 7 exportateurs principaux, dont les pourcentages moyens sont rappelés en marge supérieure avec l'arbre de CAH du présent §.

Au sommet, (noeud 331), l'ensemble MT se scinde en 330 et 321. La classe 321 comprend toutes les années des USA et du Canada, avec deux années de l'Espagne (SP0,6) : la caractéristique majeure de cette classe 321 est un très fort taux d'importations à partir du Japon : $JP^{++++} \geq 51\%$; partout ailleurs, (i.e. dans les subdivisions considérées de la classe 330), la part du Japon est inférieure ou égale à 11,5% ; ce maximum étant atteint par la Suède (classe 298).

La classe 330 se scinde en 329 et 327. La classe 327 comprend d'une part la France (320), d'autre part NDland, Autriche, Yougoslavie, Hlvetia (Suisse), Suède, et Espagne ; ces pays étant pris sur toute la période T, à l'exception des deux années ST0,6, liées au Japon dans la classe 321. Sans suivre en détail les pourcentages dont les plus élevés s'expliquent surtout par des proximités géographiques, nous noterons que les profils de la France se scindent en deux périodes : FRa-6 et FR7-9 ; la part de l'Italie sur le marché français s'accroissant aux dépens de celle de l'Allemagne (DL).

La classe 329 peut être divisée en trois : d'une part l'Allemagne (319 scindé en 297 et 309), d'autre part 324 et 326, qu'on peut caractériser respectivement comme les clients de la Suède et ceux de la France. L'évolution temporelle des importations de DL se fait par accroissement de ITA aux dépens de BLux : ainsi se confirme l'émergence de l'Italie, déjà vue sur le marché français. Les clients de la France sont ITA et BLux : marchés où, à des variantes près qu'on peut lire sur l'arbre, (1/3) revient à la France et (1/3) à l'Allemagne.

La classe 324 des clients de la Suède comprend DANemark, NORvège, UK et Japon. La présence de DAN et NRV s'impose ; celle de UK n'étonne pas. Le cas du Japon mérite une mention : on a déjà vu avec la classe 298 une présence du Japon sur le marché suédois, modérée, mais supérieure à tout ce qu'on trouve ailleurs en Europe (11,5%) : il y a donc entre les sidérurgies du Japon et de la Suède des liens réciproques. A l'analyse factorielle, la classe 324 apparaît seulement sur l'axe 5, où C_SDE est associé à *M*JAP, *M*NOR, *M*DAN.

5 Conclusions

L'industrie sidérurgique requiert des investissements lourds, dont la taille est le plus souvent gigantesque ; ces investissements doivent être rapidement amortis car des innovations décisives se développent sans interruption tant dans l'élaboration de la matière que la présentation des produits finis. D'autre part outre le savoir faire technique, la production de l'acier requiert un travail humain important. Dès lors la matière première, minéral de fer ou ferraille et agent réducteur, passe à l'arrière-plan. Ainsi s'explique la suprématie du JAPON au cours de la période étudiée. Cependant quelles que soient les incertitudes du marché, la sidérurgie, rentable ou non, demeure non seulement le symbole, mais un élément majeur de la puissance industrielle. Tandis que stagnent les grands producteurs traditionnels de l'Europe du Nord-Ouest et des USA, l'URSS poursuit son ascension dans son immense marché intérieur, l'Europe méditerranéenne s'équipe et de nombreux pays ayant une capacité de développement créent des sidérurgies nouvelles : l'exemple le plus flagrant étant celui de la Corée du Sud.

Ces tendances générales sont apparues aux §§ 1 et 2 sur des graphiques non seulement suggestifs mais précis, décrivant au niveau de chaque pays les quatre activités de Production, Importation, Exportation, Consommation, dans leur évolution temporelle de 1969 à 1979. Quant au détail des flux, les §§ 3 et 4 ont en bref fourni une lecture concise et quasi exhaustive des statistiques afférentes aux principaux pays de l'OCDE. En revanche les données publiées ne disent rien des investissements et des innovations, non plus que de la qualité des produits finis échangés et de leur destination ultime (construction mécanique, construction navale, travaux publics ; etc.). Il ne fait pas de doute pour nous que l'analyse des banques de données de la sidérurgie, aiderait à orienter cette branche essentielle de l'industrie dans une étape critique de son histoire.