



HAL
open science

Modèle de prévisions des résultats de l'entreprise

Claude Delobel

► **To cite this version:**

Claude Delobel. Modèle de prévisions des résultats de l'entreprise. Modélisation et simulation. Université Pierre Mendès-France - Grenoble II, 1965. Français. NNT: . tel-00279751

HAL Id: tel-00279751

<https://theses.hal.science/tel-00279751>

Submitted on 15 May 2008

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

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

UNIVERSITE DE GRENOBLE

FACULTE DE DROIT ET DES SCIENCES ECONOMIQUES

Titre : MODELE DE PREVISIONS DES RESULTATS DE L'ENTREPRISE

Thèse en vue
du Doctorat de Spécialité
(3ème cycle option Economie et Administration des Entreprises)

-:-:-:-

Présentée et soutenue
le 18 Octobre 1965

par : Monsieur Claude DELOBEL

-:-:-:-

Jury de la Thèse

Président : Monsieur PAGE, Professeur à la Faculté de Droit
et des Sciences Economiques

Suffragants : Monsieur NAMIAN, Professeur au Conservatoire
National des Arts & Métiers

Monsieur JOUET, Directeur du Département
"Transformateurs" aux
ETS. MERLIN & GERIN à
Grenoble.

La Faculté n'entend donner aucune approbation
ni improbation aux opinions émises dans les
thèses. Ces opinions doivent être considérées
comme propres à leurs auteurs.

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à

Monsieur Paul-Louis MERLIN,	Président Fondateur Honoraire des Etablissements MERLIN & GERIN, qui a permis des contacts fructueux entre l'Industrie et l'Université ;
Monsieur Paul MERLIN,	Président Directeur général des Etablissements MERLIN & GERIN, qui a permis que ce travail existe ;
Monsieur PAGE,	Professeur à la Faculté de Droit et Directeur du Centre de Préparation à la Gestion des Entreprises, qui a bien voulu me faire l'honneur de présider le jury ;
Monsieur JOUET,	Directeur du Département "Transformateur" de l'entreprise MERLIN & GERIN, qui a su orienter ce travail vers les résultats les plus intéressants ;
Monsieur NAMIAN,	Professeur au Conservatoire National des Arts et Métiers, qui m'a dirigé dans cette recherche ;

à tous ceux qui m'ont aidé en m'offrant leurs conseils, en particulier
MM. BERGONIER, BERNARD, BRETILLON, DELAY-TERMOZ, FREGNAC, GIROD, JOUET,
KOSSAROV, KUNTZMANN, LABOURIER, NAMIAN, PAGE, PATRON, PECCOUD et ROCHE ;
à ceux qui m'ont permis de recueillir les informations indispensables à
cette étude, MM. DELEGLISE, FOURNIER, ROBIN et ROUX ;
à ceux qui ont été mes voisins de bureau, MM. BERGONIER, BRETILLON et
PECCOUD ;
à Mademoiselle DUBARLE, Madame TUILLIER, Messieurs DEBARGUE, MOUNET et
VIDAL qui ont effectué la réalisation matérielle de cet ouvrage.

--:--:--:--:--:--:--:--:--:--

INTRODUCTION

Les recherches dans le domaine de la gestion des entreprises en France ne font que commencer ; il nous a donc paru intéressant de pouvoir prendre conscience de ces problèmes. Le titre de notre travail " Modèle de prévision des résultats de l'entreprise " soulève de nombreuses questions auxquelles on se doit de fournir des réponses.

La construction d'un modèle permet, d'une part de représenter un phénomène en le séparant de son milieu naturel et d'autre part de simuler la réalité présente en incluant tous les éléments qui semblent essentiels à l'explication du mécanisme du phénomène. Il ne faut pas aujourd'hui négliger l'apport des mathématiques dans un tel travail.

(1) " Les mathématiques constituent un instrument inégalable pour tester la cohérence logique d'une théorie et dégager en pleine lumière le véritable contenu ". Certes, il ne faut pas considérer les mathématiques comme une fin en soi, mais comme un moyen qui permet de passer des prémisses aux résultats.

L'utilisation d'un modèle présente de nombreux avantages. En particulier, il permet des essais contrôlés, à moindre coût, à l'inverse des systèmes réels où il est impossible de changer la valeur d'un paramètre sans changer les autres et par conséquent de voir les répercussions de ce changement. D'autre part, les confrontations successives entre les essais et l'image que l'on se fait de la réalité apportent de améliorations et des explications au sujet du mécanisme que l'on analyse.

Dans l'utilisation du modèle, il est possible de donner aux paramètres une valeur correspondant à une éventualité future : il permet de mettre en oeuvre des prévisions. Dans notre travail, nous présenterons une conception nouvelle qui est la suivante : un modèle ne doit pas fournir une prévision, mais une gamme de prévisions possibles. Ceci n'enlève pas, d'ailleurs, certaines difficultés sur la validité de la prévision. Un modèle est souvent construit à partir d'observations sur le passé du système et on peut arriver à formuler cette boutade " si rien ne change, tout se passera comme avant." Bien que ceci soit vrai, il est déjà fort intéressant de pouvoir situer cet avenir si aucun changement ne vient bouleverser les bases sur lesquelles a été établi le modèle.

(1) Allais. Traité d'économie pure. Tome 1. Les données générales de l'économie pure.

Les hypothèses faites sont les suivantes :

- la gamme des produits fabriqués ne sera pas modifiée.
- la technologie des produits ne subira aucun bouleversement.
- l'appareil de production (bâtiments, parc machines) s'adaptera progressivement à l'évolution de la demande

Les problèmes que doit résoudre un chef d'entreprise sont multiples et variés. Un de ceux qui l'intéresse le plus est de pouvoir situer l'avenir d'une production en fonction de l'évolution du marché, des moyens de production (main d'oeuvre, investissements) et des possibilités techniques. Notre but a donc été de construire un modèle donnant des prévisions sur les résultats, en particulier la marge brute de production, à partir de variables représentant les grandes fonctions de l'entreprise. Dans cette prévision, l'attitude du Chef d'entreprise est active car il doit, d'une part estimer la valeur de grandeurs techniques et, d'autre part, tester les différentes hypothèses correspondant à chaque politique et par conséquent, choisir la voie qu'il juge la plus profitable ou la moins risquée. Le modèle ne prend pas les décisions à la place du chef d'entreprise, mais permet de les orienter en chiffrant les résultats de chaque politique.

De telles recherches ne sauraient être valables que dans la mesure où l'on obtient la collaboration active d'une entreprise. Dans notre cas, la société Merlin-Gerin, et plus particulièrement le département "Transformateurs" a bien voulu nous servir de champ d'expériences. Il en résulte que le modèle auquel nous avons abouti n'est pas transposable immédiatement à une autre entreprise. Chaque entreprise a ses problèmes spécifiques, mais la méthodologie employée pourrait se transposer aisément.

Pour mener à bien ce travail, plusieurs étapes sont nécessaires. Après une phase d'analyse des fonctions commerciales, techniques, de production et comptables, durant laquelle on s'imprègne des problèmes de l'entreprise, on recherche les variables-clés qui seront l'assise de notre modèle. La collecte de séries chronologiques et de données élémentaires permet, à l'aide de l'outil mathématique, de définir les liaisons qui unissent ces variables. Il ne reste plus alors qu'à tester la validité du modèle construit pour qu'il puisse devenir opérationnel.

Ces trois grandes phases d'analyse se trouveront réunies au niveau de chaque chapitre.

C H A P I T R E 1

CADRE DE LA RECHERCHE : DEPARTEMENT "TRANSFORMATEURS" DE L'ENTREPRISE MERLIN-GERIN

Le département "transformateurs" est un des douze départements de l'entreprise Merlin-Gerin et réalise à lui seul 11% du chiffre d'affaires de la société. Il se range parmi les plus grands constructeurs français de transformateurs.

1.1. LA PRODUCTION DU DEPARTEMENT "TRANSFORMATEURS".

Les produits fabriqués se divisent en trois grandes classes :

1.1.1. - Les transformateurs de puissance -

Chaque transformateur est caractérisé par sa puissance exprimée en kVA (kilovolt-Ampère). La variété de types d'appareils qu'un constructeur peut fabriquer est extraordinairement grande. Pour rationaliser la production, il existe des puissances normalisées :

16 kVA - 25 kVA - 40 kVA - 63 kVA - 80 kVA -
100 kVA - 125 kVA - 160 kVA - 200 kVA - 250 kVA
315 kVA - 400 kVA - 500 kVA - 630 kVA - 800 kVA
1.000 kVA - 1.250 kVA - 1.600 kVA -
qui constituent la gamme de production.

D'autre part, pour une puissance donnée, il existe différents types d'appareils suivant la nature du diélectrique utilisé et les tensions demandées.

Le tableau de la figure 1 montre les différents domaines couverts par la production de l'entreprise.

REMARQUE : Les transformateurs de puissance recouvrent la gamme qui s'étend du 16 kVA à des puissances de plusieurs milliers de kVA. Les transformateurs de distribution constituent une partie des transformateurs de puissance ; ce sont ceux dont la puissance est comprise entre 16 kVA et 630 kVA.

Type Puissance	huile	Pyralène	Quartz	Air
16 kVA				
60 kVA				
630 kVA				
1000 kVA				
10000 kVA				

figure 1

1.1.2. - Les transformateurs de mesure.

Les transformateurs de mesure haute et moyenne tension ont pour but de mesurer :

- les tensions électriques
- les intensités.

1.1.3. - Les appareils divers.

Un certain nombre d'appareils spéciaux peuvent être réalisés dans les ateliers du département "transformateurs", car ils font appel à des techniques voisines de celles du transformateur. Ce sont :

- les réactances
- les résistances
- les transformateurs de mise à la terre.

1.1.4. - Situation générale des produits.

Dans cette présentation, nous devons donner la place des différents produits dans la réalisation du chiffre d'affaires hors taxes de l'entreprise et leur situation sur le marché national. Ces renseignements sont rassemblés dans le tableau de la figure 2.

Produit	Chiffre d'affaires hors taxes mensuel	part du marché national
16kVA à 630kVA	1.000.000F.	12%
supérieur à 630kVA	250.000F.	10%
Quartz	200.000F.	99%
Tr. de mesure	300.000F.	10%
Divers	100.000F.	
TOTAL :	1.850.000F.	

figure 2

On constate que la principale production de l'entreprise est le transformateur de puissance de 16 kVA à 630 kVA appelé "transformateur de distribution". Le transformateur dans le quartz peut être considéré comme un monopole car la fabrication de cet appareil résulte d'un brevet Merlin-Gerin et n'est en pratique destiné qu'à l'électrification des mines de charbon grisouteuses.

1.1.5. - Domaine d'emploi de la production.

Les produits fabriqués par le département "transformateurs" sont incorporés dans les réseaux électriques de l'E.D.F. qui partent des centrales électriques pour aboutir chez les utilisateurs domestiques et industriels. Sur la figure 3, les différentes étapes de la transformation du courant sont indiquées. A la sortie de la centrale, le courant sous une tension de 5 kV est élevé jusqu'à des tensions de 220 kV pour être transporté vers les points d'utilisation où il se trouve abaissé de manière progressive.

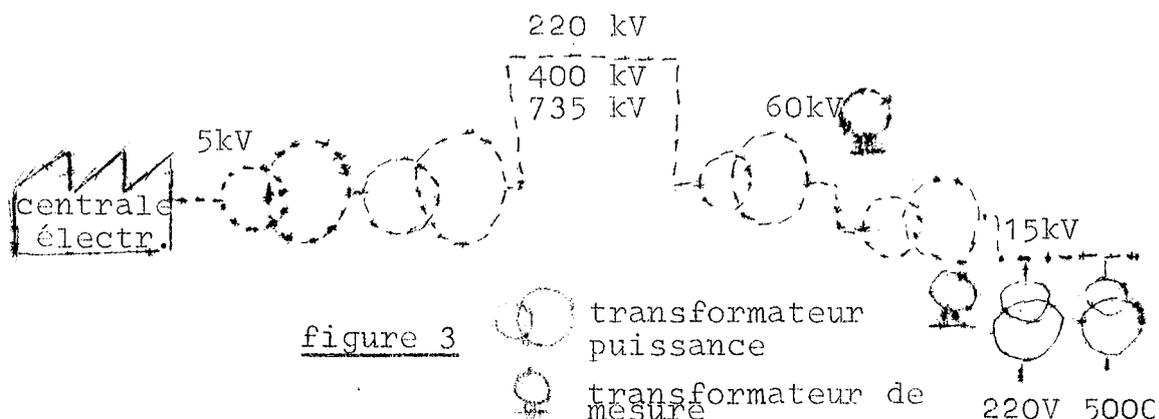


figure 3

Plus particulièrement, les transformateurs de puissance construits par l'entreprise sont utilisés en bout de chaîne comme le montre la figure.

1.2. LES MOYENS DE PRODUCTION.

L'entreprise dispose d'installations industrielles dont la caractéristique essentielle est de pouvoir assurer un gros volume de production bien que celle-ci ne soit pas de série. La multiplicité des produits et l'âpreté de la concurrence ont nécessité une rationalisation de l'appareil de production. D'autre part, le marché étant en expansion rapide, il a fallu augmenter la capacité de production en automatisant certaines chaînes de fabrication. Ceci a été possible pour le découpage des tôles magnétiques et pour le pliage des ondes des cuves

Le département "transformateurs" utilise 300 personnes se répartissant de la manière suivante :

- 215 ouvriers de production
- 14 agents de maîtrise encadrant la main-d'oeuvre de production
- 66 cadres, agents techniques et employés,

auxquelles il convient d'ajouter une centaine de personnes appartenant au siège de la société (direction commerciale, service du personnel et de comptabilité) et travaillant pour l'activité du département "transformateurs" de l'entreprise.

1.3. PROBLEMES SPECIFIQUES DE LA FABRICATION DES TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE.

Dans un transformateur de puissance moyenne, le coût d'achat des matières premières et des pièces détachées, représente 70% du coût direct de fabrication.

Pour abaisser celui-ci, il est nécessaire de rechercher la meilleure utilisation possible des constituants de base d'un transformateur :

- cuivre
- tôle magnétique
- huile ou pyralène.

Les tôles magnétiques ont des caractéristiques qui dépendent du fournisseur et des améliorations qu'il apporte à la fabrication de ce produit. Ces dernières années, l'introduction des tôles à cristaux orientés a permis de réaliser des progrès considérables ; malheureusement, le travail de ce matériau en altère considérablement les qualités initiales.

Ce n'est donc qu'en effectuant des recherches continues sur l'élaboration du produit que l'on peut espérer diminuer le coût de production, sans entrer dans le détail. Il y a lieu de citer :

- l'amélioration constante de la qualité de découpage des tôles magnétiques,
 - le recuit,
 - la qualité d'exécution des circuits.
-

C H A P I T R E 2

B U T D E L' E T U D E

L'étude avait pour but d'élaborer un modèle économique destiné à préparer les décisions d'un chef d'entreprise. Ce modèle était conçu comme un véritable laboratoire d'expérimentation où il aurait été possible de mesurer les résultats d'une politique donnée. Il est vite apparu qu'un tel objectif ne pouvait se concevoir dans sa généralité car le nombre des facteurs à prendre en compte dans leur interdépendance était trop grand. Nous avons donc restreint l'objectif de notre étude dans les limites d'un problème particulier et d'une production, celle des transformateurs de puissance.

2.1. PROBLEME SPECIFIQUE DU DEPARTEMENT "TRANSFORMATEURS".

Les caractéristiques spécifiques de l'entreprise se sont dégagées assez rapidement :

- l'expansion du département. La production des transformateurs augmente en moyenne de 12% par an ; de là, la nécessité de prévoir un plan de développement dans la limite des surfaces actuelles ou sur des surfaces nouvelles.
- la baisse des prix. Depuis 1936 on constate une baisse régulière du prix moyen de vente des transformateurs. La plupart du temps, cette diminution est due aux progrès techniques réalisés qui permettent d'abaisser le coût direct de production. Ce n'est qu'en faisant des recherches pour améliorer la conception du produit que l'entreprise peut faire face à la concurrence sans compromettre le profit.

Dans ces conditions, comment est-il possible de situer l'avenir du département "transformateurs" ? Pour répondre à cette question, nous avons élaboré un modèle dont nous allons présenter les principaux éléments.

2.2. CONCEPTS GENERAUX ET VARIABLES PRINCIPALES DU MODELE.

L'étude nous a conduit, d'une part à utiliser les informations présentes dans l'entreprise et, d'autre part à créer des concepts nouveaux. Lors de la définition de ces variables, un certain nombre de difficultés sont apparues comme celle de mesurer la production. La gamme des transformateurs s'étend de 16 kVA à plusieurs milliers de kVA en passant par un grand nombre de puissances intermédiaires normalisées. Il y avait plusieurs possibilités pour mesurer la production totale. La première consistait à comptabiliser en valeur monétaire la production en fonction du prix de vente de chaque appareil. Cette mesure était fort délicate et nous aurons l'occasion d'y revenir dans les chapitres suivants car la nécessité de comparer des productions des différentes années exigeait de prendre en compte les éléments suivants :

- la dépréciation monétaire,
- la baisse des prix due aux innovations techniques,
- la diversité de la production.

La deuxième possibilité utilisait le fait que chaque transformateur est caractérisé par sa puissance exprimée en kVA qui peut servir d'unité commune pour la mesure d'une production hétérogène. Nous avons retenu cette solution bien que nous soyons parfaitement conscient de ces limites. Par la suite, le kVA sera pris comme unité de mesure de la production, voire même d'autres variables du modèle.

Le modèle que nous avons construit permet de prévoir la marge brute de production. Pour arriver à dégager cette notion, nous avons dû analyser les grandes fonctions suivantes de l'entreprise :

- la fonction commerciale nous a permis de situer, d'une part le marché des transformateurs et par la même le niveau de production et, d'autre part les prix de vente pratiqués sur le marché.
- la fonction de production permet de connaître les achats extérieurs et les dépenses attachées au personnel de production.
- la fonction technique situe les améliorations technologiques et de productivité apportées par l'entreprise.

A partir de ces éléments, il est possible de donner la structure globale de notre modèle, représentée schématiquement par la figure 4.

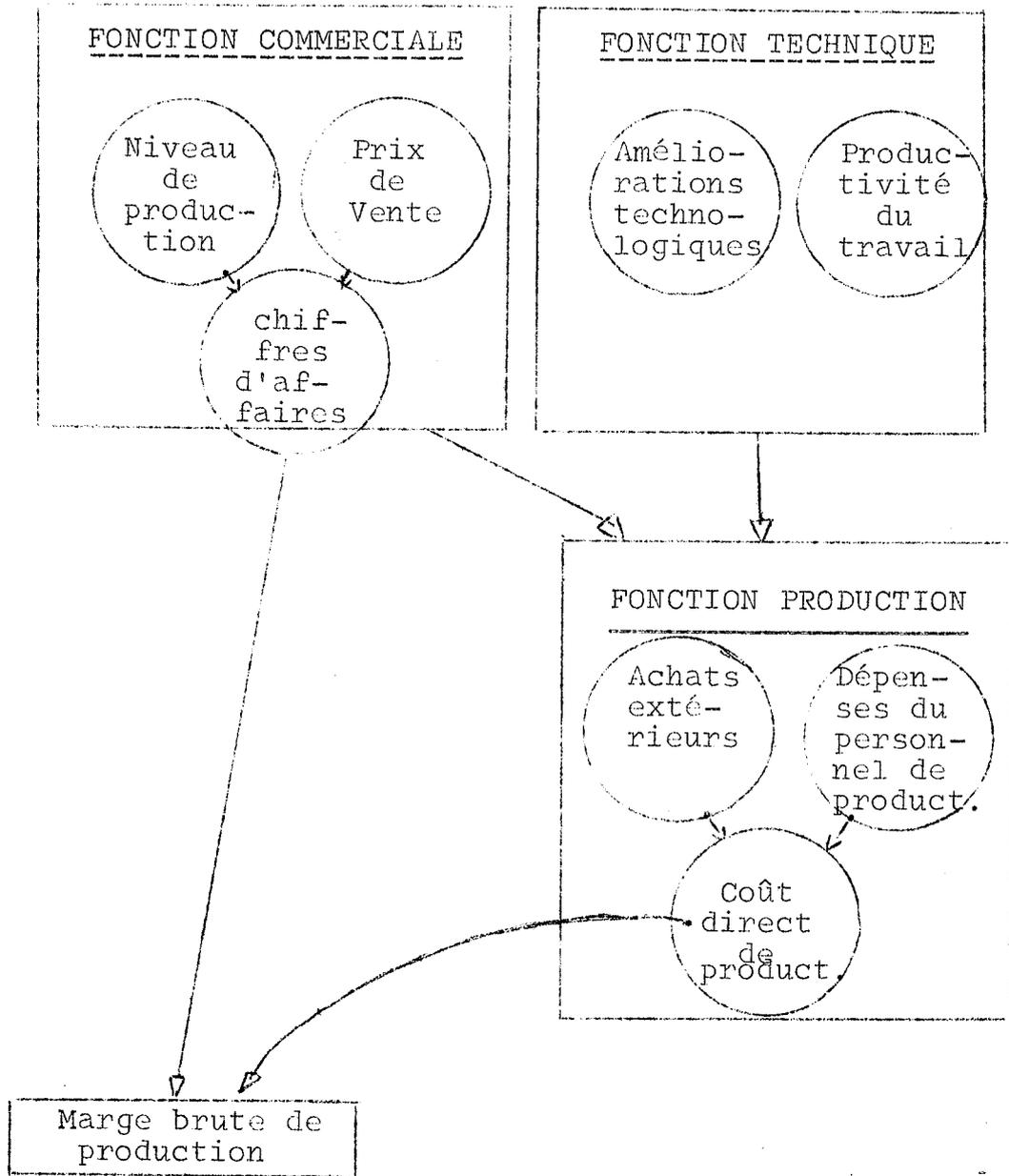


figure 4 : Structure globale du modèle

Les flèches représentées sur la figure 4 indiquent les liaisons qui existent entre les différentes fonctions ou variables de l'entreprise.

L'analyse de chacune de ces fonctions nous a permis de dégager des concepts qui nous ont semblé essentiels pour la construction de notre modèle.

Les variables utilisées dans le modèle seront définies dans les paragraphes suivants et elles trouveront leur justification dans les prochains chapitres.

2.2.1. La Fonction Commerciale.

- Marché des transformateurs de distribution :

Nous avons déjà vu que les transformateurs de distribution correspondent à des puissances inférieures à 630 kVA et ne constituent qu'une partie du marché total. Ce marché, mesuré en kVA, représentera les ventes de transformateurs en France.

- Part de marché des transformateurs de distribution : Elle est mesurée par un nombre sans dimension puisqu'il sera le rapport entre les ventes de transformateurs de distribution produits par l'entreprise et le marché national des transformateurs de distribution.

- Puissance moyenne vendue par l'entreprise :

La production étant diversifiée, cette notion est très importante car elle définira la composition de la production. Nous la définirons comme étant égale au rapport de la production de l'entreprise (exprimée en kVA) sur le nombre d'appareils vendus.

- Rapport $\frac{\text{Tr} < 630 \text{ kVA}}{\text{Tr} > 630 \text{ kVA}}$: ce rapport

complète notre connaissance de la production vendue par l'entreprise.

- Production de l'entreprise : c'est la production des transformateurs mesurée en kVA. Elle dépend du marché national, de la part de marché prise par l'entreprise pour les transformateurs de distribution et de la proportion de ces derniers dans la gamme.

- Prix de vente moyen du kVA : le prix de vente moyen du kVA dépend des conditions rencontrées sur le marché. En fait, il est étroitement lié aux améliorations techniques apportées par l'entreprise ou par les concurrents et à la puissance moyenne vendue par l'entreprise.

- Chiffre d'affaires : Il représente la valeur de la production des transformateurs de puissance. Les valeurs de cette variable seront données par la relation:

$$\text{chiffre d'affaires} = \text{prix de vente moyen du kVA} \times \text{production}$$

2.2.2. Fonction technique.

- Indice de progrès technique : Si P désigne la production de l'entreprise en kVA et Q le poids de la partie active, (le poids de cuivre et de tôle magnétique incorporés dans la production) alors le rapport P/Q peut être considéré comme un indice qui mesure le progrès technique. Nous justifierons par la suite cette affirmation.

- Productivité du travail : c'est le ratio défini comme le rapport de la production totale aux heures de travail. Nous montrerons que cette variable est essentiellement liée au concept de progrès technique.

- Poids de la partie active : c'est le poids du cuivre et de la tôle magnétique incorporés dans la production. Ce poids dépend du degré de technicité, de la puissance moyenne, et évidemment de la production.

2.2.3. La Fonction de Production.

- Prix de la partie active : c'est le prix du kilo de partie active.

- Facteur pièces détachées : le cuivre et la tôle magnétique ne sont pas les seules matières incorporées dans un transformateur. On trouve aussi de l'huile ou du pyralène, de la tôle et des pièces détachées. Ce facteur mesure le rapport qui existe entre l'ensemble des achats extérieurs et les achats correspondants à la partie active du transformateur.

- Taux horaire des salaires : il comprend le salaire horaire versé à l'ouvrier de production augmenté des charges sociales correspondantes
- Coût direct de production : il est défini à partir de l'équation.

Coût direct de production = Achats extérieurs + salaires de production + charges sociales.

- Marge brute de production : l'estimation de celle-ci nous servira de critère économique pour juger l'avenir de la production des transformateurs. Elle doit permettre de couvrir les frais généraux (tous les frais autres que coût direct de production) et les investissements nécessaires au département pour suivre l'expansion du marché.

La marge brute de production sera définie comme la différence entre le chiffre d'affaires réalisé et le coût direct de production.

2.3. - STRUCTURE DU MODELE.

Nous venons de définir l'ensemble des variables prises en compte dans notre modèle.

La structure de notre modèle ne sera définitive que lorsque nous aurons explicité les liaisons qui existent entre chacune de ces variables. Ce travail sera analysé dans les chapitres suivants qui auront pour but de justifier les liaisons indiquées.

Pour l'instant, nous pouvons dire qu'il existe deux types de liaisons :

- la liaison fonctionnelle,
- la liaison de nature statistique.

Deux exemples permettront de comprendre ces deux notions. Lorsque nous écrivons :

Marge brute de production = chiffre d'affaires
- coût direct de production

On relie la marge brute de production au chiffre d'affaires et au coût direct de production à partir d'une équation. Cette liaison est du type fonctionnel

Par contre, nous montrerons que la productivité travail est une fonction de l'indice du progrès technique. Cette affirmation résulte d'une étude statistique; nous avons alors une liaison statistique.

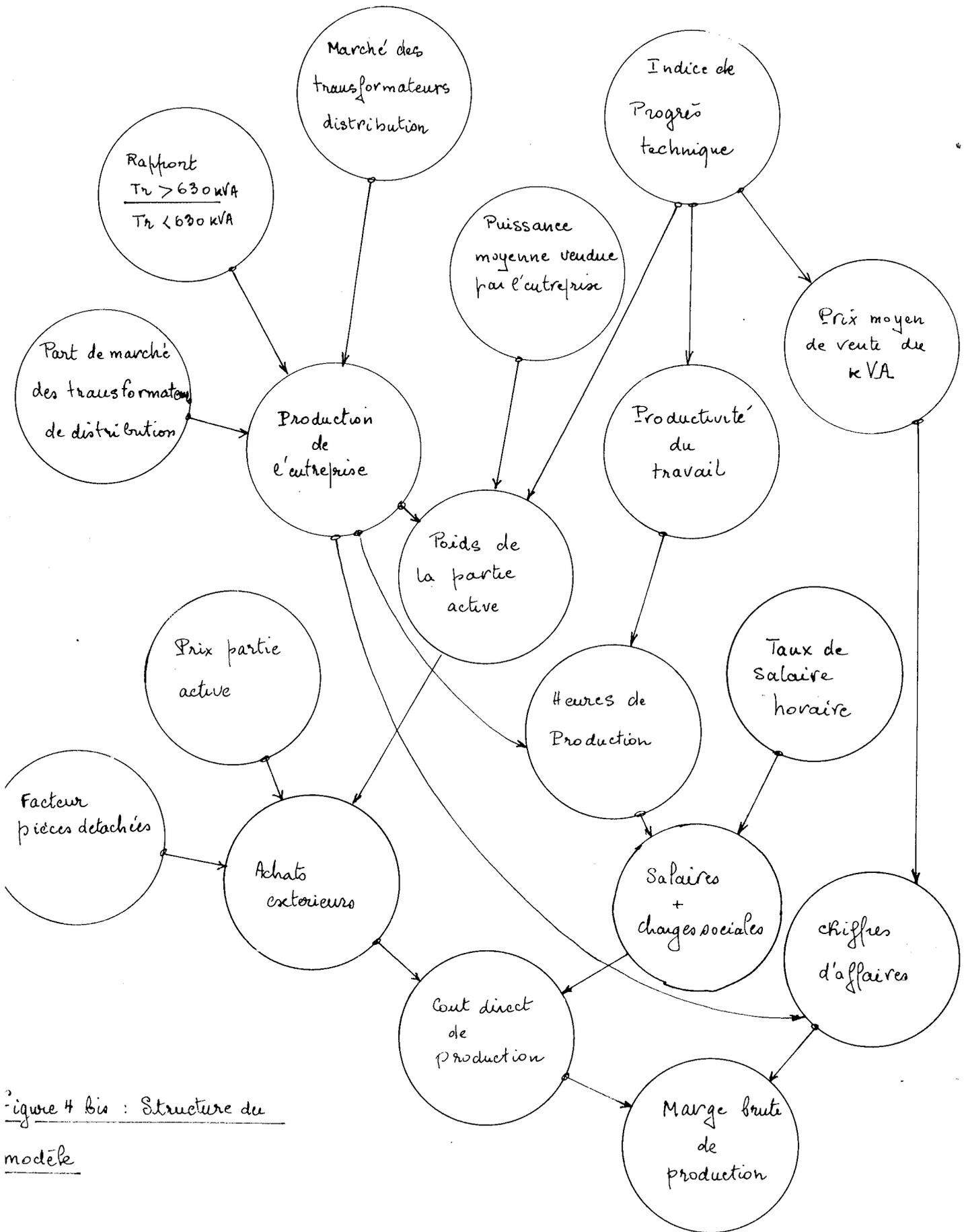


Figure 4 bis : Structure du modèle

Nous allons voir dans les chapitres suivants que notre modèle correspond à la structure représentée sur la figure 4 bis. Sur ce schéma, les liaisons sont indiquées par une flèche.

Cette présentation globale des variables prises en compte dans le modèle devrait nous permettre de ne pas être gênés par le caractère particulier des chapitres suivants. Nous nous proposons en effet d'étudier d'abord l'évolution du marché, puis dans un second chapitre, d'analyser la notion de productivité pour terminer enfin par une présentation définitive de notre modèle.

C H A P I T R E 3

LE MARCHÉ DES TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE ET SES TENDANCES D'ÉVOLUTION

Dans toute étude de marché, nous pouvons distinguer quatre niveaux qui conditionnent l'élaboration d'une bonne analyse :

- Le soin apporté au recueil et à la critique de l'information,
- La recherche de variables nouvelles créées à partir des informations recueillies afin de s'adapter aux objectifs finaux,
- La traduction de prévisions en objectifs, afin de substituer une attitude active à une attitude passive,
- L'évaluation d'une probabilité de réalisation d'une prévision.

Au cours des chapitres suivants, ces divers niveaux nous serviront de trame pour l'analyse. L'étude du marché des transformateurs sera décomposée en plusieurs parties. La première traitera plus particulièrement du marché national de transformateurs de distributions, afin de pouvoir situer la place de l'entreprise sur ce marché. La deuxième, étudiera plus particulièrement la répartition géographique des transformateurs de distribution pour permettre de définir un plan d'équipement. Enfin la troisième fera la synthèse des différents éléments recueillis et permettra une évaluation des grandeurs des variables de notre modèle :

- marché transformateurs de distribution
- part de marché de l'entreprise
- puissance moyenne produite par l'entreprise
- Rapport $\frac{Tr < 630 \text{ kVA}}{Tr > 630 \text{ kVA}}$
- production de l'entreprise.

Remarque : Dans notre étude de marché, nous n'aborderons que le marché national pour plusieurs raisons :

- la conception d'un transformateur obéit aux normes techniques U.T.E. pour la France. Il est donc très difficile de s'implanter dans un marché non régi par ces normes, en particulier dans les pays anglo-Saxons.

- dans les pays en voie de développement, la concurrence entre les industriels de l'Est et de l'Ouest est vive et les prix pratiqués ne permettent pas toujours à l'entreprise de dégager une marge suffisante.

3.1. LE MARCHE DES TRANSFORMATEURS DE DISTRIBUTION - ETUDE GLOBALE.

3.1.1. Définition des produits et du marché.

Le produit sera l'ensemble des transformateurs de distribution; ce sont : les transformateurs et auto-transformateurs spéciaux ou normaux dont la puissance est comprise entre 16 et 630 kVA et dont la haute tension est égale ou supérieure à 1500 volts.

Le marché sera considéré comme étant le marché français. Les statistiques que nous avons pu obtenir présentaient les particularités suivantes :

- les données comprenaient les ventes effectuées dans les ex-territoires coloniaux durant certaines années.

- les données représentaient 95% du marché français, ceci étant dû à la difficulté d'évaluer la production de petites entreprises.

Les ventes dans les territoires coloniaux représentant environ 5% des données recueillies, celles-ci pourront être prises, avec une bonne approximation, comme significative du marché français.

L'unité de mesure retenue après plusieurs essais, a été le kVA. Cette unité a l'avantage de relier le produit au service rendu. De toute façon, elle est préférable aux autres unités qui mesureraient le marché en nombre d'appareils vendus ou en chiffre d'affaires réalisé. On observe en effet que dans l'un ou l'autre de ces deux derniers cas, il y a de trop grandes disparités entre la gamme des appareils et l'unité retenue.

D'une manière générale, lorsque nous voulons définir une unité pour un marché, l'unité de mesure la mieux adaptée est certainement celle qui mesure le service rendu. Dans notre étude ce sera le kVA mais, par exemple, pour étudier le marché des camions, l'unité à retenir pourrait être la tonne de charge utile.

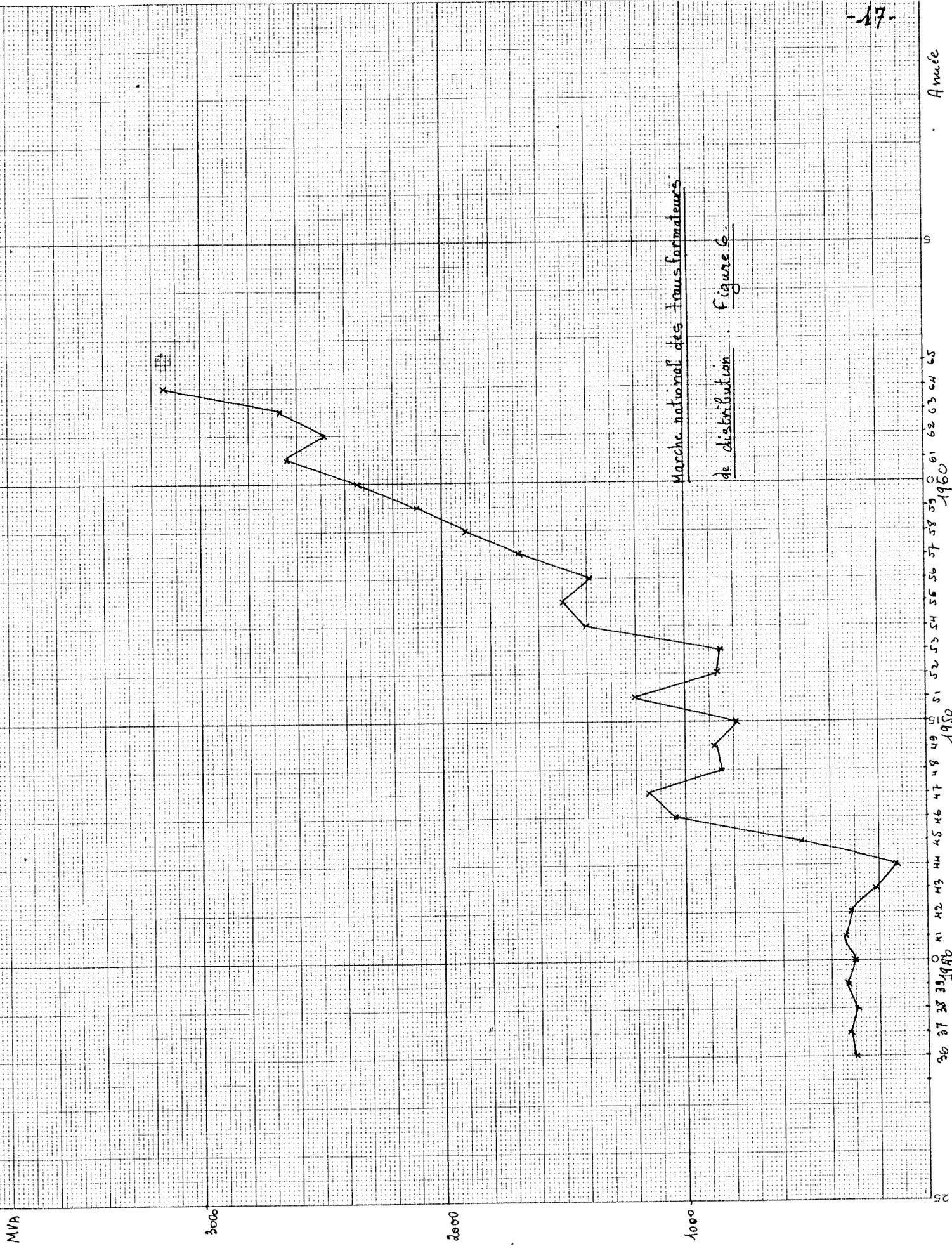
3.1.2. Informations recueillies sur le marché.

Les informations que nous avons rassemblées sur le marché des transformateurs de distribution remontent à l'année 1936 et ont été consignées dans le tableau 5.

Année	Marché en MVA						
1936	300	1944	136	1952	873	1960	2 350
1937	324	1945	520	1953	858	1961	2 640
1938	294	1946	1 047	1954	1 408	1962	2 490
1939	330	1947	1 151	1955	1 503	1963	2 670
1940	300	1948	852	1956	1 394	1964	3 150
1941	340	1949	887	1957	1 685		
1942	316	1950	793	1958	1 900		
1943	208	1951	1 207	1959	2 100		

Tableau 5

N.B. : le M.V.A. est égal à 1.000 kVA.



Marché national des transformateurs
de distribution Figure 6.

Les informations représentant le marché ont été portées sur un graphique (figure 6) avec en abscisse le temps et en ordonnée le marché exprimé en MVA ($1 \text{ MVA} = 10^3 \text{ kVA}$)

Cette courbe est fort significative et nous permet de faire les remarques suivantes :

- de 1936 à 1964 la production a été multipliée par 10.
- on distingue trois périodes d'évolution ayant des caractéristiques différentes. De 1938 à 1945, nous avons la période de guerre où le niveau des ventes a été très bas. De 1945 à 1954, une période transitoire caractérisée par de fortes fluctuations qui résultent du sous équipement engendré par la période de guerre. A partir de 1954, une période de forte expansion régulière pendant laquelle le marché augmente en moyenne de 12% par an
- des années de fortes demandes d'équipement précédent des années de demandes plus faibles.

Jusqu'à présent, nous avons fait simplement une étude descriptive du marché des transformateurs; il importe donc de pouvoir préciser cette étude par une analyse quantitative. La base de cette analyse repose sur le fait qu'il est possible de relier de façon globale l'accroissement du marché des transformateurs à celui de l'énergie électrique distribuée et au renouvellement du matériel dont le parc dépend à un instant donné de la consommation électrique.

3.1.3. Relation entre le marché et la consommation d'énergie électrique.

Nous allons essayer de préciser la constatation faite ci-dessus, à savoir que le marché des transformateurs se développe comme la consommation d'énergie électrique.

L'outil statistique permet de rendre compte à l'aide de critères (coefficient de corrélation, écart type sur les coefficients de la régression) de la liaison qui existe entre deux variables (Voir annexe 1).

Les variables retenues pour cette analyse sont :

- les ventes de transformateurs de distribution (en M.V.A)
- la consommation d'énergie électrique.

La consommation d'énergie électrique haute et basse tension, comprend la consommation électrique des transports ferroviaires et la consommation électrique des usines électrométallurgiques. Dans ces deux domaines, le transformateur de distribution n'est pas utilisé; il est donc logique de retirer de la consommation totale la partie correspondante à ces deux secteurs.

D'autre part, nous avons estimé que la période d'observation de 1950 à 1964 serait la plus significative pour situer l'évolution future du marché.

Les sources d'information sont sur ce sujet les publications de l'I.N.S.E.E., et ont été consignées dans le tableau 6.

Le graphique de la page 21 figure 7 porte en abscisse l'énergie et en ordonnée les M.V.A. Les observations faites se répartissent autour de la droite de tendance calculée par un programme sur ordinateur (Voir Annexe 1).

L'équation de la droite (5) est, si P_t désigne les ventes de l'année t et E_t la consommation d'énergie électrique de cette même année :

$$P_t = 0.052 E_t - 390.$$

TABLEAU 6. STATISTIQUES SUR LE MARCHÉ ET LA CONSOMMATION
ELECTRIQUE.

Année	Energie Electri- que 10 ⁶ KWh	Marché transfo- M. V. A.
1950	23.131	793
1951	26.021	1.207
1952	26.865	873
1953	28.212	858
1954	31.027	1.408
1955	33.974	1.503
1956	37.220	1.394
1957	39.593	1.685
1958	42.518	1.900
1959	44.727	2.100
1960	49.178	2.350
1961	52.285	2.640
1962	56.249	2.490
1963	61.728	2.670
1964	?	3.150

MVA

3000

2000

1000

250 000

300 000

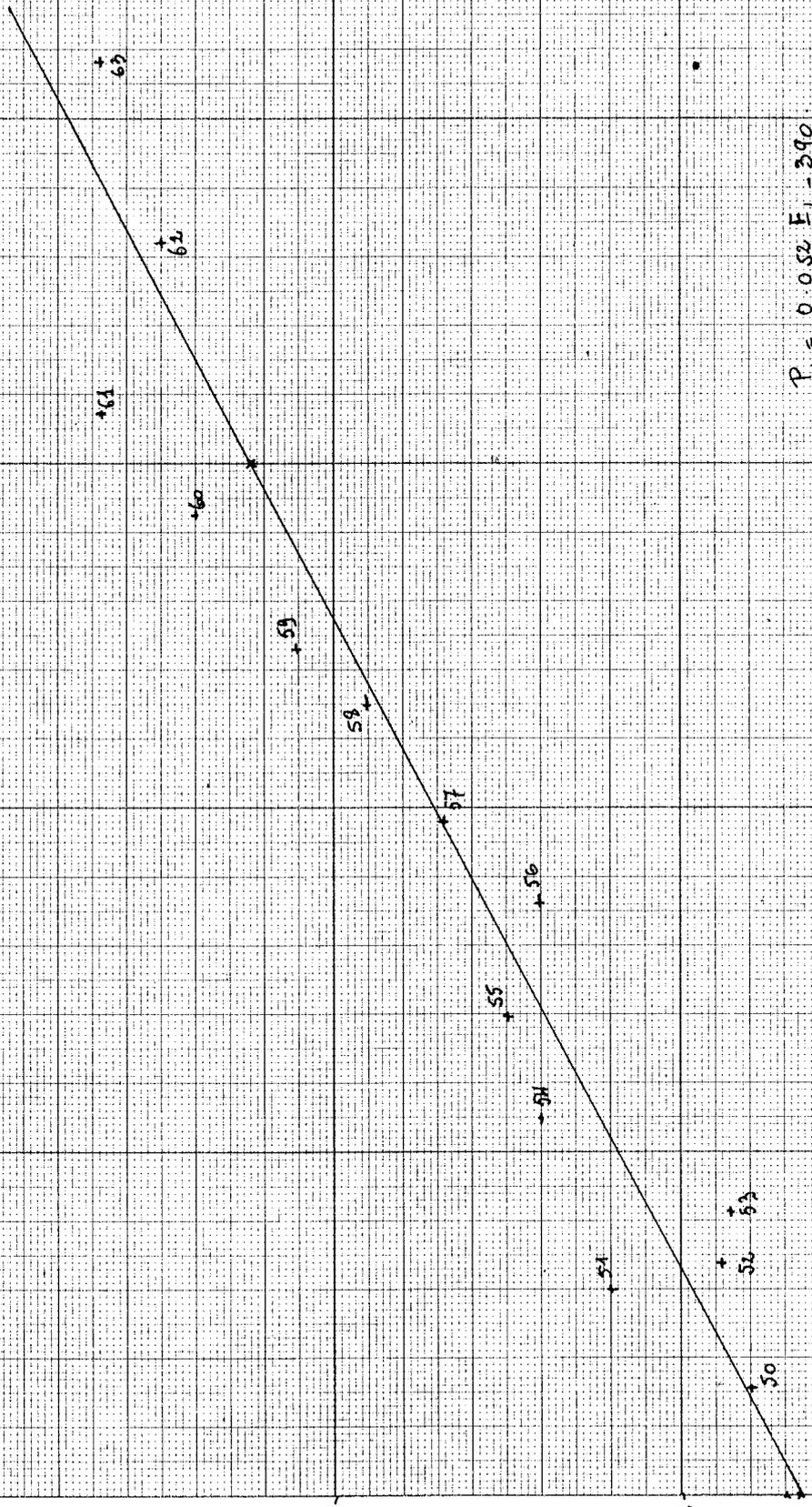
400 000

500 000

600 000

-21-

Energie électrique



$$P_t = 0.052 E_t - 390$$

Ligne 7

D'autre part, les résultats fournis par le programme nous renseignent sur la valeur de la liaison : le coefficient de corrélation dans le cas ci-dessus est égal à :

$$r = 0,96$$

Ceci est tout à fait convenable et permet d'interpréter le passé : le développement du marché des transformateurs de distribution s'explique par l'évolution de la consommation d'énergie électrique.

Il convient de remarquer que si le coefficient de corrélation est un élément significatif de la liaison, il ne renseigne pas entièrement sur la précision de la régression qui peut être écrite sous sa forme générale :

$$P_t = a E_t + b$$

Dans cette équation, les coefficients a et b ne sont pas des paramètres sûrs, mais des paramètres aléatoires dont on possède une estimation (fournie par la méthode des moindres carrés) et le calcul statistique donne les écarts types $\hat{\sigma}_a$ et $\hat{\sigma}_b$. Ceci signifie que si les paramètres a et b sont distribués suivant une loi normale, il y a alors 95 chances sur 100 que les vraies valeurs de a et b soient :

$$\begin{aligned} a - 2\hat{\sigma}_a &\leq a \leq a + 2\hat{\sigma}_a \\ b - 2\hat{\sigma}_b &\leq b \leq b + 2\hat{\sigma}_b \end{aligned}$$

Le calcul de la corrélation et des écarts types sur les coefficients de la régression donne donc des éléments qui permettent d'apprécier le degré de précision dans la liaison entre deux ou plusieurs variables.

Dans la suite, nous prendrons l'habitude d'écrire l'équation de régression avec les écarts types figurant entre parenthèses sous les coefficients et le coefficient de corrélation.

Pour notre première analyse, nous avons obtenu les résultats suivants :

$$P_t = 0.052 E_t - 390$$
$$(0.004) \quad (160)$$
$$r = 0.96$$

Nous constatons que la précision est assez bonne et donc pour obtenir une évaluation future du marché des transformateurs de distribution, nous pouvons passer par une estimation de la consommation électrique.

Remarque. Sur le graphique de la figure 7, nous constatons que les valeurs observées se répartissent d'une manière assez régulière autour de la droite de tendance dans le temps :

1950	en dessous
1951	au-dessus
1952, 1953	en dessous
1954, 1955	au-dessus
1956, 1957	en dessous
1958, 1959, 1960, 1961	au-dessus
1962, 1963	en dessous.

Ceci laisse supposer qu'il existe un cycle de période voisine de 4 à 6 ans où de bonnes années succèdent à des mauvaises. Au cours du paragraphe suivant nous aurons l'occasion de revenir sur ce phénomène.

3.1.4.- Evolution du marché au cours du temps.

L'étude précédente nous a montré que les résultats obtenus n'étaient pas assez satisfaisants pour établir une bonne prévision; une analyse de l'évolution de marché dans le temps conduira peut-être à des résultats meilleurs.

Sur le graphique de la figure 6 nous avons vu que l'expansion du marché possédait un taux d'accroissement moyen de 12% par an, en prenant le logarithme de la production, les observations doivent se situer autour d'une droite.

Les observations sont les suivantes et ont été reportées sur le graphique de la figure 9

Année		Log(P _t enkVA)
1950		5,899
1951	0	6,079
1952	1	5,941
1953	2	5,933
1954	3	6,149
1955	4	6,176
1956	5	6,143
1957	6	6,225
1958	7	6,273
1959	8	6,322
1960	9	6,371
1961	10	6,421
1962	11	6,396
1963	12	6,426
1964	13	6,498

Tableau 8

Les résultats sur la régression linéaire sont les suivants :

$$\log P_t = 0.040t + 5,976$$

$$(0.004) \quad (0.030)$$

$$r = 0.95$$

Dans cette équation, la variable t a pour origine des temps, l'année 1951 ; les valeurs successives prises par cette variable sont : 0 pour 1951, 1 pour 1952, 2 pour 1953, etc

La précision sur a et b n'est pas encore satisfaisante et un calcul de variance prévisionnelle nous a montré qu'il n'était pas possible de prévoir avec une fourchette de probabilité assez faible ce que sera le marché en 1970 ou 1975 -

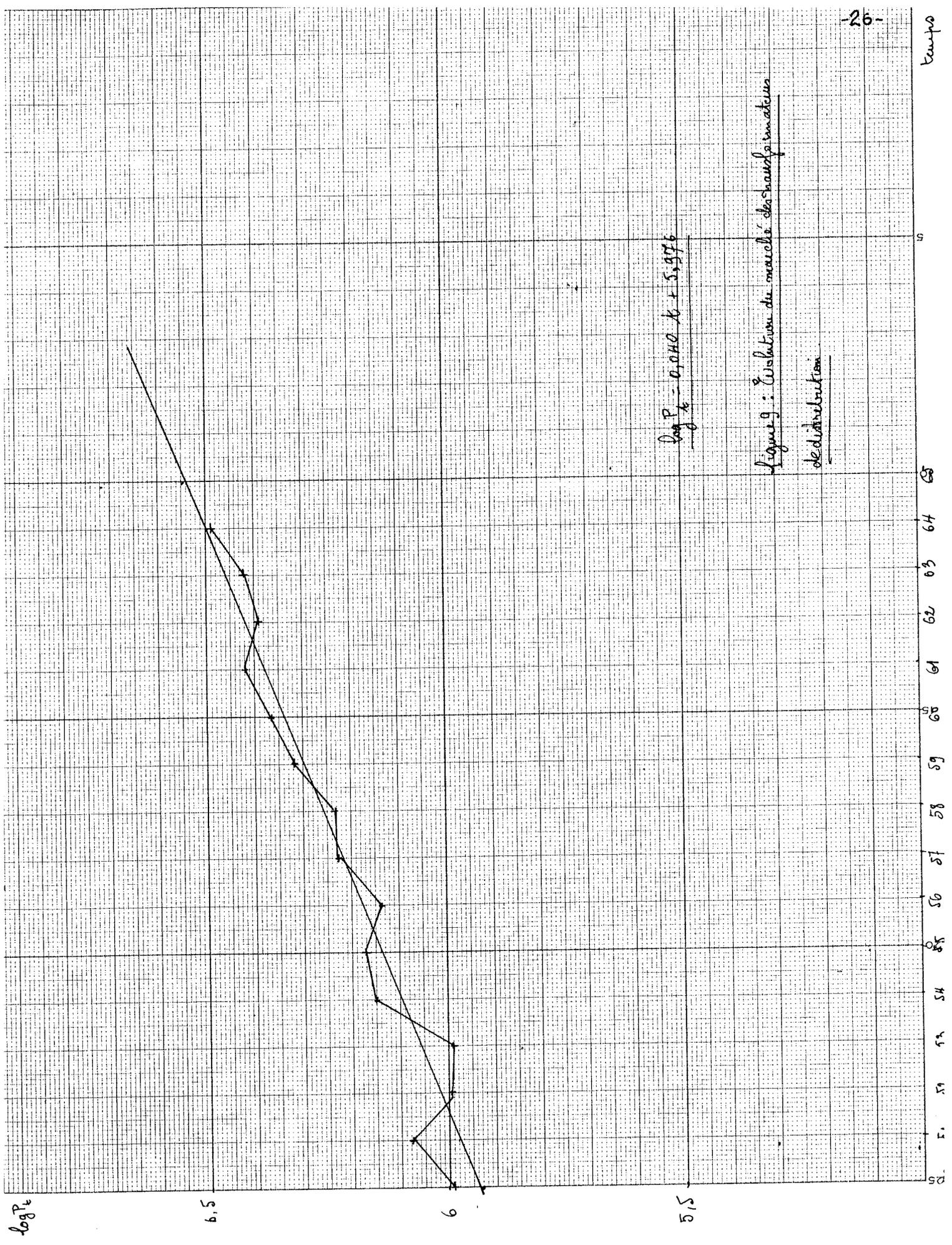
Sur le graphique de la figure 9, nous faisons la même remarque que sur celui de la figure 7; à savoir, l'existence d'un cycle périodique de 4 à 6 ans.

En d'autres termes, une période de 2 à 3 bonnes années est suivie d'une période de 2 à 3 mauvaises années.

Ce phénomène peut s'expliquer sur le plan technico-économique :

- les transformateurs en service ont en moyenne un coefficient de charge bien inférieur à 1.
- la puissance distribuée peut croître sans qu'il soit nécessaire d'augmenter le parc de transformateurs.
- ceci n'a qu'un temps et ensuite il faut "rattraper le retard"; c'est-à-dire que nous pouvons estimer à 2 ou 3 ans le temps de réponse du système "besoins de transformateurs" - "achats de transformateurs".

Dans ces conditions, il est judicieux de supposer qu'une moyenne mobile sur 3 ans représentera mieux le phénomène. Nous allons maintenant étudier les conséquences de cette hypothèse.



$\log P_k = 0,040 k + 5,975$

Figura 9: Resolução de marcha clássica
de distribuição

3.1.5. - Evolution de la moyenne géométrique des ventes de transformateurs.

Pour la commodité des calculs, nous allons prendre la moyenne géométrique des ventes sur 3 ans et étudier le modèle suivant :

$$X_t = a t + b \quad \text{avec}$$

$$X_t = \frac{1}{3} (\text{Log } P_{t-1} + \text{Log } P_t + \text{Log } P_{t+1})$$

La suite des valeurs X_t s'obtient facilement à partir du tableau 8. On peut remarquer au passage que l'introduction d'une moyenne mobile fait perdre deux observations (1950 et 1964) par rapport à la première étude.

Les observations faites sont consignées dans le tableau 10 et reportées sur le graphique de la figure 11.

Année	X_t
1951	5,973
1952	5,984
1953	6,007
1954	6,086
1955	6,156
1956	6,181
1957	6,204
1958	6,263
1959	6,312
1960	6,371
1961	6,396
1962	6,414
1963	6,440

Tableau 10

Les résultats fournis par le programme de régression linéaire sont :

$$\begin{aligned} X_t &= 0,0426 \cdot t + 5,9586 \\ &\quad (0,0016) \quad (0,0112) \\ R &= 0,991 \end{aligned}$$

La corrélation étant excellente et la précision sur les paramètres a et b aussi, il est légitime de penser que l'on pourra faire de bonnes prévisions.

Lorsque l'on fait une prévision, la variable X_t ne doit pas être considérée comme une variable sûre mais aléatoire possédant une moyenne et un écart type. Sous l'hypothèse que X_t soit distribué suivant une loi normale, alors il y a 95 chances sur 100 que :

$$X_t - 2\sigma_{X_t} \leq X_t \leq X_t + 2\sigma_{X_t}$$

6,5

6

5,5

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

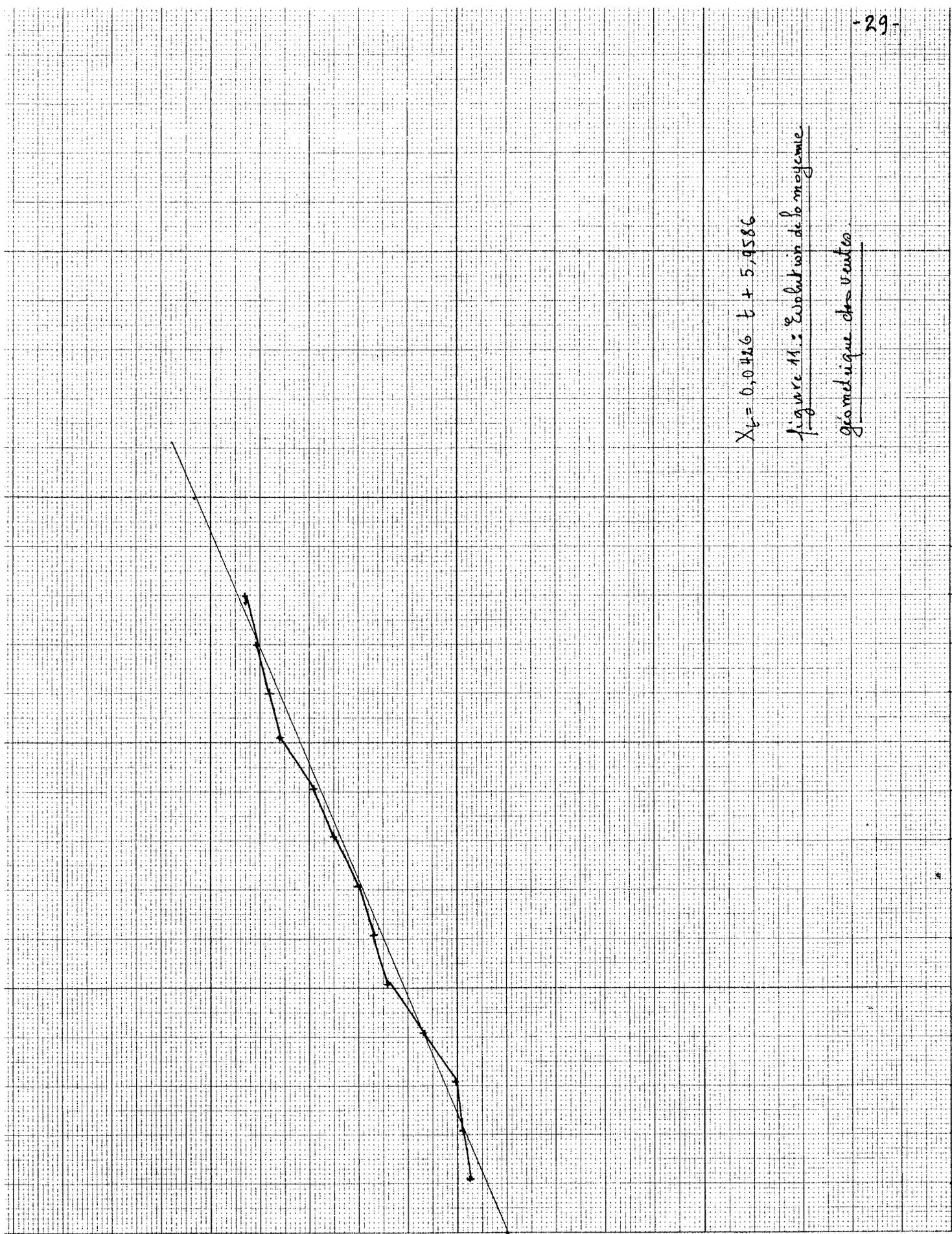
0

$X_t = 0,0426 t + 5,9586$

Figure 11. - Evolution de la moyenne

géométrique des ventes.

Année



L'hypothèse de normalité n'est pas toujours vérifiée, mais M. MALINVAUD (5) montre que cette formule représente une bonne approximation dans la majorité des cas.

Nous avons obtenu les résultats suivants pour les variables X_t et σ_{xt} :

Années	t	X_t	$2 \sigma_{xt}$
1965	14	6,550	0,050
1967	16	6,635	0,054
1969	18	6,720	0,058
1970	19	6,768	0,060
1971	20	6,810	0,062
1973	22	6,900	0,067
1975	24	6,990	0,072

Nous constatons que la fourchette de prévision augmente au fur et à mesure que l'on s'éloigne dans le temps.

Si nous posons $X_t = \log A_t$, nous voyons que A_t est la moyenne géométrique du marché au cours des années $t-1, t, t+1$.

$$A_t = \sqrt[3]{P_{t-1} \times P_t \times P_{t+1}}$$

Appliquer à 1970 par exemple les calculs donnent :

$$X_t = 6.768 \quad 2 \sigma_{X_t} = 0.060 \quad A_t = 5750 \text{ MVA}$$

En admettant l'hypothèse de normalité alors il y a 95 chances sur 100 que :

$$5000 \leq A_t \leq 6.600 \text{ MVA}$$

soit une précision de 13,5% sur la moyenne géométrique

Le résultat obtenu est extrêmement intéressant car si l'on a vu qu'il était impossible d'avoir une bonne précision sur le marché d'une année, on constate une bonne précision sur la moyenne de 3 ans. C'est certainement l'information la plus intéressante pour construire un plan d'investissement à moyen terme.

3.1.6. - Puissance moyenne installée.

La première partie de cette étude de marché nous permet de répondre à la question suivante : quel est l'avenir du marché des transformateurs de distribution et la fourchette de probabilité dans laquelle se situe cet avenir ? Naturellement, les conditions dans lesquelles se situe cet avenir sont identiques à celles que l'on a observées durant la période 1950-1964 : absence de crises et de guerre mondiale.

Si nous resituons cette analyse par rapport à notre modèle de base, elle donne les éléments nécessaires pour la variable " marché des transformateurs de distribution ".

A la notion de marché, nous avons attaché un autre concept qui est celui de la puissance moyenne installée. En effet, notre unité de mesure du marché le kVA nous renseigne globalement mais ne permet pas de déceler le type d'appareil principalement vendu.

A ce sujet, nous avons pu obtenir les renseignements suivants :

Année	Puissance moyenne installée en kVA
1954	85
1955	88
1956	107
1957	102
1958	109
1959	106
1960	105
1961	109
1962	120
1963	109
1964	127

Depuis 1954, nous constatons une augmentation de la puissance moyenne installée, c'est-à-dire que les petites puissances ont tendance à être remplacées par de plus grosses puissances.

Il y a deux facteurs qui peuvent expliquer cette évolution :

- le développement de l'habitat et plus particulièrement la croissance des villes entraînent l'installation de gros transformateurs utilisés de manière rationnelle. Il n'est pas rare de voir dans les campagnes un transformateur de 16 kVA alimenter une ferme qui l'utilise à un taux de l'ordre de 10 à 20%.
- les entreprises installent elles-mêmes leur propre poste de transformation et les études ont montré que la puissance optimale pour équiper un parc de machines était voisine de 2.000 kVA, ce qui ne correspond plus au transformateur de de distribution.

On peut donc se demander si la définition du transformateur de distribution ne doit pas être adaptée à l'évolution des techniques et des besoins. Ceci va nous permettre de tirer la conclusion de cette étude global du marché des transformateurs de distribution

3.1.7. - Conclusion.

La production des transformateurs s'est adaptée à l'évolution des techniques et des besoins. Il aurait donc été nécessaire de pouvoir inclure dans notre étude les transformateurs correspondant à la tranche 630 kVA - 3000 kVA. Malheureusement, cette extension n'aurait été possible qu'au prix d'un travail considérable, car il n'existe aucune donnée élaborée. Ceci vient du fait que le système d'information mis en place il y a une dizaine d'années ne correspond plus à la réalité d'aujourd'hui; à cette

époque, la définition du transformateur de distribution correspondait au service rendu, c'est-à-dire que la distribution du courant électrique utilisait des appareils dont la gamme de puissance s'échelonnait de 16 à 630 kVA.

Nous sommes parfaitement conscients de ce phénomène car il permettrait d'obtenir des données statistiques plus nombreuses et d'améliorer nos prévisions. Toutefois, en étudiant l'évolution de la place des transformateurs dont la puissance est comprise entre 630 kVA et 3000 kVA, il est possible de situer le marché réel des transformateurs de distribution.

Dans notre modèle, nous n'utiliserons pas cette notion, mais celle de la place des transformateurs dont la puissance est supérieure à 630 kVA.

Mis à part ce problème, l'ordinateur est aujourd'hui le seul à pouvoir apporter une solution élégante à l'adaptation d'un circuit d'informations aux modifications des besoins et de la définition des concepts introduits. En effet, par sa capacité de stockage, il permet d'enregistrer les informations élémentaires et, grâce à des langages spécialisés, on peut reformuler rapidement et au moindre coût un problème dont la définition et les spécifications évoluent.

Au sujet de notre étude globale du marché des transformateurs de distribution, nous pouvons faire les remarques suivantes :

- l'étude d'une corrélation simple ou multiple permet d'interpréter le passé, de prévoir dans certains cas l'avenir, mais quelle que soit la qualité de la corrélation, il faut prendre des précautions pour la précision des prévisions à long et moyen terme.
- en s'approchant de la réalité technico-économique nous avons recherché les variables qui permettraient d'améliorer le coefficient de corrélation et qui donnaient l'information la plus utile pour un acte de gestion.

bien déterminé. Par exemple :
définir la capacité de production
d'une usine nouvelle.

- une prévision n'est valable que dans la mesure où l'on sait quelles sont les hypothèses faites pour élaborer le modèle et dans la mesure où l'expérience apporte des éléments supplémentaires pour la corriger. C'est ainsi que pour l'année 1965, les graphiques 7 et 9 montrent que le niveau des ventes devrait s'élever car les dernières années semblent avoir été une période de sous-équipement. Or, la politique de crédit peut freiner pendant un certain temps les ventes de transformateurs mais tout desserrement de la politique actuelle se traduira par une pointe du volume des ventes.

Le chef d'entreprise qui se propose d'établir un programme d'investissement pourra facilement se contenter de l'analyse ci-dessus. Il n'en sera pas de même pour le directeur commercial qui aura besoin non seulement de cette étude, mais aussi de la répartition des ventes par catégorie de clients et par secteur géographique. En conséquence, une étude de marché ne saurait être complète que dans la mesure où elle apporte des réponses à ce problème.

Les rapports entre la clientèle et une entreprise étant souvent un problème propre à chaque société, nous n'aborderons, dans le cadre de cette étude, que la répartition des ventes de transformateurs de distribution par secteur géographique.

3.2. - LE MARCHÉ DES TRANSFORMATEURS DE DISTRIBUTION.
ETUDE PAR REGION ECONOMIQUE FRANCAISE ET PLAN
D'EQUIPEMENT.

Cette étude permettra d'étudier l'implantation d'un réseau commercial sur le marché national.

Nous avons divisé cette étude en plusieurs parties pour permettre au lecteur de suivre la démarche du chercheur. C'est en partant de l'observation de différents facteurs intervenant dans ce problème qu'il nous a été possible de construire un modèle adapté à l'étude projetée.

3.2.1. - Définition des variables retenues pour
cette étude.

Les variables que nous utiliserons dans les chapitres suivants sont :

- les ventes par département exprimées en MVA (10^6 kVA). Les données relevées portent uniquement sur l'année 1958.
- les régions économiques que nous avons définies peuvent être critiquées dans la mesure où elles ne coïncident pas exactement avec les régions géographiques; mais il convient de noter que le cadre de notre travail se situe au niveau de l'environnement de l'entreprise et qu'il est impossible d'en faire abstraction. Pour permettre des comparaisons fructueuses et utiles à l'entreprise, nous avons adopté le regroupement des départements français suivant le découpage Merlin-Gerin. La carte de la figure 14 présente ces régions économiques
- la consommation d'énergie électrique est celle définie au paragraphe 3.1.3. par région économique. Les données portent sur l'année 195
- la population par département La source de ces informations est celle de l'I.N.S.E.E. pour l'année 1958.

- l'accroissement moyen de la consommation électrique par région économique.

Si nous prenons 1958 comme année de référence, et que nous calculons pour 1956, 1957, 1958 les accroissements correspondants, alors l'accroissement moyen sera la moyenne sur 3 ans. En fait, pour notre étude, nous avons adopté l'accroissement relatif, c'est-à-dire l'accroissement moyen rapporté à la consommation de 1958 par région.

3.2.2. - Relations entre ventes par département et la population.

Le transformateur de distribution, comme son nom l'indique, met à la disposition de tous les ménages le courant électrique basse tension. Il est donc probable que la population d'un département soit un facteur de vente des transformateurs de distribution.

Les données statistiques relevées, concernant l'année 1958, se trouvent dans le tableau 12. Dans ce tableau, nous n'avons pas inscrit les ventes mais le pourcentage des ventes par rapport au marché français.

Pour examiner l'influence de la population sur les ventes, nous avons porté ces renseignements sur le graphique de la figure 13, avec en abscisse le pourcentage de ventes de chaque département et en ordonnée la population correspondante.

L'examen de ce graphique fait ressortir les phénomènes suivants : les départements se répartissent en deux catégories. La première est celle qui comprend les départements ayant acheté peu de transformateurs, bien que la population soit relativement importante. La deuxième, est celle des départements qui achètent beaucoup par rapport à leur population. Ces deux catégories de départements semblent indiquer qu'il existe deux droites de tendance, tracées approximativement sur le graphique, correspondant à chacune d'elles.

L'observation de cette distinction peut s'expliquer pour différentes raisons :

- lors de l'achat d'un appareil, il faut distinguer le lieu d'achat du lieu d'installation. La clientèle étant essentiellement constituée de l'E.D.F., par l'intermédiaire des marchés S.C.A.M., des installateurs et des industriels, la commande provient du siège administratif.
- la première catégorie correspond aux départements ruraux, tandis que la seconde à ceux possédant une industrialisation poussée.

Tableau 12

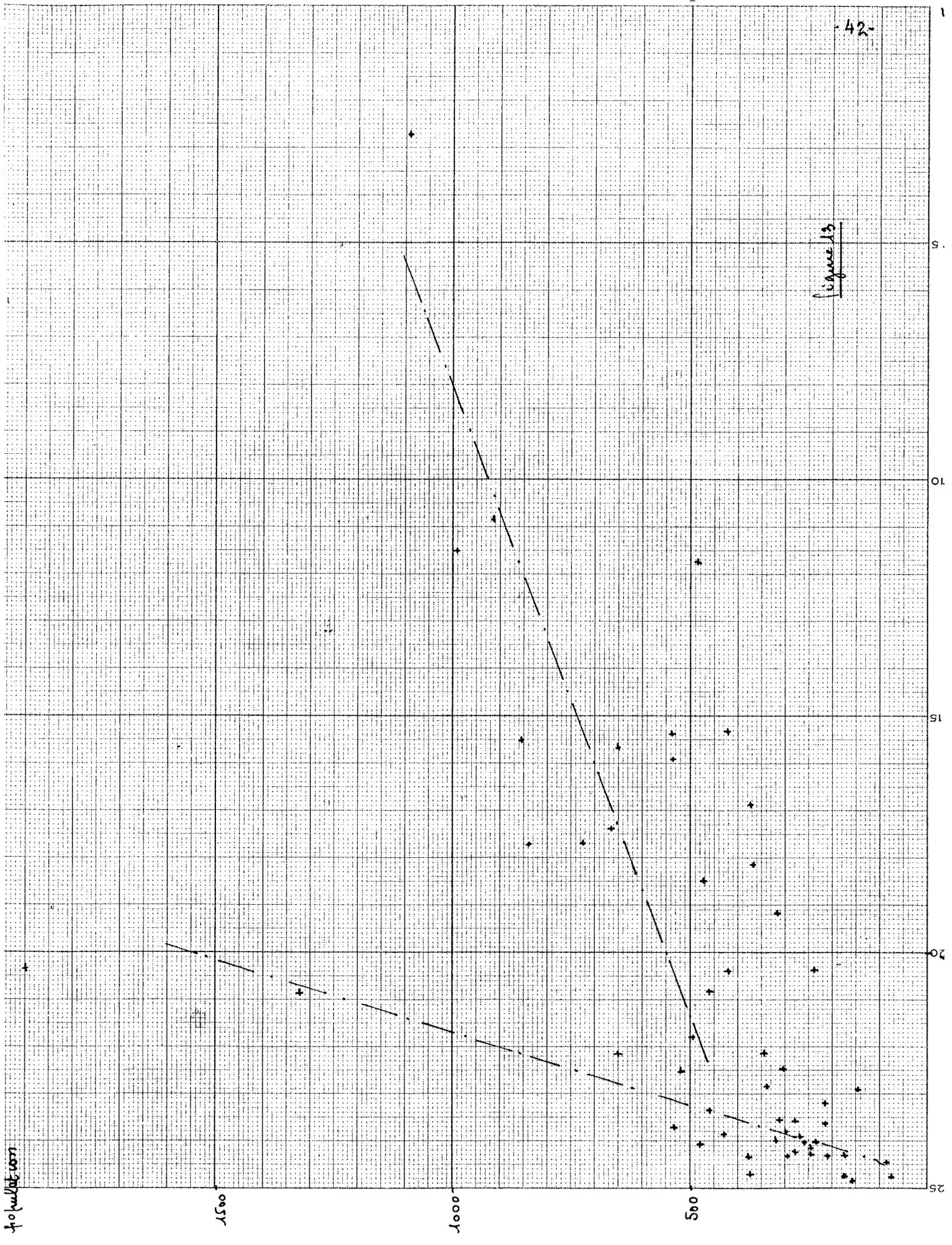
Région Econo- mique	Département	Pourcen- tage des ventes	Popula- tion 10 ³ H.	Région Econo- mique	Département	Pour- centa- ge des ventes	Popu- lation 10 ³ H.
LYON	COTE D'OR	1,370	370	TOULOU- SE	CORREZE	0,187	241
	NIEVRE	0,920	241		CANTAL	0,048	177
	ALLIER	0,054	375		LOZERE	0,002	81
	PUY DE DOME	2,640	489		L O T	0,415	146
	HTE. LOIRE	0,133	213		AVEYRON	0,131	292
	SAONE & LOIRE	0,485	523		TARN &)	0,131	175
	LOIRE	1,260	673		GARONNE)		
	RHONE	6,120	1005		TARN	0,350	312
	J U R A	0,252	224		HERAULT	1,290	477
	A I N	0,265	317		GERS	0,013	186
	HTE. SAVOIE	0,492	305		HTE. GARONNE	1,920	542
SAVOIE	0,195	264	ARIEGE	0,102	249		
GRENOBLE	ISERE	0,575	657	AUDE	0,038	268	
	1/2 DROME	0,077'	142	BASSES PY-)	0,925	429	
LILLE	PAS DE CALAIS	0,822	1327	RENNES)			
	SOMME	0,294	477	HTE. PYREN-)	0,108	207	
	N O R D	6,930	2180	NEES.)			
	AISNE	0,645	503	PYRENEES)	0,082	233	
	ARDENNES	0,230	297	ORIENTALES)			
				ROUEN	MANCHE	0,247	461
					CALVADOS	0,379	465
					ORNE	0,129	281
					EURE	0,412	343
					SEINE MARI-)	2,7	996
					TIME		

Tableau 12

Région Econo- mique	Département	Pourcen- tage des ventes	Popula- tion 10 ³ H.	Région Econo- mique	Département	Pourcen- tage des ventes	Popula- tion 10 ³ H.
PARIS	OISE	0,825	463	MARSEIL- LE	-1/2 DROME	0,077	142
	SEINE & OISE	0,915	1.904		ARDECHE	0,138	249
	SEINE & MARNE	0,180	489		HTE.S ALPES	0,104	88
	AUBE	0,272	246		GARD	0,302	409
	EURE & LOIRE	0,214	264		VAUCLUSE	0,261	282
	LOIRET	0,423	372		BASSES AL- PES	0,044	85
	YONNE	0,152	269		ALPES MARI- TIMES	0,228	538
	LOIR & CHER	0,296	240		BOUCHES DU RHONE	4,450	1.096
	C H E R	0,279	286		VAR	0,214	436
	INDRE	0,045	248		CORSE	0,003	166
	SEINE	30,379	5.486				
BORDEAUX	CHARENTE MA- RITIME	0,320	465	METZ	MARNE	1,930	428
	CHARENTE	0,202	321		MEUSE	0,163	215
	HTE. VIENNE	1,080	320		HTE. MARNE	0,226	205
	CREUSE	0,026	166		MEURTHE & MOSELLE	1,860	649
	GIRONDE	2,830	920		VOSGES	0,435	384
	DORDOGNE	0,127	379		HTE.SAONE	0,107	214
	LOT&GARONNE	0,198	270		DOUBS	0,565	346
	LANDES	0,147	253		MOSELLE	1,460	844
					BAS-RHIN	1,460	728
					HAUT-RHIN	1,810	532
			BELFORT	0,067	105		

Tableau 12

Région Economique	Département	Pourcentage des ventes	Population 10 ³ H.
NANTES	FINISTERE	0,215	732
	COTES DU NORD	0,171	499
	MORBIHAN	0,052	527
	ILLE & VILAINE	0,250	590
	MAYENNE	0,063	250
	SARTHE	0,282	434
	LOIRE ATLAN- TIQUE	1,890	768
	MAINE & LOIRE	0,176	534
	INDRE & LOIRE	1,620	376
	VENDEE	0,038	398
	DEUX-SEVRES	0,280	318
	VIENNE	0,172	327



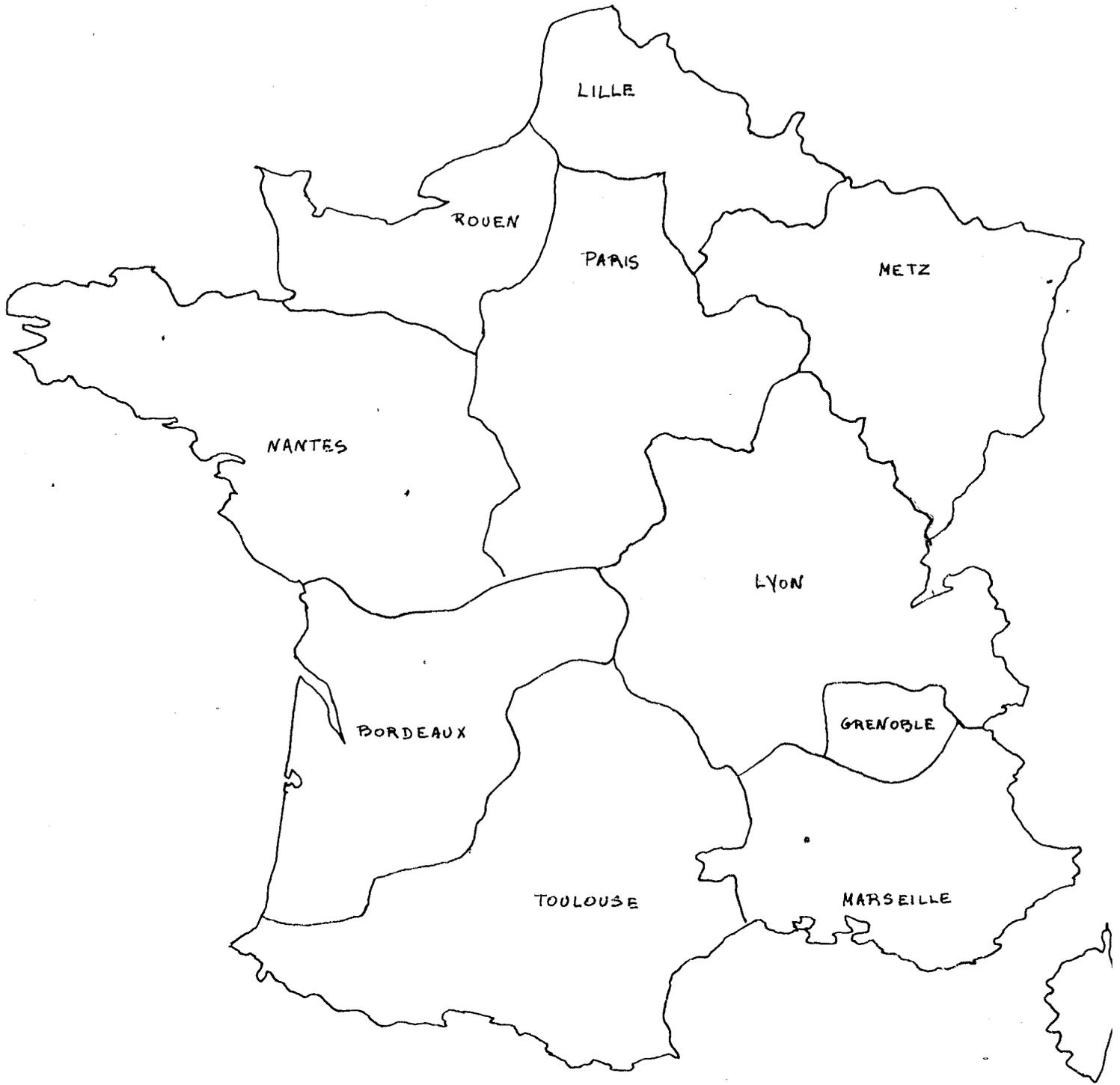


Figure 14. Répartition des régions économiques

Cette raison n'est d'ailleurs pas totalement indépendante de la première car les centres administratifs de la clientèle se trouvent souvent dans les villes.

Nous avons donc estimé qu'en regroupant les départements en région économique, nous éliminerons la confusion qui peut exister entre le lieu d'achat et le lieu de destination et nous obtiendrons une image plus fidèle de la réalité.

3.2.3. Relation entre les ventes par région économique et la population.

En effectuant un regroupement des données utilisées au paragraphe précédent en régions économiques définies au tableau 12 et dont la représentation géographique est donnée par la carte (figure 14), nous obtenons les informations suivantes - tableau 15 -

Tableau 15

Région Economique	Pourcentage des ventes	Ventes en M V A	Population 10 ³ H.
LILLE	8,921	155	4.784
TOULOUSE	5,742	100	4.015
PARIS	33,980	593	10.267
ROUEN	3,867	67	2.546
LYON	14,186	248	4.999
GRENOBLE	0,652	11	799
MARSEILLE	5,821	102	3.491
BORDEAUX	4,930	96	3.094
METZ	10,083	176	4.650
NANTES	5,209	91	5.753

Comme nous avons l'habitude de le faire, ces observations sont notées sur le graphique de la figure 16. Si nous cherchons une courbe passant au plus près de cet ensemble de points, nous trouvons une courbe de forme parabolique. Ceci est très important car les ventes ne sont pas proportionnelles à la population. D'autre part on constate que deux observations se situent en dehors : elles correspondent aux régions économiques de Lyon et Nantes.

Les explications que nous pourrions fournir seront d'autant plus valables que la variable "population" sera significative. Nous pensons que cette variable, en première approche, est explicative d'un phénomène complexe.

Dans une région à forte densité de population, il est nécessaire d'installer des transformateurs pour la distribution du courant et une forte densité de population a pour corollaire une région industrialisée qui a besoin de transformateurs pour les entreprises de toutes tailles. Suivant la taille de l'entreprise, elle s'équipera en transformateurs de distribution ou gros transformateurs, mais il est certain qu'une région industrielle donc à forte densité de population entraîne des achats de transformateurs de distribution.

En ce qui concerne les régions économiques de Lyon et Nantes, celles-ci ont des caractéristiques opposées : la région nantaise est sous équipée alors que la région lyonnaise semble dans une phase d'équipement électrique. Il est bien connu que la région Rhône-Alpes a bénéficié de gros investissements bien avant 1958-tandis que la Bretagne était peu dynamique.

La population est certes un facteur déterminant dans la vente de transformateurs, mais il n'est pas unique. Pour expliquer le cas des régions économiques de Lyon et Nantes, nous introduirons deux facteurs supplémentaires :

- l'accroissement de la consommation électrique qui nous indiquera le taux de croissance économique.
- la consommation d'électricité qui nous situera globalement le niveau d'activité de la région économique.

Position loge de Ventes

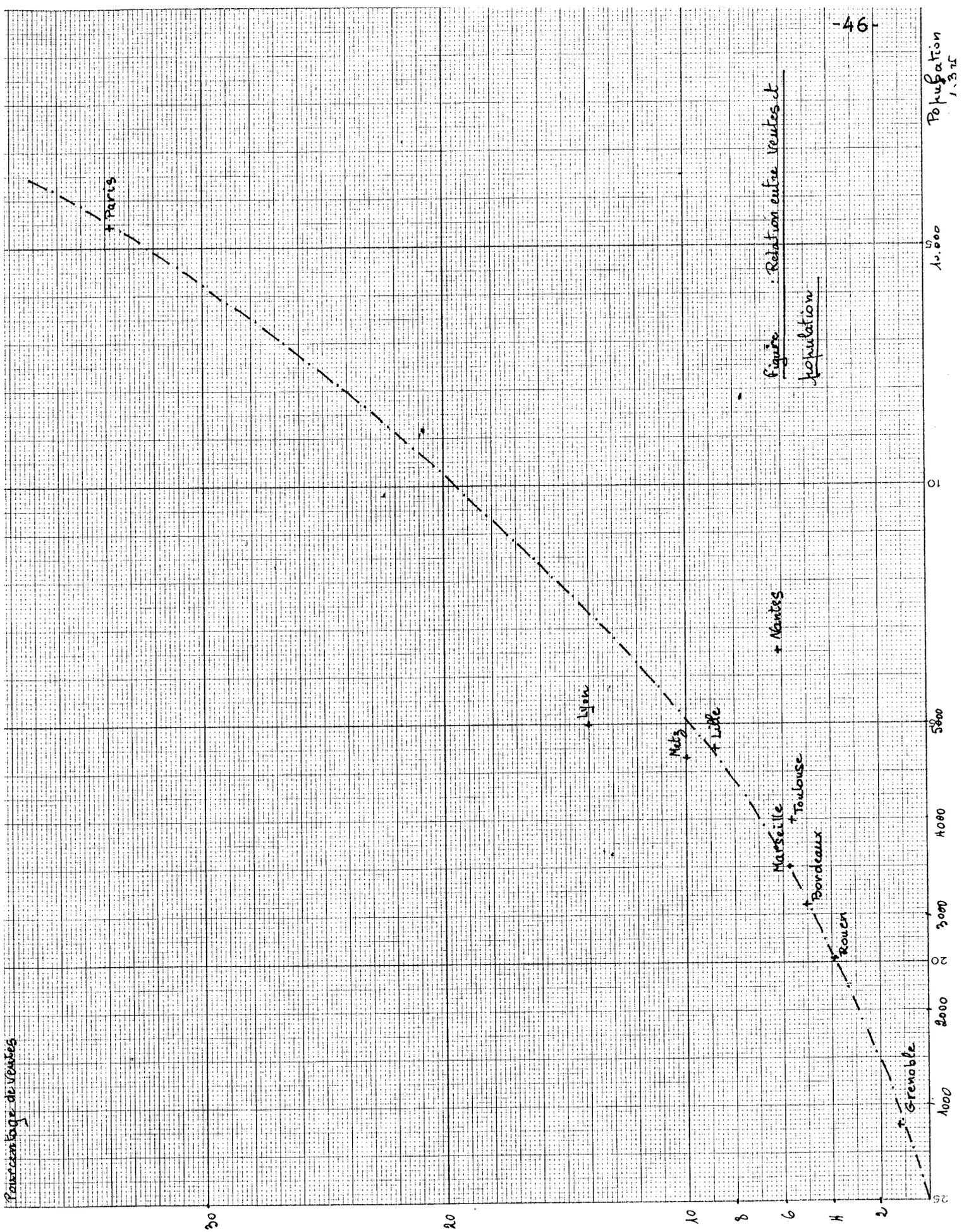


Figure : Relation entre Ventes et Population

3.2.4. Ventes de transformateurs et accroissement de la consommation d'énergie électrique.

Nous aurions pu, pour faire notre analyse, prendre des observations au niveau du département mais nous aurions constaté, comme dans le paragraphe 3.2.2, que ce niveau était trop fin et qu'il valait mieux prendre en compte les régions économiques du service commercial.

Nous allons recueillir directement les informations correspondant à l'accroissement de l'énergie électrique par région. Faisons d'abord quelques remarques.

Il est possible d'interpréter le marché des transformateurs comme étant dû :

- à l'accroissement de l'énergie distribuée
- au renouvellement du matériel.

Il peut y avoir augmentation de l'énergie distribuée sans que le parc de transformateurs en soit pour autant augmenté; il existe donc un retard entre le moment où un besoin se fait sentir et le moment où ce besoin est satisfait. A cause de cela, nous avons calculé non seulement l'accroissement d'énergie pour la période 1957-1958, mais aussi pour les périodes antérieures 1956-1957, 1955-1956.

A partir de ces remarques, nous avons relevé les observations consignées dans le tableau 17 et reportées sur le graphique de la figure 18.

A l'examen de ce graphique, on décèle une tendance générale mais qui ne permet pas de définir une loi assez précise pour être utile et qui serait loin d'expliquer la vente des transformateurs par région économique. Nous verrons au cours du paragraphe 3.2.6. comment, partant de l'accroissement de l'énergie électrique, il est possible de définir une variable cernant de près la réalité.

Il ne nous reste plus qu'à étudier l'influence de la consommation électrique.

Tableau 17 : ACCROISSEMENT DE LA CONSOMMATION DE L'ENERGIE
ELECTRIQUE PAR REGION ECONOMIQUE

Région	Pourcentage de vente	Marché M V A	Accroissement Δ 1956 10 ⁶ kWh	Accroissement Δ 1957 10 ⁶ kWh	Accroissement Δ 1958 10 ⁶ kWh
LILLE	8,921	155	398,818	347,516	319,849
TOULOUSE	5,742	100	193,968	136,962	147,882
PARIS	33,980	593	782,462	551,064	781,556
ROUEN	3,867	67	135,545	105,761	151,577
L Y O N	14,186	248	452,984	227,233	382,871
GRENOBLE	0,652	11	104,141	52,162	70,322
MARSEILLE	5,821	102	363,236	227,430	256,770
BORDEAUX	4,930	86	145,232	77,525	138,564
METZ	10,083	176	498,998	464,975	483,804
NANTES	5,209	91	171,193	183,187	191,605

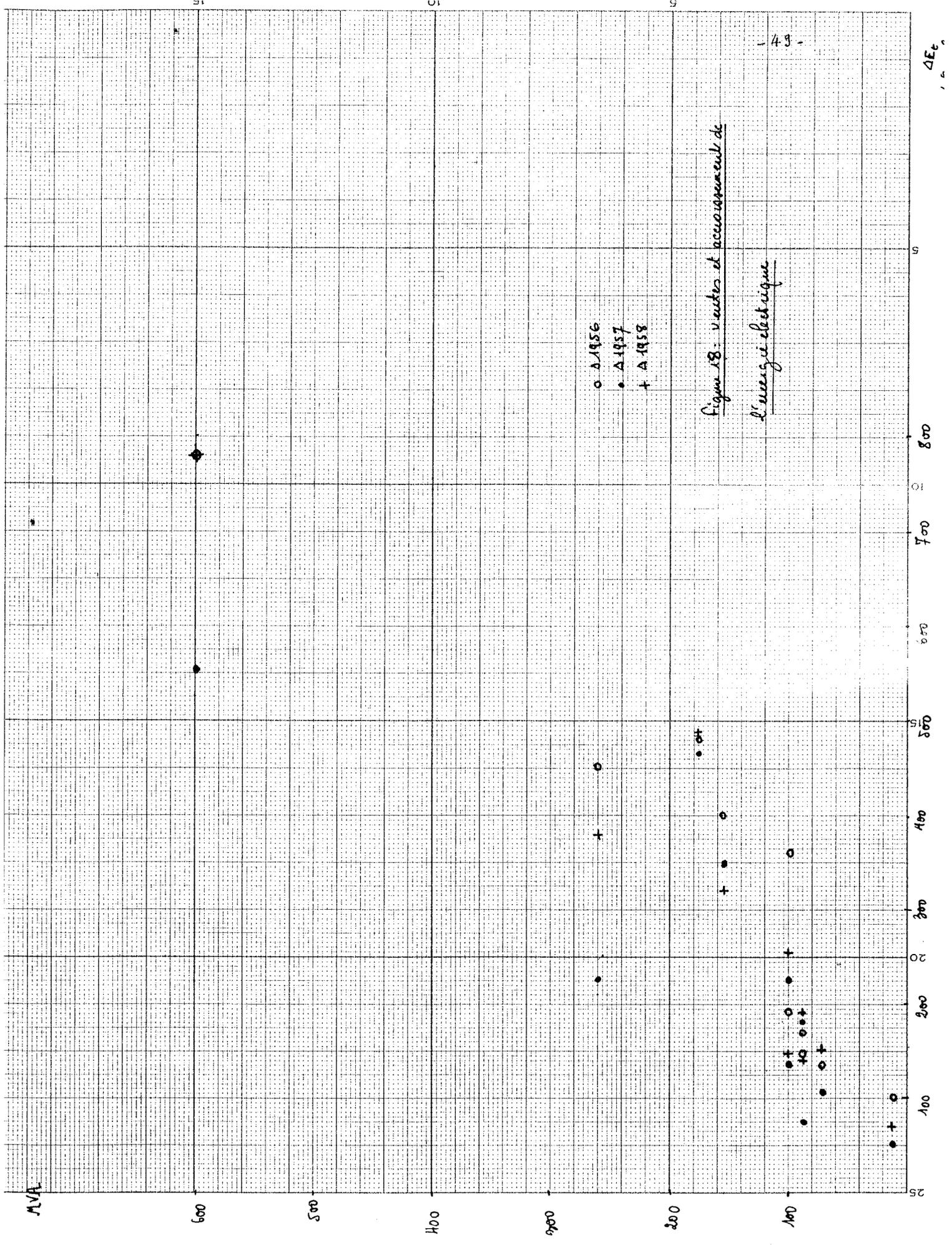


Figure 18: ventes et accroissement de l'énergie électrique

○ 1956
 • 1957
 + 1958

3.2.5. La Consommation d'énergie électrique et les ventes de transformateurs.

Nous allons montrer qu'une région économique peut consommer beaucoup d'énergie sans que les ventes soient importantes.

Pour établir ce fait, nous partirons des données recueillies à ce sujet et suivant un processus que nous avons toujours utilisé nous examinerons le graphique de la figure 20 où est portée en abscisse la consommation d'énergie électrique et en ordonnée les ventes.

Tableau 19

Région Economique	Ventes M V A	Consommation électrique 10^6 kWh
LILLE	155	6.972
TOULOUSE	100	2.062
PARIS	593	9.218
ROUEN	67	2.310
LYON	248	5.585
GRENOBLE	11	1.145
MARSEILLE	102	2.967
BORDEAUX	86	1.623
M E T Z	176	8.518
NANTES	91	2.115

Si nous faisons abstraction des régions économiques de Lille et Metz, les autres observations se répartissent, avec probablement une bonne corrélation autour d'une droite de tendance que nous avons tracée en pointillés sur le graphique.

Les régions économiques de Lille et Metz n'obéissent pas à la même loi que les autres : pour quelles raisons ?

Les régions du Nord de la France possèdent de très grosses industries utilisant surtout des transformateurs supérieurs à 630 kVA. D'autre part, les régions de Lille et Metz sont déjà bien équipées, ayant atteint un certain équilibre dans leur développement. On constate d'ailleurs, que leur taux d'accroissement d'énergie est faible, ce qui entraîne que l'achat des transformateurs correspond essentiellement à du matériel de renouvellement.

Il faut, toutefois, faire une distinction entre les régions de Lille et de Metz. Les remarques que nous venons de faire s'appliquent à des degrés différents pour ces deux régions. La région de Metz est certainement celle qui possède les plus grosses industries sidérurgiques et chimiques, tandis que les entreprises de la région Lilloise sont beaucoup plus diversifiées. Sur le graphique, ces points sont nettement distincts bien que ces deux régions achètent sensiblement le même nombre de transformateurs.

Cette analyse met en évidence le phénomène que nous avons annoncé en début de paragraphe : à savoir, qu'une région grosse consommatrice d'énergie électrique achète peu de transformateurs de distribution.

A partir de ces quatre analyses préalables, nous allons pouvoir dégager des concepts nouveaux ou déjà utilisés afin de construire un modèle répondant à la question posée.

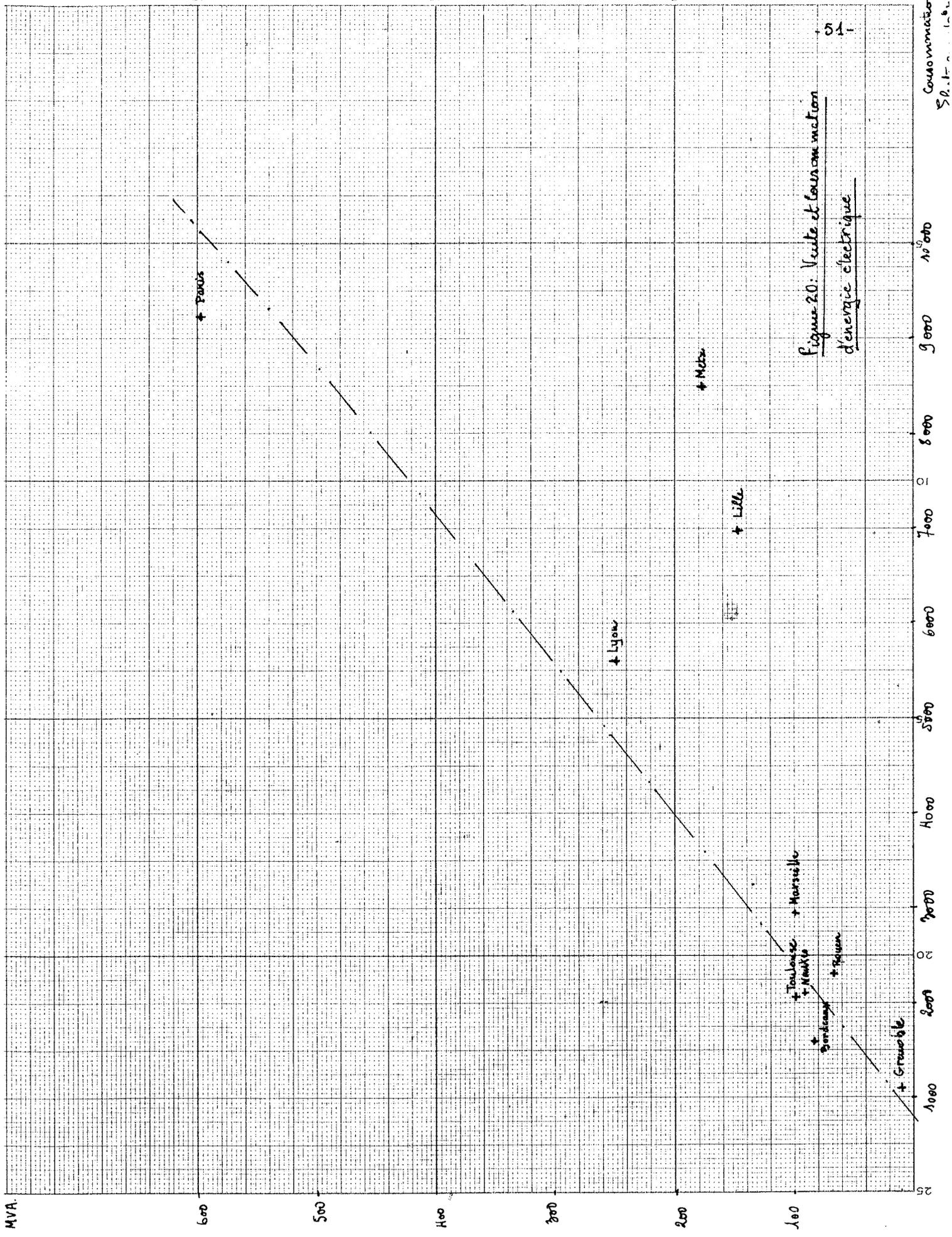


Figure 20: Vue de consommation d'énergie électrique

3.2.6. Synthèse et plan d'équipement régional.

Résumons les différentes étapes de notre étude :

- l'observation au niveau des départements est trop fine et sujette à des erreurs de spécification d'où la nécessité de considérer des unités économiques plus importantes.
- la population d'une région influence les ventes de transformateurs ainsi que l'accroissement de l'énergie consommée
- les régions à forte consommation ne sont pas nécessairement des régions où les ventes sont importantes.

Nous allons utiliser les points successifs de notre analyse pour dégager les variables-clés :

- la puissance installée annuellement par région économique mesurée en MVA que nous désignerons par P.
- la population par région économique que nous désignerons par la lettre H.
- la consommation d'énergie électrique par habitant, notée C dans laquelle la définition de la consommation est toujours celle que nous avons donnée au paragraphe 3.1.3. Cette nouvelle variable peut être considérée comme un indice d'industrialisation ; des régions essentiellement rurales ont une consommation faible par habitant.
- l'indice d'accroissement de l'énergie consommée I a été défini de la manière suivante : si nous désignons par E_t la consommation d'énergie électrique d'une région économique pour l'année t, par ΔE_t la différence $E_t - E_{t-1}$, alors l'indice d'accroissement moyen de la région économique pour l'année t sera :

$$I_t = \frac{\Delta E_t + \Delta E_{t-1} + \Delta E_{t-2}}{3} \times \frac{1}{E_t}$$

La construction de cette indice présente les deux avantages suivants :

- la moyenne sur 3 ans permet d'éliminer, dans une certaine mesure, un accroissement anormal qui n'aurait pas été significatif (l'explication concernant une moyenne mobile sur 3 ans a déjà été donnée au paragraphe 3.1.5).
- la moyenne tient compte aussi du fait que dans le système "transformateurs-énergie électrique" il existe un délai entre le moment où un besoin se fait sentir et le moment où ce besoin est satisfait.

Pour l'année 1958, nous avons relevé les données nécessaires, à partir des tableaux 15, 17, 19, pour calculer les valeurs prises par les variables que nous venons de définir (voir tableau 21).

tableau 21

Région Econo- mique	Ventes annuelles de transfor.		Population		Indice d'ac- croissement de l'énergie consom.		Consommation par habitant	
	P. MVA	log P.	H 10 ³ h	log H.	I	log I	C 10 ³ kWh	log 10C
LILLE	155	2,190	4.800	3,681	5	0,699	1,46	1,164
TOULOUSE	100	2,000	4.000	3,602	7,7	0,886	0,51	0,707
PARIS	593	2,773	10.300	4,012	7,65	0,883	0,91	0,959
ROUEN	67	1,826	2.500	3,397	5,6	0,748	0,91	0,959
LYON	248	2,394	5.000	3,699	6,3	0,799	1,16	1,064
GRENOBLE	11	1,041	800	2,903	6,55	0,816	1,43	1,155
MARSEILLE	102	2,008	3.500	3,544	9,5	0,977	0,85	0,929
BORDEAUX	86	1,934	3.100	3,491	7,4	0,869	0,52	0,716
METZ	176	2,245	4.600	3,662	5,6	0,748	1,83	1,262
NANTES	91	1,959	5.700	3,755	4,8	0,681	0,37	0,568

L'expérience et les analyses préalables semblaient indiquer que la loi du marché devait être de la forme :

$$P = k H^{\alpha} I^{\beta} C^{\gamma}$$

où k, α, β, γ sont des constantes. D'après les résultats du paragraphe 3.2.3. nous devons avoir un coefficient $\alpha > 1$.

Si nous prenons le logarithme des deux membres de l'expression ci-dessus, on obtient l'équation :

$$\log P = \alpha \log H + \beta \log I + \gamma \log C + k'$$

qui est linéaire à condition de prendre pour variables, $\log P, \log H, \log I, \log C$.

La méthode de régression linéaire permet d'obtenir une estimation des coefficients $\alpha, \beta, \gamma, k'$ et plus précisément la relation suivante :

$$\log P = 1,56 \log H + 0,69 \log I + 0,48 \log (10.C) - 4.55$$

(0,11) (0,34) (0,14) (0,56)

$$R = 0.98$$

ce qui donne finalement :

$$P = \frac{H^{1,56} I^{0,69} C^{0,48}}{11.900}$$

On peut considérer les résultats comme très satisfaisants, car étant donné la complexité du problème, la précision sur les coefficients est acceptable et le coefficient de corrélation est bon.

Que peut-on attendre de l'utilisation d'un tel modèle ?

Il est certain que pour le chef d'entreprise, ce modèle permet de définir un réseau commercial aussi bien au niveau des objectifs qu'au niveau des moyens.

En effet, il permet de fixer pour chaque région économique une valeur des équipements en transformateurs à installer qui pourra se transformer en objectif pour la direction commerciale, compte tenu de sa position dans cette région. L'objectif étant défini par région économique, la direction commerciale jugera des moyens à mettre en place pour atteindre cet objectif. Les moyens sont : les représentants chargés d'organiser des tournées de prospection, les frais publicitaires et les efforts commerciaux qui doivent être faits pour atteindre l'objectif.

Si ce modèle est utile pour l'entreprise, il peut également rendre des services dans l'établissement des plans d'investissement régionaux: il peut servir de norme en mesurant les quantités à investir pour l'équipement d'une région.

La formulation à laquelle nous avons abouti serait probablement valable pour un grand nombre de biens d'équipements publics, car les variables telles que la population, l'indice d'accroissement de la consommation électrique, la consommation par habitant sont certainement des critères permettant la prévision de nombreux achats d'équipements. Evidemment, chaque type d'investissement serait caractérisé par des valeurs différentes pour les coefficients

$\alpha, \beta, \gamma \dots$

Remarques.

- a) Le modèle valable pour chaque région économique prise séparément doit être valable pour l'ensemble. La France toute entière constitue une région économique caractérisée par :

- habitants : $44.300 \cdot 10^3$ (en 1958)
- indice d'accroissement : 6,7%
(année de référence 1958)
- consommation par habitant : 0,96
 10^3 kWh/h en 1958.

En utilisant le modèle, il donne la puissance installée durant l'année 1958 soit :

$$\log P = 3,740 \quad \text{soit} \quad P = 5500 \text{ MVA.}$$

La prévision fournie par le modèle est fort éloignée de la réalité puisque durant l'année 1958 les ventes s'élèvent à 1900 MVA. D'où provient cette différence ?

Le modèle a été établi sur des observations portant sur des régions économiques dont la population est inférieure à 10 millions d'habitants, sur l'indice d'accroissement dont les valeurs varient de 0 à 10, et sur la consommation d'énergie électrique par habitant dont les valeurs varient de 0 à 2.10^3 kWh/H

Les caractéristiques pour la France appartiennent à l'ensemble de ces valeurs sauf la population qui est 4 fois plus grande que le domaine d'observation. Nous avons vu que la population était un facteur important puisque les investissements étaient concentrés dans les régions de forte population ; le modèle a considéré qu'une telle région économique existait et en a déduit la valeur de 5500 MVA.

Cette remarque nous montre qu'il faut être prudent dans l'utilisation du modèle et surtout connaître les hypothèses qui ont été faites pour l'élaborer. Il est à peu près sûr qu'un modèle de la forme :

$$P = k H^\alpha I^\beta C^\gamma$$

représente le marché français, mais pour cela la valeur des paramètres α , β , γ , k doit être déterminée à partir d'observations au niveau national, et non à partir d'observations au niveau des régions économiques, sinon on fera des erreurs de spécification.

- b) Nous avons défini notre indice d'accroissement de l'énergie comme étant égal à :

$$I_t = \frac{\Delta E_t + \Delta E_{t-1} + \Delta E_{t-2}}{3} \times \frac{1}{E_t}$$

Cet indice ne prend en compte que des valeurs relatives aux 3 années antérieures à la date t, puisque :

$$\Delta E_{t-2} = E_{t-2} - E_{t-3} .$$

Il est possible de définir un indice K_t à l'aide d'une formule de lissage exponentiel :

$$K_t = K_{t-1} + \frac{1}{\omega} \left(\frac{\Delta E_t}{E_t} - X_{t-1} \right)$$

où ω est une constante représentant la constante de lissage. L'avantage de l'indice K , est qu'il prend en compte toutes les années antérieures avec un coefficient de pondération dépendant de ω . Cette méthode, bien que simple en apparence, est difficile à mettre en oeuvre car on doit déterminer la valeur de ce paramètre ω et partir d'une valeur de départ K_0 qui est souvent arbitraire.

Nous avons donc préféré garder la définition initiale de notre indice, mais nous tenons à montrer qu'il peut exister d'autres possibilités.

- c) L'échantillon qui a servi de base à notre modèle a été constitué à partir d'informations concernant les années 1958-1957, 1956. Pour améliorer les résultats, il serait nécessaire de recueillir des informations sur une période allant par exemple de 1950 à 1964. Le recueil et l'éparpillement des données rendent ce travail très difficile.

L'étude sur le marché global et l'autre sur la répartition des ventes par région économique se complètent pour fournir au chef d'entreprise les éléments indispensables à toutes prévisions. Pour terminer cette analyse, nous devons situer la place de l'entreprise sur ce marché, pour cela nous allons étudier en détail les résultats de l'entreprise.

3.3.- SITUATION DE L'ENTREPRISE SUR LE MARCHÉ DES TRANS-
FORMATEURS DE PUISSANCE

Nous situerons l'entreprise tant sur la plan de sa production totale mesurée en kVA que par les types d'appareils qu'elle produit.

Nous avons pu, sur les dernières années, relever la production par catégorie (voir tableau 22). Ce tableau a permis d'élaborer le tableau 23 qui comporte la répartition de la production, suivant les années, en transformateurs de distribution, transformateurs dont la puissance est supérieure à 630 kVA, en transformateurs dans le quartz.

Tableau 23

Année	Production totale MVA	Production > 630 kVA	Quartz	Production ≤ 630 kVA	Marché National MVA	Part de Marché Tr. de distribution
1955	150	0	0	150	1.503	10%
1956	182	0	23	159	1.394	11,4%
1957	218	8,1	53,7	156	1.685	9,2%
1958	260	8,8	31	220	1.747	12,6%
1959	304	13	41	250	2.100	11,9%
1960	320	14,6	34	271	2.350	11,5%
1961	456	89	43	324	2.640	12,3%
1962	554	120	25	409	2.490	16%
1963	566	144	18	404	2.070	15,1%
1964	628	102	20	506	3.150	16,1%

Type kVA	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
TRANSFORMATEURS DE DISTRIBUTION											
16			232	333	167	185	93	50	21	21	
25			169	57	84	273	325	75	260	282	
40			93	44	126	235	238	183	146	367	
63			135	205	283	206	252	355	245	372	
80			33	42	63	53	86	37	57	52	
100			130	239	294	250	261	322	320	272	
125			28	51	45	85	81	84	99	97	
160			91	113	173	236	246	238	328	300	
200			58	96	78	111	104	137	107	139	
250			62	102	184	154	274	246	284	328	
315			42	64	65	59	107	129	122	142	
400			25	24	39	53	63	87	103	121	
500			73	48	53	50	36	62	52	90	
630			24	92	48	58	30	151	122	192	
1.600				1			26	9	10	6	
2.000							4		5	1	
2.500								3	3	4	
3.150			1				1	2		1	
4.000								2	5		
5.000							2	3	2		
TOTAL	150.000	159.000	163.960	228.983	263.000	286.273	413.229	530.085	548.166	607.921	

Les différentes catégories d'appareils ont suivi des évolutions différentes. Il convient de noter aussi que le transformateur dans le quartz qui constituait en 1957 le quart de la production de l'entreprise ne représente plus en 1964, que 3,2%. L'évolution de ce produit est étroitement liée à l'équipement des mines à charbon. Les charbonnages de France étant bien équipés et la production de charbon n'augmentant plus, il est normal que ce produit soit en régression sur le marché. A partir de 1957, l'entreprise a construit des transformateurs d'une puissance supérieure à 630 kVA et l'on peut dire qu'à partir de 1961 cette production prend une place importante. Ceci est tout à fait normal car le transformateur de distribution, bien que sa définition ne le précise pas, correspond à l'heure actuelle à la tranche de puissance qui va du 16 kVA au 3000 kVA. L'entreprise a donc modifié sa production pour satisfaire un besoin dont la définition aurait dû changer.

Pour le chef d'entreprise, un problème essentiel est de pouvoir estimer sa production dans un avenir proche. Les analyses faites sur le marché des transformateurs serviront de base. On commencera par étudier la part de marché de l'entreprise en transformateurs de distribution, et puis la place particulière, dans la production, des transformateurs dont la puissance est supérieure à 630 kVA.

3.3.1. - Evolution de la part de marché des transformateurs de distribution.

Il suffit de se reporter au tableau 22 pour voir l'évolution de la part de marché. L'évolution de la production en ce qui concerne les transformateurs de distribution (voir figure 23) a été plus rapide que celle du marché national. Comme le montre le tableau 22, la part de marché de l'entreprise n'a fait que croître. Nous nous garderons bien de déduire de ces constatations des conclusions pour l'avenir. En effet, un chef d'entreprise est seul capable de pouvoir intégrer tous les facteurs qui interviennent, nous pouvons simplement l'aider dans sa réflexion en lui donnant des points de repère. Aussi, nous ne considérerons pas la variable "part de marché" comme pouvant faire l'objet d'une prévision mais plutôt comme un objectif que se fixe le chef d'entreprise, lequel dirige tous ses efforts pour l'atteindre.

log P

3

2

1

25

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

65

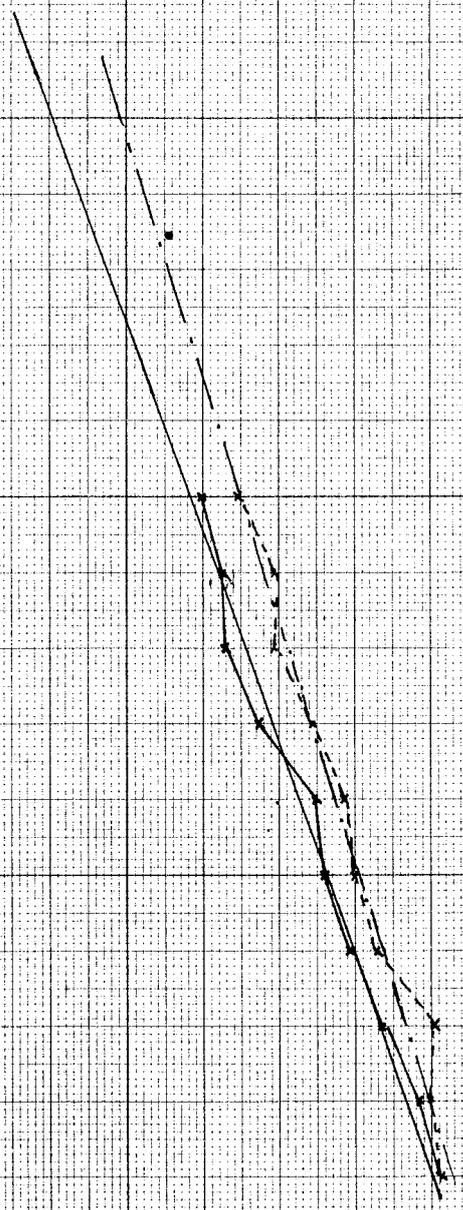
66

67

68

69

70



— Production totale
 - - - Production transformée de la tubéracine

Figure 24. Evolution de la production de la tubéracine

3.3.2. Situation des transformateurs de distribution dans la production totale.

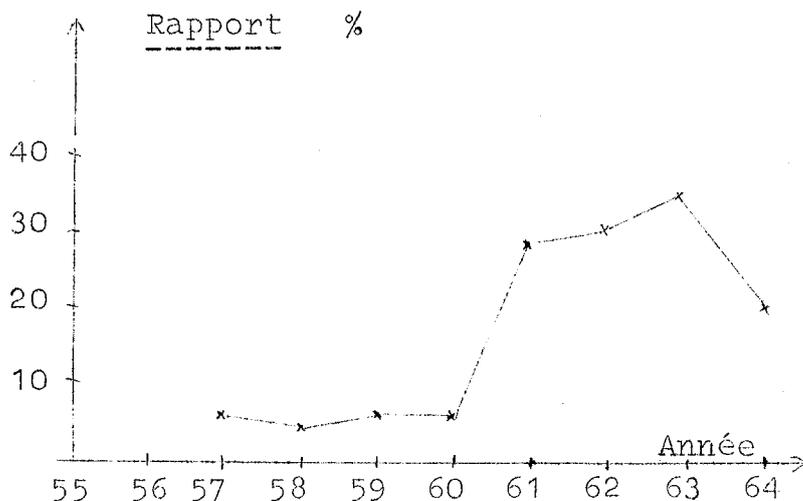
Comme nous l'avons vu, l'entreprise s'est intéressée à partir de 1957 et plus particulièrement à partir de 1961 à la production de transformateurs supérieurs à 630 kVA. Pour des raisons d'équipement, il semble que l'entreprise ne puisse s'orienter vers des puissances supérieures à 10.000 kVA. En effet, les très gros transformateurs nécessitent des moyens de levage et manutention, au delà de la possibilité des équipements actuels de l'entreprise.

L'entreprise a décidé d'étendre sa gamme de production : elle se devait de satisfaire les besoins de sa clientèle qui commandait des puissances de plus en plus fortes correspondant à l'utilisation optimale du transformateur.

Si nous calculons le rapport :

$$\frac{\text{Production Transfo. } > 630 \text{ kVA}}{\text{Production Transfo. } \leq 630 \text{ kVA}} \quad \text{nous obtenons}$$

les résultats suivants :



Année	Rapport en %
1955	0
1956	0
1957	5,2
1958	4
1959	5,2
1960	5,4
1961	27,5
1962	29,3
1963	35,6
1964	20,0

Il est difficile de prévoir ce que sera l'avenir de cette production, il est toutefois certain que l'entreprise a pris sur ce marché une part assez importante qui semble être stable depuis 1961.

Là encore, nous nous garderons bien de faire des prévisions, mais simplement nous avons mis en lumière une variable qui est essentielle pour toute estimation de la production.

Nous allons montrer comment on peut utiliser les études de marché pour déterminer une prévision de ventes.

3.3.3. Applications

Suivant le but poursuivi on utilisera, soit la première étude de marché, soit la seconde dans le cas où l'on recherche une évaluation par région. Admettons que nous voulions une évaluation globale.

Il faut d'abord distinguer ce qui résulte d'une étude permettant de faire des prévisions et dans laquelle on attache une probabilité de réalisation à des éléments qui seront souvent considérés par le chef d'entreprise comme des objectifs.

Par exemple pour 1970, la prévision est de 5750 MVA (voir paragraphe 3.1.5) avec 95/100 pour que le marché se situe dans la fourchette 5000-6600 MVA. Nous fixerons comme objectifs :

- part de marché en 1970 (transformateurs de distribution) = 18%.
- rapport transformateur de puissance/trans-
formateurs de distribution = 30%.

Ces objectifs imposent à l'entreprise de suivre une politique lui permettant d'accroître sa part de marché tout en maintenant sa production de gros transformateurs.

La production totale sera donc égale à :

$$P_{1970} = 0.18 \times 5750 + 0.30 \times 0.18 \times 5750 = 0.18 \times 5750 \times 1.3$$

$$\underline{P_{1970}} = 1350 \text{ MVA.}$$

Remarque : nous avons admis que la production de transformateurs dans le quartz en 1970 sera devenue négligeable.

La connaissance du marché des transformateurs et son avenir sont des éléments indispensables pour la constitution de notre modèle. Une prévision sera d'autant plus valable que l'on aura pu déterminer le mécanisme de ce marché. Ce sont ces raisons qui nous ont poussés à entreprendre une étude aussi détaillée.

Comme nous l'avons vu, notre modèle comporte d'autres concepts, tels que ratios P/Q , P/H que l'on étudie lors d'une étude sur les facteurs de productivité. Nous allons donc exposer les analyses que nous avons faites à ce sujet.

C H A P I T R E 4

FACTEURS DE PRODUCTIVITE

4.1. RAPPELS SUR LA NOTION DE PRODUCTIVITE.

La notion de productivité est fort complexe car la multiplicité des sens donnés à ce mot est à l'origine de bien des ambiguïtés. De nombreuses personnes ne se comprennent pas car tout en utilisant le mot productivité elles n'utilisent pas le même concept. Le mot productivité ne recouvre pas en lui-même un facteur bien précis mais définit une classe d'entités économiques.

Cette classe est l'ensemble des ratios dont le numérateur est "l'output" d'un élément caractéristique de l'entreprise et le dénominateur "l'input" qui représente en général les facteurs de production. Chaque ratio sera alors une entité économique.

Dans la construction d'un ratio de productivité deux facteurs interviennent :

- la définition du concept qui est le choix des facteurs qui seront inclus au numérateur et au dénominateur du ratio.
- la mesure de ce concept qui dépend en grande partie de sa définition. En effet, la définition du concept doit être opérationnelle, c'est-à-dire que les facteurs pris en compte dans le ratio de productivité recouvrent des grandeurs mesurables.

Il semble que de ces deux facteurs seul le dernier a été l'objet de recherche en particulier "l'A.F.A.P." dans une enquête d'opinion (6) auprès des chefs d'entreprises leur donne un canevas pour le calcul de la productivité à partir d'une définition.

Certes il est important que la mesure de ratios de productivité puisse être améliorée pour ne pas donner lieu à des contestations ou à des erreurs mais il serait plus important de déterminer des critères de jugement mesurant l'efficacité de la définition retenue. Dans ce domaine, il semble que chacun fasse intervenir son expérience personnelle.

Suivant la nature de "l'input" et de "l'output" on distinguera plusieurs catégories de ratios de productivité (7) : les ratios de productivité physique, les ratios de productivité dont "l'output" est mesuré en valeur monétaire, les formules de productivité globale

4.1.1. Les ratios de productivité physique.

Ce sont les ratios dont "l'input" et "l'output" sont mesurés en unités physiques. Ils sont le plus souvent utilisés dans l'entreprise car ils sont attachés à la réalité technico-économique. Du fait que ce rapport s'exprime en unités physiques on ignore la convention à "prix constant" ce qui permet d'accéder à une mesure absolue de la productivité. Le champ d'application de ce ratio ne peut être qu'un produit ou un groupe de produits ayant des caractéristiques voisines pour être mesuré par une unité commune. On voit immédiatement la limite d'utilisation de ce ratio. En effet, si au niveau d'un atelier ou d'une entreprise il peut permettre des comparaisons fructueuses entre plusieurs sociétés de même nature, il n'a aucune signification dans la mesure de la productivité d'une branche ou de l'économie nationale. Ceci est dû au fait que l'on ne peut additionner des ratios mesurés à l'aide d'unités différentes.

En général le numérateur du ratio mesure la production d'un produit en nombre ou en volume alors que le dénominateur fait intervenir un facteur de production comme par exemple : les heures de travail.

4.1.2. Mesure monétaire des ratios de productivité.

Ayant mis en évidence les limites d'utilisation des ratios mesurés en unité physique, il vient à l'esprit de prendre comme unité de base la monnaie malgré tous les inconvénients qu'elle comporte. On effectuera donc une évaluation monétaire des quantités produites ce qui permettra d'ajouter des productions différentes.

Pour permettre des comparaisons entre ratios d'années successives, il sera nécessaire d'introduire des indices de prix portant par exemple sur les prix de vente, sur les achats, sur les salaires etc ...

Dans l'enquête de l'A.F.A.P. le concept proposé est la productivité du travail définie comme étant la valeur ajoutée par personne. Nous allons exposer en détail ce ratio.

La valeur d'une production se compose :

- des achats extérieurs (matières premières, fournitures, services divers)
- de l'usure et de la dépréciation des outillages et des investissements.

On peut admettre que ceci correspond à l'amortissement du matériel et aux dépenses d'entretien.

- de la valeur ajoutée, qui est la part apportée par l'entreprise à l'élaboration d'une production. La valeur ajoutée de l'entreprise comprend :
 - le travail qui représente les salaires et les charges sociales
 - le capital sous la forme de bénéfices distribués
 - les taxes et les impôts

Le ratio de productivité sera défini comme étant égal à la valeur ajoutée par personne.

$$R = \frac{\text{Valeur ajoutée}}{\text{Effectifs}}$$

La définition de la valeur ajoutée est identique au rapport suivant qui permet de le calculer.

$$R = \frac{\text{chiffre d'affaires} - \text{Achats extérieurs} - \text{Amortissements}}{\text{Effectifs}}$$

Sur cet exemple nous voyons que, pour comparer différentes périodes de temps entre-elles, nous sommes obligés non seulement de ramener les prix en francs constants mais de définir aussi un indice des prix pour chaque catégorie de flux monétaire : ventes, achats, salaires.

La détermination de ces indices ne va pas sans poser des difficultés que nous allons étudier.

4.1.3. Problèmes des unités de mesure.

Reprenons l'exemple ci-avant et essayons de définir un indice des prix de vente par exemple. La méthode proposée par l'A.F.A.P. est la suivante :

Soit CA_1 et CA_2 les chiffres d'affaires réalisés pour les années 1 et 2.

On peut évaluer la production de l'année 1 avec les prix pratiqués l'année 2 soit CA'_1 le résultat, et inversement évaluer la production de l'année 2 avec les prix de l'année 1 soit CA'_2 . On obtient alors deux indices :

$$T_1 = \frac{CA'_1}{CA_1} \quad T_2 = \frac{CA_2}{CA'_2} \quad \text{qui sont légèrement}$$

différents, l'indice des prix de vente sera alors égal $\frac{T_1 + T_2}{2}$

Cette méthode bien que simple dans son esprit est difficile à mettre en oeuvre car, lorsque la production est diversifiée, on doit posséder toutes les informations concernant les prix de vente. D'autre part, cette méthode suppose que la structure de la production n'a pas varié de l'année 1 à l'année 2, cette hypothèse n'est souvent vérifiée que partiellement.

Nous voyons qu'il existe d'énormes difficultés pour mesurer la valeur ajoutée d'une entreprise mais elles ne sont pas les seules. La productivité du travail est définie comme étant la valeur ajoutée par personne de l'entreprise. Qu'entend-on par effectif ?

Les effectifs peuvent comprendre : les ouvriers de production, les magasiniers, les agents de manutention, les agents de maîtrise, les agents techniques, les employés et les cadres. L'effectif que nous voulons considérer peut être tout ou partie des éléments énumérés, il peut être aussi défini comme une moyenne pondérée par des coefficients pour chaque catégorie.

Ce que nous venons de signaler arrive souvent et lorsqu'on introduit une variable hétérogène, on peut, à partir des composants, définir une nouvelle variable tenant compte de l'importance de chacun des composants.

Jusqu'à présent, nous avons vu les ratios de productivité mesurés en unités physiques, le ratio de productivité du travail et les problèmes soulevés par la mesure des grandeurs. Il reste encore une grande classe de ratio de productivité où "l'input" constitue l'ensemble des moyens de production.

4.1.4. Ratio de productivité et facteurs de production

Les ratios de cette classe sont les plus complexes. Comme dans le cas des ratios où la production est mesurée en valeur (donc représente un agrégat économique) nous admettons la possibilité d'introduire dans "l'input" une combinaison de tous les facteurs de production, qui eux aussi seront comptabilisés en valeur monétaire.

Des difficultés apparaissent immédiatement : doit-on considérer que l'impôt versé est un moyen de production au même titre que le personnel ? L'impôt versé à l'Etat est en quelque sorte un droit que l'on acquiert pour produire, sous cette acception il est possible d'inclure l'impôt comme moyen de production.

Dans une note originale Kenneth J. ARROW (8) va plus loin encore et considère la "connaissance" comme un facteur de production. A partir de cette notion il montre que la productivité du travail de mise au point croît proportionnellement à la production.

Par "connaissance" l'auteur entend l'ensemble des acquisitions dues à la recherche et à la pratique. L'investissement est la source de la connaissance car il met en oeuvre les facultés d'imagination pour résoudre un problème technique. Donc plus la connaissance de l'entreprise est grande plus l'investissement est important, plus les problèmes à résoudre sont nombreux et plus la productivité du travail croît.

Cette théorie repose sur des observations fondamentales faites en particulier dans l'aéronautique par Bréguet et Wright. Ces derniers ont montré que la quantité de travail pour réaliser le $n^{\text{ième}}$ avion diminue en fonction de n suivant une loi déterminée.

La connaissance, à l'inverse des autres facteurs de production, n'est pas un bien qui se consomme instantanément mais quelque chose qui est stocké.

Seule l'analyse économique des différents facteurs à prendre en compte dans "l'input" et "l'output" permettra de définir un ratio de productivité qui puisse éclairer un des problèmes-clés d'une entreprise, d'une branche ou de la nation.

Après cet exposé théorique sur les concepts de productivité, nous allons étudier dans quelle mesure, d'une part la définition des ratios et d'autre part leur mesure, peuvent être utilisées au niveau de l'entreprise. Ce dernier point est très important car de nombreuses études de productivité existent au niveau d'une branche ou de l'économie nationale mais peu d'études ont porté sur l'analyse d'une entreprise.

4.2. - FACTEURS DE PRODUCTIVITE DANS L'ENTREPRISE -

Il ne faut pas perdre de vue notre objectif initial qui est de construire un modèle permettant d'étudier des problèmes spécifiques à la production des transformateurs dont les grandes lignes ont été exposés au début. L'analyse des facteurs de productivité va permettre de présenter de nouveaux concepts et de les justifier, de même que l'étude de marché a déjà permis d'expliquer une partie des variables introduites.

Bien que ceci soit notre principal souci, nous aurons au cours de ce chapitre la possibilité, que nous ne manquerons pas d'exploiter, de montrer que des fonctions mathématiques de production ne peuvent être transposées au niveau de l'entreprise.

Le plan de ce paragraphe sera donc le suivant : dans une première partie, nous exposerons les ratios de productivité mesurés en unités physiques que nous avons définis, la productivité du facteur matière première et la productivité du travail, nous établirons aussi la liaison qui existe entre ces deux ratios. La deuxième partie introduira la notion de productivité du capital investi, ce qui nécessitera une étude des investissements. Ensuite nous exposerons une méthode permettant de mesurer la valeur ajoutée de l'entreprise et les difficultés que nous avons dû résoudre. La dernière partie fera en quelque sorte la synthèse en utilisant les éléments de chaque analyse pour essayer de construire des fonctions de production adaptées à la gestion des entreprises.

4.2.1. Les ratios de productivité mesurés en unité physique.

Les deux ratios que nous allons présenter appartiennent au modèle, ils sont donc fondamentaux pour notre étude.

A - Productivité du facteur matière première incorporée.

Ce ratio est défini au numérateur par la production totale de l'entreprise mesurée en kVA et au dénominateur par le poids de tôle magnétique et de cuivre incorporés dans la production.

Un problème capital pour l'entreprise est d'introduire le minimum de matières premières dans la production. Nous estimons que ce ratio, que nous désignerons par la suite par le rapport P/Q, est significatif du progrès technique et permet de caractériser son évolution au cours du temps. Par progrès technique nous entendons les innovations techniques ou les perfectionnements apportés à la conception du produit ainsi qu'aux procédés de fabrication.

Les progrès réalisés par l'entreprise sont continus et réguliers mais ils ne se manifestent que lors de la création d'une nouvelle série. La série est l'étude et la mise en oeuvre des plans d'une gamme de transformateurs. Ce travail coûte cher car il mobilise une partie des services techniques et du bureau de dessin. En conséquence, pour lancer une nouvelle série, il faut que les gains estimés, grâce à ces progrès soient supérieurs au coût de lancement

Les différentes améliorations apportées au produit ont été :

- l'utilisation des tôles à cristaux orientés
- la création d'un programme d'optimisation du calcul d'un transformateur
- la mise en oeuvre de nouveaux procédés de fabrication

Ces perfectionnements ont permis de diminuer les poids de matières premières comme nous le montre le tableau 25.

Tableau 25 : RATIO P/Q

Année	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964
Poids de cuivre (T)	214	283	312	372	394	460	392	462	479	489	492
Poids de fer Magnétique (T)	510	543	690	814	938	875	818	1076	1205	1079	1202
Poids partie active (T)	724	826	1002	1186	1332	1335	1210	1538	1684	1568	1694
Production M V A		150	182	218	260	304	320	456	554	566	628
P/Q (MVA) (T)		0,171	0,182	0,184	0,195	0,228	0,264	0,297	0,329	0,329	0,370

Ce ratio de productivité montre que l'entreprise à 10 ans d'intervalle fabrique deux fois plus de kVA avec le même poids de matière. Dans l'évolution de ce ratio deux facteurs interviennent : le premier est lié à l'évolution de la puissance moyenne installée. Cet effet est difficilement chiffrable et varie d'une année sur l'autre suivant la nature des produits vendus. On peut simplement montrer, pour une série donnée de produit, la variation du rapport P/Q en fonction de la puissance. Sur la figure 26 nous avons tracé la courbe correspondante, qui nous sera très utile dans un paragraphe suivant. Nous avons pu établir que la loi était

$$P/Q = 0.029 \times \sqrt{P - \frac{P}{3600}} + 0.08$$

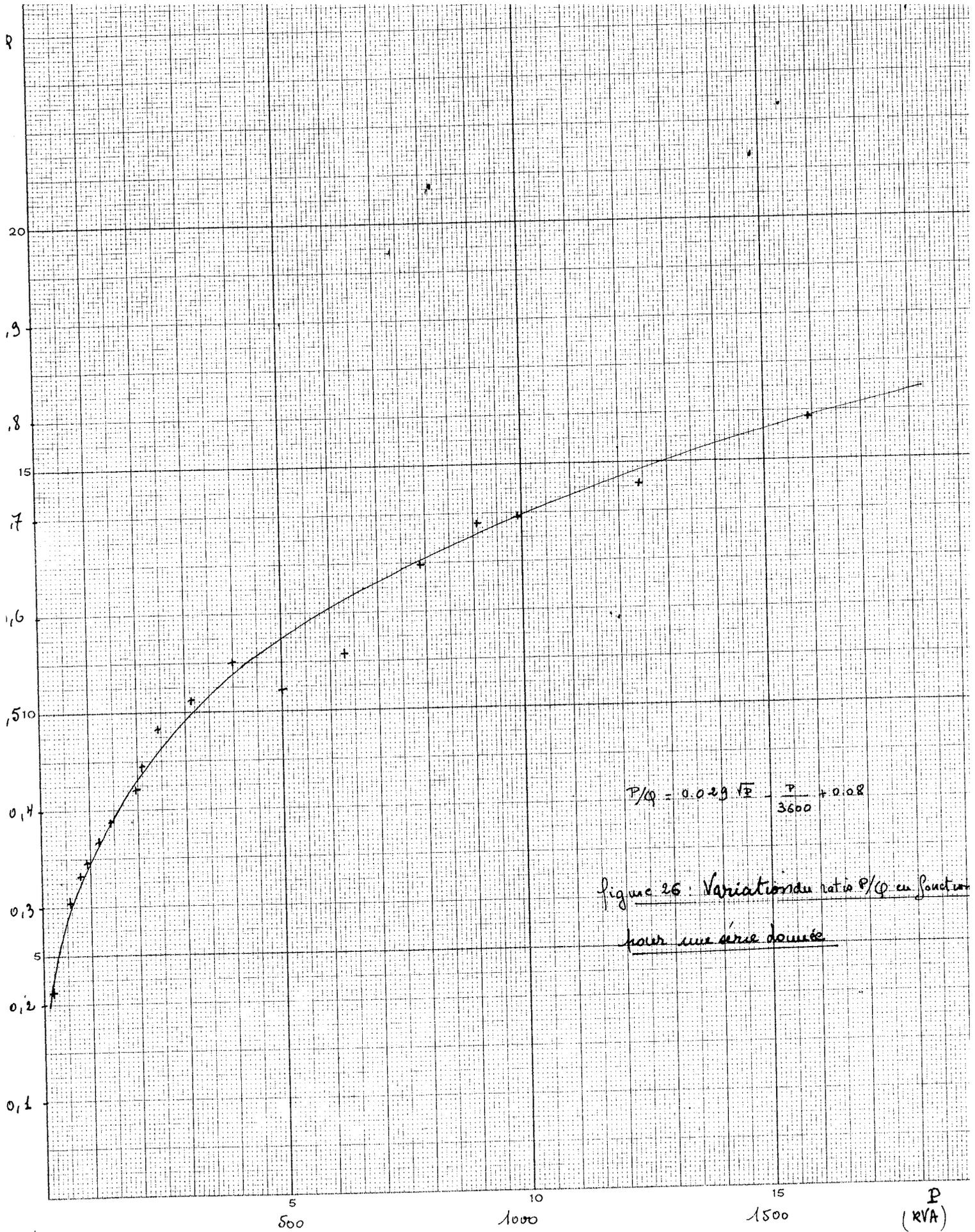


figure 26: Variation du ratio P/Q en fonction
 pour une série donnée

Cette loi nous montre que si la puissance moyenne installée augmente, le rapport P/Q augmente, mais en fait durant ces dernières années l'évolution de la puissance moyenne a été faible ce qui fait que l'on peut considérer ce facteur comme assez négligeable.

Le deuxième facteur, le seul qui soit important, caractérise les innovations techniques apportées par l'entreprise; c'est pour cela que nous considérons ce ratio comme un indice de progrès technique.

B - Productivité du facteur heures de travail

Présentons maintenant le deuxième ratio de productivité défini par le rapport de la productivité totale mesurée en kVA sur les heures de travail des ouvriers de production. Nous noterons par la suite ce rapport P/H.

Le fait de centrer notre investigation sur la productivité du travail ne signifie pas que nous entendions attribuer à ce seul facteur tous les progrès réalisés sur la production. La productivité du travail n'est pas indépendante de l'utilisation du capital, de la qualité des matières premières, du personnel d'encadrement et permet donc de mesurer indirectement sans pouvoir les dissocier les effets de ces facteurs. D'ailleurs, il est facile de voir que le rapport P/H peut s'écrire

$$\frac{P}{H} = \frac{P}{Q} \times \frac{Q}{H}$$

où P/Q est l'indice de progrès technique et Q/H le nombre de kilos de matières premières traités par heure. Le rapport Q/H dépend essentiellement de la nature des investissements, ce qui confirme la remarque précédente; à savoir, que le ratio de productivité du travail intègre un grand nombre de facteurs de production.

Pour calculer les heures de production, nous avons dû rassembler des informations sur les différents ateliers du département qui en comprend cinq :

- circuits
- cuves
- bobinage
- montage
- mesure.

Les quatre premiers élaborent la production des transformateurs de puissance, quant au dernier il concerne la production des transformateurs de mesure qui ne fait pas partie de la présente étude. Le deuxième problème que posait la mesure de ce ratio était de savoir si nous devions inclure les heures de travail du personnel d'encadrement qui comprend : les ingénieurs, les agents de maîtrise, les agents techniques, les dessinateurs, les employés de bureau. Pour rester en accord avec la définition de notre modèle qui a pour but d'évaluer la marge brute de production il est bien évident que les heures à prendre en compte représentent seulement les heures d'ouvriers de production.

Les informations concernant les heures de production ainsi que les effectifs par catégorie sont rassemblées dans le tableau 27.

Tableau 27 : HEURES DE TRAVAIL ET EFFECTIFS

Ateliers	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964
Circuit 10 ³ h	36	36	41	51	44	48	60	54	44	48,2
Cuves 10 ³ h	53	58	63	69	66	68	73	86	86	86
Bobinage 10 ³ h	99	100	85	99	84	93	100	106	96	102
Montage 10 ³ h	67	82	119	104	89	97	102	109	109	113
Total 10 ³ h	255	266	308	323	283	306	335	355	335	350

Ingénieurs					12	11	12	11	12	14
A. de maîtrise					15	14	15	14	15	18
A. Techniques	57	60	64	60	14	18	17	22	25	23
Dessinateurs					10	9	11	10	10	11
Employés					11	12	14	13	11	11
Ouvriers de production	122	157	153	165	154	168	192	205	220	215

Le tableau des heures de travail permet, avec la production, de calculer le ratio de productivité du travail. Les résultats sont reportés dans le tableau 28

Tableau 28 : RATIO P/H

Année	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964
Production M V A	150	182	218	260	304	320	456	554	566	628
Heures de Travail 10 ³ h	255	266	308	323	284	306	335	355	335	350
P/H	0,587	0,68	0,70	0,80	1,05	1,05	1,36	1,56	1,70	1,80

L'évolution du ratio P/H est analogue à celle du ratio P/Q. Il convient de rapprocher de cette évolution celle du prix de vente (voir paragraphe 4.2.3.1) qui diminue régulièrement; ce phénomène entraîne automatiquement qu'il se produit un équilibre dans le système "productivité-prix de vente".

Nous venons d'étudier deux ratios de productivité qui ont montré que les résultats de l'entreprise étaient satisfaisants et qu'il existe probablement entre eux une liaison, du fait que la productivité du travail dépend de nombreux facteurs de production. Nous allons essayer de lier la productivité du travail et le ratio de progrès technique.

C - Productivité du travail et progrès technique.

Dans la productivité du travail, le progrès technique doit intervenir, puisque, si les poids matières diminuent, le temps pour travailler un kVA doit diminuer. Nous nous proposons de vérifier cette hypothèse.

Les tableaux 25 et 28 permettent de tracer la courbe P/H fonction de l'indice de progrès technique P/Q (figure 29)

Ces points semblent se répartir autour d'une droite de tendance et laissent donc supposer une bonne corrélation.

Les résultats fournis par notre programme de régression sont :

$\begin{aligned} P/H &= 6,08 & P/Q &= 0,421 \\ &(0,33) & &(0,08) \\ R &= 0,99 \end{aligned}$
--

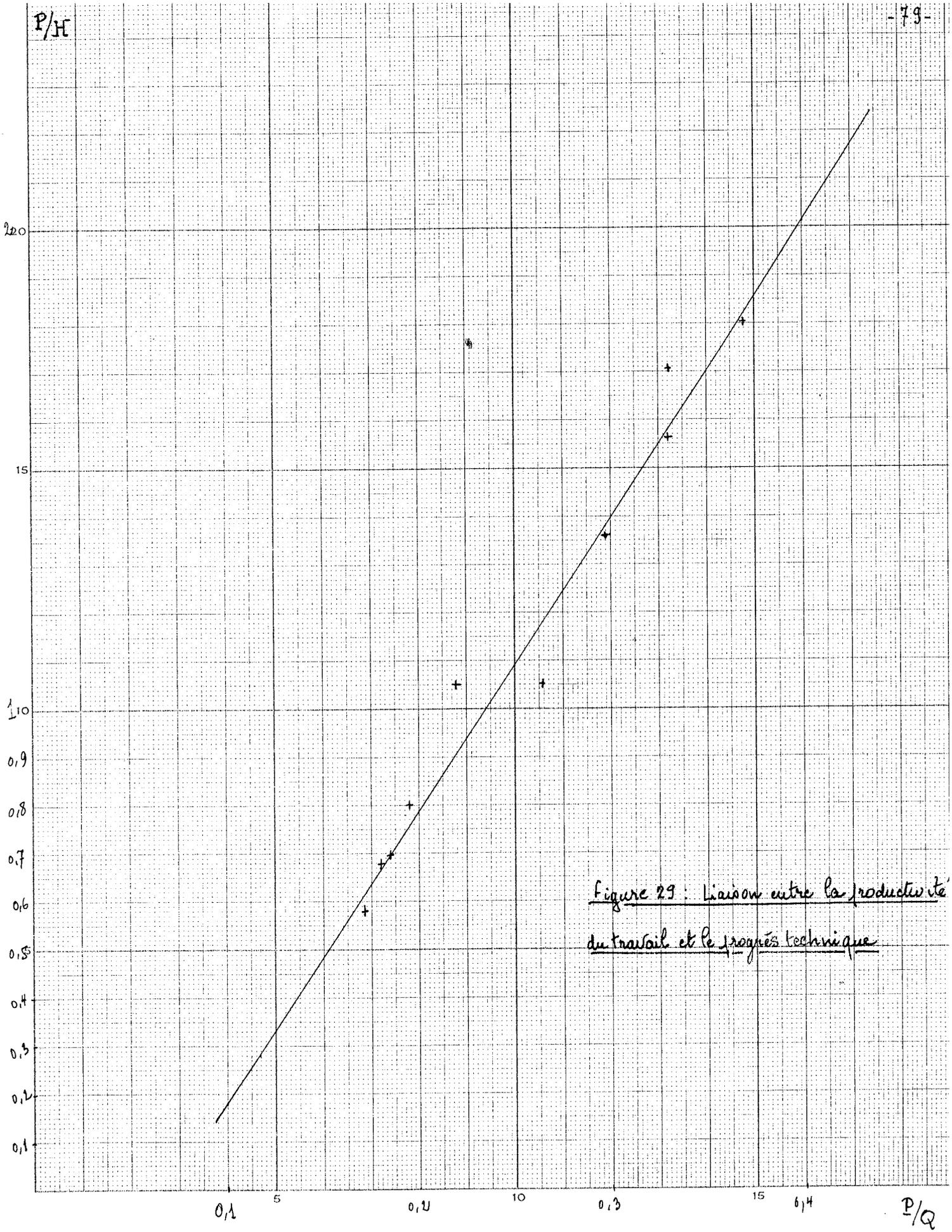


Figure 29 : Liaison entre la productivité
du travail et le progrès technique

Ces résultats sont excellents et permettront donc de définir le ratio P/H à partir de P/Q pour toute prévision.

D'autre part il est intéressant de constater qu'une variation Δ (P/Q) entraîne une variation 6 fois plus grande du ratio P/H. Ceci nous montre la très grande sensibilité de ce dernier aux variations du progrès technique.

4.2.2. Productivité du capital investi en immobilisations.

Avec ce ratio nous aborderons la catégorie des ratios dont l'input est mesuré en valeur monétaire et c'est certainement l'une des plus difficiles à évaluer à cause des investissements.

Dans les investissements réalisés par l'entreprise nous avons distingué quatre catégories :

- les équipements ou le parc machine
- les installations industrielles
- les appareils de manutention et de levage
- les bâtiments.

Il est toujours très délicat de vouloir déterminer une valeur actualisée du capital investi et nous avons estimé que la valeur à neuf des bâtiments et des moyens de production était certainement la valeur économique la plus représentative. Les sources de nos informations ont été d'une part une analyse portant sur chaque machine, faite par un ingénieur du département et d'autre part, pour les bâtiments, à partir de la valeur prise en compte pour les charges locatives. Ce calcul est certainement loin d'être parfait mais il permet une estimation approchée du capital investi.

Sur le tableau 30 nous avons reporté toutes les informations que nous avons pu relever, par catégorie d'investissement et par atelier pour chaque année. Dans chaque case du tableau se trouvent deux nombres : le nombre supérieur représente les achats de l'année, le nombre inférieur la valeur actualisée en 1000 francs de 1964.

On constate qu'il manque des informations principalement pour les installations industrielles et les appareils de manutention. D'autre part les valeurs évaluées pour les bâtiments semblent assez faibles, ceci résulte des valeurs prises en compte par les charges locatives et il ne nous a pas été possible d'en obtenir d'autres.

C'est à cause de ces imprécisions, quant aux données recueillies, que nous n'évaluerons notre ratio de productivité du capital investi qu'en fonction de la valeur des équipements

Pour les années de 1955 à 1964 nous avons obtenu les résultats suivants pour le ratio P/C où P est la production mesurée en MVA et C le capital correspondant aux équipements

Année	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964
P/C MVA/10 ³ F	0,153	0,182	0,216	0,258	0,301	0,271	0,396	0,282	0,261	0,286

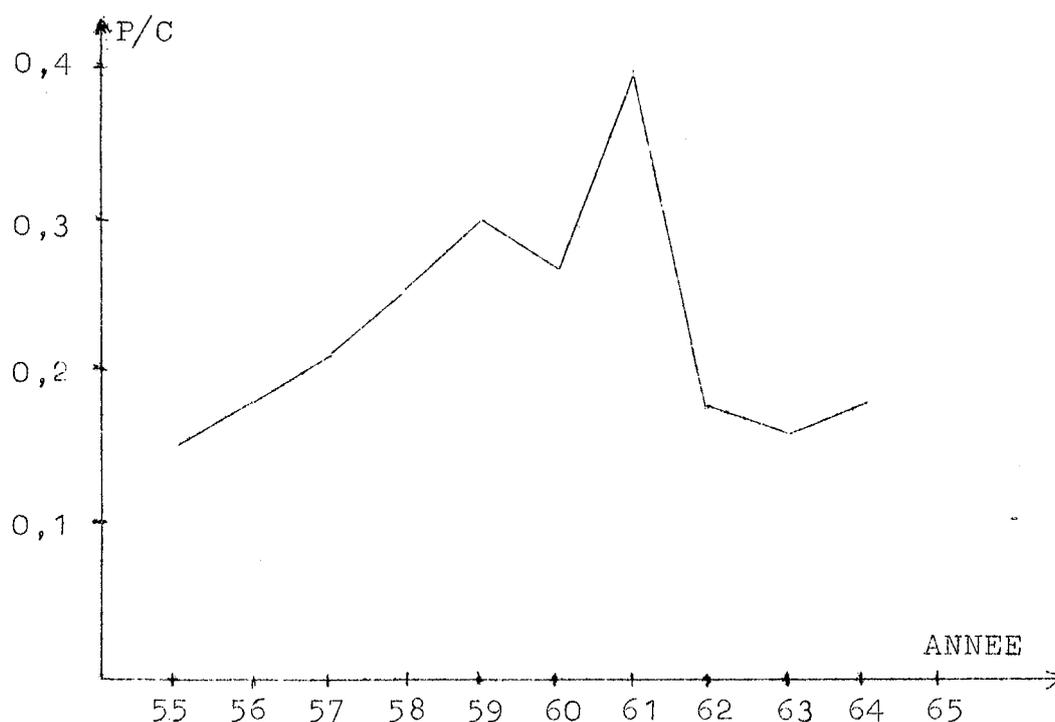


Tableau 30: Capital investi

	Avant 1955	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	
EQUIPEMENTS	Cables			20	4		20		174	31	21	5	
		180	180	200	204	204	224	224	398	429	450	455	
	Circuits								555	84			
		82	82	82	82	82	82	82	82	637	721	721	721
	Bobinage				1					53	52		88
		435	435	435	436	436	436	436	436	489	541	541	629
Montage			10				146		1	38			
	282	282	292	292	292	292	438	438	439	477	477	477	
Total			30	5			166		783	205	21	93	
	979	979	1009	1014	1014	1014	1180	1180	1463	2168	2189	2282	
INSTALLATION INDUSTRIELLE - LEVAGE	Cables					4		48	107	14			
						4	4	52	159	173			
	Circuits							173	23	2			
								173	196	198			
	Bobinage				90	20	2	2	3	8			
					90	110	112	114	117	125	125		
Montage				0,6	29,4	1	177	99	53	42			
				0,6	30	31	208	297	350	392			
Total				90	50	7	179	313	191	58			
		980*	970	1020	1027	1206	1519	1710	1768				
BATIMENTS	Cables				43	43	56	47	62	52	52	53	
	Circuits				21	21	27	23	224	224	224	224	
	Bobinage				161	146	146	200	229	330	330	330	
	Montage				361	212	210	376	420	420	462	452	
	Total				586	432	439	646	935	1026	1068	1059	
	TOTAL				2570	2466	2480	3032	3634	4699	5004		

Dans l'évolution du ratio P/C il semble que l'on puisse dégager 3 périodes distinctes. Durant la première de 1955 à 1961 on constate une progression régulière, excepté l'accident de 1960, due à plusieurs raisons convergentes qui se superposent :

- l'augmentation du ratio P/Q entraînant à production constante, une diminution des poids matières à traiter, donc permettra d'accroître la production sans agir sur les investissements.
- le matériel utilisé ayant une longue durée de vie (dans le relevé du parc machine, nous avons noté des appareils installés en 1930 et toujours en utilisation) il n'y a presque pas de renouvellement.

A partir de 1961 nous avons un renversement de la tendance qui a pour causes :

- une saturation de l'appareil de production, malgré les remarques précédentes, ce qui signifie que la production croît plus vite que les progrès techniques réalisés. On assiste alors à l'installation d'importantes chaînes de production découpage et poinçonnage automatique des tôles magnétiques du circuit, chaîne automatique de pliage des ondes de la cuve.
- la mise en application d'innovations techniques qui nécessitent de gros investissements. En particulier l'installation du four à recuit pour les tôles magnétiques.

Ces investissements avaient pour but de supprimer les goulots d'étranglement en portant la capacité de production à un niveau élevé.

La phase d'investissement terminée, on assiste de nouveau en 1964 à une augmentation régulière du ratio P/C qui se poursuivra jusqu'au prochain point de saturation. Dans l'entreprise on a pu mettre en évidence ainsi les phases du cycle d'investissement (9).

Nous ne pouvons dégager une loi d'évolution générale des investissements car ils dépendent trop de considérations techniques et particulières à l'entreprise. D'autre part, indépendamment des besoins de l'entreprise viennent s'ajouter les conditions de crédit offertes par le marché financier. C'est pour ces raisons que nous n'avons pu inclure dans notre modèle la valeur des investissements. Seule la valeur de la marge brute permettra de se rendre compte s'il est possible de le financer. Toutefois, ce ratio de productivité va nous servir de lien entre les ratios mesurés en unités physiques et l'analyse d'un modèle de production dont "l'output" sera la valeur ajoutée.

4.2.3. Calcul de la valeur ajoutée par l'entreprise sur la production des transformateurs de puissance.

Jusqu'à présent nous avons en grande partie fait abstraction d'éléments monétaires. Nous nous sommes attachés, à l'exemple de Forrester dans son ouvrage "Industrial Dynamics", à dégager des grandeurs mesurées en unités physiques qui seront évaluées en francs le plus tard possible dans l'analyse.

Nous nous sommes intéressés à la notion de valeur ajoutée, pour plusieurs raisons. La première c'est qu'il existe un lien étroit entre notre modèle qui a pour but, en fonction d'hypothèses de départ, de mesurer la marge brute de production et la valeur ajoutée. Si on se reporte à la définition donnée au paragraphe 4.1.2., on remarque que la valeur ajoutée est égale à la marge brute plus les salaires et charges sociales de production. Le calcul de la valeur ajoutée va donc nécessiter des analyses portant sur le chiffre d'affaires, les achats, et les salaires nécessaires à la construction du modèle.

La deuxième raison c'est que la valeur ajoutée est l'élément essentiel de toute fonction de production. Nous songerons essentiellement à la réalisation d'une fonction de production de type "Cobb-Douglas"(*) ce qui permettrait des comparaisons intéressantes entre un modèle micro-économique et une transposition de modèle macro-économique.

Le plan de ce chapitre sera donc le suivant

- étude du prix de vente moyen du kV et du chiffre d'affaires
- étude des achats de matières premières
- étude des salaires

Ces trois études préliminaires étant faites il sera facile de calculer la valeur ajoutée et d'obtenir aussi un certain nombre de renseignements sur la productivité du travail.

4.2.3.1. Etude du prix moyen de vente du kVA et chiffre d'affaires

Dans le calcul de la valeur ajoutée la principale difficulté provient du fait qu'il faut construire un indice des ventes. La méthode proposée par l'A.F.A.P. n'est seulement valable que pour une production dont la composition est stable et dont les prix ne dépendent pas de chaque commande particulière. Il nous a donc fallu résoudre ce problème.

Les deux facteurs qui agissent sur le chiffre d'affaires sont :

- le prix moyen de vente du kVA
- la puissance moyenne installée

En ce qui concerne le prix moyen de vente du kVA il est possible, à partir de statistiques, de construire un indice valable pour l'ensemble de la profession.

(*) fonction d'un type particulier que nous décrirons dans le chapitre 4.2.4.

La figure 32 donne l'évolution de ce prix mesuré en francs constants 1932 et permet aussi de construire un indice du prix de vente du kVA. On obtient les résultats suivants (tableau 31)

Année.	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
Indice	162	150	151	149,5	154	139	125,5	113,5	107	108	100

Tableau 31 : INDICE DU PRIX DE VENTE DU kVA

La puissance moyenne installée agit sur le chiffre d'affaires: en effet si nous nous reportons au tarif des ventes de 1964 on constate que le prix de vente d'un kVA diminue en fonction de P. (voir figure 33), donc suivant la nature des kVA vendus on peut gonfler plus ou moins son chiffre d'affaires. En prenant comme base la composition de l'année 1964 et en appliquant les prix du tarif on arrive à un prix moyen de 43,6 théorique. Ce prix est théorique dans la mesure où le tarif n'est pas respecté, ce qui est le cas. Comme on connaît pour chaque année la puissance moyenne installée on peut obtenir à partir de la figure 33 le prix de vente en francs 1964 de chaque année

Année.	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
Puissance moyenne installée		145	145	151	144	153	141	179	235	230	197
Prix de vente théorique		47	47	46	46,5	46	47	44	41	42	43,6
Indice d'influence de la puissance moyenne		108	108	105,5	106,5	105,5	108	101	94	96,3	100

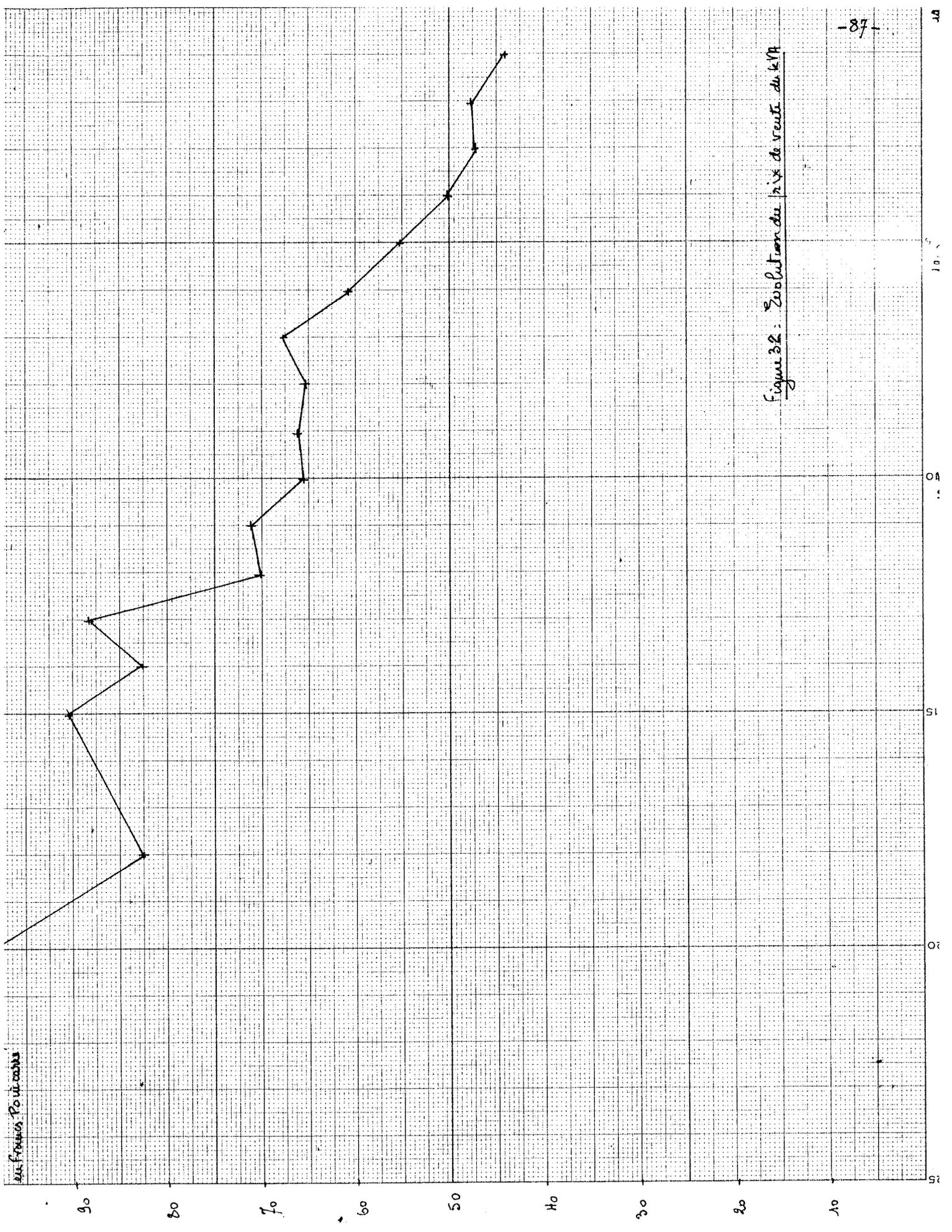


Figure 32: Evolution du prix de vente du kWh

ex de veale d'ue
KVA en France 1967

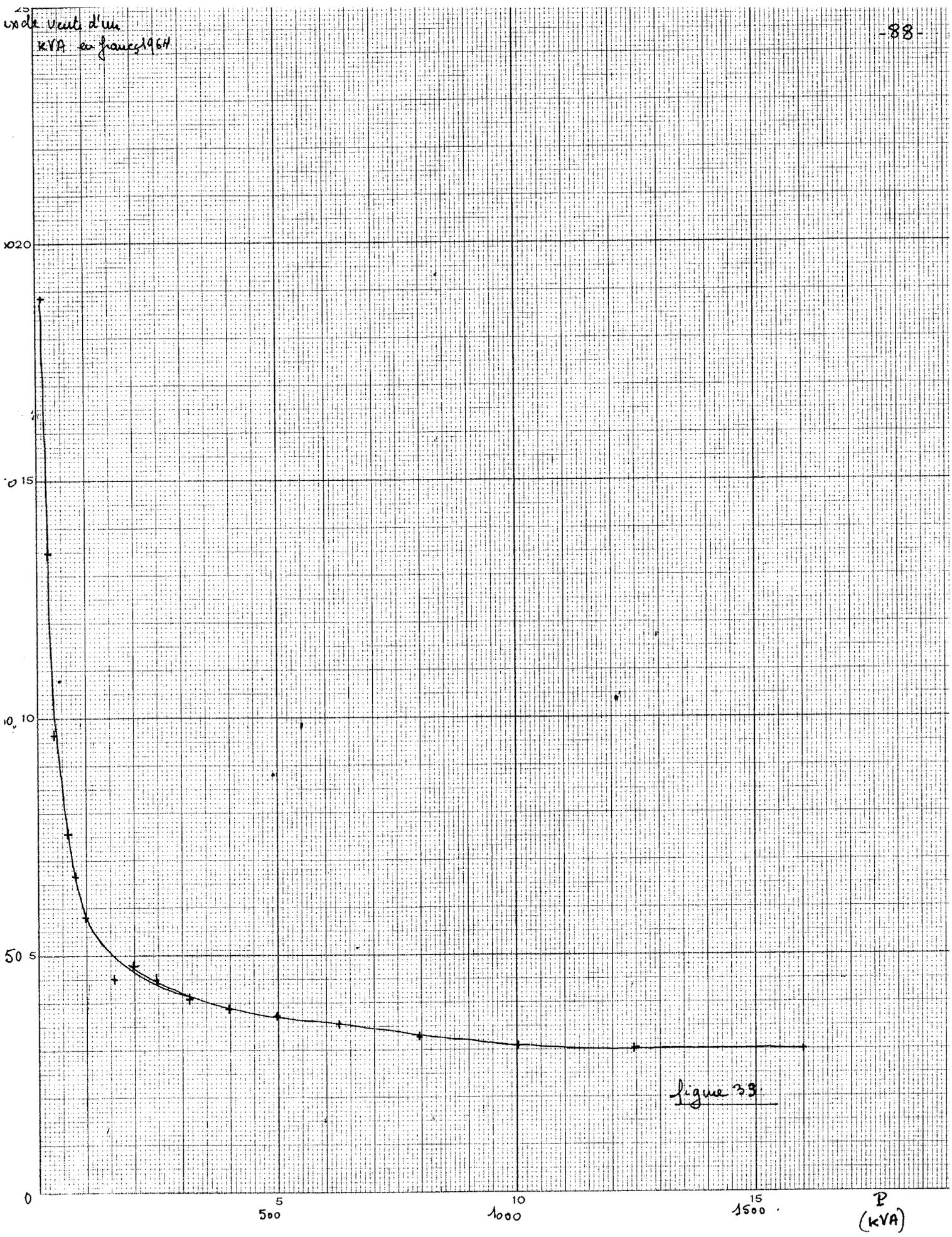


figure 33

On notera que cette influence due à la moyenne, bien que faible, n'est pas négligeable et il est important d'en tenir compte car la puissance moyenne peut croître rapidement et l'on pourra avoir aussi des indications.

En faisant le produit de ces deux indices on obtient l'indice d'évolution du prix de vente du kVA, ce qui permettra, connaissant le prix réel de vente de l'année 1964, 36 F. d'obtenir pour chaque année le prix de vente du kVA en francs 1964 et d'obtenir ainsi le chiffre d'affaire réalisé en transformateurs de puissance .

	. 55	. 56	. 57	. 58	. 59	. 60	. 61	. 62	. 63	. 64
Indice	162	163	157	164	147	135	115	101	104	100
Prix de vente en fr. 1964	59	59,3	57,1	59,7	53,5	49,1	41,8	36,8	37,8	36,4
chiffre d'affaires en 10 ³ fr. 1964	8850	10800	12450	15500	16250	15700	19100	20800	21800	22.900

Depuis le début de cette analyse nous avons donné sous forme brute les chiffres sans les commenter. En dix ans l'indice des prix a baissé de 62% : cette baisse a deux causes. Les progrès techniques réalisés ont permis d'améliorer le prix de revient de l'appareil et en conséquence de baisser le prix de vente. D'autre part sur le marché des transformateurs la concurrence est vive et certains constructeurs se sont livrés à des luttes de prix bien que ceux-ci soient contrôlés par un groupement interprofessionnel.

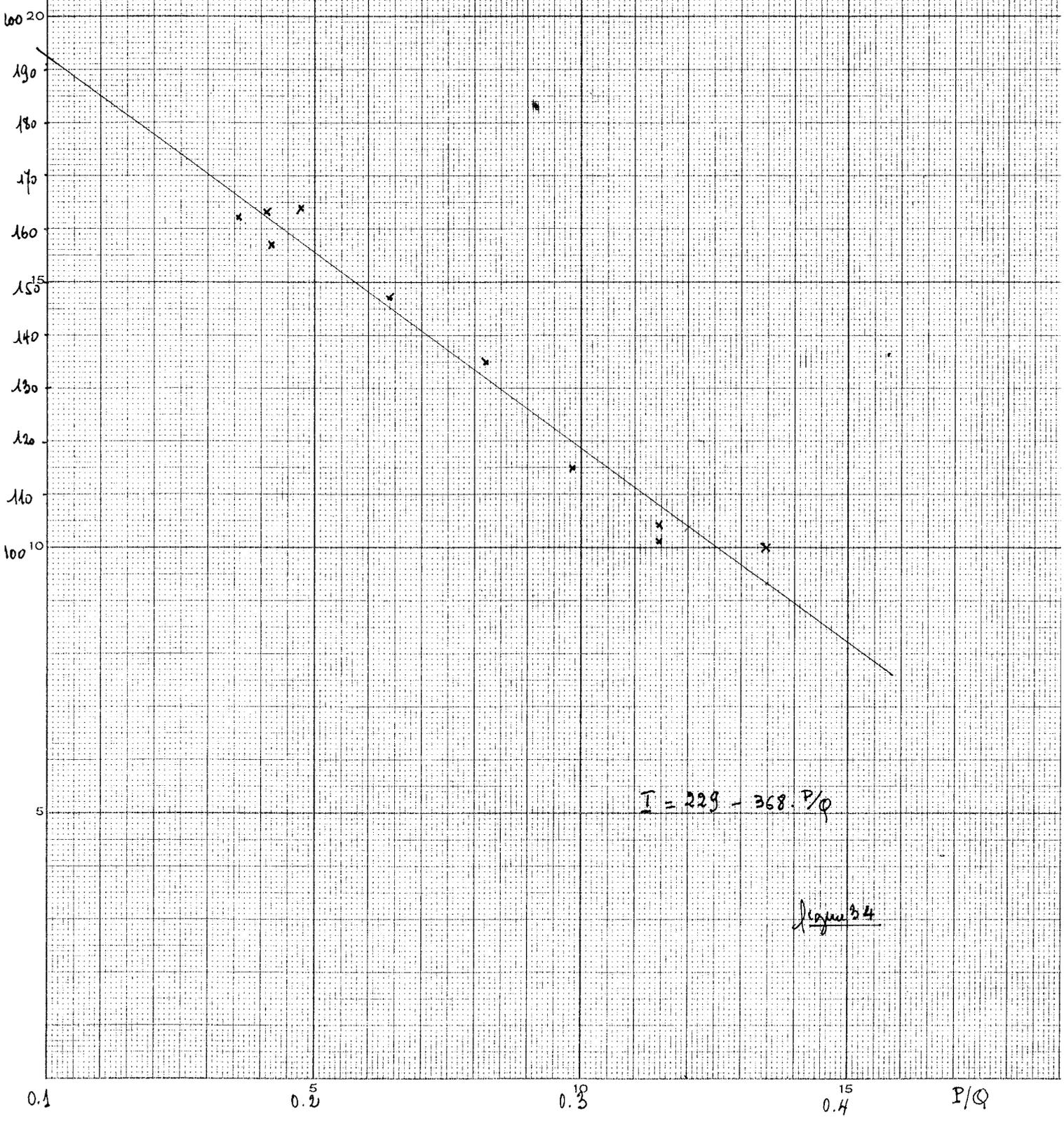
On peut se demander si cette baisse des prix va se poursuivre ou tendre vers une limite. A ce sujet, il faut remarquer que le transformateur existe depuis 1885 et qu'il n'a pas changé dans ses grandes lignes.

Les innovations ont porté sur la mise en oeuvre des matières utilisées et sur l'amélioration des méthodes de fabrication. L'entreprise n'est pas maîtresse de la qualité des produits livrés, c'est à elle d'exploiter au mieux leurs caractéristiques. Il est certain que si la qualité des produits restait stable il existerait un coût limite de fabrication correspondant au transformateur tel qu'il serait défini par des calculs théoriques. Les recherches de l'entreprise consistent à s'approcher de ce transformateur idéal. En fait la qualité des produits n'est pas constante et les améliorations apportées par les fournisseurs relaient les progrès de l'entreprise.

Ces remarques nous suggèrent l'idée suivante : le prix dépend des progrès techniques réalisés et d'autre part de la puissance moyenne installée. Comme le ratio P/Q englobe ces deux facteurs on peut étudier la liaison qui existe entre ces deux variables. La figure 34 représente l'évolution de l'indice du prix de vente de l'entreprise en fonction du ratio P/Q . Les observations se situent sur une droite et indiquent donc une bonne corrélation. Les résultats obtenus sont d'ailleurs les suivants :

$$\begin{aligned} I &= 229 - 368 \frac{P}{Q} \\ &\quad (6) \quad (24) \\ R &= 0.983 \end{aligned}$$

Indice Prix de vente - base 100 en 1964.



$I = 229 - 368 \cdot P/Q$

Figure 34

Ceci nous montre que les prix pratiqués par l'entreprise dépendent étroitement des efforts technologiques accomplis par la société. Il est même à peu près certain que tous les constructeurs de transformateurs sont en face des mêmes problèmes à résoudre et que les progrès réalisés par l'un d'eux lui permettent de conquérir une plus grande part de marché en baissant ses prix.

4.2.3.2. Evolution du prix d'achat des matières premières

L'analyse des prix d'achats va être utile à deux fins, d'une part permettre le calcul de la valeur ajoutée et d'autre part donner les justifications nécessaires à notre modèle et surtout aux éléments que nous avons retenus.

Nous avons déjà vu que la partie active du transformateur, c'est-à-dire cuivre et fer magnétique, constituait l'élément important bien qu'il existe bon nombre d'autres matières. On peut citer les tôles pour les cuves, l'huile, le pyralène, les accessoires, la visserie, les isolants.

Nous étudierons donc séparément l'évolution du prix de la partie active et ensuite la part de cette partie active dans la masse totale des achats. Si on étudie le rapport cuivre sur tôle magnétique on remarque que durant ces dix dernières années il est resté constant. Il rentre 2,3 Kg de fer magnétique pour un Kilo de cuivre. Ceci permet de définir un prix par Kilo de partie active à partir des informations sur le prix du cuivre et du fer.

ANNEE	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964
Prix du cuivre en francs courants	4,88	4,85	4,72	4,88	5,05	5,17	5,24	5,04	5,10	5,10	5,80
Prix du fer en francs courants	2	2,10	2,20	2,30	2,45	2,60	2,63	2,66	2,70	2,79	2,79
Prix du Kilo partie active	2,87	2,94	2,97	3,09	3,24	3,37	3,52	3,49	3,52	3,59	3,82

Ce tableau servira de base à toute hypothèse concernant le prix de la partie active que l'on utilisera dans notre modèle. La deuxième notion que nous avons introduite est le rapport qui existe entre la masse totale des achats et celle de la partie active.

Ce rapport est stable, mais on note toutefois que la partie active occupe en valeur moins de place que durant les années antérieures. De 1955 à 1964 ce rapport est passé de 1,8 à 2. L'évolution de ce rapport est essentiellement due à des éléments techniques que seul le chef d'entreprise peut intégrer et prévoir. Le but que nous nous sommes fixés dans notre modèle est de déceler de tels éléments et d'apporter lorsque cela est possible, des informations supplémentaires tant du point de vue précision que prévision.

En se reportant au tableau 24 qui donne le poids de partie active incorporé chaque année dans la production et avec le rapport ci-dessus, nous avons pu évaluer en francs constants 1964 les achats de matières premières.

ANNEE	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964
Achats en francs 1964 10^3	5.850	6.950	8.200	9.100	9.400	8.500	10.300	13.300	11.650	13.100

Pour terminer, avec les éléments monétaires de notre modèle, nous étudierons l'évolution des salaires et charges sociales.

4.2.3.3. Salaires et Charges sociales

Dans notre étude sur les facteurs de productivité nous avons défini la productivité du travail, ici nous allons nous attacher à éclairer cette notion. Les variations de la productivité et celles du niveau des salaires sont généralement unies par une liaison complexe. Suivant les cas la productivité conditionne l'augmentation des salaires et inversement les investissements dépendent de la masse salariale distribuée par les entreprises.

Il est donc nécessaire d'étudier l'évolution de la masse salariale par rapport aux heures travaillées. On doit distinguer trois facteurs :

- une hausse générale qui vient compenser la dépréciation monétaire
- l'accroissement du niveau de vie
- l'accroissement du progrès technique entraîne une technicité accrue du personnel, il peut y avoir alors un glissement dans les catégories professionnelles.

Dans la pratique les deux premiers facteurs sont facilement discernables, on peut simplement en mesurer le résultat. Dans le cas qui nous intéresse nous ne prendrons en compte que le personnel de production dont les qualifications professionnelles n'ont pas changé. C'est seulement au niveau de l'encadrement que l'on ressent les nécessités soulevées par l'évolution du progrès technique, qui se traduisent par une évolution de qualification de ce personnel.

Les données que nous avons recueillies portent sur les salaires et charges sociales par atelier durant les années de 1955 à 1964, en 10³ francs courants.

Ateliers	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964
Circuits	139	166	194	295	256	294	418	407	376	416
Cuves	211	270	313	384	408	446	523	654	700	752
Bobinage	344	409	396	522	497	542	662	726	724	815
Montage	284	400	672	619	578	669	799	917	957	1053
TOTAL	978	1345	1475	1820	1739	1951	2402	2704	2757	3036

Si, on se reporte au tableau 27 il est alors possible de calculer, le taux horaire des ouvriers de production, soit en francs courants, soit en francs constants 1964.

Année	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
Taux horaire francs courants	3,84	5,05	4,80	5,65	6,12	6,35	7,15	7,6	8,25	8,65
Taux horaire francs 64	7,7	7,8	7,9	8,0	8,1	8,2	8,3	8,4	8,5	8,65

Si on se réfère à l'évolution du SMIG en France qui tient essentiellement compte de la dépréciation monétaire on constate que les salaires versés par l'entreprise accroissent le niveau de vie de chaque employé. On trouve d'ailleurs en francs constants 1964, la valeur du taux horaire indiquée ci-dessus. Ce taux horaire nous permet de réévaluer les salaires versés par l'entreprise durant les années antérieures.

Année	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
Salaires en francs 64 10 ³	2050	2150	2500	2600	2300	2500	2800	3000	2850	3000

Ces préliminaires étant terminés, il nous est possible de calculer la valeur ajoutée par l'entreprise.

4.2.3.4. Valeur ajoutée et ratio : Valeur ajoutée sur effectifs de production.

En rassemblant les différents éléments que nous avons analysés dans les paragraphes précédents on peut calculer la valeur ajoutée par l'entreprise pour la production des transformateurs de puissance.

ANNEE	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964
chiffre d'affaires Fr.64 10 ³	8.850	10.800	12.450	15.500	16.250	15.700	19.100	20.800	21.800	22.900
Achats Fr.64 10 ³	5.850	6.950	8.200	9.100	9.400	8.500	10.300	13.300	11.650	13.100
Valeur ajoutée Fr.64- 10 ³	3.000	3.850	4.250	6.400	6.850	7.200	8.800	7.500	10.150	9.800
Salaires	2.050	2.150	2.500	2.600	2.300	2.500	2.800	3.000	2.850	3.000
Ratio 10 ³ Fr.64	25	29,2	31	46,4	48,6	45,3	50	41,5	54,6	53

On constate que la valeur ajoutée par personne en production a doublé comme l'indice de progrès technique, alors que le ratio P/H lui, triplait pendant le même temps.

Le calcul de la valeur ajoutée est fort utile dans la mesure où l'on possède des informations similaires sur d'autres entreprises appartenant à la même branche, voire du même type de production. En effet la valeur ajoutée est souvent plus significative que le chiffre d'affaires ou le nombre d'employés utilisés car elle permet d'intégrer tous les efforts, tant sur le plan

commercial, main-d'oeuvre, production que sur celui des recherches réalisées par l'entreprise.

C'est pour cette raison que l'on définit la valeur ajoutée comme fonction des moyens de production.

4.2.4. Fonction de production (10)

Si l'on désigne par Q le volume de la production et Z_1, Z_2, \dots, Z_n les différents facteurs de production, on appelle fonction de production une relation du type :

$$Q = f(Z_1, Z_2, \dots, Z_n)$$

La fonction de Cobb-Douglas est un cas particulier de cette relation générale. Elle suppose que l'on peut obtenir la même quantité Q à partir des combinaisons des différents facteurs Z_1, Z_2, \dots, Z_n , soit :

$$Q_t = \omega Z_1^{\alpha_1} Z_2^{\alpha_2} \dots Z_n^{\alpha_n}$$

où Q_t = le volume de la production à la date t

Z_{jt} = le facteur de production j utilisé à la date t

α_i un paramètre > 0

ω une constante.

4.2.4.1. Rappel de quelques propriétés de la fonction de Cobb-Douglas

Les facteurs de production le plus souvent retenus sont le travail et le capital, on aboutit donc à la relation

$$Q_t = \omega H_t^\alpha \cdot K_t^\beta$$

a) D'après les théories classiques la productivité marginale du travail $\frac{\partial Q_t}{\partial H_t}$ est une fonction

décroissante de H et la productivité marginale du capital

$\frac{\partial Q_t}{\partial K_t}$ est une fonction décroissante de K .

Comme $\frac{\partial Q_t}{\partial H_t} = \alpha \omega H_t^{\alpha-1} K_t^\beta$,

la productivité marginale du travail sera décroissante si

$$\alpha - 1 < 0 \text{ soit } \alpha < 1.$$

Par un raisonnement analogue on montre que $\beta < 1$ -

Dans ces conditions

$0 \leq \alpha \leq 1$
$0 \leq \beta \leq 1$

b) Si on multiplie chaque facteur de production par un facteur λ , alors le volume de la production est multiplié par $\lambda^{\alpha+\beta}$, c'est-à-dire que :

- si $\alpha + \beta < 1$ le rendement total est décroissant
- si $\alpha + \beta > 1$ le rendement total est croissant
- si $\alpha + \beta = 1$ le rendement total est constant

e) Si les hypothèses suivantes sont vérifiées :

- la productivité marginale du travail est égale au salaire perçu.
- la productivité marginale du capital est égale au taux d'intérêt.

alors il est possible de montrer que le rendement total est constant. Il convient toutefois de bien insister sur le fait que ces hypothèses ne sont jamais vérifiées dans la réalité.

Le plus souvent on constate que le rendement total est croissant, c'est-à-dire que $\alpha + \beta > 1$. Pour rendre compte de ce phénomène on modifie la fonction de production en introduisant le facteur temps à défaut d'expression explicite du progrès technique.

4.2.4.2. Prise en considération des effets du progrès technique

La forme de la fonction de production devient :

$$Q_t = \omega H_t^\alpha K_t^\beta e^{pt}$$

où le facteur e^{pt} est censé représenter le progrès technique. En prenant le logarithme des deux membres il vient :

$$\log Q_t = \omega' + \alpha \log H_t + \beta \log K_t + \rho t.$$

Il est donc possible par un ajustement de séries temporelles d'obtenir la valeur des coefficients α , β , ρ . Les observations que nous avons pu faire sur les variables, prises en compte, valeur ajoutée, heures de travail, capital sont notées dans le tableau ci-après.

ANNEE	Valeur ajoutée		Heures de travail		Capital	
	V 10 ³ Fr	log V	H 10 ³ h	log H	K 10 ³ F	log K.
1957	4.250	3,628	318	2,502	2.580	3,412
1958	6.400	3,807	323	2,509	2.534	3,403
1959	6.850	3,836	283	2,450	2.558	3,406
1960	7.200	3,858	305	2,484	3.123	3,494
1961	8.800	3,945	335	2,525	3.687	3,567
1962	7.500	3,876	355	2,550	4.776	3,679
1963	10.150	4,008	335	2,525	5.081	3,705
1964	9.800	3,992	350	2.544	5.125	3,709

Les résultats que nous avons obtenus à l'aide de notre programme de régression linéaire sont les suivants :

$$\log V = 6,19 + 0,25 \log H - 0,95 \log K + 0,09 t$$

(1,99)
(1,25)
(0,79)
(0,03)

$$R = 0.91$$

Ces résultats ne sont pas satisfaisants du tout et ne correspondent pas à ce que l'on aurait été en droit d'attendre. En effet, le coefficient du capital est négatif et le coefficient de corrélation est fort médiocre. D'autre part, les écarts types sur les coefficients donnent une imprécision totale.

Quelles peuvent être les sources de cet échec ?
Il y en a deux types : le premier est dû aux erreurs de mesure sur les variables, chiffre d'affaires, achats et surtout le capital investi en immobilisations ; Le second est dû au fait de vouloir appliquer un modèle qui ne convient pas pour une entreprise. Avant de faire cette affirmation, il faut éliminer dans la mesure du possible les erreurs dues à la mesure des grandeurs physiques.

Si on se reporte au tableau 30 où se trouvent consignés les chiffres comptables qui concernent les investissements, on remarque que l'évaluation des bâtiments est nettement en-dessous de sa valeur réelle. Il faut à peu près multiplier ces chiffres par un coefficient 4 pour s'approcher de la réalité.

D'autre part le temps est censé représenter le progrès technique, il serait préférable de remplacer cette variable par celle qui mesure, nous l'avons vu, le progrès technique, c'est-à-dire le ratio P/Q.

Dans ces conditions nous allons rechercher si un modèle de la forme

$$V = \omega H^{\alpha} K'^{\beta} (P/Q)^{\gamma}$$

convient mieux.

La formule trouvée est :

$$\log V = 5.31 - 1,12 \log H + 0.27 \log K' + 0,80 \log(10P/Q)$$

(2,58) (1,71) (1,02) (1,13)

$$R = 0.83 -$$

Une fois encore les résultats ne sont pas satisfaisants du tout et même plus mauvais que dans notre premier essai.

Il vaut donc mieux se résigner à ne pas construire un modèle de ce type. Les raisons de cet insuccès, déjà signalé par Mr. Gonod dans un autre cas, sont dues essentiellement aux difficultés pour mesurer d'une manière précise la valeur ajoutée de l'entreprise lorsque la production est diversifiée, de composition variable et dont le prix dépend de chaque produit. D'une part le facteur investissement au niveau de l'entreprise est difficile à saisir et correspond à des phases différentes dans le cycle

d'investissement. D'autre part, lorsqu'on fait un investissement il n'est pas prévu seulement pour faire face aux besoins immédiats mais doit permettre, avec des adaptations, de satisfaire des besoins futurs. Il y a donc un décalage entre l'action et le résultat, ce qui peut être aussi la cause de cet échec.

Ceci nous montre donc que notre modèle est certainement beaucoup plus adapté aux problèmes de l'entreprise, car il tient compte de facteurs techniques qu'il est impossible d'ignorer. Nous allons donc exposer en détail, après les analyses que nous avons menées, les idées essentielles contenues dans ce modèle.

C H A P I T R E 5

MODELE DE FORMATION DES RESULTATS

Dans ce chapitre nous désirons effectuer la synthèse des analyses que nous avons menées sur les grandes fonctions de l'entreprise : commerciale, technique, production. Le modèle que nous avons élaboré et dont les grandes lignes ont été présentées au chapitre 2 a pour but de calculer la marge brute de production en tenant compte de l'évolution de différents facteurs.

Ce modèle permettra de situer l'avenir de la production des transformateurs de puissance. La marge estimée devra couvrir les frais généraux du département et de l'entreprise et doit aussi être suffisante pour financer une partie des investissements qui sont nécessaires si le département veut toujours garder une part active sur ce marché.

Ce chapitre sera divisé en deux parties. La première expose une approche classique pour la construction d'un modèle en se limitant à donner une seule information concernant la marge, à savoir le résultat. La deuxième partie présente par contre une conception nouvelle dans laquelle non seulement on connaîtra la marge mais aussi un degré de certitude pour la réalisation de cette valeur.

5.1. APPROCHE CLASSIQUE POUR UN MODELE DEFORMATION DES RESULTATS.

Les études faites ont permis de justifier les concepts introduits dans la présentation générale de notre modèle et surtout d'avoir acquis à leur sujet une plus grande connaissance. D'autre part, nous avons pu, grâce à l'outil statistique et au calcul de corrélation, définir les liaisons qui existent entre ces concepts.

Dans ces analyses il est vite apparu qu'un facteur clé, autour duquel s'ordonne d'ailleurs notre modèle, est le ratio de productivité P/Q . Ce ratio mesure à la fois une donnée technique et commerciale. En effet, ce ratio est le plus caractéristique du progrès technique de l'entreprise car il mesure la quantité de matières incorporée dans un kVA mais il comprend aussi les variations de la puissance moyenne installée.

Le prix de vente dépend de ce ratio et montre bien, qu'enfin de compte, les prix pratiqués par l'entreprise sont l'image de ce qu'elle peut faire. D'autre part, la productivité du travail dépend de ce ratio, ce qui est tout à fait normal puisque si la quantité de matière par kVA diminue, la productivité du travail va nécessairement augmenter.

Mr. Lesourne (2) définit un modèle comme "un ensemble de liaisons entre un certain nombre de concepts". Nous pensons que le schéma de la figure 35 représente parfaitement notre modèle. Chaque concept sera symbolisé par un rond comprenant en sa partie supérieure le nom du concept et à sa partie inférieure l'équation qui le définit ainsi que la référence du chapitre où il a été analysé. On remarquera qu'un certain nombre de concepts ne se réfèrent pas à une équation de définition, il s'agit là des concepts initiaux qui sont les hypothèses de base faites par le chef d'entreprise ou tout utilisateur.

Les équations reliant les concepts entre eux sont les suivants :

- (1) Production de l'entreprise = $(1 + \text{Rapport } \frac{\text{Tr} > 630}{\text{Tr} < 630}) \times \text{Part de marché des transformateurs de distribution}$
- (2) Ratio $\left(\frac{P}{H}\right) = 6,08 \times \text{Ratio } \left(\frac{P}{Q}\right) - 0,421$
- (3) Prix de vente d'un kVA = $(229 - 368 \times \text{Ratio } \frac{P}{Q}) \times \frac{36,4}{100}$
- (4) Poids de la partie active = Production : Ratio $\left(\frac{P}{Q}\right)$
- (5) Achats Matières premières = Facteur pièces détachées x Prix de la partie active x Poids de la partie active
- (6) Salaires et charges sociales = Taux horaire x $\frac{\text{Production}}{\text{Ratio } P/H}$
- (7) Coût direct = Achats Matières premières + Salaires et charges sociales
- (8) Chiffre d'affaires = Prix de vente d'un kVA x Production
- (9) Marge brute = chiffre d'affaires - Achats Matières - Salaires et Charges sociales

Pour calculer la marge brute à partir des équations ci-avant, l'utilisateur du modèle doit faire des hypothèses sur la valeur numérique des concepts : Marché des transformateurs de distribution, Rapport $Tr > 630/Tr \leq 630$, Par de marché des transformateurs de distribution, Ratio de progrès technique, Taux horaire, prix de la partie active, Facteur pièces détachées. En faisant ce travail, le chef d'entreprise essaie de déterminer l'avenir de la production des transformateurs à partir d'hypothèses qu'il juge plausibles. Pour substituer une attitude active à une attitude passive, il est nécessaire que ces hypothèses se transforment en objectifs.

Dans son état actuel le modèle présente déjà de nombreux avantages car il permet de tester des séries d'hypothèses différentes correspondant chacune à une politique. Le modèle indique donc les résultats d'une politique et montre en particulier qu'un même résultat peut être obtenu par des combinaisons différentes des hypothèses de base.

Supposons que deux séries d'hypothèses H_1 et H_2 donnent pour résultat respectivement les marges M_1 et M_2 , si M_1 est supérieur à M_2 , il semble que l'on devrait faire converger tous ses efforts vers les objectifs correspondant à H_1 pour atteindre un résultat meilleur que celui correspondant aux hypothèses H_2 . C'est tirer une conclusion hâtive au vu de deux résultats, pour se forger une opinion, ces deux informations ne sont pas suffisantes, d'autres doivent venir les compléter pour permettre de décider entre H_1 et H_2 . Cela sera le but de notre deuxième partie.

Remarques : Il peut sembler dans notre modèle que des hypothèses ne soient pas indépendantes les unes des autres comme on veut bien le montrer. Par exemple, le prix de vente est indépendant de la part de marché.

Dans le cas du marché des transformateurs, la part de marché est presque indépendante du prix. De même nous avons vu que le ratio P/Q dépend dans une faible mesure de la puissance moyenne installée donc qu'il doit exister une liaison entre le rapport $Tr > 630 \text{ kVA}/Tr \leq 630 \text{ kVA}$.

Ces liaisons ne doivent pas être ignorées par l'utilisateur mais elles n'ont pas lieu d'être représentées à partir du moment où l'on fixe des hypothèses qui sont compatibles entre elles. De toute façon, ces liaisons ne sont que secondaires.

5.2. CONCEPTION NOUVELLE DU MODELE.

Lorsque l'utilisateur du modèle donne une valeur numérique pour une hypothèse de base il lui attribue la valeur la plus probable, or l'expérience montre bien souvent que la prévision faite n'est pas réalisée, donc que le résultat prévu n'est pas atteint.

L'approche, que nous proposons, est semblable à celle de David B.Hertz (15) pour la recherche de politique optimale d'investissement.

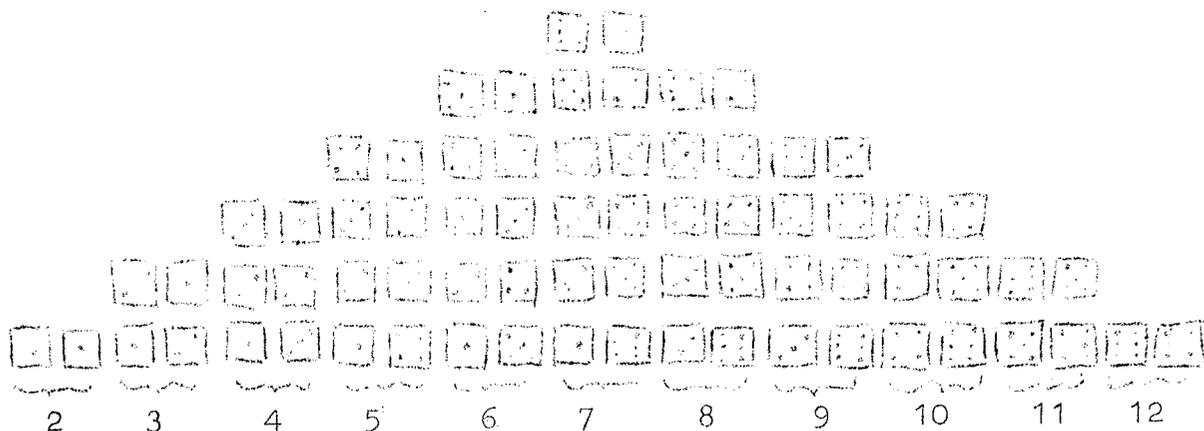
Elle consiste, d'une part à choisir non pas une valeur possible pour chaque hypothèse mais un ensemble de valeurs dans lequel la réalité risque de se situer et d'autre part d'attribuer à chaque valeur une probabilité de réalisation. Dans notre modèle ce travail doit être fait pour les 7 hypothèses de base. Il est bien évident que dans cette approche le résultat pour la marge brute ne se traduira pas par une seule valeur possible mais par un ensemble de valeurs avec leur probabilité de réalisation.

On peut donner de notre modèle l'image suivante à partir du jeu de dés. Supposons que nous possédions un jeu de deux dés dont chacun représente une hypothèse de base. A chaque hypothèse est associé un ensemble de 6 valeurs correspondant aux six faces du dé et nous savons que chacune à la probabilité $1/6$ de se réaliser. Le résultat dans ce modèle très simple sera la somme des points marqués sur chaque face sortie.

Chaque fois que nous jetons les dés, les faces sorties représentent une réalisation possible. Dans ce cas simple on peut représenter toutes les combinaisons possibles et en conséquence connaître la probabilité du résultat.

Sur la figure 36 nous avons représenté toutes ces combinaisons.

Figure 36 : Combinaisons possibles avec un jeu de 2 dés



A partir de ce schéma il est facile de voir que la probabilité pour que le résultat soit égal à 7 est $\frac{1}{6}$ puisqu'il y a 6 combinaisons qui donnent ce résultat sur un ensemble de 36 combinaisons possibles.

Il suffit de transposer ce jeu de dés pour avoir une représentation de notre modèle qui se composerait de 7 dés et non plus de 6 faces mais d'une centaine. A chaque jet, nous aurions une image de la réalité, à partir de laquelle nous calculerons le résultat donné par cette configuration.

Ce qui est possible d'être fait à la main avec deux dés, n'est possible pour notre modèle qu'à l'aide de l'ordinateur qui permet de répéter des milliers de fois en un temps très court ces expériences, pour nous fournir non pas un résultat mais une courbe représentant la marge brute avec la probabilité de réalisation. On peut présenter ces résultats sous deux formes.

La première consiste à porter en abscisse la marge brute (figure 37) et en ordonnée la probabilité pour que le résultat soit compris dans une fourchette donnée.

Par exemple sur la figure on voit qu'il y a 3 chances sur dix pour que la marge brute soit comprise entre 5.000 F. et 5.500 F.

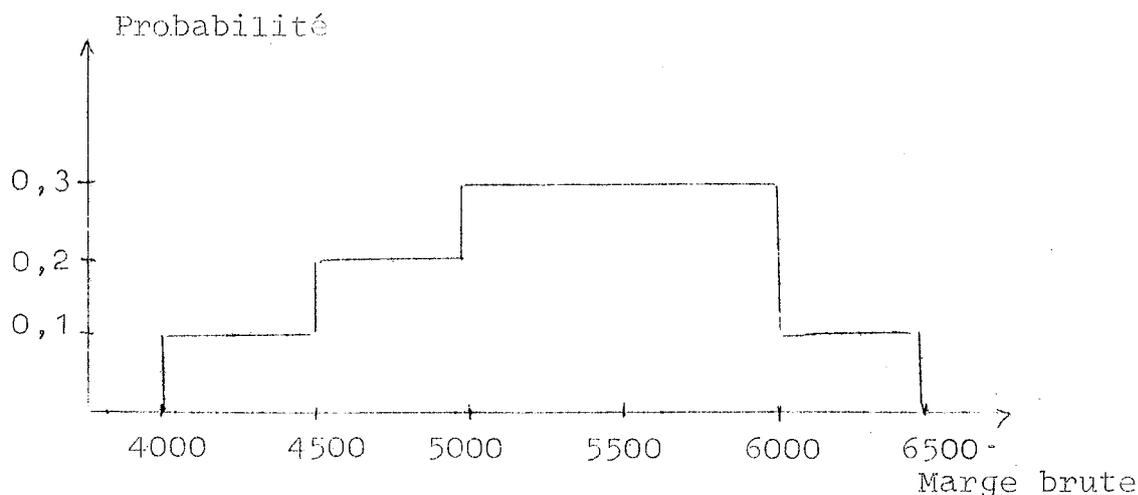
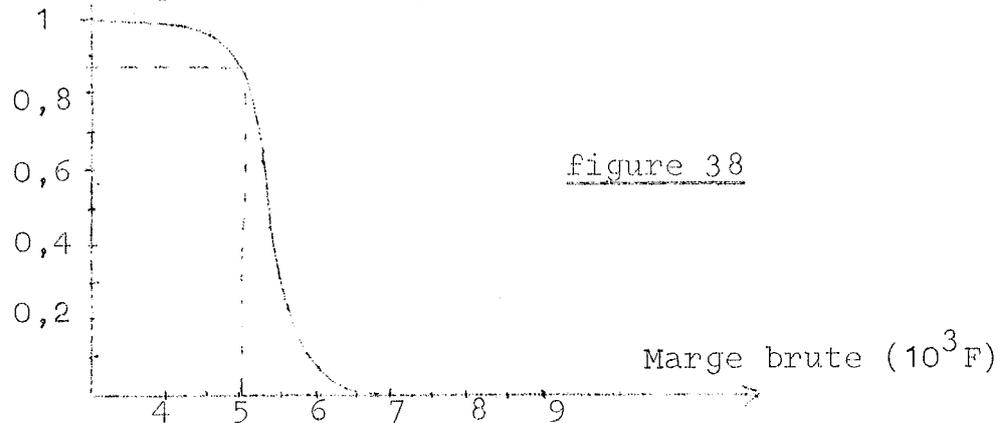


figure 37

La deuxième consiste à porter en abscisse toujours la marge brute mais cette fois-ci en ordonnée la chance que l'on a d'atteindre et de dépasser une valeur donnée de la marge brute.

Par exemple sur la figure 38, on remarque que nous avons



87 chances sur cent d'avoir une marge brute supérieure à 5.000. Ces deux courbes sont très significatives et permettent d'interpréter facilement les résultats, en particulier elles vont nous donner la possibilité de différencier deux séries d'hypothèses H_1 et H_2 .

Soient deux hypothèses H_1 et H_2 ayant donné comme résultat (voir figure 39) les courbes suivantes. Nous remarquons que :

- l'hypothèse H_1 conduit en moyenne à un meilleur résultat que H_2

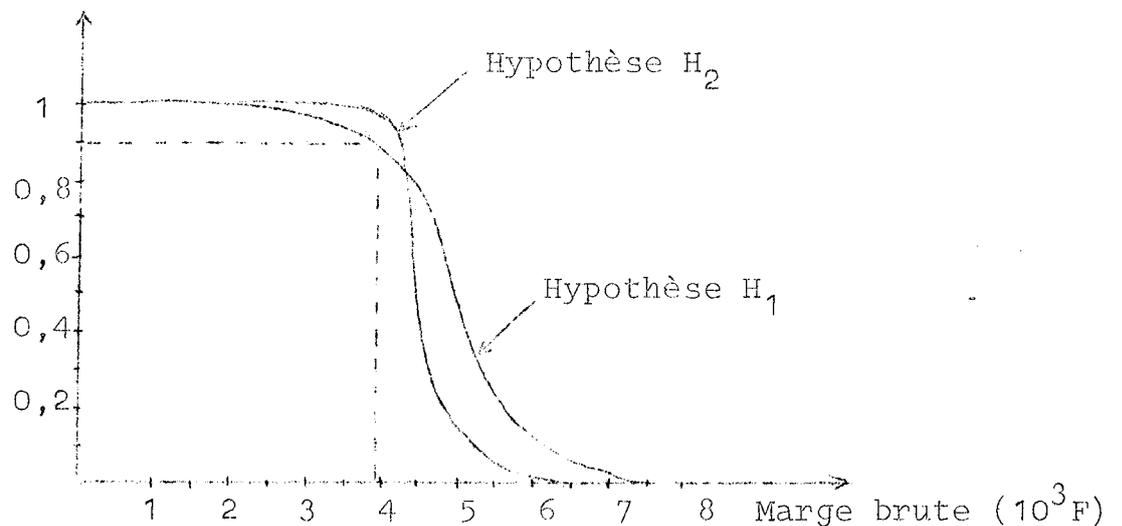


figure 39

- l'hypothèse H₁ conduit à des plus grandes variations de la marge que H₂.
- D'autre part il y a une chance sur 10 pour que l'hypothèse H₁ donne une marge inférieure à 4 ce qui est faible et ne permettrait peut être pas de couvrir les frais généraux.
- l'hypothèse H₁ conduit à un plus grand risque, mais dans certains cas peut permettre de gagner beaucoup.

Nous voyons donc que cette méthode, pour évaluer la marge de production, apporte des renseignements très utiles pour choisir entre les hypothèses H₁ et H₂ qui peuvent conduire à deux politiques différentes. Si l'on désire suivre une politique prudente garantissant à peu près 5 de marge brute alors on choisira H₂ tandis que si l'on accepte d'assumer des risques on choisira H₁.

Maintenant que nous avons vu ce que nous apporte cette conception nouvelle d'un modèle de gestion et son principe de fonctionnement, nous allons exposer les différentes étapes de la mise en oeuvre du modèle.

- (1) Estimer la fourchette de variation d'une variable, ceci pour toutes les hypothèses de base : marché des transformateurs de distribution, part de marché, rapport $Tr > 630/Tr \leq 630$, indice de progrès technique P/Q, taux horaire, prix de la partie active, facteur pièces détachées. D'autre part, affecter à chaque valeur possible une probabilité de réalisation, ceci pourra se traduire par une courbe représentant la densité de probabilité.
- (2) Tirer au hasard pour chaque variable une valeur parmi l'ensemble des valeurs possibles. A partir de ces valeurs tirées on calculera la marge brute de production sans que rien soit changé au modèle initial c'est-à-dire en utilisant les équations reliant entre eux les concepts (voir page 104)
- (3) Répéter les opérations du paragraphe (2) des milliers de fois pour avoir une image la plus fidèle possible de toutes les combinaisons qui peuvent se présenter, afin de connaître le nombre de fois où la marge a été comprise dans une fourchette donnée à l'avance. Les résultats se présenteront sous la forme d'une courbe, comme celle de la figure 38.

Seul l'utilisation de l'ordinateur pouvait nous permettre d'atteindre ce résultat, par une simulation des différents facteurs à prendre en compte dans leur interdépendance. Un programme écrit en langage ALGOL permet d'effectuer les différentes étapes énumérées ci-avant et présente les résultats sous forme d'un tableau facilement traduisible en courbe.

Pour simplifier l'écriture de ce programme nous avons admis qu'il n'existait que deux seules lois possibles pour identifier chaque hypothèse de base. Ces deux lois sont celles que l'on rencontre le plus souvent, c'est-à-dire la loi normale de Gauss et la loi uniforme. Chacune de ces deux lois sera caractérisée par sa moyenne et son écart-type dans le cas d'une loi normale et par sa moyenne et sa fourchette dans le cas d'une loi uniforme. Si la nécessité d'introduire d'autres lois de probabilité se faisait sentir, ce travail serait rendu d'autant plus facile que nous avons utilisé un langage symbolique et ceci sans aucune modification.

Tel qu'il a été conçu, le modèle permet d'effectuer différents essais sur les paramètres que nous avons incorporés. En premier lieu il permet évidemment d'étudier l'évolution de la marge brute de production et de situer par conséquent l'avenir du marché des transformateurs; mais ce qui est peut-être plus intéressant c'est de pouvoir mesurer l'action d'un seul facteur sur les résultats tout en maintenant les autres constants. Ceci n'est rendu possible que grâce au modèle car dans la réalité toutes les variables évoluent en même temps.

On pourra ainsi étudier l'influence de la forme de la loi de probabilité sur les résultats et montrer que pour ces changements certaines variables sont très sensibles. Tester aussi une augmentation des écarts-type sur les résultats finaux.

Nous allons présenter maintenant les résultats d'une application portant sur l'année 1970. A cette fin, nous avons estimé les valeurs suivantes pour les différents paramètres du modèle.

Variable	Type de la loi de probabilité	Valeur moyenne	Ecart-type ou demi-fourchette
Marché Tr. Distri.	Loi normale	5750 MVA	375 MVA
Part de Marché	Loi uniforme	18%	1%
Rapport $\frac{Tr > 630}{T_1 \leq 630}$	Loi uniforme	30%	3%
Ratio P/Q	Loi normale	0,420	0,01
Taux horaire	Loi uniforme	9,1 Fr	0,15 Fr
Prix partie active	Loi normale	4,0 Fr	0,10 Fr
Facteur pièces détachées	Loi uniforme	2,1	0,1

Nous avons obtenu les résultats suivants qui ont été reportés sur le graphique de la figure 40.

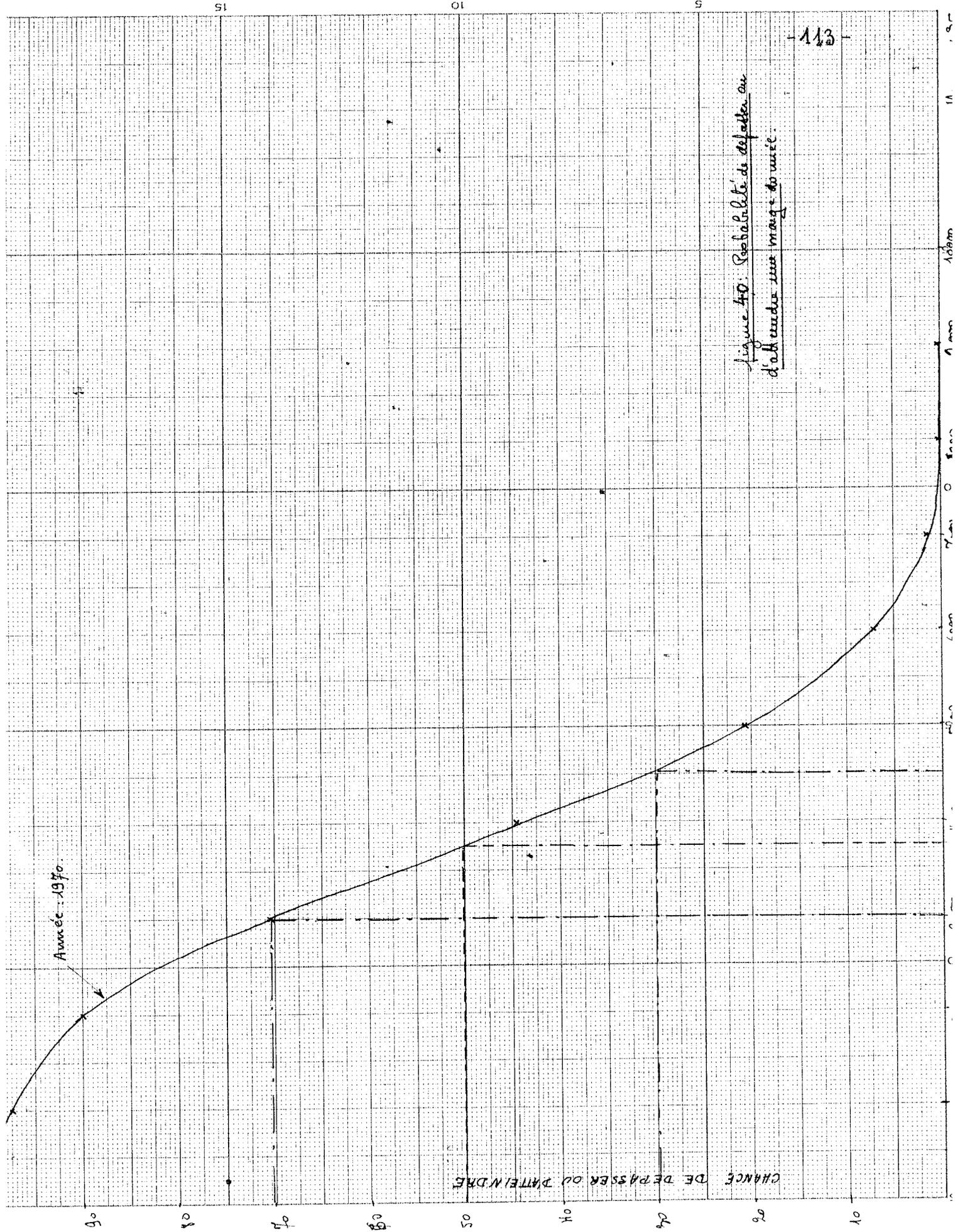
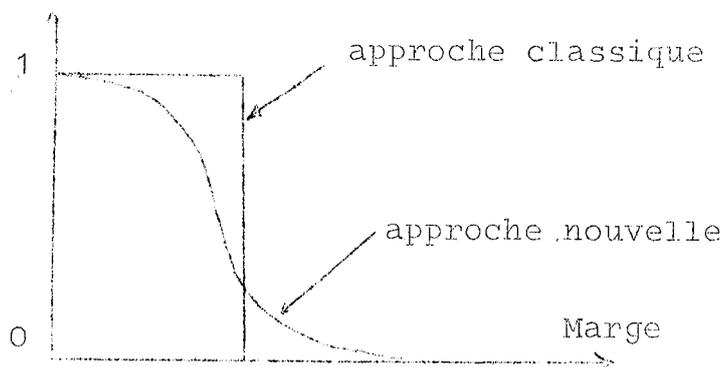


Figure 40. Probabilité de dépasser ou d'atteindre une marge donnée.

Ce graphique nous fournit des indications intéressantes. En premier lieu il permet de situer la valeur moyenne de la Marge pour l'année 1970 qui sera de $3750 \cdot 10^3$ Franc. D'autre part, si on désire connaître les chances que nous avons de nous situer dans une fourchette donnée par exemple à 20% de la moyenne soit : 3000 F - 4500 F, alors il suffit de lire sur le graphique le résultat qui est de 40 chances sur cent.

Il faut toutefois constater que la multiplicité des facteurs qui agissent provoque une distorsion de de l'échelle des valeurs possibles de la marge brute. Nous voulons affirmer par là que dans l'approche classique les résultats se traduisaient par la courbe ci-dessous sur laquelle on constatait que la probabilité d'avoir une marge donnée ou supérieure étant



égale à 1 pour toute marge inférieure à la marge moyenne et égale à zéro pour toute valeur au-dessus. A l'aide de notre nouvelle approche, il sera d'autant plus facile de tirer des conclusions que la courbe des résultats se rapprochera de l'approche classique, dans ce cas, cela signifiera que l'on peut prévoir avec d'excellentes chances, la situation à venir.

C O N C L U S I O N

Notre principal souci, au cours de cette étude, a été de fournir au chef d'entreprise un outil lui apportant des renseignements qu'il puisse directement utiliser pour orienter ses décisions. Il est bien évident qu'un tel modèle ne saurait remplacer le rôle joué par le chef d'entreprise, ne serait-ce que parce qu'il prend une part active dans l'élaboration des données de base du modèle. Nous pensons qu'il est possible de dégager de cette étude plusieurs aspects méthodologiques que nous allons exposer.

Le modèle que nous avons construit répond à un problème particulier : celui de situer l'avenir d'une production en expansion rapide dont le prix de vente diminue régulièrement. C'est uniquement pour expliquer ce phénomène d'évolution que nous avons élaboré ce modèle. Il était important de se fixer un objectif précis pour cerner les limites du problème et surtout définir les variables explicatives du phénomène. On ne saurait trop insister sur le caractère particulier de tout modèle simulant une réalité économique. Nous avons tenté une transposition d'un modèle de Cobb-Douglas et nous avons échoué. La raison en est simple : les fonctions de Cobb-Douglas permettent d'expliquer au niveau d'une branche industrielle ou de l'économie nationale l'évolution de certains facteurs comme la production. Elles sont du reste assez simplistes parce que le nombre de variables économiques mesurées à l'échelle du pays est très restreint. Au niveau de l'entreprise, au contraire, nous disposons d'un plus grand nombre de facteurs explicatifs qui nous ont permis d'élaborer un modèle plus compliqué mais aussi plus précis dans ses résultats.

La mise en oeuvre d'un tel modèle ne pouvait être abordée qu'en utilisant les possibilités offertes par le calculateur électronique. En effet la conception probabiliste du modèle ne permettait pas d'obtenir une solution analytique directe et seule la simulation du processus décrit par le modèle pouvait donner des résultats. Ceux-ci permettent de prévoir l'évolution de la marge brute de production et mesurent le risque attaché à chaque politique de gestion.

La construction de ce modèle n'a été possible que dans la mesure où nous possédions des informations provenant de sources diverses : entreprise, profession, statistique nationale. La collecte et le traitement de ces informations ont soulevé essentiellement deux difficultés. La première est que sous la même terminologie il est fréquent de rencontrer des informations attachées à des concepts opératoires différents. La seconde est provoquée par le fait que les informations rencontrées sont le fruit de traitements

qu'implique le concept opératoire attaché à ces informations. Elles sont issues d'informations élémentaires qui ne sont pas conservées une fois le traitement effectué. Or, dès qu'une nouvelle notion économique implique un nouveau concept on aurait besoin de consigner ces informations élémentaires. Comme elle n'existe plus, on est dans l'impossibilité d'estimer la valeur de la grandeur attachée à cette notion. Nous avons donc été réduits à utiliser comme variables du modèle des grandeurs mesurables qui avaient été jugées intéressantes par les dirigeants de l'entreprise. Un exemple simple éclairera cette remarque. A partir des informations fournies par la profession sur les ventes de transformateurs de distribution dont la puissance est comprise entre 16 kVA et 630 kVA, qui convenaient aux besoins exprimés il y a une dizaine d'années par le chef d'entreprise, nous aurions souhaité une classification comprenant les puissances de 16 kVA à 3.000 kVA. Ceci est pratiquement impossible car les informations élémentaires ne sont pas archivées assez longtemps. Cette modification du système d'information est souhaitable car elle doit s'adapter à l'évolution et à la transformation des besoins en transformateurs de distribution.

Nous voyons ainsi que le modèle élaboré est conditionné par le système d'informations actuellement en place dans l'entreprise.

En revanche, le modèle créant de nouveaux concepts, le chef d'entreprise, en possession de cet outil de prévision, doit modifier son réseau d'informations pour pouvoir mesurer la valeur des grandeurs attachée à ces concepts.

C'est donc par des confrontations/successives entre un modèle de prévision et le système d'informations qu'il sera possible d'améliorer les méthodes de gestion que l'on peut fournir aux dirigeants de l'entreprise. On peut aussi aussi espérer pouvoir résoudre le problème posé dans cette phrase de Forrester "Si diriger c'est transformer les informations en actions, bien diriger c'est choisir les bonnes informations."

A N N E X E I

CALCUL DE CORRELATION ET REGRESSION LINEAIRE

Cet outil statistique a été à la base des nombreuses analyses que nous avons menées dans l'entreprise. Il est donc normal que nous exposions les méthodes qui nous conduisent au calcul du coefficient de corrélation et à l'équation de régression linéaire. Nous ne nous chargerons pas d'exposer ici toute la théorie mais simplement les hypothèses indispensables que l'on doit connaître et surtout d'attacher une grande importance à la précision de tous les calculs.

Le problème peut être défini de la manière suivante : étant donné deux variables x et z que l'on suppose liées, on cherche à déterminer la loi qui lie z à x , à partir des observations portant sur le couple (x, z) . Ces observations et leur nombre seront notés respectivement (X_i, Z_i) , N . Dans le cas le plus simple, la liaison peut être représentée par une équation de la forme suivante :

$$x = az + b + \xi$$

où a et b sont deux paramètres et ξ une variable aléatoire qui représente tous les facteurs que nous ne pouvons, ou ne savons identifier.

Si, sur un graphique (figure 41), nous portons les observations sur le couple (X_i, Z_i) , on constate, si nos hypothèses sont fondées, que ces points se répartissent dans une zone allongée.

Le problème est d'estimer à partir des observations la valeur des paramètres a et b qui sera notée a^* et b^* .

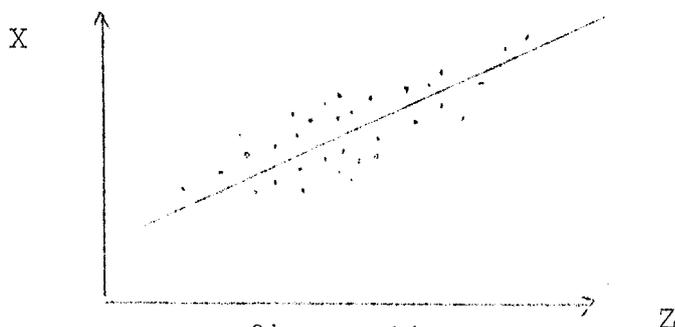


figure 41

L'estimation des paramètres a^* et b^* est obtenue en minimisant l'expression :

$$V = \sum_{i=1}^N (x_i - a^* z_i - b^*)^2$$

qui représente la somme des distances des points à la droite. Les calculs conduisent pour a^* et b^* aux expressions suivantes :

$$a^* = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(z_i - \bar{z})}{\sum_{i=1}^N (z_i - \bar{z})^2}$$

$$b^* = \bar{x} - a^* \bar{z}$$

avec $\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$ $\bar{z} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N z_i$ qui représentent les

moyennes des variables x et z . Il faut bien remarquer que a^* et b^* sont des estimations des paramètres a et b et comme tels ils ne peuvent être considérés comme sûrs mais comme des variables aléatoires.

Si les hypothèses suivantes sont vérifiées :

- $E(\xi)$ est nulle ($E(\xi)$ désigne la moyenne de ξ)
- la variable aléatoire ξ possède une variance notée σ_ξ^2
- les observations sur les ξ_i sont indépendantes les unes des autres, alors il est possible d'obtenir une estimation des variances de a^* et de b^*

$$\sigma_a^{2*} = \sigma_\xi^{2*} \frac{1}{\sum_{i=1}^N (z_i - \bar{z})^2}$$

$$\sigma_b^{2*} = \frac{\sigma_\xi^{2*}}{N} \left[1 + \frac{N\bar{z}^2}{\sum_{i=1}^N (z_i - \bar{z})^2} \right]$$

où σ_ξ^{2*} est la variance estimée de ξ à partir de la formule

$$(N-2) \sigma_\xi^{2*} = \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 - a^{*2} \sum_{i=1}^N (z_i - \bar{z})^2$$

Le calcul de la variance des paramètres a^* et b^* est très important car il donne des renseignements sur la précision de ces coefficients et par là même il renseigne sur la validité du modèle que l'on désire construire. En admettant que a^* et b^* suivent des lois normales, on sait qu'il y a 95 chances sur cent pour que

$$a^* - 2\sigma_{a^*} \leq a \leq a^* + 2\sigma_{a^*}$$

$$b^* - 2\sigma_b \leq b \leq b^* + 2\sigma_{b^*}$$

Le calcul du coefficient de corrélation s'obtient à partir de la formule :

$$R^2 = 1 - \frac{(N-2) \sigma_\varepsilon^2}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

Ce coefficient renseigne aussi sur la validité du modèle.

Le calcul de la variance des paramètres a et b et du coefficient de corrélation se complètent et apportent chacun leurs propres renseignements. Il faut noter toutefois que l'on attache, à tort, plus d'importance au coefficient de corrélation qu'aux variances des paramètres a et b . Il arrive souvent que l'on obtienne un coefficient satisfaisant alors que la précision est mauvaise sur les paramètres a et b .

Un autre élément important qu'il faut connaître est de déterminer la précision que l'on a lorsque l'on fait une prévision. Là encore, la théorie donne la solution. Si on désigne par z' une estimation sur z , alors la prévision sera :

$$x' = a^* z' + b^*$$

avec $E (x-x')^2 = \sigma_\varepsilon^2 \left[1 + \frac{1}{N} + \frac{(z - \bar{z})^2}{\sum_{i=1}^N (z_i - \bar{z})^2} \right]$

Nous avons présenté les différents calculs que permet l'outil "statistique" sur un modèle, le plus simple possible, puisque composé de deux variables, les résultats présentés se transposent aisément au cas de plusieurs variables.

Le programme que nous avons écrit traite le cas général et présente les points essentiels que nous avons dégagés, à savoir :

- estimation des paramètres de la régression linéaire
- calcul de la variance des paramètres de la régression
- calcul de la variance du terme résiduel ξ
- calcul du coefficient de corrélation multiple
- calcul du coefficient d'influence entre deux variables

Ce dernier point n'a pas été présenté, mais disons simplement que le coefficient d'influence entre deux variables est égal au coefficient de corrélation lorsqu'il n'y a que deux variables; par contre le coefficient de corrélation multiple est une fonction des coefficients d'influence pris deux à deux.

A N N E X E II

MODELE DE FORMATION DES RESULTATS

Le programme écrit en ALGOL avait pour but de traduire les différentes étapes analysées dans la construction du modèle. La structure du programme correspond à la structure du modèle qui peut être représenté par le schéma de la figure 42.

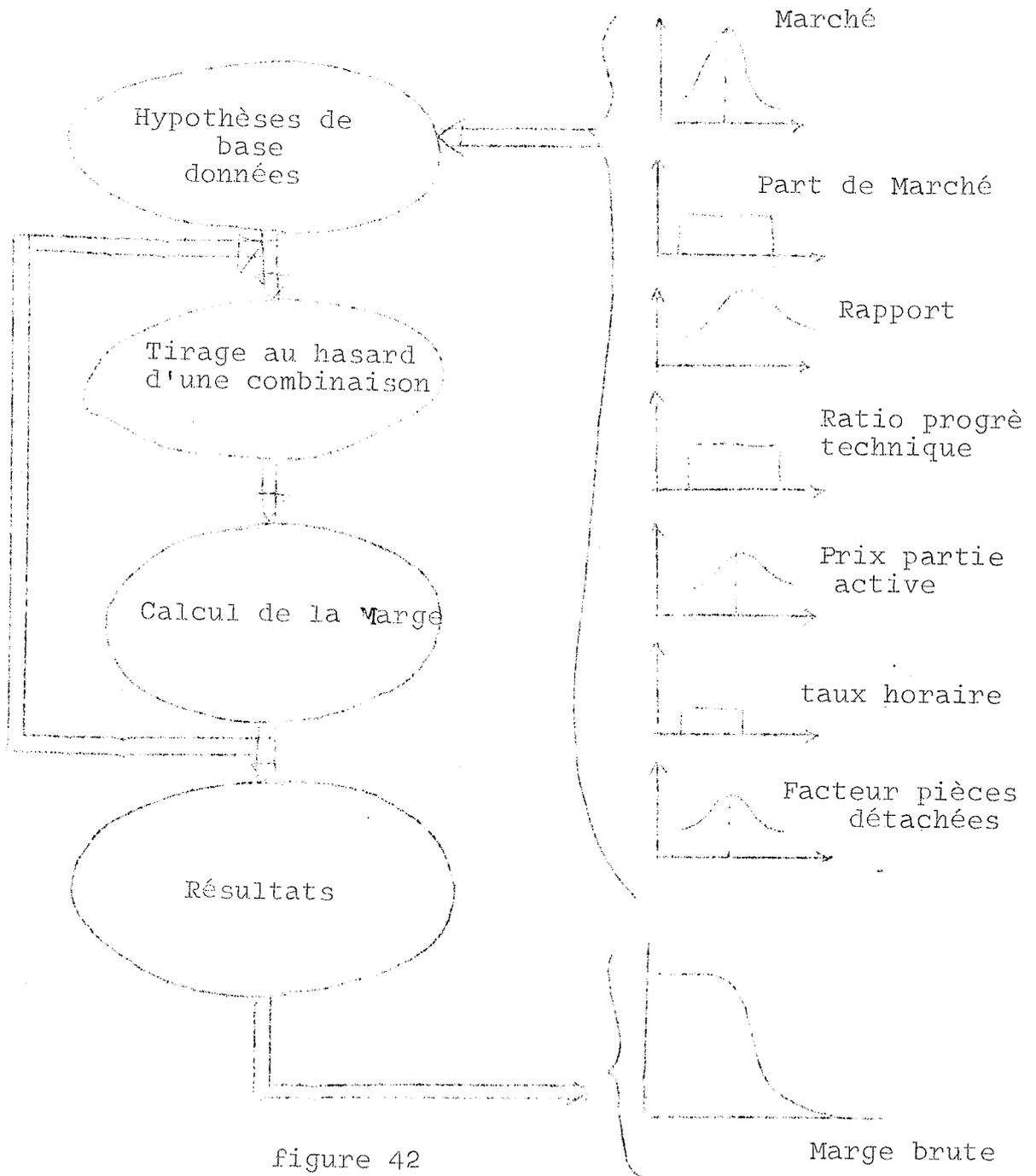


figure 42

On peut distinguer quatre grandes parties :

- Lecture des hypothèses de base ou données du programme
- Tirage au hasard d'une combinaison
- Calcul de la marge
- Présentation des résultats.

1. DONNEES DU PROGRAMME.

Les données de base concernent les études sur : le marché, la part de marché, Rapport $Tr > 630 / Tr < 630$, le ratio de progrès technique, le prix de la partie active, le facteur pièces détachées, le taux horaire. Les informations concernant chacune de ces hypothèses seront :

- le type de la loi de probabilité
- la valeur moyenne
- l'écart-type dans le cas d'une loi normale ou la demi-fourchette dans le cas d'une loi uniforme.

A chaque type de loi de probabilité correspondra un nombre entier qui sera 1 pour une loi uniforme et 2 pour une loi normale de Gauss. Par contre, les deux autres informations seront perforées comme étant des variables réelles. On pourra avoir le dessin suivant de carte :

	2; 5750.0; 375.0;	
Type	Moyenne	Ecart type

qui signifie par exemple que pour le marché le type de loi est une loi normale de Gauss de moyenne 5750 et d'écart-type 375. Les points virgules séparent chaque information sur la carte.

D'autre part il faut bien faire attention à ce que les données se succèdent dans l'ordre suivant, sinon les résultats seront faussés :

- 1° carte - Marché des transformateurs de distribution
- 2° carte - Part de marché des transformateurs de distribution
- 3° carte - Rapport $Tr > 630kVA/Tr \leq 630 kVA$
- 4° carte - Ratio de progrès technique P/Q
- 5° carte - Taux horaire
- 6° carte - Prix de la partie active
- 7° carte - Facteur pièces détachées

2. TIRAGE AU HASARD D'UNE COMBINAISON.

Une fois définies pour chaque hypothèse, les informations qui la caractérisent, on doit tirer au hasard, en respectant la loi de probabilité, une valeur prise parmi l'ensemble des valeurs possibles. Nous avons dû créer des procédures permettant de réaliser un tel travail à partir de considérations mathématiques que nous n'exposerons pas ici. Nous dirons seulement que la principale difficulté est d'écrire une procédure générant des nombres aléatoires uniformément répartis sur le segment (0,1). A partir de là il est possible de générer tout autre type de loi.

3. CALCUL DE LA MARGE.

Pour chaque combinaison des variables on calcule à partir des équations de la page la marge obtenue qui est mémorisée dans un tableau à échelle représentant les différentes valeurs possibles de la marge. Chaque case de ce tableau correspond à une marge par exemple comprise entre $2000 \cdot 10^3$ fr et $2100 \cdot 10^3$ francs à chaque fois que la marge calculée tombe dans cette fourchette on totalise 1 dans la case correspondante.

4. RESULTATS.

Les résultats sont obtenus par répétition des paragraphes (2) et (3) un aussi grand nombre de fois qu'est nécessaire pour obtenir des informations significatives, ceci afin de compter le nombre de fois où la marge brute appartient à telle fourchette de valeur par exemple 2000 10³ Fr. 21 10 Fr.

En appliquant la loi des grands nombres qui dit : que si nous avons obtenu 20 fois sur 1000 tirages une marge appartenant à la fourchette 2000 à 2100, alors la probabilité pour que la marge soit comprise entre ces deux valeurs est de $\frac{20}{1000}$ soit 0,02.

A partir de ces résultats, il est facile de construire les courbes correspondant aux deux types de résultats possibles (voir figure 37 et 38).

TABLE DES MATIERES

--:--:--:--:--:--:--:--:--

INTRODUCTION

CHAPITRE 1 : CADRE DE LA RECHERCHE : "DEPARTEMENT"

"TRANSFORMATEURS" DE L'ENTREPRISE MERLIN-GERIN

- 1.1. La production du département "transformateurs"
 - 1.1.1. Les transformateurs de puissance
 - 1.1.2. Les transformateurs de mesure
 - 1.1.3. Les appareils divers
 - 1.1.4. Situation générale des produits
 - 1.1.5. Domaine d'emploi de la production
- 1.2. Les moyens de production
- 1.3. Problèmes spécifiques à la fabrication des transformateurs de puissance.

CHAPITRE 2 : BUT DE L'ETUDE.

- 2.1. Problèmes spécifiques au département "transformat
- 2.2. Concepts généraux et variables principales du modèle
 - 2.2.1. La fonction commerciale
 - 2.2.2. La fonction technique
 - 2.2.3. La fonction de production
- 2.3. Structure du modèle

CHAPITRE 3 : LE MARCHE DES TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE ET SE
TENDANCES D'EVOLUTION.

- 3.1. Le marché des transformateurs de distribution.
Etude globale
 - 3.1.1. Définition des produits et du marché
 - 3.1.2. Informations recueillies sur le marché
 - 3.1.3. Relation entre le marché et la consommation d'énergie électrique
 - 3.1.4. Evolution du marché au cours du temps
 - 3.1.5. Evolution de la moyenne géométrique des ventes de transformateurs
 - 3.1.6. Puissance moyenne installée
- 3.2. Le marché des transformateurs de distribution.
Etude par région économique française et plan d'équipement
 - 3.2.1. Définition des variables retenues pour cette étude
 - 3.2.2. Relation entre ventes par département et la population
 - 3.2.3. Relation entre ventes par régions économiques et la population
 - 3.2.4. Ventes de transformateurs et accroissement de la consommation d'énergie électrique
 - 3.2.5. La consommation d'énergie électrique et les ventes de transformateurs
 - 3.2.6. Synthèse et plan d'équipement régional
- 3.3. Situation de l'entreprise sur le marché des transformateurs de puissance
 - 3.3.1. Evolution de la part de marché des transformateurs de distribution
 - 3.3.2. Situation des transformateurs de distribution dans la production totale
 - 3.3.3. Applications

CHAPITRE 4 : FACTEURS DE PRODUCTIVITE.

- 4.1. Rappels sur la notion de productivité
 - 4.1.1. Les ratios de productivité physique
 - 4.1.2. Mesure monétaire des ratios de productivité
 - 4.1.3. Problèmes des unités de mesure
 - 4.1.4. Ratio de productivité et facteurs de production
- 4.2. Facteurs de productivité dans l'entreprise
 - 4.2.1. Les ratios de productivité mesurés en unité physique
 - A. Productivité du facteur matière première incorporée
 - B. Productivité du facteur "heures de travail"
 - C. Productivité du travail et progrès technique
 - 4.2.2. Productivité du capital investi en immobilisations
 - 4.2.3. Calcul de la valeur ajoutée par l'entreprise sur la production des transformateurs de puissance
 - 4.2.3.1. Etude du prix de vente moyen kV et chiffre d'affaires
 - 4.2.3.2. Evolution du prix d'achat des matières premières
 - 4.2.3.3. Salaires et charges sociales
 - 4.2.3.4. Valeur ajoutée et ratio : valeur ajoutée sur effectifs de production
 - 4.2.4. Fonction de production

CHAPITRE 5 : MODELE DE FORMATION DES RESULTATS.

5.1. Approche classique pour un modèle de fonction des résultats

5.2. Conception nouvelle du modèle

CONCLUSION

ANNEXE I : CALCUL DE CORRELATION ET REGRESSION LINEAIRE

ANNEXE II : MODELE DE FORMATION DES RESULTATS

1. Données du programme
2. Tirage au hasard d'une combinaison
3. Calcul de la marge
4. Résultats

- (8) M.K.J. ARROW - Connaissance, productivité et pratique. Bulletin Sedeis N° 909 Février 1964
- (9) M.G. ANGENIEUX - Les ratios et l'expansion de l'entreprise. Dunod -
- (10) M.R. FRISCH - Lois techniques et économiques de la production. Dunod -
- (11) M.A. LEROUX et P. ALLIER -
Planification en Afrique
Tome VI - Fonctions de production et modèles -
Ministère de la coopération
- (12) M.L. REBOUD - Progrès techniques et décentralisation -
Revue d'Economie Politique
N° 2 Avril 1964 page 497.

CHAPITRE 5

- (13) C.N.R.S. - Les modèles dynamiques et économétrie - Paris 1955
Colloques internationaux
- (14) M.R. HENON - L'économétrie au service de l'entreprise.
Gauthier-Villars -
- (15) M.D.B. HERTZ - Risk Analysis in capital investment. Harvard Business Review. Capital investment decisions. April 1961.
-