



**HAL**  
open science

## Simulation macroéconomique appliquée

Jacques Fontanel

► **To cite this version:**

Jacques Fontanel. Simulation macroéconomique appliquée. Service de reproduction des thèses de l'Université des sciences sociales, pp.149, 1977. hal-03464125

**HAL Id: hal-03464125**

<https://hal.univ-grenoble-alpes.fr/hal-03464125v1>

Submitted on 3 Dec 2021

**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.

# Simulation macroéconomique appliquée

## Un essai pédagogique

Jacques Fontanel

SRT Diffusion PUG

Grenoble, 1977

Les techniques de simulation sont bien adaptées à l'analyse macroéconomique, à la fois pour l'enseignement, la politique économique et la recherche. Elle développe la voie de la préparation scientifique des décisions et la compréhension analytique et synthétique de l'économie nationale, même si elle a tendance à simplifier la complexité d'une économie nationale dont les variables économiques sont influencées par de comportement parfois erratiques des agents économiques, les rapports de pouvoir et les comportements normaux des hommes que l'économie juge parfois irrationnels. L'informatique peut aussi être utilisée dans le cadre d'analyses heuristiques, comme un instrument de créativité. Dans le cadre de cette analyse, des systèmes d'équations macroéconomiques ont été testés, avant de les utiliser à des fins d'expérimentation théorique, par la simulation sur plusieurs périodes. Les modèles sont toujours construits sous l'hypothèse « ceteris paribus », mais ils permettent de mieux comprendre les interactions entre les variables macroéconomiques à l'étude.

Simulation techniques are well suited to macroeconomic analysis, both for teaching, economic policy and research. It develops the path of scientific preparation of decisions and the analytical and synthetic understanding of the national economy, even if it tends to simplify the complexity of a national economy whose economic variables are influenced by the erratic behavior of the economic agents, the power relationships and the normal behaviors of men that the economy sometimes considers irrational. Computer science can also be used in heuristic analysis, as an instrument of creativity. In the framework of this analysis, systems of macroeconomic equations have been tested, before being used for theoretical experimentation, through simulation over several periods. The models are always built under the "ceteris paribus" hypothesis, but they allow a better understanding of the interactions between the macroeconomic variables under study.

Macroéconomie, simulation pédagogique, aide à la décision, économétrie, économie nationale

Macroeconomics, educational simulation, decision support, econometrics, national economy



L'enseignement de l'économie dans les Universités n'est pas très récent, mais il n'a pratiquement pas évolué depuis le temps où Adam Smith intéressait ses étudiants aux problèmes de la "Richesse des Nations". Les recherches pédagogiques se sont pourtant déployées, mais les raisonnements en termes de capital humain, de rentabilisation de l'éducation, de "démocratisation" formelle de l'enseignement n'ont pas toujours permis le développement de techniques nouvelles (1). Les systèmes pédagogiques se sont multipliés (2). Les méthodes traditionnelles impliquent la transmission à l'élève de connaissances et de valeurs que détient l'éducateur. Le rapport pédagogique s'établit sur une base de relations interpersonnelles allant du professeur à l'élève, l'élément actif étant l'éducateur. L'autorité du "maître" est incontestée et théoriquement incontestable. L'enseigné se présente comme un simple consommateur de connaissances. Le courant puérocentrique (3) développé par Rousseau insiste sur le rôle fondamental du dynamisme interne et souligne la nécessité de faire appel à l'activité spontanée. La stimulation remplace la contrainte ; elle implique une individualisation de l'enseignement, puisque le principe essentiel de l'éducation de ce type nécessite l'adéquation des intérêts et de l'activité de chaque individu. Le courant "sociocentrique" (4) est pragmatique. Les rapports dialectiques qui s'établissent entre l'étudiant et son milieu conduisent au tâtonnement expérimental assurant le développement intellectuel. L'éducation et la pédagogie doivent se fonder sur le milieu, non pas pour s'y adapter, mais pour le transformer. La pédagogie institutionnelle se définit comme une action politique dont le but avoué est de détruire le système actuel au profit de l'autogestion. Notre modèle se situe, malgré quelques variantes, dans un quatrième courant pédagogique : le courant "technocentrique". Il repose sur une organisation rationnelle comportant une définition méthodique des objectifs, une recherche expérimentale des moyens et un contrôle systématique des résultats. L'ordinateur

- 
- (1) HALLAK J. : "A qui profite l'école ?" P.U.F. 1974.  
(2) HUBERT R. : "Traité de pédagogie générale" P.U.F. 1970  
(3) DOTRENS R. : "L'enseignement individualisé". Delachaux et Niestlé, 1971  
(4) OURY & VASQUEZ : "Vers une pédagogie institutionnelle" Maspéro. 1967.

se présente alors comme un instrument pédagogique puissant (1). L'objet de la pédagogie sur ordinateur est de transmettre dans les meilleures conditions les informations d'un système enseignant à un système en situation d'apprentissage. La pédagogie s'accomplit par l'enregistrement et la compréhension de l'information communiquée. La pénétration de la technique informatique dans le domaine de la pédagogie est favorisée par la recherche de l'efficacité optimale de la compréhension du message. Un enseignement individuel présente presque toutes les qualités requises du point de vue pédagogique. Il convient alors d'étendre l'action du maître sans recourir systématiquement à l'enseignement collectif qui ne présente pour avantage (outre l'aspect matériel) que l'émulation du groupe, dans le système actuel. La participation active de l'étudiant dans le processus même de l'apprentissage constitue une nécessité de l'efficacité de l'enseignement. Le sujet doit constamment être informé de ses succès et de ses échecs. Le sujet peut alors progresser au rythme correspondant à ses capacités.

L'enseignement programmé se présente comme un ensemble d'instructions agencées suivant un plan logique, afin de provoquer la participation active des étudiants au processus d'apprentissage et d'assurer ainsi l'assimilation de nouvelles connaissances. L'étudiant suit son propre rythme de compréhension. L'enseignement programmé offre une meilleure capacité à abstraire, organiser et utiliser l'information à partir d'un environnement confus et complexe. Les programmes skinneriens (de F. SKINNER) atomisent les matières à enseigner en petites parcelles de connaissances. Ils mènent l'étudiant par une progression sensible du très simple à une complexité extrême. Ce travail assure une lecture active, base de tout le système. Les programmes crowdériens (de N. CROWDER) utilisent une méthode plus conceptuelle. Ils se présentent sous la forme d'un livre dont les pages auraient été mêlées avant la reliure. La matière est traitée par tranches et non plus par phases. L'agencement est tel qu'il permet aux étudiants de forces diverses de progresser en suivant des chemins différents. L'étudiant procède par des tentatives de sélection des bonnes réponses. Ce type de programme fait plus appel au raisonnement qu'à l'automatisme. En fait, aucun des deux programmes n'est pleinement satisfaisant. Il faut parvenir à une combinaison du programme de SKINNER (programme linéaire) ou du

---

(1) FONTANEL J. : "Informatique et sciences économiques". Economies et Sociétés. Cahiers ISMEA. Série HS n° 18.

programme de CROWDER (programme à branchements ou à choix multiples). L'enseignement programmé conduit à une connaissance logique, rapide et sûre, mais il affaiblit le pouvoir critique et imaginaire de l'étudiant. Il donne l'impression qu'il y a toujours une réponse, que le raisonnement ou la création n'offrent qu'un intérêt limité par rapport à la connaissance apprise. En outre, l'enseignement programmé est limité à la transmission du SAVOIR (connaissances théoriques) et du savoir faire (connaissances techniques), mais il n'englobe pas le SAVOIR ETRE. Sur ce dernier point, toute l'approche technocentrique échoue, car ce n'est pas ce qui lui est demandé. Il ne faut pas pour autant la rejeter, car, en libérant du temps-travail, en affermissant certaines connaissances, en individualisant partiellement l'enseignement, elle facilite la recherche du savoir être.

L'informatique se présente comme une innovation fondamentale, "comme la mise à la disposition de l'économie d'une technique auxiliaire de portée instrumentale essentielle" (1). Elle "constitue un instrument de calcul précieux, elle incite l'homme d'action à la préparation scientifique des décisions économiques, elle permet l'amélioration de la puissance calculatrice de l'homme, enfin, elle ouvre la voie à l'expérimentation théorique" (2). L'informatique développe sa puissance pédagogique essentiellement dans l'expérimentation théorique. Tous les modèles opérationnels sont, par construction, pédagogiques, et il est paradoxal de constater la faiblesse des études destinées non plus aux hommes d'action, mais à l'enseignement de l'économie. Les techniques de simulation se présentent pourtant comme des instruments particulièrement intéressants de pédagogie active et efficace.

Le terme simulation a perdu de sa rigueur conceptuelle, avec l'apparition d'une "mode" scientifique appelant simulation la quantitativisation de disciplines restées jusque là purement (3) qualitatives. Nous distinguerons quant à nous trois types de simulation :

- La simulation des résultats se définit comme l'interprétation

---

(1) LLAU P. : "Note sur la recherche économique et l'informatique" Economie Appliquée. Septembre 1969. P/ 690.

(2) FONTANEL J. Op, Cit. P/830.

(3) Il existe un nombre considérable de définitions de la simulation. Cf FONTANEL J. : "Les techniques de simulation informatique dans la pensée macroéconomique". Thèse. NANTERRE 1974. RENARD B. & RENAULT J.P. : "La simulation et les calculateurs". Economie Appliquée. Sept. 1969.

numérique, opérée sur ordinateur, d'un modèle économétrique. La simulation des résultats se présente alors comme un mode d'analyse particulier, qui permet le dépassement des goulots d'étranglement, engendrés par la complexité d'interprétation des modèles économétriques, par une analyse numérique spécifique de plusieurs expériences théoriques.

- La simulation informatique est une technique originale d'appréhension numérique des phénomènes économiques, nécessitant l'intervention de l'instrumentation informatique. Elle implique la validation en amont du système formalisé, la possibilité de non-spécification algébrique d'équations de comportement, la réalisation d'expériences dynamiques entièrement automatisées. Cette technique réfute donc les modèles "d'une période à l'autre" (1), elle permet au langage informatique d'être le seul véritable langage de la simulation. Le programme de l'ordinateur conduit à une spécification complète du processus, chaque "bit" s'avérant au moins aussi exact qu'une équation mathématique. Elle conduit à une recherche de validation du système formalisé et elle génère des résultats synthétiques facilement interprétables.

- La simulation semi-informatique se différencie de la simulation informatique par l'objectif pédagogique qui l'anime. Cet objectif rend les procédures de validation moins nécessaires compte tenu du fait que l'enseignant cherche plus à faire comprendre un phénomène qu'à le représenter avec trop d'exactitude. En outre, elle requiert l'intervention fréquente de l'enseigné dans le traitement interne du modèle. Elle peut être présentée comme un cas particulier de la simulation informatique, ce qui permet au schéma pédagogique d'intégrer à la fois les méthodes économétriques, le mode opératoire de la simulation informatique et la connaissance intime des mécanismes fondamentaux de l'économie.

La simulation semi-informatique ouvre de larges perspectives pédagogiques. Elle nécessite la participation active de l'enseigné, en exigeant, à chaque étape, une décision simple ou complexe. Si l'ordinateur constitue une machine à apprendre idéale, qui peut contenir un enseignement programmé aussi complexe que le désire l'équipe pédagogique, la simulation semi-informatique complète

---

(1) Modèles particuliers ne s'intéressant qu'à une seule période (exemple, le modèle FIFI).

cette qualité par une approche intrinsèquement synthétique des problèmes, en se présentant comme un instrument d'expérimentation théorique adapté. Le cours parallèle de l'équipe pédagogique permet à l'étudiant d'expérimenter la théorie économique.

Il est possible de distinguer trois types de simulations semi-informatricielle :

- La simulation semi-informatricielle "comparative" ne permet aucune interaction entre les décisions des "joueurs". Les enseignants se bornent à rechercher les décisions qui permettent l'obtention des objectifs fixés par l'équipe pédagogique.

- La simulation semi-informatricielle "opérationnelle" simule l'effet des décisions que prennent les responsables d'une économie. Plusieurs décisions sont prises simultanément par des groupes d'enseignés représentant des groupes fictifs. Ainsi les étudiants appréhendent les différentes interactions des décisions des responsables de la vie économique, aux intérêts parfois divergents. Ce type de simulation s'oppose à la représentation déterministe des résultats de la simulation semi-informatricielle "comparative".

- La simulation informatricielle "pédagogique" se présente comme une simulation semi-informatricielle qui adopte partiellement (ou non) le mode opératoire de la simulation informatricielle. Elle présente l'avantage d'expliquer les méthodes quantitatives de l'économie, de combattre les inconvénients de l'enseignement programmé en intégrant des éléments de critique sur la construction, par exemple, du modèle et de permettre une bonne connaissance des mécanismes économiques.

La valeur éducative de la simulation semi-informatricielle est considérable. "Le jeu est un cas vivant. L'étudiant est mis dans une situation comprenant une grande variété de problèmes à identifier et à résoudre. De plus, il est préparé à vivre avec ses décisions "(1). La simulation sert de catalyseur à l'autocritique et à l'introspection. Certes, les motivations des joueurs peuvent être modifiées s'ils ont conscience de travailler sur un système abstrait, sans contrainte ni sanction. En outre, le simulacre incorpore nécessairement un grand nombre d'hypothèses théoriques, souvent implicites, qu'il convient de bien connaître. Ces limites sont communes à toutes les techniques économiques existantes et elles ne sauraient remettre en cause la valeur intrinsèque de ce type d'analyse.

---

(1) CYERT R. & COHEN K. : "The Carnegie Tech. Management Game". Irwin. 1964 P/106.

## Première Partie : LA CONSTRUCTION D'UNE SIMULATION

### SEMI-INFORMATICIELLE

L'avantage d'une approche pratique de simulation semi-informati-  
cienne réside à la fois dans sa simplicité de construction et de  
réalisation, et dans la possibilité largement ouverte d'utiliser le  
mode opératoire de la simulation informatique, afin de conserver  
les qualités intrinsèques de cette approche d'expérimentation théo-  
rique. Ainsi, il est possible d'éviter le test avec les faits, car  
l'objectif essentiel de notre étude réside dans la mise en évidence  
des interdépendances et des liaisons des variables économiques fon-  
damentales.

Notre simulation semi-informati-  
cienne répond à plusieurs règles :

- Les informations statistiques sont fictives, mais elles  
doivent être rationnelles et réalisables ; elles ne peuvent être  
en contradiction avec les faits concrets. Il est possible d'inté-  
grer des informations réelles, mais cette étape exige, au préali-  
ble, une analyse complète des mécanismes économiques à l'aide des  
données fictives ; ainsi, l'approche pédagogique ne sera pas anni-  
hilée par les résultats trop décevants d'une simulation informati-  
cienne réalisée à partir du modèle trop simple nécessaire à la  
compréhension de tous les "joueurs".

- Le modèle porte essentiellement sur les travaux théoriques  
de macroéconomie. Au départ, les paramètres constituent des notions  
économiques précises ; leurs valeurs dépendent d'approximations  
théoriques. L'équipe pédagogique estime les paramètres possédant  
une explication théorique évidente à partir d'hypothèses simples  
sur, par exemple, la propension moyenne ou marginale à consommer,  
sur le taux d'investissement, etc ...

- Le modèle doit intégrer des périodes constantes et courtes,  
de façon à rendre plausible la récursivité du modèle. Certains liens  
de causalité peuvent ainsi être appréhendés. Les joueurs doivent  
posséder une connaissance élémentaire des phénomènes économiques,  
de la modélisation et de l'importance des "time-lags". Le jeu pé-  
dagogique a pour objectif l'explication concrète des interdépendan-  
ces et de l'impact des décisions de politique économique sur les



variables économiques fondamentales d'un système capitaliste.

Ces règles apparaissent dans toutes les simulations semi-informatiques. Nous imaginerons plusieurs stades de construction de ce "jeu", en soulignant que ce processus itératif nous conduit normalement à la simulation informatique. L'ordinateur devient la boîte noire cybernéticienne. Il représente, par l'intermédiaire du modèle, le système économique lui-même, intégrant tous les mécanismes dont on saisit en général le sens, mais dont on ignore la force du mouvement. Les joueurs ne connaissent pas le modèle sous-jacent, mais en fonction des cours parallèles au jeu, ils doivent comprendre, même empiriquement, les conséquences de leurs décisions sur les variables économiques. A la fin de chaque jeu, le modèle doit être expliqué et critiqué par l'équipe pédagogique. Il est possible alors de construire un modèle plus complexe. Le processus de construction de notre modèle est itératif. Trois étapes sont nécessaires pour passer d'une simulation "simple" à une simulation plus "complexe", utilisant le mode opératoire de la simulation informatique.

- Le premier modèle implique un système formalisé théorique simple. Il constitue la base de la construction de la simulation semi-informatique. A la fin de chaque incrément de temps, les "joueurs" doivent faire une étude complète des résultats obtenus. Ainsi, l'accroissement de la dette gouvernementale peut avoir des effets sur les prix ou l'emploi, facteurs omis dans ce premier modèle. Le joueur doit imaginer les répercussions de sa politique économique sur les éléments négligés par l'équipe pédagogique.

- La deuxième étape implique une approche empirique des équations sous-jacentes de la première simulation. Les enseignés sont alors sensibilisés aux problèmes de l'ajustement empirique des équations. Dans un premier temps, les joueurs procèdent à un ajustement empirique par la méthode des moindres carrés ordinaires. Ils utilisent pour ce faire les programmes de l'ordinateur. Ils n'apprennent pas les techniques statistiques de réalisation des tests, mais ils utilisent ces instruments dont ils connaissent (par le cours parallèle) les hypothèses et les conditions d'utilisation. Les résultats statistiques conduisent à des modifications de certaines équations, soit par l'intégration de variables déjà conceptualisées dans une autre équation, soit par l'introduction de nouvelles variables endogènes. L'ordinateur permet non seulement la

réalisation des ajustements empiriques, mais aussi le calcul des tests nécessaires à la connaissance de la valeur statistique des résultats obtenus.

- La troisième étape conduit les joueurs à simuler un modèle dont ils ne connaissent pas le contenu. Le cours parallèle apporte toutes les informations nécessaires portant sur l'intégration de nouvelles variables endogènes (niveau de l'emploi ou niveau général des prix). Lorsque le jeu sera terminé, les étudiants auront connaissance du modèle sous-jacent.

Tableau n° 1 - Mode opératoire de la première simulation semi-informatique.

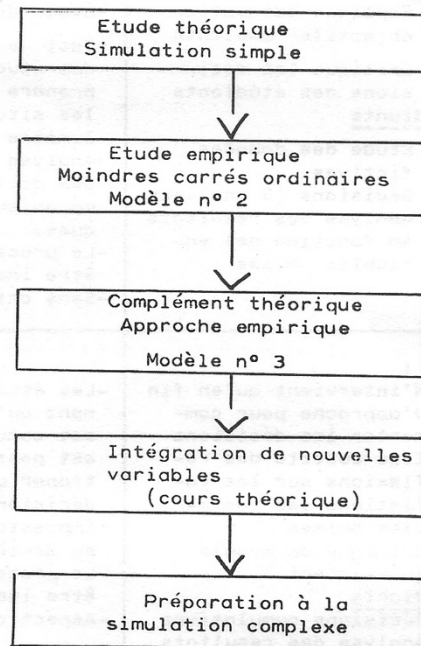




Tableau n° 2

Construction d'une simulation semi-informatique comparative simple.

PHASES	ROLES	MOTIVATIONS
Construction d'un modèle simplifié	<p><u>Equipe pédagogique (E.P)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Construit le modèle simplifié</li> <li>-Donne un cours</li> </ul> <p><u>Etudiants</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Reçoivent un cours</li> </ul>	<p>Transmission des connaissances</p>
Analyse "en simulation des résultats"	<p><u>E.P. :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Explique adéquation objectifs-résultats</li> <li>- Critique les décisions des étudiants</li> </ul> <p><u>Etudiants</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Etude des données fictives</li> <li>- Décisions (3 analyses)</li> <li>- Analyse des résultats en fonction des variables omises</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Etude des situations</li> <li>-Test de la capacité des étudiants à comprendre les nouvelles situations à la lumière du cours.</li> <li>-Analyse de l'impact des décisions sur les mécanismes économiques.</li> <li>-Le processus peut être individualisé</li> <li>-Sens critique</li> </ul>
Analyse "en simulation informatique".	<p><u>E.P. :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-N'intervient qu'en fin d'approche pour commenter les décisions</li> <li>-Elle suscite des réflexions sur les variations des variables omises</li> <li>-Critique du modèle sous-jacent</li> </ul> <p><u>Etudiants</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Décisions cumulatives</li> <li>-Analyse des résultats en fin de simulation</li> <li>-Analyse des variables omises des objectifs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Les étudiants apprennent qu'une décision est cumulative. Il est possible de rattraper une mauvaise décision, mais il est impossible de revenir en arrière</li> <li>-Le processus peut être individualisé.</li> <li>-Aspect critique</li> </ul>

Section I - CONSTRUCTION D'UNE SIMULATION "SEMI-INFORMA-  
TICIELLE" COMPARATIVE SIMPLE

Après avoir étudié la construction d'un modèle simple, récursif, linéaire et trimestriel, nous nous attacherons à montrer que deux étapes sont nécessaires dans l'approche pédagogique de la simulation semi-informati-cielle comparative simple. La première étape implique la correction, à chaque intervalle de temps, des erreurs des joueurs, alors que la seconde, beaucoup plus exigeante, laisse les joueurs vivre avec leurs erreurs.

A - CONSTRUCTION D'UN MODELE SIMPLE (1)

Pour des raisons de commodité, nous utiliserons un modèle entièrement récursif. L'intervalle de temps choisi sera le trimestre. Nous supposons que les équations sont linéaires.

1 - Les symboles

TP = impôts sur les personnes physiques au temps T  
TB = impôts sur les sociétés au temps T  
TI = impôts indirects au temps T  
TX = impôts totaux = recettes de l'Etat  
D = dettes de l'Etat  
WU = salaires privés disponibles  
W = masse salariale  
R = revenu disponible  
C = consommation  
I = investissement  
Y = produit national  
MW = revenus non-salariaux disponibles à la consommation  
NW = revenus non-salariaux disponibles  
P = profit  
K = capital net  
F = financement  
AF = autofinancement  
PD = profit disponible

(1) Rappelons que le modèle est réalisé par l'équipe pédagogique. Les joueurs n'ont pas connaissance immédiate de cette étape, mais pour des raisons de présentation, nous expliquerons le modèle avant sa simulation. Ceci n'est pas trop gênant, d'autant que le cours parallèle s'inspire du modèle.

FC = financement par les entrepreneurs  
RM = revenu disponible après financement des entrepreneurs

Les variables exogènes sont :

G = dépenses gouvernementales  
WD = salaires publics

Les paramètres fixes sont :

co = propension marginale à consommer  
ho = propension marginale de distribution des profits privés  
bo = coefficient marginal du capital  
go = propension marginale des coûts salariaux

Les paramètres fiscaux se définissent comme suit :

a1 = taux d'imposition des salaires  
a2 = taux d'imposition des revenus non-salariaux  
do = taux d'imposition des revenus de l'entreprise  
no = taux d'imposition indirecte

## 2 - Le modèle

Le modèle comprend 20 équations, 20 variables endogènes et deux variables exogènes. Il nécessite 5 équations de comportement, 3 équations techniques et 12 équations de définition.

- 1)  $WUT = go.Y(T-1)$
- 2)  $CT = co.RT$
- 3)  $IT = bo.Y(T-1)$
- 4)  $NWT = ho.PDT$
- 5)  $MWT = jo.NWT$ , jo exprimant la propension marginale à consommer des non-salariés.
- 6)  $TPT = a1.W(T-4) + a2.NW(T-4)$
- 7)  $TBT = do.P(T-4)$
- 8)  $TIT = no.Y(T-1)$
- 9)  $PDT = P(T-1) - TBT$
- 10)  $TXT = TPT + TBT + TIT$
- 11)  $DT = D(T-1) + GT - TXT$
- 12)  $WT = WUT + WDT$
- 13)  $RT = WT + NWT - TPT$
- 14)  $YT = IT + CT + GT$
- 15)  $PT = YT - WT - TIT$
- 16)  $KT = K(T-1) + IT$

$$17) AFT = PDT - NWT$$

$$18) FCT = NWT - MWT$$

$$19) FT = FCT + AFT$$

$$20) RMT = RT - FCT$$

Les équations de comportement reposent sur des hypothèses de time-lag qu'il conviendrait de vérifier. A priori, une telle recherche semble inutile puisque nos équations de comportement sont liées à des paramètres ayant une signification précise. En fait, ces équations peuvent être dites de "définition", mais nos hypothèses concernant les intervalles de temps rendent à notre modèle une originalité évidente. Ces décalages de temps n'apparaissent que très rarement du fait de la prédominance des modèles statiques dans la théorie économique.

### 3 - Explication théorique sommaire du modèle

Les salaires privés disponibles dépendent du produit national net créé la période précédente. Les salaires ne sont versés qu'après la création de richesses, et l'on peut dire que WT est lié à la production de la période précédente. Cette période, en général, est le mois, alors que notre modèle est trimestriel. Nous ferons une hypothèse simplificatrice, en affirmant que les salaires sont dépendants de la production du trimestre antérieur, du fait de certaines rigidités structurelles ; les rattrapages ne se réalisent qu'après un certain laps de temps. Les travailleurs sont les derniers à bénéficier des fruits de la croissance, mais leurs salaires restent provisoirement élevés en cas de crise (1). Du fait de ces rigidités et des phénomènes de répartition des revenus, nous acceptons l'hypothèse d'un décalage de temps dans la relation unissant les salaires au produit national net. L'équation de la consommation, d'inspiration keynésienne lie la consommation au revenu disponible. Cette équation semble très simpliste, mais elle est, à notre sens, intéressante à utiliser en première analyse. L'équation d'investissement indique nettement le rôle du produit national net sur le montant de l'investissement. En théorie, les entrepreneurs se basent dans leurs décisions sur les prévisions issues de l'étude des résultats passés. Souvent, l'"atmosphère" de l'économie nationale influe sur le comportement du patronat en

---

(1) Les ouvriers sont aussi les premières victimes de la crise économique du capitalisme, par le biais du chômage.

matière d'investissement. Enfin, les entreprises, une fois les impôts prélevés, disposent d'un revenu : le profit. Celui-ci est partagé entre l'autofinancement et les revenus non-salariaux. En supposant connue la propension marginale à distribuer les profits privés, les revenus non-salariaux sont déterminés et se répartissent à nouveau entre la consommation et l'épargne.

#### 4 - Explication technique sommaire de la simulation

Le modèle est récursif (Tableau n° 3 ). Le programme-ordinateur de la simulation est écrit exhaustivement dans le Tableau n° 4. Les joueurs connaissent les valeurs de  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $d_0$ ,  $n_0$ ,  $GT$  et  $WDT$ . Les paramètres sont calculés à partir des données fictives. Les joueurs n'essaient pas d'obtenir un résultat précis ; ils s'efforcent de prendre des décisions conduisant à des outputs proches des objectifs fixés ; les joueurs sont placés, tels les décideurs réels, devant des phénomènes complexes qu'il convient d'orienter par des décisions judicieuses.

Il faut noter l'importance de la récursivité sur les résultats du modèle. Les variables qui ne dépendent que des variables prédéterminées (TPT ou WUT par exemple) ne sont pas influencées par les décisions gouvernementales ponctuelles, incrément par incrément. Par contre, la politique de l'Etat aura un impact considérable sur ces mêmes variables, un, deux, trois ou quatre trimestres plus tard. Ces décalages compliquent la décision mais ils correspondent à des situations concrètes. Dans une première analyse, les joueurs reçoivent, à la fin de chaque incrément, les informations nécessaires pour rectifier leurs erreurs. Les objectifs des premières expériences ne peuvent porter que sur les variables influencées directement par les variables prédéterminées. Ainsi, WUT, IT, NWT, MWT, PDT, FT, TPT, TBT, TIT, KT, TXT ne peuvent devenir les variables cibles d'un seul trimestre. Par contre, dans une seconde analyse de non-correction des erreurs passées, elles peuvent constituer des objectifs à atteindre. Le schéma général de notre simulation pédagogique (ou semi-informatique) comparative simple est expliqué sommairement par le Tableau n° 5.

Tableau n° 3 - Récursivité  
du modèle (1)

Variables	Equations
TPT	(1)
↓	
TBT	(2)
↓	
TIT	(3)
↓	
TXT	(4)
↓	
WUT	(5)
↓	
WT	(6)
↓	
IT	(7)
↓	
PDT	(8) → (2)
↓	
NWT	(9) → (8)
↓	
RT	(10) → (1)-(6)-(9)
↓	
CT	(11) → (10)
↓	
DT	(12) → (4)
↓	
YT	(13) → (7)-(10)
↓	
PT	(14) → (13)-(6)-(3)
↓	
KT	(15) → (7)
↓	
AFT	(16) → (8)-(9)
↓	
MWT	(17) → (9)
↓	
FCT	(18) → (17)-(9)
↓	
FT	(19) → (16)-(18)
↓	
RMT	(20) → (10)-(18)

Tableau n° 4 - Programme de la  
première simulation(2)

```

REALT(5,4),E(5,2),V(5,7),IT,KT,NWT
DO1 I=1,5
READ(5,100)(T(I,J),J=1,4),(E(I,J),(J=1,2)
READ(5,101)(V(I,K),K=1,7)
WRITE(6,10)(T(I,J),J=1,4),(E(I,J),(J=1,2)
WRITE(6,11)(V(I,K),K=1,7)
DEBUT RESOLUTION SIMULATION
WUT=0.34*V(I,3)
IT=0.16*V(I,3)
TPT=T(I,1)*V(I,5) + T(I,2)*V(I,6)
TBT=T(I,3)*V(I,7)
TIT=T(I,4)*V(I,3)
TXT=TPT+TBT+TIT
PDT=V(I,4)-TBT
DT=V(I,1)+E(I,2)-TXT
WT=WUT+E(I,1)
NWT=0.9*PDT
MWT=0.65*NWT
AFT=PDT-NWT
FCT=NWT-MWT
FT=FCT+AFT
RT=WT+NWT-TPT
CT=0.85*RT
YT=IT+CT+E(I,2)
PT=YT-WT-TIT
KT=V(I,2)+IT
PUNCH12,DT,KT,YT,PT
WRITE(6,13) DT,KT,YT,PT
WRITE(6,14) WUT,IT,TPT,TBT,TIT,TXT,PDT,
1          WT,NWT,CT,RT,AFT
100 FORMAT(4F6.3,2F7.3)
101 FORMAT(7F10.5)
10  FORMAT(4F10.5,2F10.5)
11  FORMAT(7F10.5)
12  FORMAT(4F10.5)
13  FORMAT(4F10.5)
14  FORMAT(12F10.2)
1   CONTINUE
STOP
END

```

(1) Les flèches verticales indiquent l'ordre de calcul. Les flèches horizontales indiquent les équations qu'il est absolument nécessaire de calculer pour résoudre l'équation étudiée. Lorsque n'apparaît aucune flèche verticale, l'équation dépend des seules variables prédéterminées et des variables exogènes.

(2) Le programme est établi en FORTRAN IV. Les chiffres précédant les FORMAT, l'ordre CONTINUE, ou l'inscription sur deux cartes du même ordre ne sont pas placés exactement selon les règles du langage considéré, mais il suffit de connaître les règles fondamentales du FORTRAN pour reconstituer la "photographie" du programme.

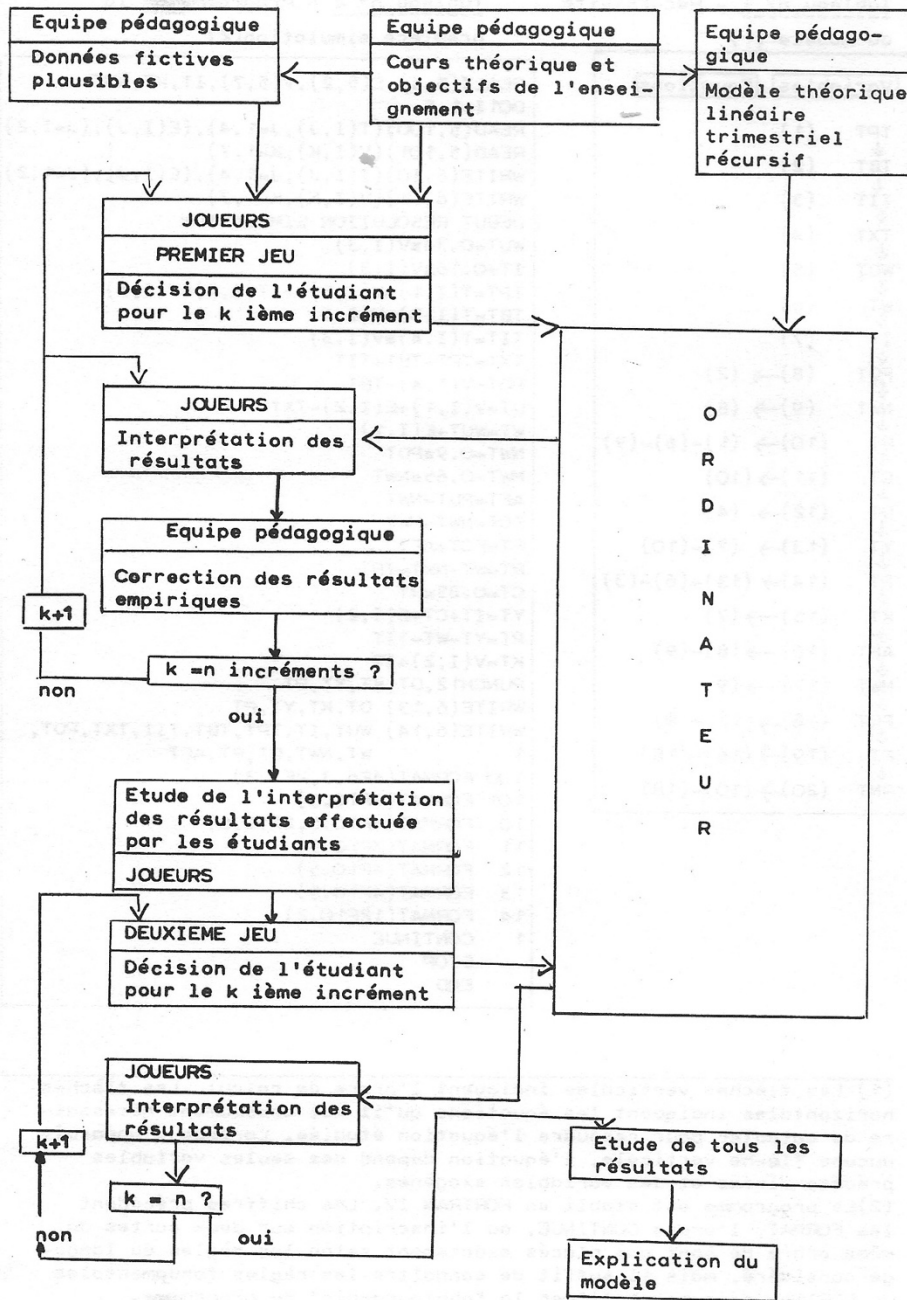


Tableau n° 5 - Schéma de la première simulation



## B - ETUDE DES DONNEES FICTIVES

Avant de procéder aux premières expériences, il convient de faire une étude sérieuse des informations statistiques disponibles. Nous ne reproduirons pas dans le cadre de notre étude une discussion exhaustive de la situation économique du pays étudié. Il faut souligner l'importance pédagogique de cette étape, qui doit permettre aux joueurs de s'imprégner des conséquences des décisions gouvernementales et d'en tirer des leçons pratiques de macroéconomie. Les étudiants peuvent utiliser l'instrumentation informatique pour appréhender les faits proposés. Des programmes portant sur les corrélations et les régressions sont disponibles, mais afin d'éviter une utilisation trop importante de la machine (coût de l'opération) deux solutions peuvent être retenues. Soit chaque joueur dispose d'un quota de temps machine, soit chaque étude doit, au niveau du projet, être soumise à l'équipe pédagogique qui, lorsque les calculs ont déjà été demandés par un autre joueur, donne elle-même les résultats. La première solution présente l'avantage important d'habituer les étudiants à l'utilisation des machines électroniques; la seconde solution nous semble devoir, par contre, impliquer des coûts inférieurs.

Signalons sommairement qu'après une crise économique surmontée difficilement, la situation économique s'est à nouveau dégradée, puisque le produit national net nominal décroît durant les deux derniers trimestres, alors que le chômage tend à réapparaître après le coup de frein important réalisé durant la 10<sup>ème</sup> période. Les prix commencent à diminuer, mais la situation du commerce extérieur reste très critique puisque le déficit qui n'était que de 0,92 milliard à la 12<sup>ème</sup> période s'est nettement accentué pour passer à plus de 13 milliards au cours de la 16<sup>ème</sup> période. Le taux de recouvrement est inférieur à 76%, ce qui pose le problème important de l'endettement du pays par rapport à l'étranger. L'Etat mène une politique très déflationniste durant les dernières périodes afin d'assainir la situation économique, mais une telle action conduit à une amplification à court terme de la crise. Les joueurs sont donc confrontés immédiatement à une situation difficile, impliquant une réflexion dépassant largement l'horizon-temps d'un seul trimestre. De nombreux commentaires pourraient être faits, mais nous nous limiterons à souligner l'importance FONDAMENTALE de cette approche.



Tableau n° 6 (a)  
INFORMATIONS FICTIVES

TEMPS	DNNT	NNT	DT	MWT	NWT	WWT	WT	RMT	CT
1	0,1	20,1	100,5	40	61	80	110	136,3	128,8
2	0,1	20,2	100	41	62,45	80,98	111,77	136,85	131,94
3	0,015	20,3	99,93	42,81	65,2	82,65	114	140,66	135,33
4	0,094	20,395	98,60	44,9	68,35	83,58	115	143,4	138,52
5	0,098	20,493	93,6	45,1	68,65	84,34	116	144,1	140,38
6	0,097	20,59	89,6	44,4	67,6	85,58	118,5	145,57	141,94
7	0,093	20,68	89,36	43,31	66,1	86,72	120,87	146,36	142,95
8	0,10	20,78	93,54	43,11	65,7	85,58	120	144,88	142,91
9	0	20,78	97,44	44,03	67	84,23	119	145,66	142,8
10	0,119	20,9	104,72	43,84	66,8	83,04	118	145,33	142,3
11	0,13	21,03	111,21	47,81	72,7	87,71	123	152,23	146,07
12	0,119	21,15	115,12	51,93	78,9	89,86	126	160,46	151,83
13	0,104	21,25	116,12	56,89	86,35	95,06	132	170,39	159,89
14	0,086	21,34	111,65	59,65	89,5	99,32	138	179,37	168
15	0,086	21,43	107,1	54,16	82,2	100,36	139,5	174,16	170,2
16	0,099	21,53	104,34	52,53	79,8	97,71	137	169,40	169,45

Tableau n° 6 (b)

TEMPS	NT	FT	IT	YT	UT	PRT en %	PT	VT ind	ZT	LT
1	19,26	32,5	46,54	231,5	0,84	0,54	86	100	0,6	130
2	19,46	33	45,67	238,1	0,74	0,88	90	80	0,61	133
3	19,71	34,89	47,94	246,18	0,59	1,58	94,6	70	0,54	137
4	19,69	37,06	50,4	248,78	0,73	0,83	94,55	20	0,58	136,8
5	19,9	36,35	48,72	252,86	0,598	1,14	92,13	20	0,57	137,4
6	20,03	34,34	47,64	253,33	0,556	1,05	89,18	20	0,53	136,4
7	20,01	31,78	42,67	252,02	0,67	1,11	87,95	54	0,6	136,8
8	19,97	30,66	38,68	249,56	0,82	1,27	89,16	30	0,68	136,8
9	19,59	31,31	37,93	246,48	1,19	0,16	87,56	10	0,79	137,7
10	19,63	30,34	37,42	251,25	1,27	0,13	96,62	0	0,9	142,3
11	19,91	35,62	44,63	266,9	1,12	1,06	106,2	10	0,79	152
12	20,25	40,92	57,6	283,3	0,9	1,19	117,1	20	0,64	160,1
13	20,7	47,275	58,54	300,6	0,56	2,54	123,9	30	0,46	169,1
14	20,78	49,85	71,41	302,3	0,57	1,75	114,2	0	0,46	167,4
15	20,81	44,07	61,61	295,6	0,62	0,8	106,43	20	0,59	163,6
16	20,74	36,34	47,65	286,92	0,78	0,39	100,8	0	0,7	158,8

Tableau n° 6 (c)  
suite

TEMPS	KT	DNOT	RTT	ST	GT	MT	XT	TX	JMT	JXT	UDT
1	1638	0	5	8	61	40	35,2	61,48	1	1	0
2	1673	0	5	8	62,7	40,18	38	63,2	1	1	0
3	1711	0	5	8	65	41,27	39,15	65,07	1	1	0
4	1752	0	6	9	66	44,11	37,97	67,34	1	1	0
5	1790	0,02	6	9	68,8	44,62	39,56	73,83	1	1	0
6	1828	0	6	9	71,5	46,64	38,91	75,48	1,0164	0,978	0
7	1861	-0,01	5	8	74	47,25	39,63	74,22	1	1	0
8	1889	-0,01	5	8	76	48,04	40,11	71,82	1	1	0
9	1917	0	4	7	75	48,95	39,69	71,1	1	1	-0,108
10	1945	-0,01	4	7	75	46,49	43,02	67,72	1	1	0
11	1979	0	4	7	75	44,58	45,84	68,51	1	1	0
12	2027	-0,001	5	8	75	45,86	44,78	71,09	1	1	0
13	2085	+0,011	5	9	76,3	47,55	43,83	75,31	1	1	0
14	2147	0	6	10	77,3	53,54	39,09	81,88	1	1	0
15	2198	0	5	8	80,3	56,01	38,74	84,86	1	1	0
16	2236	0	5	7	83,3	54,76	41,27	86,07	1	1	0

C - VERIFICATION PONCTUELLE DE L'ADEQUATION OBJECTIFS-DECISIONS

Le trimestre constitue l'unité de temps des décisions de l'Etat. Le gouvernement ne prend ses décisions qu'à la fin de chaque incrément et il se refuse d'intervenir avant la fin de l'intervalle de temps en cours. Six variables seulement sont dépendantes des variables instrumentales dans le même intervalle de temps : CT, PT, WT, RT, YT et DT. Les objectifs trimestriels ne peuvent donc porter que sur ces six agrégats, car les décisions prises par le joueur ne se répercutent pas sur les résultats des trimestres suivants, sauf si notre étude intègre plusieurs incréments de temps pour une seule politique économique complexe simulée par les participants du jeu pédagogique.

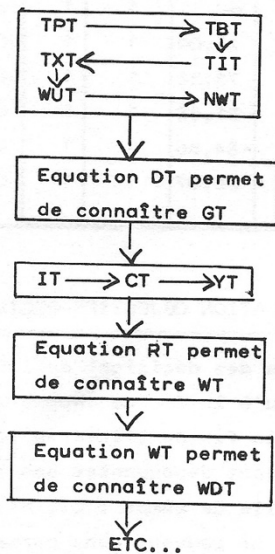
1 - Première analyse : décision trimestre par trimestre

Nous supposons les paramètres fiscaux connus.

Plusieurs questions peuvent être posées :

- Les variables décisionnelles étant connues, quelles sont les valeurs approximatives de CT, DT, WT, RT, YT et PT ?
- Le gouvernement poursuit deux objectifs essentiels durant ce trimestre. Les variables cibles CT et YT étant connues, quelles sont les décisions que l'Etat doit prendre pour atteindre ses buts ?
- L'Etat se fixe un seul objectif, et ses dépenses sont programmées. Quelle masse salariale publique permet l'obtention de l'objectif et quelles sont les valeurs des autres variables endogènes ?

Tableau n° 7 - Récursivité du modèle



Cette façon d'envisager la résolution du système n'engendre pas toujours la perte de la récursivité du modèle. Ainsi, si DT et RT sont connus, l'organigramme du modèle montre la nécessité d'utilisation d'un modèle récursif (Tableau n° 7). Notons que les questions posées doivent provisoirement intégrer une décision de politique économique à déterminer, car la recherche a priori des objectifs atteints par des décisions portant sur la masse salariale publique et des dépenses gouvernementales, offre des difficultés qu'il convient de ne traiter qu'en dernier ressort. Cette règle n'est pas impérative, mais les travaux de DOLBEAR, ATTIEH et BRAINARD montre l'importance de l'observation d'une telle règle.

Nous n'en tiendrons pas compte, car notre modèle est suffisamment simple pour éviter ces écueils. Nous pouvons procéder à la première expérience, sachant que les variables retardées sont issues des tableaux des données fictives et que la politique fiscale est donnée au départ de la première année ( $a_1 = 0,1 - a_2 = 0,08 - d_0 = 0,15 - n_0 = 0,17$ ).

Tableau n° 8 - Politique n° I - Résultats.

	Périodes							
	1	2	3	4	5	6	7	8
a1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,09	0,09	0,09
a2	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09
do	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,17	0,17	0,17
no	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
WD	39,5	40	41	42	43	44	45	46
G	84	86	87	88	90	92	93	95
WU	97,58	100,04	103,76	107,88	112,11	116,21	119,32	121,27
C	164,32	172,12	181,5	190,96	199,04	204,25	207,16	208,6
I	45,92	47,08	48,83	50,77	52,76	54,69	56,15	57,07
NW	74	80,81	89,25	94,98	98,69	99,96	100,9	100,17
TP	17,76	18,36	20,53	20,18	19,63	19,88	21,06	22,04
TB	18,58	18,6	15,96	15,12	16,26	19,57	20,51	21,4
TI	51,14	50,02	51,88	53,94	56,05	58,11	59,66	60,64
PD	82,22	98,79	99,17	105,53	109,65	111,07	112,11	111,31
TX	87,48	86,96	88,37	89,24	91,94	97,55	101,23	104,08
D	100,86	99,9	98,52	97,28	95,34	89,79	81,55	72,47
W	137,08	140,04	144,76	149,88	155,11	160,11	164,32	167,27
R	193,31	202,49	213,49	224,68	234,17	240,5	244,16	247,79
Y	294,24	305,2	317,3	329,73	341,8	350,94	356,69	360,67
P	108,37	115,13	120,85	125,91	130,64	132,62	132,71	132,76
K	2281,9	2329	2377,8	2428,6	2481,4	2536	2592,2	2649,3
AF	8,22	9	9,92	10,55	10,97	11,11	11,21	11,6
FC	25,9	28,28	31,24	33,34	34,54	34,99	35,32	36,55
F	34,12	37,26	41,15	43,89	45,51	46,09	46,53	48,15
MW	48,1	52,53	58,01	61,63	64,15	64,97	65,59	67,87
RM	167,41	174,21	182,25	191,33	199,63	205,13	208,84	211,24

- Première question : le Gouvernement décide de dépenser 84 milliards de francs et d'établir la masse salariale publique à 39,5 milliards de francs. Quels revenu disponible, consommation, dettes de l'Etat, produit national net, salaires privés et profit seront dégagés durant le trimestre ? Les étudiants donnent les valeurs de deux variables cibles. Celles-ci constitueront les nouvelles variables exogènes du système et elles fourniront les décisions de politique économique adaptées aux résultats suggérés par le joueur.

L'ordinateur donne les résultats suivants (Tableau n° 8) :

CT = 164,3	DT = 100,9	WT = 137,1	RT = 193,1	YT = 294,2	PT = 108,4
------------	------------	------------	------------	------------	------------

On constate une légère augmentation du produit national net nominal, une légère diminution de la consommation et une diminution substantielle du profit.

- Deuxième question : supposons les salaires publics déterminés globalement par une concertation entre les différents groupes sociaux, et admettons que le Gouvernement se propose d'obtenir un PNN supérieur à 305 milliards de francs. Si WDT = 40 milliards, nous obtenons une consommation, un investissement ou des profit égaux successivement à 172,1 , 47,1 , et 115,1 milliards de francs. Le gouvernement devra fixer ses dépenses gouvernementales à 86 milliards de francs. Une telle politique doit amener l'équipe pédagogique à faire réfléchir les étudiants sur les possibilités d'augmentation des prix qui résultent d'une politique expansionniste.

- Troisième question : l'Etat se donne comme objectifs l'obtention d'un PNN égal à 317,3 milliards et une consommation totale de 181,5 milliards. Quelle politique doit-il choisir, en supposant les paramètres fiscaux constants ? La réponse est donnée par le Tableau n° 8 : GT = 87 et WDT = 41. Le Tableau n° 8 présente une étude complète de ces différentes possibilités sur 8 intervalles de temps.

## 2 - Décisions sur plusieurs intervalles de temps

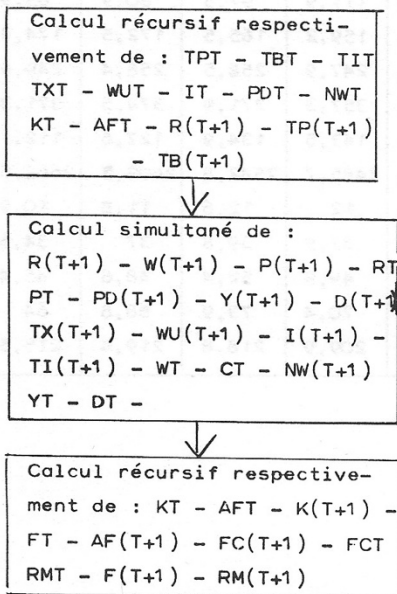
Le jeu devient plus complexe, car les objectifs portent sur plusieurs incréments de temps. Ainsi, au temps  $t$ , quelles décisions l'Etat doit-il prendre au début de chaque trimestre pour obtenir 2 ans plus tard un PNN égal à  $Z$  milliards ? Evidemment plusieurs politiques peuvent être envisagées. Pour 8 incréments, le modèle sous-jacent comprend  $8 \times 20$  équations et  $8 \times 22$  variables, soit 160 équations, 176 variables et 32 paramètres fiscaux. Les variables cibles

sont prises parmi les variables ne dépendant pas uniquement de variables prédéterminées connues. Seize informations doivent être données pour permettre la résolution complète du système, si l'on suppose connus les paramètres fiscaux.

Pour deux incréments, 4 variables exogènes suffisent à résoudre le système si l'on connaît les paramètres fiscaux. Sur cet exemple, WUT, IT, NWT, TPT, TBT, IIT, TXT, KT, AFT, TP(T+1) et TB(T+1) sont prédéterminées. Toutes les autres variables peuvent devenir des objectifs ou des variables cibles.

Il convient de noter que la récursivité peut disparaître si l'on utilise certains systèmes de variables cibles. Donnons deux exemples: si l'on connaît WDT, GT, WD(T+1) et D(T+1), le système reste entièrement récursif. WDT et GT déterminent récursivement le premier incrément, alors que G(T+1) est calculé par l'équation  $D(T+1) = G(T+1) - TX(T+1) + DT$ , DT, D(T+1), et TX(T+1) étant connus, par les calculs récursifs précédents. Par contre, si les objectifs poursuivis sont C(T+1), D(T+1), TX(T+1) et WD(T+1), le système se présente comme un modèle bloc-récursif (Tableau n° 9). Nous avons un système com-

Tableau n° 9 - Système bloc-récursif



prenant successivement 13 équations récursives, un système simultané de 17 équations et 10 équations récursives. En fait, les joueurs ignorent ce problème, puisqu'ils ne connaissent pas le modèle sous-jacent ; cette difficulté se présente à l'équipe pédagogique et au programmeur. Les solutions sont simples, mais il faut être conscient du problème, pour éviter les écueils. Le Tableau n° 10 présente une simulation de ce type. Signalons que le programme représenté dans le Tableau n° 4 ne peut traiter une simulation de ce type, car la variable T n'est pas vraiment incluse. Les modifications à apporter ne sont pas d'une grande difficulté, mais elles allongent considérablement le temps de calcul, si l'on appréhende un seul incrément de temps.



Tableau n° 10 - Résultats de la politique n° II.

	Périodes							
	1	2	3	4	5	6	7	8
a1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
a2	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
de	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14
no	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,2	0,2	0,2
WD	39,5	40	40	42	43	44	46	47
G	86	89	87	90	92	95	97	99
WU	97,58	100,7	105,7	110,4	116,3	121,5	126,5	127,3
C	164,3	174,4	187,9	200	210,7	220	218	212,4
I	45,9	47,4	49,7	51,9	54,7	57,2	59,5	59,9
NW	114	82,8	96	102,8	108,3	113,7	105,8	98,5
TP	17,8	18,4	20,5	20,2	19,63	20,7	21,9	22,9
TB	18,6	18,6	16	15,1	17	17,7	17,4	18,2
TI	48,3	47,4	49,7	51,9	54,7	71,5	74,4	74,9
PD	82,2	91,6	106,7	114,2	120,3	126,4	117,6	109,4
TX	84,6	84,3	86,2	87,3	91,3	109,3	113,8	116
D	105,7	107,6	108,4	111,1	111,9	97,5	80,9	63,9
W	137,1	140,7	145,6	152,4	159,2	165,5	172,5	174,3
R	193,3	207,8	221,3	235	247,9	258,5	256,4	249,9
Y	296,2	310,8	324,7	341,7	357,3	371,9	374,5	371,3
P	113,2	122,6	129,3	137,3	143,5	134,9	127,6	112,1
K	2281,9	2329,3	2379	2431	2485,7	2542,8	2602,3	2662,5
AF	9,3	9,2	10,7	11,4	12	12,6	11,8	10,9
FC	25,9	29	33,6	36	37,9	39,8	37	34,5
F	35,2	38	44,3	47,4	49,9	52,4	48,8	45,4
MW	48,1	53,8	62,4	66,8	70,4	73,9	68,8	64
RM	167,4	176,2	187,5	199	209,9	218,8	219,4	215,5

Supposons les paramètres gouvernementaux provisoirement constants et égaux à  $a_1 = 0,1$  -  $a_2 = 0,08$  -  $do = 0,15$  et  $no = 0,16$ .

- L'Etat se fixe une politique économique portant sur un semestre. Il prévoit ses dépenses et les versements des salaires publics :  $WDT = 39,5$ ,  $WD(T+1) = 40$ ,  $GT = 86$  et  $G(T+1) = 89$ . Quelles sont les valeurs attendues de  $YT_1, YT_2, CT_1, CT_2, IT_1, IT_2, PT_1, PT_2(1)$  ? Il en résulte un modèle de 40 équations contenant 40 variables endogènes :

$YT_1 = 296,2$	$YT_2 = 310,8$
$CT_1 = 164,3$	$CT_2 = 174,4$
$IT_1 = 45,9$	$IT_2 = 47,2$
$PT_1 = 113,2$	$PT_2 = 122,6$

Il convient alors d'expliquer les résultats d'un point de vue théorique, l'enseignant se chargeant de rectifier les erreurs.

- L'Etat se donne pour les trois trimestres suivants des objectifs précis :  $YT_3 = 324,6$  ,  $YT_4 = 341,6$  ,  $YT_5 = 357,3$ ,  $CT_3 = 187,96$  ,  $CT_4 = 189,7$ ,  $CT_4 = 210,6$ . Il en résulte un modèle de 60 équations à 60 inconnues et 6 variables exogènes (ou cibles). On obtient les valeurs des politiques économiques adéquates :

$GT_1 = 87$	$GT_2 = 90$	$GT_3 = 92$
$WDT_1 = 40$	$WDT_2 = 42$	$WDT_3 = 43$

- L'Etat modifie ses paramètres fiscaux :  $a_1 = 0,1$  ,  $a_2 = 0,08$  ,  $do = 0,14$  et  $no = 0,2$  . L'Etat se fixe à la fois des objectifs et la politique de dépenses publique durant les trois derniers trimestres.

$GT_6 = 95$	$GT_7 = 97$	$GT_8 = 371,3$
$YT_8 = 371,3$	$CT_8 = 212,4$	$RT_8 = 249,9$

Pour obtenir ces objectifs, l'Etat devra décider la politique des salaires suivantes :

$WDT_6 = 44$	$WDT_7 = 46$	$WDT_8 = 47$
--------------	--------------	--------------

Les résultats complets sont inscrits dans le Tableau n° 10. Il convient de commenter ces résultats. Cette tâche est essentielle dans notre simulation. Ce problème n'est pas propre à la simulation semi-informatique, car il est lié à la recherche de la compréhension des mécanismes économiques. L'inconvénient majeur de cette approche réside dans la disproportion des difficultés entre la simulation incrément par incrément, et la simulation avec pour objectifs des variables économiques d'une période relativement éloignée. Il convient de réaliser ce type de jeu avec des étudiants compétents en

(1)  $PT_2$  indique par exemple les profits de la seconde période.



matière de "time-lag", de politique économique et de phénomènes économiques conjoncturo-structurels.

### 3 - Utilisation des paramètres fiscaux

L'Etat doit décider du montant des taux de l'impôt au début de chaque année. Cependant, ces taux peuvent être modifiés si le gouvernement en a obtenu l'autorisation par le Parlement. Les objectifs poursuivis par l'Etat peuvent s'inscrire dans le cadre d'une politique directe (accroissement des recettes de l'Etat) ou plus complexe (redistribution des revenus). Il est possible aussi de tester les différents impôts en fonction de leur efficacité, tant en ce qui concerne la recette fiscale proprement dite que leur impact sur les différentes variables économiques. L'intervention des paramètres gouvernementaux dans la simulation pédagogique ne change pas fondamentalement les schémas précédents, mais elle les complique singulièrement. En fait, le choix du taux de l'impôt (sauf peut-être pour les impôts indirects) s'inscrit plutôt dans la perspective d'objectifs annuels (et non trimestriels). Cependant, si nous supposons que les taux fiscaux peuvent être modifiés à tout moment, nous n'aurons plus dans le cadre d'une seule année 80 équations à 88 inconnues, mais 80 équations à 104 inconnues. Pour obtenir un sentier de croissance économique très précis, il convient de connaître 24 variables (qui représentent soit des objectifs, soit des politiques économiques). Plusieurs possibilités s'offrent alors :

- soit 16 paramètres gouvernementaux et 8 décisions de dépenses gouvernementales et de détermination des salaires publics;
- soit 16 paramètres gouvernementaux et 8 objectifs;
- soit 8 décisions de dépenses gouvernementales et de détermination des salaires publics et 16 objectifs économiques;
- soit tous les stades intermédiaires.

Le Tableau n° 11 exprime une nouvelle expérience. Ce type de simulation semi-informatique est très difficile à maîtriser par des joueurs peu habitués aux décisions économiques. La simulation ouvre l'esprit sur la complexité des décisions de l'Etat et des mécanismes économiques. De très nombreuses expériences peuvent être menées et la compréhension des mécanismes économiques se fera autant d'un point de vue théorique par le biais du cours parallèle que d'un point de vue pratique .

Supposons que l'Etat détermine sa politique économique annuelle et décide de n'en point changer.

$a_1 = 0,1$	$a_2 = 0,08$	$do = 0,15$	$no = 0,17$
WDT1 = 39,5	WDT2 = 40	WDT3 = 40,5	WDT4 = 41
GT1 = 86	GT2 = 88	GT3 = 40,5	GT4 = 90

Quelles seront respectivement les valeurs de YT et de CT durant les quatre trimestres de l'année ? L'ordinateur répond :

YT1 = 296,2	YT2 = 308,2	YT3 = 321,6	YT4 = 335,4
CT1 = 164,3	CT2 = 173,8	CT3 = 185,8	CT4 = 193,9

Pour la seconde année, l'Etat se fixe des objectifs pour le premier semestre et pour la fin de l'année concernant WUT, CT, IT, YT. Les résultats sont inscrits dans le Tableau n° 11. Si l'on intègre les paramètres fiscaux, il convient d'ajouter d'autres objectifs (16 exactement) qui peuvent être choisis dans le Tableau n° 11.

Soulignons la nécessité pédagogique des commentaires sur les résultats obtenus. A la fin de chaque simulation, le joueur doit expliquer les raisons de ses choix et l'impact prévisible des décisions de l'Etat sur les variables économiques non incluses dans le système formalisé, tels que les prix, le chômage ou la balance des paiements. A l'issue de chaque traitement dynamique, les résultats sont corrigés, les joueurs ne vivent donc pas avec leurs erreurs. Dans l'exemple précédent, il n'y a que deux corrections possibles. Lorsque les trois premiers types de jeux macroéconomiques sont terminés, une analyse globale des politiques économiques peut être réalisée, les erreurs à éviter étant explicitées et les principaux mécanismes supportant de nouvelles explications.

#### D - VERIFICATION FINALE DE L'ADEQUATION DECISIONS-OBJECTIFS

Les joueurs vivent avec leurs erreurs. Les objectifs sont donnés au début de la simulation, d'abord incrément par incrément, puis dans le temps.

Dans un premier exemple, nous procéderons incrément par incrément. Le gouvernement décide des taux fiscaux suivants :  $a_1 = 0,1$ ,  $a_2 = 0,08$ ,  $do = 0,15$  et  $no = 0,17$  (Tableau n° 11). S'il veut obtenir un produit national net de 296,2 milliards de francs et s'il ne peut agir sur les salaires publics, compte tenu de certains accords, quel montant de dépenses gouvernementales doit-il décider ? L'ordinateur donne GT1 = 86 et CT1 = 164,3. Lors du deuxième incrément, la même

Tableau n° 11 - Résultats de la politique n° III.

	Périodes							
	1	2	3	4	5	6	7	8
a1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
a2	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
do	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
no	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16
WD	39,5	40	40,5	41	42	44	45	46
G	86	88	88,5	90	91	92	94	96
WU	97,6	100,7	104,8	109,4	114	117,6	120,8	122,8
C	164,3	173,8	185,8	193,9	201,2	208	210,4	213,8
I	45,9	47,4	49,3	51,5	53,6	55,3	56,9	57,8
NW	74	82,6	91,5	97,9	103,2	103,7	104	106,2
TP	17,8	18,4	20,5	20,2	22,5	20,6	22,2	23,5
TB	18,6	18,6	15,9	15,1	15,4	17,6	19,4	20,6
TI	51,1	50,4	52,4	54,7	57	58,8	56,9	61,4
FD	82,2	91,8	101,6	108,8	114,7	115,2	115,5	118
TX	87,5	87,3	88,9	90	94,9	97,1	98,5	105,5
D	102,9	102,6	102,2	102,2	98,2	93,2	88,7	79,2
W	137,1	140,2	145,3	150,4	156	161,6	165,8	168,8
R	193,3	204,5	216,2	228,1	236,7	244,7	247,5	251,6
Y	296,2	308,2	321,6	335,4	345,9	355,3	361,2	367,7
P	110,4	117,6	123,9	130,3	132,9	134,9	138,6	137,4
K	2281,9	2329,3	2378,6	2431	2483,8	2539,1	2596	2653,5
AF	8,2	9,2	10,2	10,9	11,5	11,5	11,6	11,8
FC	25,9	28,9	32	34,3	36,1	36,3	36,3	37,2
F	34,1	38,1	42,2	45,2	47,6	47,8	47,9	49
MW	48,1	53,7	59,5	63,7	67,1	67,4	67,6	69
RM	167,1	175,6	184,2	193,8	200,6	208,4	211,1	214,4

question est posée connaissant  $WDT = 40$  et l'objectif  $PNN = 308,2$  ?  
 L'ordinateur calcule  $GT2 = 88$  et  $CT2 = 173,8$ .

Nous pouvons ainsi continuer durant les huit périodes. Les questions peuvent varier à l'infini. Il est préférable cependant de laisser des degrés de liberté permettant au joueur de s'exprimer plus facilement, sans être dépassé par la quantité d'objectifs poursuivis. Ainsi, la politique n° 3 ne serait qu'un cas particulier d'une simulation rédigée de la façon suivante :

- L'Etat a sept objectifs durant la première année :

CT4	193			TX4	85		DT4	110
RT4	228	YT4	335	PT4	130		FT4	45

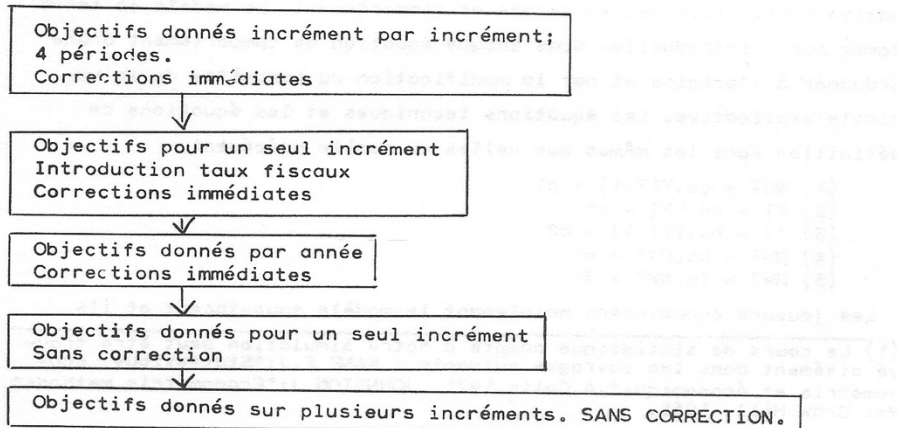
La politique n° 3 n'est alors qu'une politique possible.

- Au cours de l'année suivante, l'Etat veut réduire sa dette sans pour autant condamner la croissance économique.

$YT8 > 365$	$DT8 < 85$	$210 < CT8 < 220$	$120 < WUT8 < 125$
-------------	------------	-------------------	--------------------

Des contraintes apparaissent sur CT et WUT afin d'éviter que les hausses très rapides engendrent des problèmes liés aux variables non intégrées dans le modèle. De nombreuses expériences doivent être réalisées pour permettre aux joueurs de comprendre correctement le système formalisé. Lorsque le jeu est terminé, il convient de présenter le modèle sous-jacent et de lui adresser les critiques nécessaires. Cette phase permet de préciser les avantages et les inconvénients des mathématiques dans la science économique, d'analyser les hypothèses sous-jacentes au modèle, d'approcher les problèmes des ajustements statistiques.

Tableau n° 12 - Schéma des expériences réalisées



Section N° 2 - CONSTRUCTION D'UNE SIMULATION SEMI-INFORMATIQUE  
COMPARATIVE EMPIRIQUE ET ITERATIVE

---

L'économie quantitative est une branche importante de la théorie économique qui fournit des explications provisoires aux phénomènes économiques. L'économétrie constitue une tentative systématique de confrontation des hypothèses théoriques et des faits économiques provenant de l'observation. Il convient alors de connaître les méthodes quantitatives, en les intégrant dans le processus même de la simulation semi-informatique. L'équipe pédagogique doit introduire dans son cours la notion d'ajustement empirique ; elle doit présenter les différents tests statistiques qui permettent de juger la qualité de l'ajustement empirique et d'expliquer pourquoi les liaisons théoriques simples ne correspondent pas toujours aux meilleurs résultats économétriques. Les études statistiques de notre modèle se limiteront à la méthode des moindres carrés ordinaires, à la matrice de corrélation, aux écarts-types des coefficients de régression, au test de Student, au coefficient de corrélation multiple, au test F, au test de Durbin-Watson (qui détermine l'autocorrélation des résidus), au test de Theil (qui indique la correspondance cyclique des résultats) et au test de Bartlett (qui mesure l'hétéroscédasticité)(1).

A - Première approche empirique

A partir du modèle précédent, il est utile de procéder à une estimation statistique des équations de comportement. Le modèle se transforme par l'introduction dans chaque équation de comportement d'une ordonnée à l'origine et par la modification du paramètre de la variable explicative. Les équations techniques et les équations de définition sont les mêmes que celles du modèle précédent.

(1)  $WUT = g_0 \cdot Y(T-1) + g_1$

(2)  $CT = c_0 \cdot RMT + c_1$

(3)  $IT = b_0 \cdot Y(T-1) + b_2$

(4)  $NWT = h_0 \cdot PDT + h_1$

(5)  $MWT = f_0 \cdot NWT + f_1$

Les joueurs connaissent maintenant le modèle sous-jacent et ils

---

(1) Le cours de statistique adapté à notre simulation peut être trouvé aisément dans les ouvrages suivants : KANE E.J. : "Statistique, économétrie et économie". A. Colin. 1971. JOHNSTON J. : "Econometric methods" Mac Graw Hill. 1965.

Tableau n° 12 - Construction du modèle simple

PHASES	ROLES	MOTIVATIONS
Approche statistique	<p><u>Equipe pédagogique</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cours économétrie ou statistique</li> <li>- Contrôle des interprétations des étudiants</li> </ul> <p><u>Etudiants</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Apprennent les problèmes d'ajustement statistique, les tests économétriques, les hypothèses d'utilisation des techniques quantitatives particulières</li> </ul>	<p>Transmission des connaissances</p> <p>Etude des limites des résultats empiriques</p> <p>Combattre partiellement les défauts de l'enseignement programmé, d'une croyance totale en la justesse de l'approche proposée superficiellement par l'ordinateur.</p> <p>Montrer les limites de la modélisation</p>
Première approche empirique	<p><u>Equipe pédagogique</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Surveille l'application et l'interprétation économétrique des résultats</li> <li>- Donne des conseils</li> <li>- Inspire de nouvelles formulations</li> <li>- Continue le cours de théorie économique</li> </ul> <p><u>Etudiants</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Apprennent les problèmes économétriques</li> <li>- Analysent les hypothèses sous-jacentes</li> <li>- Etude de la récursivité</li> </ul>	<p>Mêmes principes</p> <p style="text-align: center;">+</p> <p>Apports théoriques</p>
Deuxième approche empirique	<p>Ibidem</p> <p style="text-align: center;">+</p> <p>approche théorique améliorée progressivement</p>	<p>Mêmes principes</p> <p style="text-align: center;">+</p> <p>Apports théoriques</p>

vont apprendre à utiliser un programme informatique et à raisonner sur des instruments d'analyse statistique. Nous nous contenterons d'indiquer les valeurs des paramètres, leurs écarts-types notés en-dessous des paramètres et entre parenthèses, le coefficient de corrélation multiple, le test F et le test de Durbin-Watson. Parfois nous y ajouterons les tests de Theil ou des suites homogènes.

<p>(1) <math>WUT = 0,274.Y(T-1) + 16,836</math>                  (0,01)           (0,89)</p> <p>F = 807            D = 0,982            DW = 1,93</p>
<p>(2) <math>CT = 0,904.RMT + 9,96</math>                  (0,055)       (3,01)</p> <p>F = 269            D = 0,951            DW = 0,8 (autocorrélation des résidus) et <math>f(E) = 0,133</math>(incorrect)</p>
<p>(3) <math>IT = 0,298.Y(T-1) - 27,54</math>                  (0,08)           (7,33)</p> <p>F = 13,4            D = 0,49            DW = 0,566 (autocorrélation des résidus)</p>
<p>(4) <math>NWT = 0,501.PDT + 5,235</math>                  (0,028)       (1,25)</p> <p>F = 323            D = 0,958            DW = 0,555 (autocorrélation positive)</p>
<p>(5) <math>MWT = 0,677.NWT - 1,385</math>                  (0,004)       (0,142)</p> <p>F = 26120            D = 0,999            DW = 2,53 et <math>f(E) = 0</math> (Test de Theil).</p>

Ainsi, les résultats empiriques indiquent que :

- WUT semble correctement ajusté, car tous les tests sont satisfaisants au seuil 0,05.

- CT est mal appréhendé, malgré un coefficient de corrélation élevé. L'équation implique une autocorrélation des résidus et le test de Theil montre des divergences au niveau du cycle économique. Les mêmes constatations peuvent être faites avec IT et NWT. Par contre, MWT satisfait entièrement tous les tests statistiques.

Il convient de noter que l'équation de la consommation a été légèrement modifiée, puisque la variable explicative de CT n'est plus RT mais RMT, qui représente le revenu disponible après déduction



du financement des investissements opéré par les revenus non-salariaux (FC). Nous considérerons FC comme un type particulier d'auto-financement que nous calculerons à part, car nous supposerons que la part de financement des entrepreneurs dépend de la confiance qu'ils témoignent en l'avenir économique à court terme. Le revenu réalisé dans la même période constitue (dans notre modèle) l'élément essentiel d'appréhension de cette confiance du capitaliste.

Cette première approche enseigne :

- l'écart entre les relations macroéconomiques théoriques et les faits réels, la théorie n'étant qu'une approximation de la réalité;
- les méthodes empiriques d'appréhension des phénomènes économiques et une initiation à l'économétrie ;
- l'obligation d'analyser les écarts, afin de rendre le modèle valide par itération.

Les résultats de D et de F semblent corrects, mais sauf pour les équations (1) et (5), les résidus ont une autocorrélation positive. Il convient alors d'essayer d'améliorer le modèle.

#### B - SECONDE APPROCHE : AMELIORATION DU MODELE

Nous conserverons les mêmes variables endogènes. L'étude économétrique nous conduit à prolonger notre analyse théorique et à reconsidérer les équations de comportement. De nouveaux tests statistiques seront effectués sur de nouveaux ajustements.

Ainsi, WUT dépend de  $Y(T-1)$ , mais aussi de facteurs difficilement quantifiables ou contrôlables d'un point de vue strictement économique, tels que le relèvement du SMIC, les revendications salariales, etc... Il est possible alors d'appréhender ces causes, de façon indirecte, par l'étude d'un indice VT qui représente l'action de l'Etat sur les bas salaires. Soit :

$$WUT = g_0.Y(T-1) + g_1.VT + g_2$$

La consommation dépend du revenu disponible, mais aussi de la consommation de la période précédente (habitudes de consommation). L'équation devient plus proche du comportement global de la consommation, mais elle s'avère aussi plus complexe.

$$CT = c_0.RMT + c_1.C(T-1) + c_2$$

L'équipe pédagogique se doit d'apporter les éléments théoriques nécessaires par le biais du cours parallèle. Ainsi, les analyses de DUESENBERY, de KUZNETZ ou de FRIEDMAN doivent être amplement



présentées(1).

La fonction d'investissement semble beaucoup trop générale et l'utilisation exclusive du coefficient marginal du capital ne produit jamais des résultats empiriques intéressants. Dans une première étape, il nous paraît utile d'intégrer le financement des entreprises et le capital net disponible comme variables explicatives de l'investissement.

$$IT = b_0.Y(T-1) + b_1.FT + b_2.KT + b_3$$

Enfin, l'équation des revenus non-salariaux reste extrêmement sommaire. Il n'est pas évident que ces revenus constituent une partie constante du profit disponible de l'entreprise. Cette équation laisse prévaloir l'idée d'une homogénéité de cet agrégat. Nous échapperons à notre première formulation en introduisant le capital comme variable explicative, car KT explique en partie les versements des dividendes et des intérêts.

$$NWT = h_0.PDT + h_1.K(T-1) + h_2$$

Le modèle reste récursif, car MWT est fonction de NWT.

$WUT = 0,29.Y(T-1) + 0,021.VT + 12,062$ <p style="text-align: center;">(0,01)                      (0,008)</p> <p>F = 575 D = 0,986 DW = 2,29</p>
$CT = 0,452.RMT + 0,549.C(T-1) - 0,693$ <p style="text-align: center;">(0,019)                      (0,021)                      (0,431)</p> <p>F = 6908 D = 0,999 DW = 2,79</p>
$NWT = 0,578.PDT + 0,014.K(T-1) - 3,465$ <p style="text-align: center;">(0,018)                      (0,001)                      (0,573)</p> <p>F = 1750 D = 0,996 DW = 2,993 et f(E) = 0</p>
$IT = 1,86.FT - 0,009.K(T-1) - 0,011.DY(T-1) - 11,81$ <p style="text-align: center;">(0,178)                      (0,004)                      (0,124)                      (1,527)</p> <p>F = 218 D = 0,982 DW = 1,578 et f(E) = 0,133</p>

Pour WUT les résultats sont excellents, encore que VT variable explicative ne répond au test de Student qu'au seuil 0,05.

(1) Deux approches économétriques intéressantes peuvent servir de base au cours parallèle : EVANS M.K: "Macroeconomic activity", Harper & Row, 1969. MALINVAUD E : "Méthodes statistiques de l'économétrie" Dunod, 1964.

Pour CT les tests sont corrects sauf DW qui est insuffisant.

Pour NWT, les résultats sont équivalents à ceux de CT. Nous retiendrons cependant cette formulation, car le test de Theil montre nettement l'existence des mêmes pics et retournements des valeurs observées et des valeurs calculées. Le test des suites homogènes nous rassure sur la possibilité d'indépendance des résidus.

Pour IT, le problème est plus complexe. D'un point de vue théorique, le paramètre précédant  $DY(T-1)$  doit être positif, ce que ne reconnaît pas l'ajustement empirique. De plus, le test de Student n'est pas satisfaisant pour les paramètres de  $K(T-1)$  et  $DY(T-1)$ , au seuil 0,01. Les autres tests sont insuffisants. Il est possible alors de modifier l'équation en rejetant dans un premier temps  $DY(T-1)$  comme variable explicative et en intégrant  $Y(T-1)$  dans l'équation, car la théorie indique une relation étroite entre le produit national et l'investissement net.

$$IT = 0,099.Y(T-1) + 1,687.FT - 0,018.K(T-1) - 3,944$$

(0,062)	(0,117)	(0,006)	(1,387)
---------	---------	---------	---------

$$F = 266$$

$$D = 0,986$$

$$DW = 1,65 \text{ et } f(E) = 0,133$$

Cette analyse empirique n'est pas meilleure que la précédente, car si l'autocorrélation des résidus n'existe plus, les tests de Student ne sont pas améliorés, dont celui concernant le produit national comme variable explicative de l'investissement. Le principe d'accélération est rejeté(1).

Il faut noter les difficultés fondamentales qui existent dans l'analyse macroéconomique au niveau de la multicollinéarité. Pour les étudiants possédant un bagage économique suffisant, un cours pourrait être enseigné sur ce sujet, afin de souligner les pièges de l'analyse empirique. Plusieurs ouvrages traitent de ce problème et pourraient servir soit de manuels(2), soit d'exemples du traitement simple de la multicollinéarité (3)

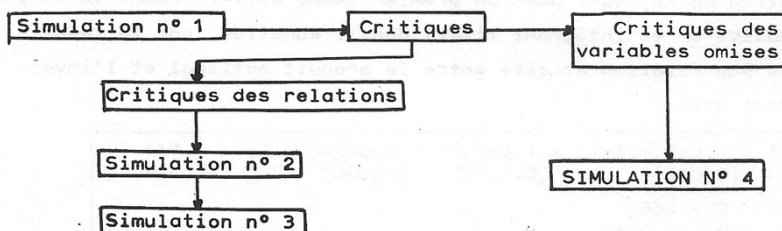
(1) MALINVAUD E: "Statistical methods of econometrics". Rand Mac Nally, 1966.

(2) KANE E.J : Op.Cit. p.330 et s. GUILLAUME M:"Modèles économiques".Thémis. PUF. p. 97 et s. PIATIER A:"Statistique et observation économique".Thémis.PUF. p. 519 et s. FARRAR & GLAUBER : "Multicollinearity in regression analysis".R.E.S.Feb.1967.

(3) LAMBIN J.J:"Modèles et programmes de marketing".PUF.1970.p. 66. FONTANEL J:"L'anti-publicité".ADIPUG,1976.

### Section n° 3 - CONSTRUCTION D'UNE SIMULATION "COMPARATIVE" COMPLETE

A l'issue de la première simulation, les joueurs se devaient de critiquer non seulement le contenu des relations économétriques, mais aussi ils devaient s'intéresser aux conséquences de leurs décisions sur les variables économiques fondamentales omises. Il convient maintenant d'introduire ces variables dans le système formalisé afin de vérifier les analyses précédentes.



L'approche économétrique n'intéresse, dans un premier temps, que l'équipe pédagogique. A la fin des expériences, et seulement à la fin des simulations, il sera intéressant de dévoiler aux joueurs le modèle sous-jacent. Notre nouveau modèle comprend 25 nouvelles variables endogènes et six nouvelles variables exogènes.

- ZT = demande d'emploi non satisfaite
- NNT = population active disponible
- MT = importations
- XT = exportations
- PRT = taux d'accroissement des prix
- PIT = taux d'accroissement de la productivité
- WWT = taux d'accroissement des salaires
- LT = actifs liquides
- UUT = taux de chômage
- UT = nombre de chômeurs
- NT = population active employée
- DYT = accroissement absolu du PNN
- BCT = dettes ou créances à l'étranger (solde)
- DNNT = accroissement de la population active
- DNT = accroissement de la population active occupée.

DDT = accroissement des dettes de l'Etat  
 DGT = augmentation des dépenses gouvernementales  
 IPT = indice des prix (base 16 ème période)  
 YRT = PNN réel (base 16 ème période)  
 WRT = masse salariale réelle  
 PIRT= accroissement réel de productivité  
 CRT = consommation réelle  
 IRT = investissement réel  
 DRT = dettes réelles de l'Etat  
 WWRT= taux d'accroissement des salaires réels.  
 PRAT = 1 + PRT et PRRT = 1 + PR(T-1)

Les six variables exogènes nouvelles sont :

VT = indice d'augmentation du salaire minimum légal  
 ST = taux d'intérêt à long terme  
 RTT = taux d'escompte au temps T  
 UDT = politique de l'Etat en matière de main d'oeuvre  
 JXT et JMT = indices de modification des conditions de commerce avec l'étranger (douanes, coopération, aides à l'exportation...).

Les paramètres des équations sont estimés par la méthode des moindres carrés ordinaires ; les paramètres de politique fiscale sont fixés directement par les pouvoirs publics. Notre modèle est récurrent, trimestriel, "en valeur", à court terme ; il est non-linéaire. Il comprend 45 équations, dont 12 équations de comportement, 6 équations techniques et 27 équations de définition. Le Tableau n° 12 explique cette nouvelle étape pédagogique.

Tableau n° 12 - Construction de la nouvelle simulation

ROLES	MOTIVATIONS
<u>Equipe pédagogique</u> - Construction du modèle - Cours portant sur l'analyse keynésienne. - Approche économétrique	Transmission des connaissances Utilisation des techniques précédemment mises au point. Les étudiants font oeuvre de création en cherchant à appréhender empiriquement le modèle sous-jacent
<u>Etudiants</u> - Reçoivent un cours traditionnel - Ils ne connaissent pas le modèle - Ils disposent des programmes informatiques nécessaires	L'approche économétrique réalisée dans ce paragraphe ne concerne que l'équipe pédagogique ; les étudiants n'en ont pas connaissance. Ils feront ce type d'étude plus tard, lorsque le modèle sera révélé et analysé.

## A - LES EQUATIONS DE COMPORTEMENT

### 1 - Equation de la population active disponible

$$DNNT = q_0 \cdot Z(T-1) + q_1 \cdot UDT + q_2$$

La population active dépend essentiellement de la population totale, de la pyramide des âges, des débouchés, de la scolarisation, (etc...), mais il est impossible d'intégrer tous ces facteurs dans un modèle relativement simple. Nous supposons alors que la population disponible croît régulièrement en fonction de l'évolution de la demande de travail non satisfaite à la fin de la période précédente. Cette demande  $ZT$  attire la main d'oeuvre étrangère prête à immigrer et encourage le travail féminin. Cependant, l'Etat peut mener une politique d'immigration extrêmement importante (comme c'est le cas aux Etats-Unis d'Amérique) afin d'encourager ou de décourager ce mouvement de population. Les accords de coopération entre deux pays peuvent avoir des conséquences fondamentales sur la disponibilité de main d'oeuvre des deux pays.  $UDT$  représente l'influence du gouvernement sur l'accroissement de main d'oeuvre active disponible

$$\begin{aligned} DNNT &= 0,099 \cdot Z(T-1) + 1,001 \cdot UDT + 0,04 \\ &\quad (0,000) \quad (0,002) \quad (0,000) \\ D &= 0,999 \\ F &= 12033 \\ DW &= 2,000 \text{ et } f(E) = 0 \end{aligned}$$

L'annexe A donne un exemple des informations complètes que donne l'ordinateur sur les ajustements statistiques. Les résultats empiriques sont excellents. Les tests sont satisfaisants, y compris les tests de Student qui confirment la validité d'intégration de nos deux variables explicatives.

### 2 - Equation de la consommation

D'après KEYNES, la consommation est fonction du revenu :  $CT = f(RT)$  avec  $0 < f'(RT) < 1$ ,  $f'(RT)$  étant la propension marginale à consommer. Nous avons testé la fonction linéaire  $CT = c_0 \cdot RT + c_1$ , et les résultats n'étaient guère satisfaisants. Cependant, les modèles modernes ne retiennent plus cette formulation élémentaire. Dans le modèle n° 3, nous avons intégré les habitudes de consommation. D'autres facteurs influent sur la consommation, comme les revenus passés ou la composante permanente du revenu (FRIEDMAN). La notion de revenu

permanent n'est pas opérationnelle, car elle n'est pas définie et elle ne se prête pas à la mesure. L'intégration des revenus passés dans notre équation pose un problème d'estimation empirique ; il faut disposer de séries statistiques très longues pour les utiliser comme variables explicatives. La théorie économique considère actuellement la richesse comme une variable explicative de la consommation. La richesse peut être exprimée par l'intégration des actifs liquides (effet PIGOU d'encaisse réelle) ou de l'offre de monnaie dans la fonction de consommation. Evidemment, la richesse ne peut être exprimée uniquement par les actifs liquides et l'utilisation de la notion de patrimoine nous semble mieux adaptée. Cependant, il existe d'énormes problèmes statistiques qui ne sont pas encore résolus par les spécialistes des informations économiques. Nous préférons alors utiliser une équation déjà testée à partir de données trimestrielles, par ZELLNER ou le modèle de KLEIN-GOLDBERGER (sous une forme différentielle)(1).

$$CT = c_0.RT + c_1.C(T-1) + c_2.L(T-1) + c_3$$

Rappelons que les résultats de l'équation de la consommation du modèle n° 3 étaient relativement bons, à l'exception du tests DW.

Notre nouvelle équation se présente comme suit :

$$CT = 0,263.RT + 0,516.C(T-1) + 0,223.L(T-1) + 0,598$$

(0,056)	(0,018)	(0,064)	(0,319)
---------	---------	---------	---------

$$D = 0,999$$

$$F = 8425$$

$$DW = 2,54 \quad f(E) = 0,133 \quad SH = 7$$

Les tests de Student sont satisfaisants, mais l'autocorrélation des résidus n'est pas condamnée par le test de Durbin-Watson. Il devient très difficile d'améliorer nos résultats(2). Les techniques liées aux corrections de l'autocorrélation sont trop dangereuses pour être utilisées dans ce travail, d'autant que l'on ignore si l'autocorrélation est supportable ou non. Nous sommes plutôt dans le cas d'une autocorrélation négative, ce qui indique que les variances des paramètres ont tendance à être surestimées(3). Si nous

- 
- (1) GUILLAUME M: "Modèles économiques". Thémis. PUF. 1971. p. 170.  
 VANGREVELINGHE G: "Modèles et projections de la consommation " Economie et Statistique. Nov. 1969.  
 FOUQUET A: "Modèles de projection de la demande des ménages" Coll. INSEE. Série. M. 22. Paris 1973.  
 NASSE P: "Peut-on suivre l'évolution trimestrielle de la consommation ?" Economie et Statistique. N° 8. Février 1970.
- (2) En général DW ne s'applique pas à des variables comportant des retards supérieurs à 1 (KANE : Op.Cit. p. 440)
- (3) KANE : Op.Cit. p. 438-443.



utilisons la méthode des suites homogènes, nous obtenons, au seuil 0,05, un refus de l'autocorrélation des résidus, ou plutôt le refus du rejet de l'équation du fait de l'existence d'une autocorrélation des résidus. Le tableau de SIEGEL(1) montre les valeurs critiques du rejet de l'indépendance des résidus. Cette méthode assez inefficace, gaspilleuse d'informations ne tient pas compte de la grandeur des résidus. En fait, nous accepterons l'hypothèse d'absence d'autocorrélation des résidus, tant que l'inverse n'est pas démontré.

### 3 - Equation d'investissement

Les investissements productifs sont supposés sous le contrôle exclusif du secteur privé. Il n'existe donc aucun monopole de l'Etat ni aucune entreprise publique dont se sert le gouvernement pour agir directement sur l'économie. Il peut exister un secteur public, mais celui-ci ne se comporte pas différemment du secteur privé.

Dans l'analyse keynésienne, l'investissement dépend du taux d'intérêt du marché. Cette formulation reste profondément ancrée dans la théorie économique de l'investissement. Les théories de l'accélération conduisent à donner au capital et à la production des influences fondamentales sur le niveau de l'investissement. L'investissement productif net est lié aux possibilités de financement de la période précédente, mais aussi au financement de la période présente, du fait du mouvement continu de la production des richesses. De nombreuses études existent sur la fonction d'investissement mais l'introduction du rôle du financement dans cette équation est récente. Notre fonction d'investissement retient cinq variables explicatives : l'accroissement du PNN, le financement disponible créé lors de la période précédente, le taux d'intérêt à long terme, le capital à la fin de la période précédente, le financement de la période en cours. Signalons que les stocks sont inclus dans les investissements nets (en variations). Les paramètres  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$  doivent être positifs, alors que  $b_3$  doit être négatif(2)

$$IT = b_0.DY(T-1) + b_1.FT + b_2.F(T-1) + b_3.ST + b_4.K(T-1) + b_5$$

Les résultats de l'équation de l'investissement du modèle n° 3 n'étaient pas excellents. Notre nouvelle formulation s'avère aussi très décevante.

---

(1) SIEGEL S: "Non parametric statistics for the behaviour sciences" Mac Graw Hill. 1956. pp. 252-253.

(2) Voir l'excellent article : DESPLATS-REDIER : "Les investissements industriels et le principe d'accélération". Coll. INSEE. Série E.7. Février 1971. EVANS M : Op.Cit. p. 73 et s.



$$\begin{aligned}
 IT &= 0,842 \cdot FT + 0,006 \cdot K(T-1) + 0,54 \cdot DY(T-1) + 0,579 \cdot ST + \\
 &\quad (0,24) \quad (0,003) \quad (0,135) \quad (0,516) \\
 &\quad + 0,686 \cdot F(T-1) + 9,844 \\
 &\quad (0,142) \quad (0,919) \\
 D &= 0,994 \\
 F &= 374 \\
 DW &= 2,12 \text{ et } f(E) = 0,067
 \end{aligned}$$

Le test de Durbin-Watson ne peut affirmer l'indépendance des résidus dans le cadre d'une série de 16 données intéressant 5 variables explicatives. Le test de Theil montre une légère déformation de la forme de la courbe générale de la variable IT. Il n'est d'ailleurs pas très intéressant de considérer l'autocorrélation des résidus, car on constate que certains tests de Student ne sont pas satisfaisants. Les estimations des paramètres de  $K(T-1)$  et de  $ST$  ne diffèrent pas significativement de zéro, au seuil 0,05. Ces deux variables ne peuvent pas être retenues comme variables explicatives significatives de l'investissement dans l'équation étudiée. Une nouvelle régression élimine  $ST$  (dont le test de Student est déplorable), mais elle conserve  $K(T-1)$  comme variable explicative.

$$\begin{aligned}
 IT &= 0,862 \cdot FT - 0,004 \cdot K(T-1) + 0,592 \cdot F(T-1) + 0,48 \cdot DY(T-1) + 2,17 \\
 &\quad (0,251) \quad (0,003) \quad (0,135) \quad (0,136) \quad (0,954) \\
 D &= 0,994 \\
 F &= 425 \\
 DW &= 2,15 \text{ et } f(E) = 0,067
 \end{aligned}$$

Tous les tests sont satisfaisants, à l'exclusion du test de Student portant sur le paramètre  $K(T-1)$ . Il convient donc d'améliorer notre système, en refusant d'accepter comme variable explicative de l'investissement, le capital de la période précédente.

$$\begin{aligned}
 IT &= 0,59 \cdot FT + 0,676 \cdot F(T-1) + 0,631 \cdot DY(T-1) + 0,531 \\
 &\quad (0,191) \quad (0,131) \quad (0,101) \quad (1,012) \\
 D &= 0,991 \\
 F &= 502 \\
 DW &= 2,24
 \end{aligned}$$

Les tests sont satisfaisants. Le taux d'intérêt à long terme et le degré capitalistique du pays n'influent guère sur la décision d'investissement des entrepreneurs. Cette constatation ne porte que sur l'investissement net, puisque nous n'appréhendons que cette variable. Les perspectives de croissance et la possibilité d'obtenir un financement semblent être les déterminants essentiels de la

fonction globale d'investissement de ce pays fictif. Cette équation sera retenue dans notre simulation.

#### 4 - Equation des importations

Dans les modèles précédents, nous avons supposé que le pays vivait en parfaite autarcie. Notre époque se caractérise par une interdépendance croissante des économies nationales. Dans la plupart des modèles macroéconomiques, les importations sont expliquées par le niveau du produit national net et la propension marginale à importer (constante).

$$MT = a.YT + b$$

Cette relation ne peut nous satisfaire, car elle omet de nombreuses variables explicatives, et elle ne se préoccupe pas des "time-lag" qui exercent une influence déterminante dans l'explication des importations. Il existe de nombreuses études théoriques et empiriques qui peuvent servir de base à une réflexion sur les relations économiques d'un pays avec d'autres pays 1). Les importations varient plutôt en fonction des variations du PNN de la période précédente, car les commandes se font longtemps à l'avance, au moins un trimestre. Ensuite, les importations dépendent des niveaux de prix comparatifs du pays et de ses partenaires commerciaux ; en fait, il serait fort intéressant d'envisager dans notre équation les prix à l'importation de préférence au mouvement général des prix. Il faut avouer cependant l'insuffisance des travaux statistiques en la matière et l'augmentation considérable de la complexité du modèle si l'on envisageait une telle solution. Nous ne prendrons comme variable explicative que le seul mouvement général des prix, étant entendu qu'une situation inflationniste tend à accroître les importations. En outre, l'équation d'importation doit exprimer aussi l'effet "habitude" que nous avons déjà perçu dans la fonction de consommation et la "non-substituabilité" de certains produits importés. Il serait préférable d'utiliser un tableau d'échanges inter-industriels afin de mieux cerner le phénomène importation, mais le modèle, en se compliquant, perd une grande partie de sa valeur pédagogique. Dans notre équation, nous exprimons l'effet de croissance par  $Y(T-1)$  et l'effet de concurrence par  $PR(T-1)$ , le décalage de temps exprimant le retard normal entre la commande et sa réalisation

---

(1) COURBIS R: "Développement économique et concurrence étrangère" Rev.Eco. Janvier 1969. GUILLAUME : Op.Cit. EVANS : Op.Cit. DERYCKE-BOBE : "Projections des échanges extérieurs et balance des paiements" Economica, 1975.

effective. Afin de mettre en évidence les élasticités, nous réfutons l'approche linéaire de la fonction des importations pour utiliser une fonction du type Cobb-Douglas.

$$MT = k_0 \cdot Y(T-1)^{k_1} \cdot M(T-1)^{k_2} \cdot PRRT^{k_3}$$

Il faut souligner que  $PRRT = 1 + PR(T-1)$

De cette première étude, il faut conclure que  $k_1$ ,  $k_2$  et  $k_3$ , les élasticités des variables explicatives par rapport à la variable expliquée, doivent être positives.

$$\begin{aligned} \text{LogMT} &= 0,807 \cdot \text{LogM}(T-1) + 0,086 \cdot \text{LogY}(T-1) + 6,106 \cdot \text{LogPRRT} + 0,093 \\ &\quad (0,023) \qquad\qquad (0,03) \qquad\qquad (0,289) \qquad\qquad (0,002) \\ D &= 0,998 \\ F &= 2387 \\ DW &= 2 \text{ et } f(E) = 0 \end{aligned}$$

Tous les tests sont corrects pour les logarithmes(1). Cependant, nous allons considérer l'impact des décisions gouvernementales sur le commerce extérieur. L'Etat peut agir directement sur les importations en recourant aux droits de douanes, à certains accords internationaux, etc... Les effets espérés par le gouvernement sont inscrits dans la variable instrumentale JMT.

$$\begin{aligned} \text{Log MT} &= 0,805 \cdot \text{LogM}(T-1) + 0,09 \cdot \text{LogY}(T-1) + 6,036 \cdot \text{LogPRRT} + \\ &\quad (0,005) \qquad\qquad (0,007) \qquad\qquad (0,069) \\ &\quad + 0,979 \cdot \text{LogJMT} + 0,079 \\ &\quad (0,069) \qquad\qquad (0,000) \\ D &= 0,999 \\ F &= 31866 \\ DW &= 2,425 \text{ et } f(E) = 0 \end{aligned}$$

Le test de Durbin-Watson indique la méconnaissance de l'existence d'une autocorrélation des résidus. Si l'on applique le test des suites homogènes au seuil 0,05, l'hypothèse nulle de l'indépendance des résidus ne peut être rejetée. Le test de Theil nous montre la parfaite concordance du cycle réel et du cycle simulé.

Notre équation des importations s'écrit ainsi :

$$MT = 1,2 \cdot M(T-1)^{0,805} \cdot Y(T-1)^{0,094} \cdot PRRT^{6,036} \cdot JMT^{0,979}$$

On remarque que les élasticités sont toutes positives, ce qui correspond aux exigences de la théorie économique exprimées précédemment.

(1) Cf les problèmes d'estimation TEESKENS R et KOERTZ J : "Some statistical implications of the log-transformation of multiplicative models". *Econometrica*. Sept. 1972.

## 5 - Equation des exportations

A l'inverse de la fonction d'importation, les fonctions d'exportation privilégient théoriquement la croissance des pays étrangers. Nous ne reprendrons pas cette analyse pour ne pas compliquer inutilement le modèle. Les exportations dépendent :

- du produit national net de la période précédente, car un trimestre s'écoule entre la demande ou la recherche des débouchés et la réalisation effective de l'exportation (effet de croissance).

- des exportations de la période précédente, liant ainsi l'effet d'habitude des exportations et les produits non substituables par l'étranger (effet de dépendance).

- des prix de la période précédente, date à laquelle se réalisent les contrats (effet de concurrence).

La mise en évidence des élasticités nous conduit à utiliser une fonction de type Cobb-Douglas.

$$X_T = f_0 \cdot Y(T-1)^{f_1} \cdot X(T-1)^{f_2} \cdot PRRT^{f_3}$$

Les élasticités  $f_1$  et  $f_2$  doivent être positives, alors que  $f_3$  doit être négative. La forme de cette fonction est utilisée pour le modèle FIFI, bien que les variables explicatives soient différentes : prise en considération de la croissance de la production intérieure de l'étranger, de la production industrielle de la France, de la consommation de produits industriels des ménages français et de l'effet concurrence. L'ajustement de l'équation de notre modèle donne les résultats suivants :

$\begin{aligned} \text{Log} X_T &= 0,164 \cdot \text{Log} Y(T-1) - 8,225 \cdot \text{Log} PRRT + 0,692 \cdot \text{Log} M(T-1) + \\ &\quad (0,026) \qquad \qquad \qquad (0,334) \qquad \qquad \qquad (0,027) \\ &+ 0,141 \\ &\quad (0,003) \\ D &= 0,991 \\ F &= 534 \\ DW &= 2,04 \quad \text{et} \quad f(E) = 0,133 \end{aligned}$
--

Seul, le test de Theil ne répond pas correctement au problème de la bonne représentation du cycle économique.

Parallèlement à ce que nous avons fait pour la fonction d'importation, il convient d'intégrer l'influence de l'Etat sur les exportations, par les aides de toutes sortes (fiscales, administratives, subventions, etc...). Les effets espérés par le Gouvernement d'une décision concernant les exportations se retrouvent dans l'indice JXT.

$$\begin{aligned} \text{Log XT} = & 0,157 \cdot \text{LogY}(T-1) - 8,152 \cdot \text{LogPRRT} + 1,029 \cdot \text{LogJXT} + \\ & (0,007) \qquad (0,092) \qquad (0,09) \\ & + 0,694 \cdot \text{LogX}(T-1) + 0,155 \\ & (0,008) \qquad (0,001) \\ D = & 0,999 \\ F = & 5298 \\ DW = & 2,33 \text{ et } f(E) = 0 \end{aligned}$$

Le test de Durbin-Watson ne répond pas au problème de l'autocorrélation des résidus. Le test des suites homogènes indique, au seuil 0,05, le refus de rejeter l'indépendance des résidus.

$$XT = 1,428 \cdot Y(T-1)^{0,157} \cdot X(T-1)^{0,694} \cdot PRRT^{-8,152} \cdot JXT^{1,029}$$

On peut constater que les élasticités  $f_1$  et  $f_2$  sont positives, alors que  $f_3$  est négative. Nos résultats sont en accord avec la réflexion théorique.

#### 6 - Equation de demande de travail non satisfaite

La demande de la force de travail dépend en fait de phénomènes économiques, structurels, régionaux, professionnels. Le niveau très agrégé de notre modèle implique le choix d'une équation simple, ne prenant en compte que les éléments agrégés fondamentaux qui constituent les variables explicatives de la demande de travail non satisfaite(1) ; elle dépend essentiellement du nombre de chômeurs disponibles (baisse du coût de la main d'oeuvre) ainsi que de l'accroissement des dépenses gouvernementales (qui permet de pomper une partie de la main d'oeuvre disponible et de créer une nouvelle demande).

$$\begin{aligned} ZT = & 0,049 \cdot DGT + 0,695 \cdot UT + 0,013 \\ & (0,002) \qquad (0,013) \qquad (0,007) \\ D = & 0,996 \\ F = & 2010 \\ DW = & 1,2 \qquad f(E) = 0,133 \qquad \text{et } SH = 5 \end{aligned}$$

Les tests de Durbin-Watson et de Theil ne sont pas excellents, mais le test des suites homogènes indique qu'au seuil de signification de 0,05, l'indépendance des données résiduelles n'est pas démentie. Nous accepterons donc cette formulation, car  $s_0$  et  $s_1$  sont positifs, conformément à la théorie. Notons enfin que nous avons pris DGT comme variable explicative, car elle montre l'effort du gouvernement

(1)SELLIER - TIANO : "Economie du travail" Thémis.1970.VERNIERES M: "Travail et croissance". Cujas.1972. p. 285 et s.

pendant la période envisagée.

### 7 - Equation des revenus salariaux disponibles privés

Les salaires privés dépendent fondamentalement de la production des richesses créées dans la période précédente et de l'augmentation de la productivité. De même, les revendications sociales portent sur des augmentations de salaire, des rattrapages, des parités. Le salaire minimum n'est augmenté qu'après connaissance des résultats économiques de la période précédente et principalement des variations de productivité. La masse salariale privée dépend du PNN, de la productivité de la période précédente et des variations du salaire minimum décidé par l'Etat.

$$WUT = g_0.Y(T-1) + g_1.PI(T-1) + g_2.VT + g_3$$

La théorie économique indique que  $g_0$ ,  $g_1$  et  $g_2$  sont positifs.

$WUT = 0,289.Y(T-1) + 6,54.PI(T-1) + 0,02.VT + 5,685$ <p style="text-align: center;"> <math>(0,01) \quad (10,46) \quad (0,008) \quad (0,769)</math> </p> $D = 0,99$ $F = 365$ $DW = 2,48 \quad f(E) = 0 \text{ et } SH = 6$
---

Si le coefficient de corrélation multiple, le test F et le test de Theil sont satisfaisants, en revanche, les tests de Student ne sont pas corrects pour PI et VT. Le coefficient de corrélation simple entre Y(T-1) et WUT est très élevé (0,991), ce qui explique la validité de certains tests. Il semble que WUT soit dépendant de Y(T-1), encore que le coefficient de corrélation simple unissant WUT et VT ne soit pas négligeable. Le problème de la multicollinéarité complique singulièrement les analyses empiriques de macroéconomie ; cependant, dans le cadre de cette simulation semi-informaticielle, il ne nous semble pas utile, sauf pour des étudiants d'un niveau de connaissances statistiques suffisant, de procéder à une telle étude.

$WUT = 0,29.Y(T-1) + 0,021.VT + 12,062$ <p style="text-align: center;"> <math>(0,01) \quad (0,008) \quad (0,751)</math> </p> $D = 0,988$ $F = 575$ $DW = 2,29 \quad \text{et } f(E) = 0$
--

Les coefficients répondent aux exigences théoriques(1).

(1) LECAILLON J & VERNIERE M : "Théorie du salaire". Cujas.1974.  
 SELLIER-TIANO : Op.Cit.Pour une endogénéisation des salaires publics, Cf COURTHEOUX J.P:"La détermination des salaires dans le secteur public". Cahiers. ISMEA. Economies et Sociétés.Dec.1975.



## 8 - Equation des prix

L'indice des prix, au niveau macroéconomique, dépend de :

- l'accroissement du taux de salaire WWT. Lorsque le patronat accepte une augmentation de salaire, il a tendance à augmenter les prix de façon à maintenir ses marges bénéficiaires. C'est ce que l'on appelle par euphémisme une inflation par les coûts. De la même façon, si les salaires augmentent trop vite, la demande augmente et il risque d'apparaître une inflation par la demande.

- de l'accroissement du taux de productivité du travail. En effet, si le taux de productivité croît, il est possible de réduire les charges de l'entreprise ou d'accroître le profit.

- du taux de chômage. En effet, si le chômage croît, les prix ont tendance à diminuer du fait de l'impact de ce phénomène sur le pouvoir d'achat et sur les salaires. Au contraire, en plein emploi dit KEYNES, les prix augmentent du fait d'une inflation par les coûts qui peut s'aggraver par une inflation par la demande.

- de l'accroissement des dettes gouvernementales. Si l'Etat dépense plus qu'il ne possède, il engendre un processus inflationniste.

- de la variation du taux d'imposition indirecte puisque ce type d'impôt est répercuté sur le consommateur, donc sur les prix.

Il résulte de ce raisonnement l'équation des prix suivante :

$$PRT = 10.WWT + 11.PIT + 12.UUT + 13.DDT + 14.DNOT + 15$$

DNOT représente les variations du taux d'imposition indirecte (variable exogène).

L'approche théorique de cette équation reste d'obédience néo-keynésienne. Cette équation est une parente lointaine de la courbe de PHILLIPS (1) qui met en évidence la relation inverse entre le niveau du chômage et la croissance des salaires nominaux. Depuis, de nombreuses formulations sont apparues, intégrant de nouvelles variables, impliquant des phénomènes d'anticipations ou modifiant l'interprétation théorique de la relation. Cependant, toutes ces recherches sont centrées sur la liaison chômage-salaires nominaux et inflation. Nous donnons une nouvelle formulation en considérant

(1) PHILLIPS A.W. : "The relation between unemployment and the rate of change of money wage rates in the U.K. 1861-1957" *Economica*. Nov. 1958. LIPSEY RG : "The relation between unemployment and the rate of change of money wage rates in U.K. 1862-1963". *R. Eco. Stud.* Feb. 1960



le niveau des prix comme variable expliquée (1) et le chômage ou les salaires nominaux comme variables explicatives. Cette approche ne coïncide pas avec un simple changement de membre de l'équation algébrique exprimant la relation économique de PHILLIPS-LIPSEY. Les prix sont réellement la variable expliquée, ce qui éloigne notre formulation de l'approche classique de la relation inflation-chômage-salaires nominaux. De nombreux facteurs agissent sur les prix, tels que les syndicats (2), le taux de profit (3), ou la productivité (4). L'étude de la relation inflation-chômage-salaires nominaux en utilisant les prix comme variable expliquée conduit à une formulation plus complexe, qui intègre les augmentations des taux d'imposition indirecte et l'augmentation des dettes de l'Etat. Le premier facteur ne présente aucune difficulté de validation, puisque les impôts indirects se répercutent sur les consommateurs et donc, sur les prix. Le second facteur a déjà été soulevé de nombreuses fois dans l'analyse économique, essentiellement par les keynésiens. Nous ne retiendrons pas, en revanche, le taux de profit et l'intervention des syndicats, car ces variables sont ignorées de notre modèle, le premier facteur ne présentant d'ailleurs aucune difficulté d'introduction (5). La courbe de PHILLIPS est à l'heure actuelle notoirement insuffisante ; il faut inclure donc de nouvelles variables économiques qui rendent plus crédibles les analyses du chômage et de l'inflation. Certains économistes ont pensé que la liaison entre inflation et chômage n'existait plus. Cette analyse est biaisée, car cette relation existe toujours. Ce qui a changé, c'est l'influence relative des différents facteurs inclus dans la fonction des prix (6).

- 
- (1) DICKS-MIREAUX L.A. : "The inter-relationship between cost and price changes 1946-1959" Oxford Economic Papers, Oct. 1961.  
VANDERKAMP J. : "Wage and price level determination : an empirical model for Canada" *Economica*, May 1966.
- (2) HINES A.G. : "Trade-Unions and wage inflation in the U.K. 1893-1961" *R.Eco.Stud.* Oct. 1964.
- (3) SCHULTZE C.L. et TRYON J.L. : "Prices and wages" *Brookings* (65).
- (4) PERRY L. : "The determination of wage rates change" *Rev. Eco. Stu.* N°88-Oct. 1964. KUH E. : "A production theory of wage-levels, an alternative to the Phillips curve". *Rev. Eco. Stud.*
- (5) Pour une analyse exhaustive cf PHAN D.L. : "Un aperçu théorique de la littérature sur la courbe de Phillips" *Rev. Eco.* Sept. 1971
- (6) COULBOIS P. : "La politique conjoncturelle" Cujas 1974 P/125 & s.  
COHEN A. : "Initiation à la Science Economique". Bréal T.II. 1973

Dans cette équation, il ressort que 10, 13 et 14 sont positifs, alors que 11 et 12 sont négatifs.

$$\begin{aligned} \text{PRT} &= 0,061.\text{WWT} + 0,002\text{DT} - 0,022.\text{PIT} - 0,822.\text{UUT} + 0,322.\text{DNOT} + 0,001 \\ &\quad (0,004) \quad (0,000) \quad (0,005) \quad (0,009) \quad (0,011) \quad (0,00) \\ \text{D}^2 &= 0,999 \\ \text{F} &= 2610 \\ \text{DW} &= 2,88 \text{ et } f(\text{E}) = 0 \end{aligned}$$

DW ne peut nous indiquer l'absence ou l'existence d'une autocorrelation des résidus, puisqu'il comprend 5 variables explicatives pour 16 expériences. Le test des suites homogènes indique que l'indépendance des résidus ne peut être rejetée au seuil de 5 %. Cette formulation répond à nos objectifs, puisque les signes des paramètres sont satisfaisants.

#### 9 - Equation de l'accroissement absolu de la population active occupée (1).

Dans la plupart des modèles économiques, cette variable est supposée exogène, sous prétexte que le concept répond à l'analyse démographique ; cette conception nous paraît erronée, car l'accroissement de population active dépend de facteurs purement économiques :

- L'augmentation du PNN engendre la création de nouveaux emplois.
- Mais l'accroissement de la productivité du travail tend au contraire à réduire le nombre de personnes employées, étant entendu que les employeurs embauchent en fonction des résultats acquis dans la période précédente.
- Le taux de chômage agit de trois façons sur le niveau de la population active occupée, d'abord en faisant baisser ou augmenter les coûts de la main d'oeuvre, ensuite en incitant les pouvoirs publics à agir, enfin en dégageant une armée de réserve de force de travail disponible pour le recyclage ou les travaux peu attirants.
- L'accroissement du taux de salaire WT engendre une augmentation des coûts de production. Le facteur de production travail dans sa position concurrentielle avec le capital (facteurs parfois substituables) voit sa situation se dégrader.
- L'augmentation des dépenses gouvernementales crée de

(1) SELLIER & TIANO : Op Cit. Cf MICHON F. : "Chômeurs et chômage" PUF 1975. VERNIERES M. : "Travail et croissance". Cujas 1973. CAIRE G. : "La planification". Cujas 1972 P/285 et s.

nouveaux emplois, soit en accroissant la demande effective et donc la production, soit en accueillant, par un travail déterminé, une partie des chômeurs.

- Enfin, le niveau de demande de travail non satisfaite tend à réduire l'armée de réserve, même si certains problèmes structurels spécifiques apparaissent rapidement. Plus la demande de travail est importante, plus les chômeurs pourront trouver du travail.

$$DNT = m_0.Z(T-1) + m_1.DY(T-1) + m_2.DGT + m_3.WW(T-1) + m_4.PI(T-1) + m_5.UU(T-1) + m_6$$

Pour toutes les variables explicatives (sauf DGT), nous avons intégré un time-lag, car l'embauche ne se réalise que sur les résultats économiques de la période précédente. Les paramètres doivent être positifs, à l'exclusion de  $m_3$ , car le taux d'accroissement salarial conditionne une partie des recherches de l'investissement comme substitut à la force de travail.

$$DNT = 0,220.Z(T-1) + 0,01.DY(T-1) + 0,149.DGT - 1,419.WW(T-1) + 12,91.UU(T-1) + 2,931.PI(T-1) - 2,341$$

(0,217)                      (0,004)                      (0,006)                      (0,433)

(2,664)                      (1,52)                      (0,019)

$D^2 = 0,994$   
 $F = 268$   
 $DW = 2,021$  et  $f(E) = 0$

Les tests de Student ne sont pas satisfaisants pour les variables explicatives Z et PI. Leur paramètre n'est pas significativement différent de zéro. Rejetons la variable Z comme variable explicative de DNT.

$$DNT = 0,017.DY(T-1) + 0,147.DGT - 1,569.WW(T-1) + 1,947.PI(T-1) + 15,473.UU(T-1) - 1,159$$

(0,003)                      (0,005)                      (0,408)                      (0,169)

(0,816)                      (0,019)

$D^2 = 0,993$   
 $F = 320$   
 $DW = 3$  et  $f(E) = 0$ .

A nouveau, nous devons refuser la variable PI comme explicative de DNT. Nous procédons alors, à une autre étude empirique, qui ne fait intervenir que  $DY(T-1)$ ,  $DGT$  et  $WW(T-1)$  comme instruments d'explication de DNT, ainsi que  $UU(T-1)$ .

$$\begin{aligned}
 DNT &= 0,0216 \cdot DY(T-1) + 0,147 \cdot DGT - 1,366 \cdot WW(T-1) + 16,402 \cdot UU(T-1) \\
 &\quad (0,001) \qquad (0,006) \qquad (0,419) \qquad (0,642) \\
 &+ 0,551 \\
 &\quad (0,02) \\
 D &= 0,996 \\
 F &= 344 \\
 DW &= 3 \quad f(E) = 0 \quad \text{et SH} = 5
 \end{aligned}$$

Le test DW ne se prononce pas sur l'auto-corrélation des résidus, alors que le test de THEIL, le test F et les tests de Student sont satisfaisants. Au seuil de signification 0,05, le test des suites homogènes indique le rejet de l'obligation de dépendance des résidus. Signalons enfin la parfaite conformité de cet ajustement avec la théorie. Nous retiendrons cette formulation.

#### 10 - Equation des revenus non-salariaux

Nous ne modifierons pas l'équation du modèle n° 3 qui indiquait que les revenus non-salariaux dépendent du revenu brut d'exploitation des entreprises privées (ou profit disponible avant impôt) et du capital disponible de la période précédente.

$$NWT = 0,014 \cdot K(T-1) + 0,578 \cdot PDT - 3,465$$

Nous avons vu que tous les tests étaient corrects et que le signe des paramètres correspondaient aux impératifs de la théorie.

#### 11 - Equation de la consommation des revenus non-salariaux

Il nous intéresse de connaître la partie du revenu des non-salariés qui est destinée à la consommation (ou réciproquement au financement des financements, puisque notre modèle n'appréhende aucune autre alternative). Nous ferons l'hypothèse selon laquelle la consommation dépend du niveau du revenu des non-salariés (ce qui est exact, mais ce qui est sans doute aussi, insuffisant).

$$\begin{aligned}
 MWT &= 0,677 \cdot NWT - 1,39 \\
 &\quad (0,004) \qquad (0,142) \\
 D &= 0,999 \\
 F &= 26120 \\
 DW &= 2,53 \text{ et } f(E) = 0
 \end{aligned}$$

Les tests sont satisfaisants.

#### 12 - Equation des actifs liquides

Les actifs liquides en circulation dépendent, d'après la théorie économique, du montant de PNN et du niveau du taux d'escompte. Nous

ajouterons une variable explicative qui nous semble particulièrement intéressante, même si son action est indirecte : les dettes de l'Etat qui influent sur le montant des actifs liquides en circulation.

$$LT = r_0.YT + r_1.RTT + r_2.DT + r_3$$

La théorie économique indique que  $r_0$  et  $r_2$  doivent être positifs et  $r_1$  négatif. Les actifs liquides augmentent lorsque le PNN ou les dettes de l'Etat augmentent. Par contre  $r_1$  est négatif, car la hausse de RTT engendre une diminution des actifs liquides.

$$LT = 0,5.YT - 1,203.RTT + 0,297.DT - 9,694$$

(0,001) (0,026) (0,003) (0,061)

$$D^2 = 0,999$$

$$F = 244892$$

$$DW = 1,89 \text{ et } f(E) = 0.$$

Les tests de Student, F, DW, de THEIL sont très satisfaisants. Les signes des paramètres répondent aux exigences théoriques.

## B - LES EQUATIONS TECHNIQUES

### 13 - Equation des impôts directs personnels

Nous ne considérons que les revenus salariaux et les revenus non-salariaux. Les impôts directs des personnes physiques portent sur les revenus distribués de l'année précédente ; comme notre modèle est trimestriel, nous ferons l'hypothèse selon laquelle les impôts sont payés trimestriellement sur les revenus du trimestre correspondant de l'année précédente.

$a_1$  et  $a_2$  sont deux paramètres de politique économique.

$$TPT = a_1.X(T-4) + a_2.NW(T-4)$$

Cette équation reste extrêmement agrégée. Elle exprime l'impact des impôts de façon très grossière (problème de la progressivité omis, etc...). Cependant, son utilisation présente un grand intérêt puisqu'elle permet de mesurer l'impact d'une politique fiscale portant sur les impôts directs des personnes physiques, malgré l'hypothèse irréaliste mais pratique des time-lag de l'imposition.

### 14 - Equation des impôts directs sur les entreprises

Les impôts directs payés par les entreprises portent sur le concept du profit, très différent de celui dégagé au niveau macroéconomique. Cependant, dans l'esprit, il s'agit de la même notion, même

si sa comptabilisation diffère (notion de frais généraux, d'amortissement, etc...). Nous ferons les mêmes hypothèses que précédemment, à savoir que les impôts directs des entreprises sont payés trimestriellement en fonction du revenu du trimestre correspondant de l'année précédente. Le paramètre  $do$  est un paramètre de politique économique.

$$TBT = do.P(T-4)$$

Notons que  $do$  recouvre à la fois le taux d'imposition moins le taux de subvention normal accordé par l'Etat aux entreprises.

#### 15 - Equation des impôts indirects (1)

Les impôts indirects sont perçus par les entrepreneurs et payés par les consommateurs. Ils dépendent du montant du PNN de la période précédente. Nous supposons que ces impôts indirects sont payés par trimestre sur la valeur ajoutée de la période précédente.  $no$  est un paramètre de politique économique beaucoup plus souple que  $a1$ ,  $a2$  ou  $do$ . Il peut, en pratique, être modifié à tout moment.

$$TIT = no.Y(T-1)$$

#### 16 - Fonction d'accroissement des salaires nominaux

L'accroissement des salaires nominaux est égal au rapport de la variation relative de la masse salariale et de la variation relative de la population active occupée.

$$WT / W(T-1) = WWT.NT/N(T-1)$$

#### 17 - Fonction d'accroissement de la productivité

L'accroissement de la productivité nominale est égal au rapport de la variation relative du PNN et de la variation relative de la population active occupée.

$$YT/Y(T-1) = PIT. NT/N(T-1)$$

Il s'agit d'une fonction de production assez sommaire.

#### 18 - Fonction du taux de chômage

Le taux de chômage est égal au rapport du nombre de chômeurs sur la population active disponible.

$$UUT = UT/NT$$

---

(1) BROCHIER H., LLAU P., MICHALLET CH.A. : "Economie financière".  
Thémis. 1975.

## C - LES EQUATIONS DE DEFINITION

### 19 - Equation des recettes de l'Etat

Les recettes de l'Etat sont constituées exclusivement par le fisc. Il en résulte que les recettes de l'Etat sont égales à la somme des impôts directs et indirects.

$$\text{TXT} = \text{TPT} + \text{TBT} + \text{TIT}$$

### 20 - Equation des dettes gouvernementales

Les dettes gouvernementales au temps T sont égales aux dettes de la période précédente, auxquelles s'ajoutent ou se retranchent la différence entre dépenses et recettes de l'Etat.

$$\text{DT} = \text{D}(T-1) + \text{GT} - \text{TXT}$$

### 21 - Equation de la masse salariale

La masse salariale est constituée des salaires publics et des salaires privés. Il convient d'ajouter que les prestations sociales sont incluses dans les salaires publics et privés.

$$\text{WT} = \text{WUT} + \text{WDT}$$

### 22 - Equation du revenu disponible

Le revenu disponible se définit comme la somme de tous les revenus distribués aux particuliers auxquels on retire les impôts payés au titre des impôts des personnes physiques.

$$\text{RT} = \text{WT} + \text{NWT} - \text{TPT}$$

### 23 - Equation de dépendance ou de puissance vis-à-vis de l'étranger

La puissance vis-à-vis de l'étranger s'exprime comme la somme des déficits ou bénéfices de la balance commerciale.

$$\text{BCT} = \text{BC}(T-1) + \text{XT} - \text{MT}$$

BCT indique donc les créances du pays (ou ses dettes) sur l'étranger. Si BCT devient longuement positif, il se posera le problème de la réévaluation de la monnaie nationale. Si BCT est négatif, il se posera à moyen terme, le problème de la dévaluation de la monnaie nationale. Notre modèle n'est pas capable d'intégrer ces phénomènes, mais il présente l'avantage de montrer les désavantages de certaines politiques économiques.



#### 24 - Equation du produit national net

Le produit national net est égal à la somme de l'investissement net, de la consommation, des dépenses gouvernementales et du solde des échanges avec l'extérieur.

$$YT = IT + CT + GT + XT - MT$$

#### 25 - Equation du capital net

Le capital net est égal au capital net de la période précédente, auquel s'ajoutent les investissements nets de la période courante. L'approche statistique de cet agrégat est extrêmement difficile malgré quelques études récentes (1).

$$KT = K(T-1) + IT$$

#### 26 - Equation d'accroissement absolu de la population active disponible

Cette équation définitionnelle, utilisée par commodité pratique plutôt que par utilité théorique, montre l'accroissement absolu de la population active disponible.

$$DNNT = NNT - NN(T-1)$$

$$NNT = NN(T-1) + DNNT$$

#### 27 - Equation d'accroissement absolu de la population active occupée

Cette équation, homologue de la précédente, montre l'accroissement absolu de la population active occupée.

$$DNT = NT - N(T-1)$$

$$NT = DNT + N(T-1)$$

#### 28 - Equation du profit (2)

Le profit macroéconomique représente la différence entre ce qui a été produit et les coûts de production avant impôts directs.

$$PT = YT - WT - TIT$$

#### 29 - Equation d'autofinancement

L'autofinancement des entreprises est égal au profit réalisé

- 
- (1) MAIRESSE J : "L'estimation du capital fixe productif".  
Economie et Statistique n° 25 - Juillet-Août 1971
- (2) Le profit fait l'objet d'une littérature développée, et notre intégration du profit reste trop simple. Cf PERROUX F. : "Pour une théorie englobante du profit" Eco. Appl. n° 1-1973. BABEAU A  
"Le profit" "Que sais-je ?" N° 1349. Paris 1969

dans la période précédente et distribué dans la période courante, auquel on retire les impôts versés à l'Etat et les revenus non-salariaux.

$$AFT = PDT - NWT$$

30 - Equation du profit disponible

Le profit disponible de la période T est égal au profit réalisé dans la période précédente, amputé de l'impôt sur les bénéfices des sociétés.

$$PDT = P(T-1) - TBT$$

31 - Equation de variation des dépenses gouvernementales

Cette équation pourrait être exogène, mais nous préférons laisser l'ordinateur en faire le calcul.

$$DGT = GT - G(T-1)$$

32 - Equation de variation des dettes gouvernementales

La variation des dépenses gouvernementales de la période T est égale aux dettes gouvernementales de la période (T-1), auxquelles on retranche les dépenses gouvernementales de la période précédente. Les variations des dettes gouvernementales répondent au même principe.

$$DDT = DT - D(T-1)$$

33 - Equation du revenu disponible après financement patronal

Le revenu disponible après financement patronal est égal à la différence entre le revenu disponible et le financement des investissements effectués par les revenus non-salariaux.

$$RMT = RT - FCT$$

34 - Equation du financement des investissements par les revenus non-salariaux

Le financement est égal à la différence entre les revenus non-salariaux et la part des revenus consacrée à la consommation.

$$FCT = NWT - MWT$$

### 35 - Equation du financement des investissements

Le financement des investissements est égal à la somme des divers capitaux financiers dégagés par l'économie en vue d'investir. En fait, dans la réalité économique, il existe un agent économique, le système bancaire, qui se charge du recueil et du commerce de l'argent nécessaire au financement de l'économie. Cependant, nous avons négligé ce secteur, en ne nous intéressant qu'au financement réalisé par les non-salariés (personnes morales et physiques telles que les apporteurs de capitaux). L'écart entre le revenu disponible après financement de l'économie par les revenus non-salariaux et la consommation finale donne l'épargne des salariés. Pour ne pas trop compliquer le modèle, nous négligerons cet appel à l'épargne des salariés, dans le cadre du financement des investissements par l'intermédiaire du réseau bancaire. Cela revient à dire que cette épargne est thésaurisée, mais la thésaurisation sera supposée n'avoir aucun impact sur les autres variables économiques, du fait de sa faiblesse relative.

$$FT = FCT + AFT$$

### 36 - Equation du nombre absolu des chômeurs

Le nombre absolu des chômeurs est égal à la différence entre la population active disponible et la population active réellement occupée.

$$UT = FCT - DNT$$

### 37 - Equation de l'accroissement du PNN

Il est égal à la différence entre le PNN à la période T et le PNN à la période (T-1).

Nous avons raisonné jusqu'à présent, dans une conception nominale, dite "en valeur". Il est possible d'introduire dans notre modèle, des calculs de certaines variables importantes "en volume". Notons que ces résultats n'ont aucune influence sur le modèle lui-même ; ils offrent à ceux qui prennent des décisions des informations non négligeables. Ces variables pourraient être introduites dans le modèle proprement dit, sans engendrer une modification fondamentale de la structure du système formalisé.

- 
- 38 - IPT = IP (T-1).PRAT
  - 39 - WRT = WT/IPT
  - 40 - DRT = DT/IPT
  - 41 - CRT = CT/IPT
  - 42 - IRT = IT/IPT
  - 43 - YRT = YT/IPT
  - 44 - PIRT = PIR(T-1). PIT/PRAT
  - 45 - WWRT = WRT (T-1). WWT/PRAT

Le modèle est entièrement récursif. Nous donnons l'ordre du calcul du programme :

DNNT, NNT, TPT, TBT, TIT, TXT, PDT, NWT, MWT, AFT, FCT, FT, WUT, WT, RT, RMT, PRRT, DGT, DNT, NT, XT, MT, DT, DDT, BCT, CT, IT, YT, DYT, WWT, PIT, UT, UUT, PRT, PT, ZT, LT, KT, PRAT, et toutes les variables "en volume".

C'est parce que notre modèle est entièrement récursif que l'on peut, sans risquer de biais, utiliser la méthode d'ajustement des moindres carrés ordinaires ; sans cette qualité intrinsèque du modèle, il aurait été nécessaire de procéder à des méthodes plus complexes, encore que l'existence de programmes concernant la méthode des doubles moindres carrés et les méthodes du maximum de vraisemblance les rendent également faciles.

## Deuxième Partie : Les traitements dynamiques de la simulation

### semi-informatique

Les études empiriques et théoriques précédentes ne sont pas suffisantes. Il convient maintenant de réaliser de nombreux traitements dynamiques du modèle complexe, de façon à permettre à l'étudiant de comprendre les tenants et les aboutissants d'une décision particulière. Bien entendu, les "enseignés" reçoivent parallèlement à la simulation proprement dite des cours de politique économique et d'analyse macroéconomique. Il existe d'ailleurs d'excellents ouvrages qui pourraient servir de référence pour la construction du cours proprement dit(1). Nous nous contenterons de les signaler, car nous voulons surtout axer notre étude sur la méthodologie de la simulation semi-informatique.

La construction du modèle précédent nous conduit naturellement à son étude numérique, par les procédures de simulation. Cette simulation semi-informatique "comparative" permet de bien comprendre les mécanismes économiques, mais elle présente le défaut d'être trop mécaniste. Notre étude se prolongera alors avec une simulation semi-informatique opérationnelle, qui nécessitera quelques modifications mineures du système formalisé.

- 
- (1) EVANS M: "Macroeconomic activity. Theory , forecasting and control". Harper & Row, 1969.  
LECAILLON J: "Analyse macroéconomique". Cujas, 1969.  
GUILLAUME M : "Modèles économiques". Thémis. PUF, 1971.  
BENARD J : "Comptabilité nationale et modèles de politique économique". Thémis. PUF, 1972.  
ACKLEY G : "Macroeconomic Theory". Mac Millan, 1961.  
ALLEN R.G.D : "Théorie macroéconomique, une étude mathématique" A. Colin, 1969.  
COULBOIS P: "La politique conjoncturelle". Cujas, 1974.  
GOUX C & DALOZ J.P : "Macroéconomie appliquée". Cujas, 1970.

## Section n° 1 - REALISATION DE LA SIMULATION SEMI-INFORMATIQUE

---

Il convient d'utiliser le système théorique construit à des fins pédagogiques et d'expérimentation. La structure du "jeu" n'est pas fondamentalement différente de celle de notre première simulation semi-informatique. L'utilisation d'un plan expérimental ne se justifie, dans un premier temps, qu'au niveau de l'équipe pédagogique. Celle-ci cherche à apporter, dans le cadre d'un premier type d'expériences, un chemin de croissance déterminé correspondant à plusieurs phénomènes économiques particulièrement intéressants à étudier : la crise économique, l'inflation, le chômage, etc... Les joueurs font des erreurs et ils s'écartent à chaque incrément du plan expérimental réalisé par l'équipe pédagogique, une correction s'avère alors nécessaire après chaque décision. La première approche de notre simulation semi-informatique implique donc plusieurs expériences complètes permettant d'appréhender les situations économiques les plus intéressantes du capitalisme, de façon à dévoiler par ce processus de correction instantanée, les tenants et aboutissants des décisions complexes macroéconomiques.

Lorsque ce tour d'horizon, complété parallèlement par le cours de l'équipe pédagogique, est effectué, les joueurs ne bénéficient plus d'aucune correction. Ils essaient de répondre à des objectifs très généraux, permettant plusieurs réponses. Ainsi, la première question peut s'énoncer ainsi : quelles décisions faut-il prendre si l'on veut que le PNN de la période précédente dépasse celui de la période courante ? Les joueurs doivent vivre avec leurs erreurs. Il convient d'être extrêmement prudent avant d'exiger des étudiants la réalisation d'objectifs portant sur plusieurs périodes, car la complexité peut décourager les meilleures volontés. Seuls des étudiants qualifiés peuvent trouver dans cette approche un complément intéressant à leurs connaissances. Dans ce cadre, il est inutile d'exiger de l'équipe pédagogique l'élaboration d'un plan expérimental rigide. Par contre, il nous semble très intéressant lorsque tous les joueurs ont été familiarisés avec les décisions macroéconomiques de procéder à une analyse "en groupe" de toutes les simulations

réalisées par les joueurs individuels, de façon à appréhender toutes les erreurs possibles ; l'équipe pédagogique peut alors décider la réalisation d'expériences "en groupe".

L'étude de toutes les situations économiques possibles s'avère impossible puisque non seulement les variables instrumentales varient, mais aussi ces variations sont infinies quantitativement. L'approche exploratoire permet la réalisation de plusieurs expériences concurrentes dans la même période et l'analyse en variante (FIFI) montre l'impact d'une variation d'un instrument de politique économique sur les variables économiques fondamentales.

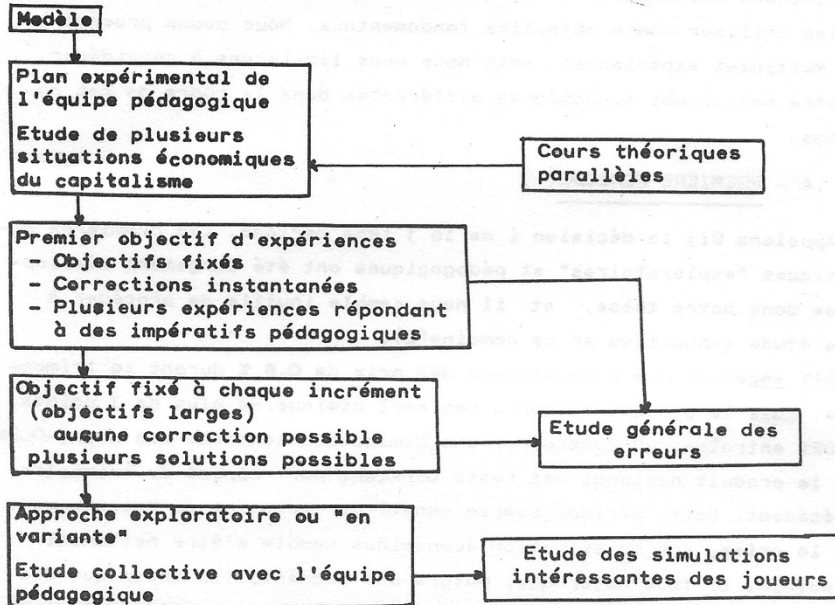


Tableau n° 13 - Schéma préparatoire à la réalisation d'expériences

L'étude du premier intervalle de temps doit tenir compte de la mauvaise situation économique héritée et de la nécessité de ne pas utiliser des politiques satisfaisantes à court terme, mais conduisant inexorablement à un accroissement de la crise à long terme. L'essentiel du jeu pédagogique réside dans la réalisation d'au moins une expérience portant sur les situations fondamentales du capitalisme. L'équipe pédagogique doit permettre, par ses cours parallèles traditionnels, de mieux faire comprendre le sens des variations. La simulation semi-informatique exagère le sens des variations,



ce qui permet une meilleure compréhension du phénomène étudié.

Notre modèle de simulation a été traité sur un ordinateur du type IBM 360/60. Nous n'avons pas suivi le cheminement pré-indiqué, car la construction du modèle ne répond pas aux mêmes impératifs que son exploitation. Il suffit dans le premier cas, d'abord de réaliser plusieurs expériences de façon à vérifier la conformité des résultats empiriques et des informations théoriques attendues, ensuite d'envisager toutes les formes pédagogiques que peut revêtir la simulation semi-informatique analysée, enfin, de rechercher les situations économiques intéressantes obtenues par le modèle de façon à les utiliser comme objectifs fondamentaux. Nous avons procédé à de multiples expériences, mais nous nous limiterons à considérer quatre politiques économiques différentes dans le cadre de cet ouvrage.

#### A - PREMIERE PERIODE(1)

Appelons  $D_j$  la décision  $i$  de la  $j$  ième période. Les premières politiques "exploratoires" et pédagogiques ont été largement développées dans notre thèse, et il nous semble inutile de procéder à une étude exhaustive en ce domaine(2).

$D_{11}$  engendre une augmentation des prix de 0,8 % durant ce trimestre, mais le produit national net réel diminue de plus de 3 points.

$D_{21}$  entraîne, au contraire, une diminution sensible des prix(-0,2%) et le produit national net reste constant par rapport au trimestre précédent. Cette période semble constituer le point de retournement de la crise, car la situation économique semble s'être nettement assainie. Il faut noter que, malgré une augmentation théorique des prix liée à l'augmentation des impôts indirects, dans un contexte de crise, on constate une diminution pratique de l'indice des prix du fait de la diminution considérable des dettes de l'Etat, et du rôle de ce prélèvement sur la demande effective. Il convient de ne pas faire l'erreur de supposer que la hausse du taux d'imposition indirecte conduit à une hausse directe des prix. Cet exemple montre la difficulté d'appréhension des lois économiques.

---

(1) Cf Annexe B. Nous avons procédé à de nombreuses simulations mais il faut retenir que les résultats n'ont qu'une valeur d'exemple. C'est pourquoi nous n'avons pas indiqué le détail de nos expériences. Soulignons toutefois l'intérêt pour l'équipe pédagogique de faire "travailler" les étudiants par les analyses "en variantes".

(2) FONTANEL J: "Les techniques de simulation informatique dans l'analyse macroéconomique". Nanterre. Thèse. 1974.

	D11	D21	D31	D51
a1	0,1	"	"	"
a2	0,08	"	"	"
bo	0,15	"	"	"
no	0,15	0,19	0,17	0,17
UDT	0	"	"	"
GT	86	"	"	92
WDT	39,5	"	"	"
VT	20	"	"	"
RTT	6	"	"	"
JMT	0,98	"	"	"
JXT	1,02	"	"	"

D31 se place entre ces deux décisions, car les prix augmentent, mais nettement moins que pour D11, alors que le produit national net réel diminue légèrement. Le point de retournement peut être envisagé à la fin de ce premier trimestre, alors que D21 se retrouve en période de légère décroissance "en volume".

Variables	D11	D21	D31	D51
YRT	283,5	286,4	284,95	276,94
YT	285,7	285,7	285,7	289,76
WT	135,2	135,2	135,2	135,2
UUT	0,041	0,041	0,041	0,001
WWT	0,987	0,987	0,987	0,946
BCT	-106,1	-106,1	-106,1	-107,1
PRT	0,0088	-0,002	0,003	0,046
IRT	38,6	38,99	38,79	37,2
DT	108,7	97,24	103	108,6
CRT	165,7	167,3	166,5	159,5
PIRT	0,988	0,998	0,986	0,926
UT	0,893	0,893	0,893	0,011

Dans la perspective d'une croissance économique, l'Etat se doit de juguler l'inflation qui a conduit le commerce extérieur vers la crise et les entreprises du pays vers la faillite, du fait d'une situation concurrentielle sans cesse dégradée. L'Etat ne peut pas théoriquement se permettre le luxe d'accroître ses dépenses, sans obliger les autres unités de dépense de limiter leurs achats.

(1) Le signe " du tableau signifie égalité avec le chiffre de gauche.

D51 obtient le montant le plus élevé de PNN nominal et le meilleur taux de chômage (0,001). Cependant, les prix augmentent à une vitesse folle (4,6 %) pendant le premier trimestre, et ils vont désorganiser l'économie nationale. De plus, les emplois créés par l'Etat sont très peu productifs ainsi que le montre PIRT, et le taux de salaire nominal a décru. Nous sommes dans une situation de crise économique grave, comme le montrent les résultats "en volume"(1).

#### B - DEUXIEME PERIODE

D12 maintient sa politique de la première période, mais l'impact des avantages conférés par l'Etat dans le cadre du commerce extérieur disparaît, la réciproque intervenant très rapidement dans ce domaine. D22 décide d'augmenter légèrement la masse salariale publique ainsi que les bas salaires, alors que D32 essaie de relancer la consommation et l'investissement en diminuant le taux d'escompte. D52 s'occupe activement du problème du chômage, pourtant très faible par rapport aux autres situations, et il exerce à l'entrée de ses frontières une politique très sévère de contrôle de la main d'oeuvre étrangère.

	Politique fiscale Di2 = Politique fiscale Di1			
	D12	D22	D32	D52
UDT	0	"	"	- 0,1
GT	86	"	"	92
WDT	39,5	40	39,5	39,5
VT	0	20	0	20
RTT	6	"	5	6
JMT	1	"	"	"
JXT	1	"	"	"

Les résultats ne sont pas surprenants.

D52 conduit à une aggravation de la crise, car les dettes de l'Etat s'amplifient, le commerce extérieur continue à se dégrader, les prix augmentent considérablement (malgré une légère baisse du taux d'augmentation). Le chômage réapparaît malgré les efforts des pouvoirs publics, qui prennent des décisions à contre-sens. La consommation réelle subit une sévère diminution alors que les investissements (surtout publics) essaient de sauver le navire du naufrage.

(1) On commente la politique n° 5, des 20 politiques testées.

	12	22	32	52
YRT	286.6	297.12	291.68	254.02
YT	290.6	291.6	290.9	272.9
WT	134.4	135.3	134.4	136
UUT	0.053	0.053	0.053	0.03
WWT	1.002	1.008	1.002	1.038
BCT	-111.36	-104.5	-107.95	-138.57
PRT	0.006	-0.017	-0.06	0.027
IRT	43.16	40.39	41.81	42.34
DT	113.8	90.87	102.32	113.63
CRT	163.8	167.43	165.48	155.17
PIRT	1.006	1.043	1.024	0.876
UT	1.16	1.16	1.16	0.658

D12 engendre un léger accroissement du PNN réel, mais cette croissance est nettement inférieure à celles de D22 et D32. Le chômage croît, mais les prix subissent une légère baisse.

D22 continue son redressement, par l'intermédiaire du commerce extérieur. Sa balance commerciale devient bénéficiaire, alors que D32 continue à se situer entre D12 et D22.

D22 constitue une politique adéquate pour combattre la crise et permettre la reprise de la croissance, mais le chômage reste très important, et les investissements sont nettement insuffisants.

#### C - TROISIEME PERIODE

Actuellement les 4 situations économiques se dé-  
finissent de la façon suivante :

- D12 : léger retournement
- D22 : réapparition de la croissance économique
- D32 : légère croissance économique
- D52 : crise accrue

D13 et D23 utilisent la même politique économique (sur une situation économique différente), le taux d'imposition indirecte constituant la seule (mais importante) divergence. D33 augmente les bas salaires et diminue le taux d'escompte. D53 reste contradictoire. Il est déflationniste en ce sens qu'il restreint ses dépenses gouvernementales. Il est inflationniste en laissant

accroître les dettes de l'Etat et en augmentant les salaires publics et les bas salaires, afin de pallier provisoirement l'abaissement considérable du pouvoir d'achat des travailleurs.

Politique fiscale D13 = Politique fiscale D11				
	D.13	D23	D33	D53
UD	0	"	"	"
GT	86	"	"	89
WDT	40.5	"	"	43
VT	10	"	20	50
RTT	6	"	5	6
JMT	1	"	"	"
JXT	1	"	"	"

Les résultats sont assez satisfaisants pour D13, D23 et D33. Le produit national net réel croît, la balance commerciale devient bénéficiaire pour D33, les prix diminuent sans restreindre le taux de croissance. Les points noirs restent fondamentaux, car le chômage continue à prospérer, les investissements nets restent très faibles ce qui peut hypothéquer gravement l'avenir. La croissance est due essentiellement à une diminution de la demande intérieure et à un accroissement de la demande extérieure. On peut se demander si les syndicats vont accepter indéfiniment une croissance dont ils ne recueillent aucun fruit. Si l'on se reporte aux résultats, on remarque que seule la 3ème politique permet un accroissement réel du pouvoir d'achat de l'ordre de 3,5 %, alors que la croissance réelle du pays dépasse 9 %. Ce phénomène est plus grave pour la 1ère politique qui supporte une baisse du pouvoir d'achat de 2,3 % depuis le début de la simulation, alors que la croissance réelle du pays atteint 6 %. De la même façon, le chômage demeure élevé, ce qui permet d'utiliser l'armée de réserve à moindre prix.

D53 constitue encore une mauvaise décision, car la crise continue à paupériser le pays. Ainsi la PNN réelle subit une très nette baisse et le chômage devient considérable (1,481 millions de chômeurs). Les investissements réels subissent le contre-coup de cette crise, ce qui engendre non seulement de mauvaises perspectives à court terme, mais aussi des perspectives très néfastes à long terme.

L'avenir est gravement hypothéqué.

	13	23	33	53
YRT	296.81	324.8	310.85	229.85
YT	303.83	313.98	309.24	246.56
WT	137.04	137.33	137.34	191.42
UUT	0.051	0.051	0.051	0.069
WWT	1.012	1.006	1.014	1.002
BCT	-114.55	-85.94	-100.16	-175.63
PRT	0.01	-0.015	-0.002	-0.001
IRT	51.71	46.32	49.1	27.33
DT	119.7	84.98	102.38	117.29
CRT	164.2	170.3	167.	151.3
PIRT	1.034	1.13	1.082	0.822
VT	1.123	1.11	1.116	1.481

D - QUATRIEME PERIODE

Si la crise s'est arrêtée pour laisser place à une croissance quelque peu déséquilibrée pour les trois premières politiques, par contre la crise s'accroît avec la politique n° 5.

Politique fiscale constante				
	D14	D24	D34	D54
UDT	0	0	"	"
GT	88	89	90	89
WDT	42	"	"	43
UT	30	20	20	50
RTT	6	"	5	6
JMT	1	"	"	"
JXT	1	"	"	"

D14 se définit essentiellement par une augmentation importante des dépenses gouvernementales (2,5 %), une légère hausse de salaire minimum et une augmentation sensible de la masse salariale publique (+3,8 %).

réels ont diminué, ce qui est générateur de conflits sociaux graves. Remarquons enfin, la nette reprise des investissements "en volume".

Les résultats de D54 continuent à être très décevants. Une inflation très sévère remplace l'inflation et les investissements s'établissent à un niveau extrêmement bas (ils représentent un peu plus de 10 % des investissements de D24). Le chômage devient catastrophique. Le pouvoir d'achat des travailleurs diminue considérablement et les profits des entreprises sont faibles, ce qui indique un processus de faillites en chaîne. Le financement et l'autofinancement indiquent nettement cette tendance. Cette situation rappelle la crise de 1929, mais les causes (et les remèdes) sont très différents. Le gouvernement n'a pas su juguler l'inflation, entraînant une crise du commerce extérieur, la perte de débouchés, la diminution de la production, le chômage, et un processus cumulatif vers la baisse.

#### E - CINQUIEME PERIODE

Les trois politiques précédentes D14, D24, D34 nous conduisent à une croissance économique déséquilibrée (au niveau de la répartition des revenus) inflationniste. La politique D54 engendre une aggravation de la crise, malgré les potentialités du marché étranger.

Même politique fiscale Di1				
	D15	D25	D35	D55
UDT	0	"	"	"
GT	90	"	"	"
WDT	42	"	"	"
VT	20	"	"	"
RTT	5	"	"	"
JMT	1	"	"	"
JXT	1	"	"	"

Les politiques D15, D25, D35, D55 sont équivalentes d'un point de vue quantitatif, à l'exception des variables fiscales. Cette approche permet de montrer l'impact d'une même politique sur des situations économiques différentes.



	D15	D25	D35	D55
YRT	300.4	387.04	334.5	237.5
YT	328.1	388.2	352.97	244.8
WT	147.7	157.5	153.1	120.45
UUT	0.018	-0.04	0.012	0.085
WWT	1.018	1.061	1.06	0.913
BCT	-136	-37.4	-95.3	-186.5
PRT	0.038	0.022	0.027	-0.004
IRT	67.46	94.5	81.4	-2.14
DT	131.74	66.36	100.68	138.86
CRT	166.29	184.93	175	140.9
PIRT	1.002	1.263	1.11	0.852
UT	0.406	-0.081	0.275	1.87

Ainsi D15 accroît substantiellement ses dépenses gouvernementales alors que le taux d'escompte est diminué. D25 décide une nouvelle augmentation des dépenses gouvernementales, mais il maintient les salaires publics et diminue le taux d'escompte. Cette politique est comparable d'un point de vue qualitatif à D15, mais elle est plus sévère concernant les salaires. D35 conserve la même politique, ce qui, dans un contexte de croissance inflationniste peut s'interpréter comme une politique à tendance anti-inflationniste. Enfin, D55 augmente légèrement ses dépenses gouvernementales, mais elle diminue la masse salariale publique et son action sur les bas salaires, tout en diminuant légèrement le taux d'escompte (politique volontairement anti-sociale).

Par cet exemple concret, il est facile de vérifier les influences contradictoires d'une même politique appliquée à des situations économiques différentes (ce qui peut avoir pour corollaire, l'impossibilité réelle devant laquelle les économistes sont, d'appliquer la même politique à des économies différentes).

Les politiques D15, D25 et D35 sont inflationnistes. Les prix augmentent respectivement de 3,8 %, 2,2 % et 2,7 %. A nouveau les offres de l'inflation réapparaissent ; le produit national net réel de D15 diminue, alors que D35 supporte un très net coup de frein de sa croissance réelle. Seule D25 utilise son inflation comme un élément important de sa croissance. Le chômage disparaît complètement, nous sommes en sur-emploi ; l'écart se creuse entre D25 et les

politiques concurrentes.

Par contre, malgré et peut être à cause de sa politique anti-sociale, D55 conduit à une amélioration substantielle de la croissance de l'économie. Ainsi, le produit national net réel croît de plus de 7 %, le chômage diminue de 0,5 million de personnes, la situation devient différente. Cependant, les conditions sociales deviennent de plus en plus difficiles à supporter, puisque le pouvoir d'achat moyen des travailleurs, sans compter celui des chômeurs dont la situation est encore plus grave, a diminué de 12,3 % "en volume" depuis cinq trimestres. Il ne faut pas néanmoins en déduire que le pouvoir d'achat total des travailleurs et des chômeurs dans leur ensemble, tend à diminuer. En effet, d'anciens chômeurs ont accepté un travail peu rémunéré, ce qui tout en améliorant leur propre situation, réduit aussi considérablement la valeur de WWT. Plus grave, l'avenir est largement hypothéqué du fait d'un désinvestissement qu'il faut combattre rapidement.

#### F - SIXIEME PERIODE

Le Gouvernement doit combattre l'inflation sans engendrer l'arrêt brusque de la croissance. La dernière politique doit permettre la poursuite de la reprise sensible de la période précédente.

	16	26	36	56
UDT	0	0	0	0
GT	90	94	92	90
WDT	42.5	43	42.5	42
VT	20	20	10	0
RTT	5	5	5	5
JMT	1	1	1	0.97
JXT	1	1	1	1.03

La politique D16 garde les mêmes taux fiscaux et ne modifie pratiquement pas les autres variables exogènes ce qui, dans ce contexte inflationniste, est légèrement déflationniste.

La politique D26 change sa politique fiscale, en diminuant les impôts des salariés, en augmentant les impôts des non-salariés, en réduisant les impôts des entreprises et en maintenant le taux d'imposition indirecte. Elle accroît considérablement les dépenses

gouvernementales afin d'assurer une croissance soutenue. Cette politique semble assez paradoxale, du fait du sur-emploi décelé la période précédente.

Taux fiscaux

	16	26	36	56
a1	0,1	0,09	0,1	0,11
a2	0,08	0,09	0,08	0,09
be	0,15	0,14	0,15	0,16
ne	0,17	0,19	0,17	0,19

La politique D36 conserve ses règles fiscales mais elle accroît substantiellement les dépenses gouvernementales, tout en augmentant légèrement la masse salariale publique.

La politique D56 nous conduit à une réforme profonde de la fiscalité vers une augmentation des impôts, afin de faire face aux dettes croissantes de l'Etat, dettes qui mettent en péril la valeur de la monnaie. Cette politique semble très dure, car elle limite considérablement le pouvoir d'achat moyen des travailleurs. La politique économique reste constante, à l'exception d'un effort très important du gouvernement portant sur le commerce extérieur.

D16 et D36 engendrent un début de crise économique, puisque les PNN réels diminuent respectivement de 5 % et de 3 %. Le chômage croît considérablement, mais l'inflation nous semble trop faiblement combattue. Les salaires croissent ainsi que les investissements réels.

	D16	D26	D36	D56
YR	283,75	394,1	325,6	271,07
YT	313,24	408,22	348	285,65
W	150,13	168,05	157,13	125,06
UU	0,04	- 0,017	0,21	0,044
WW	1,035	1,05	1,032	0,986
BC	-169,7	- 33,4	-115,16	-167,83
PR	0,011	0,032	0,019	0,022
D	129	53,55	97,34	146,2
IR	62,76	110,2	90,2	27,47
CR	170	193,6	179,6	150,1
PIR	0,964	1,265	1,27	0,901
U	0,883	- 0,4	0,46	0,967

D26 poursuit la croissance de l'économie, mais celle-ci connaît un taux de croissance inférieure à celui du trimestre précédent. L'inflation est devenue considérable. Elle est due essentiellement au sur-emploi et à l'augmentation considérable des salaires dans la même période (5 %).

D56 affirme le redressement de l'économie puisque le PNN réel revient au niveau de la première période. Le chômage tend à diminuer, mais le spectre de l'inflation réapparaît, du fait de la vigueur de la relance économique. Cependant, les conditions des salariés continuent à se dégrader. Il serait fort étonnant que cette situation n'engendre aucun conflit social.

#### G - SEPTIEME PERIODE

Deux politiques qui débouchent sur des crises économiques (D16 et D36) et deux situations de croissance parsemées de points noirs de plus en plus difficile à supporter, voilà la situation au seuil de la septième période.

Même politique fiscale que Di6				
	D17	D27	D37	D57
UD	0	0	0	0
GT	90	94	92	90
WDT	42,5	43	42,5	42
VT	20	20	10	0
RTT	5	5	5	5
JMT	1	1	1	1
JXT	1	1	1	1

Les décisions gouvernementales ne varient pas durant cette période par rapport à la période précédente. Il en résulte des politiques légèrement déflationnistes. Remarquons simplement que D56 équivaut à D57 malgré des divergences de valeurs de JMT et de JXT. Les effets de la politique du commerce extérieur se sont dissipés, la réciprocité intervenant très rapidement dans ce domaine.

Il apparaît un renversement des tendances. Les politiques anti-inflationnistes agissent sur la croissance. La crise se précise pour D17, alors que D27 conduit à une réduction du taux de croissance, au point de le rendre quasiment négatif. Il s'agit, en l'occurrence,

d'un arrêt assez brutal d'un processus de croissance jusque là euphorique, suivi d'un processus légèrement déflationniste. D37 connaît au contraire une nouvelle relance de la croissance, mais le chômage devient extrêmement important (1,17 million de chômeurs). Le coût social de l'opération est particulièrement élevé.

	D17	D27	D37	D57
YR	269,38	396	356,6	296,6
YT	291,5	408,9	378	321,9
W	145,8	173,9	155,7	136,9
UU	0,068	0,017	0,053	0,011
WW	0,996	1,069	1,02	1,054
BC	-197,98	- 42	- 139	-165,65
FR	- 0,02	- 0,01	- 0,016	0,03
D	126,7	33,58	91,51	144,96
IR	41,26	98,65	60,56	42,28
CR	171,08	206	205,2	148
PIR	0,939	1,3	1,47	1,39
U	1,52	0,38	1,17	0,25

D57 réussit à diminuer considérablement le chômage et à augmenter le PNN réel de près de 9 %, mais le spectre de l'inflation réapparaît avec violence, puisque les prix ont augmenté de 3 % durant ce trimestre.

#### H - HUITIEME PERIODE

Dans cette dernière période, nous montrerons deux politiques différentes pour chacune des 4 situations actuelles. Ainsi, nous verrons avec intérêt, l'impact des variables instrumentales sur le système économique dans son ensemble.

##### 1 - Premières expériences parallèles

Pour la première et la troisième situations, l'Etat veut relancer la croissance économique du pays.

Dans la seconde situation, le gouvernement se propose de prendre les mesures nécessaires au maintien de la croissance. La dernière situation indique la nécessité et l'urgence d'un combat sérieux contre l'inflation galopante.

Même politique fiscale que Di7				
	D18	D28	D38	D58
UD	0	0	0	0
GT	94	102	96	90
WDT	44	46	45	43
VT	70	80	30	40
RTT	5	5	5	7
JMT	1	1	1	1
JXT	1	1	1	1

D18 exprime une large augmentation des dépenses gouvernementales (5 %), de la masse salariale publique (4 %) et un effort accru concernant les bas salaires. Cette politique a pour ambition de relancer la demande

D28 procède d'un même raisonnement ; les dépenses gouvernementales sont accrues de 7,5 %, la masse salariale publique connaît une croissance de 5 % et l'action sur les bas salaires devient importante.

D38, à un niveau moindre, décide une politique similaire

	D18	D28	D38	D58
YR	271,85	377,1	391,2	301,3
YT	293,4	387,6	419,5	339,5
WT	142,07	174,6	167,3	149,3
UUT	0,056	0,008	0	0,01
WWT	0,955	0,991	1,013	1,086
BCT	-199,9	-37,44	- 136,31	-175,88
PRT	- 0,03	0,003	0,016	0,038
DT	129,6	18,08	80,02	146,17
IRT	21,2	68,1	83,6	74,3
CRT	165,3	205,3	215,6	157,6
PIRT	0,929	1,253	1,513	0,983
UT	1,25	0,171	0,011	0,219

D58 veut combattre l'inflation et pour ce faire, il maintient constantes les dépenses gouvernementales, mais il ne peut refuser des augmentations substantielles des bas revenus et de la masse salariale publique. Le taux de réescompte est accru de façon à

favoriser l'épargne.

On constate que D18 et D28 ne résolvent pas du tout les problèmes de la crise économique, qui semble, au contraire, s'aggraver. Les investissements réels tombent à une allure vertigineuse (le tiers de la période précédente en ce qui concerne D27 et la moitié en ce qui concerne D17). Le pouvoir d'achat des travailleurs salariés semble à nouveau menacé. Ces politiques économiques nous semblent particulièrement mal choisies.

Par contre, la croissance est assurée par D38 et D58, même si l'inflation réapparaît en même temps qu'une surchauffe sur le marché de l'emploi. Les investissements se développent à une cadence exceptionnelle, mais le commerce extérieur risque de souffrir très rapidement de l'augmentation des prix de D38 (+1,6 %) et surtout de D58 (+3,8 %)

## 2 - Deuxième série de politiques

Les seules modifications importantes porteront sur les dépenses gouvernementales, la masse salariale publique et les hausses du salaire minimum.

Même politique fiscale				
	18 bis	28 bis	38 bis	58 bis
GT	92	94	93	90
UD	0	"	"	"
RTT	5	"	"	7
WDT	44	"	43	43
VT	70	60	30	40
JMT	1	1	1	1
JXT	1	1	1	1

Ces nouvelles politiques produisent des effets extrêmement différents des politiques précédentes. Ainsi, le PNN réel de D18bis est supérieur à celui de D18 et celui de D17, quand bien même le PNN nominal leur est inférieur. La crise est donc partiellement jugulée, et la situation du commerce extérieur en sera raffermie. Cependant, le chômage est beaucoup plus important que précédemment et les salaires réels diminuent durant cette période.

D28bis engendre aussi un PNN supérieur à D28 et presque égal à D27. Nous nous trouvons cependant devant un processus déflationniste



considérable qui peut engendrer une meilleure situation concurrentielle des produits nationaux, mais qui provoque aussi, à court terme, un chômage très important. Il conviendrait de choisir un juste milieu entre ces deux alternatives extrêmes.

D38bis provoque aussi un chômage important pour peu d'avantages concernant le PNN. Cependant, la position concurrentielle des produits nationaux sera améliorée, pour peu que l'on n'omette pas d'inciter l'esprit d'entreprise

Enfin, D58bis varie très peu par rapport à D58, puisque seule la masse salariale publique est modifiée. L'impact n'est pas très important sur une seule période. Il est évident que de nombreuses études peuvent être faites aux différentes périodes. Le premier "jeu" intéressant consisterait à faire un tour d'horizon des différentes possibilités de décision macroéconomique.

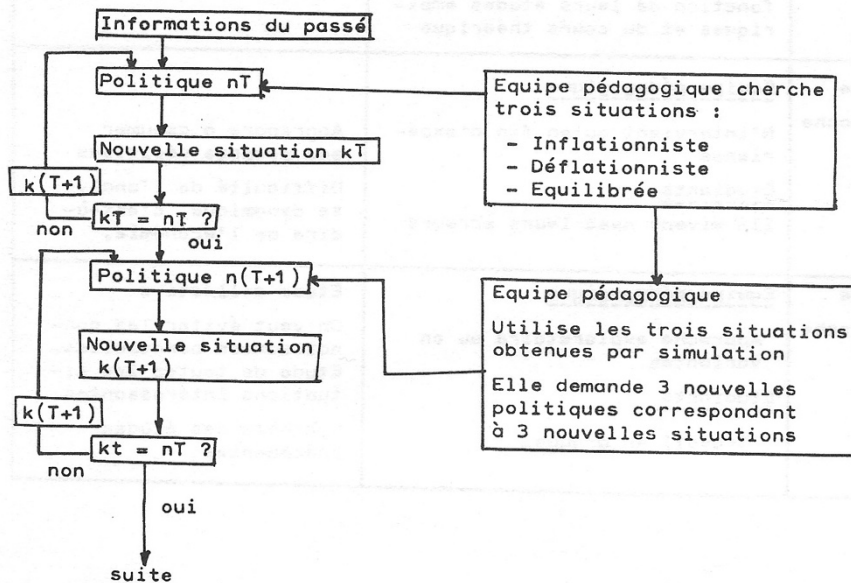


Tableau n° 14 - Explication des phénomènes économiques par l'expérimentation théorique

Le Tableau n° 15 donne un résumé succinct de cette étape fondamentale de la simulation semi-informatique, en spécifiant les rôles et les responsabilités de l'équipe pédagogique et des étudiants.

Tableau n° 15 - Réalisation de la simulation pédagogique

PHASES	ROLES	MOTIVATIONS
1ère approche	<p><u>Equipe pédagogique</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Réalisation d'un plan expérimental simple en fonction des objectifs pédagogiques</li> <li>- Explication à chaque incrément de l'édéuation objectifs décisions</li> <li>- Explication des écarts.</li> <li>- Incitation à l'expérimentation</li> </ul> <p><u>Etudiants</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prennent des décisions en fonction de leurs études empiriques et du cours théorique</li> </ul>	<p>Test des études empiriques des étudiants</p> <p>Transmission des connaissances de théorie économique et de politique économique</p> <p>Individualisation de l'enseignement</p> <p>L'étudiant doit identifier et résoudre une grande variété de problèmes qui demandent une grande maîtrise théorique</p>
2ème approche	<p><u>Equipe pédagogique</u></p> <p>N'intervient qu'en fin d'expérience</p> <p><u>Etudiants</u></p> <p>Ils vivent avec leurs erreurs</p>	<p>Apprendre à assumer ses propres décisions</p> <p>Difficulté de l'analyse dynamique, c'est-à-dire de l'économie.</p>
3ème approche	<p><u>Equipe pédagogique</u></p> <p>Approche exploratoire ou en variantes</p> <p><u>Etudiants</u></p> <p>Travail en groupe.</p>	<p>Etude collective</p> <p>On veut éviter les connaissances ponctuelles. Etude de toutes les situations intéressantes.</p> <p>Synthèse des études précédentes</p>

## Section n° 2 - CONSTRUCTION D'UNE SIMULATION SEMI-INFORMATIQUE

### OPERATIONNELLE MACROECONOMIQUE

Nous n'avons pas l'ambition de modifier notre système dans son ensemble. Nous affirmerons même qu'il est plus intéressant d'un point de vue pédagogique de construire un nouveau système par petites modifications successives du système précédent. La résolution du modèle se réalise de deux façons : soit il considère que l'Etat ne peut pas modifier conjoncturellement sa politique économique en fonction des résultats acquis le trimestre précédent, soit il peut transformer sa politique trimestrielle de façon à combattre les déséquilibres imprévisibles par le simple jeu des mécanismes.

#### A - LA CONSTRUCTION DU MODELE

Il nous est possible, à partir des variables endogènes de notre modèle, de juger de l'impact des groupes sociaux sur le système économique, à condition d'intégrer de nouvelles variables dites de "concertation" qui modifient la situation économique résultant des variations des seuls mécanismes économiques. Nous retiendrons quatre agents ; l'Etat, l'extérieur, les syndicats, le patronat. Nous supposons que le secteur bancaire est dirigé par l'Etat. Il est impossible de réaliser une étude exhaustive qui risque de faire oublier les buts essentiels de la simulation semi-informatique. Nous nous limiterons à l'étude des équations de la population active disponible, des importations et exportations, des investissements et de la masse salariale privée. Le Tableau n° 16 schématise les ambitions et les objectifs de cette simulation semi-informatique opératoire.

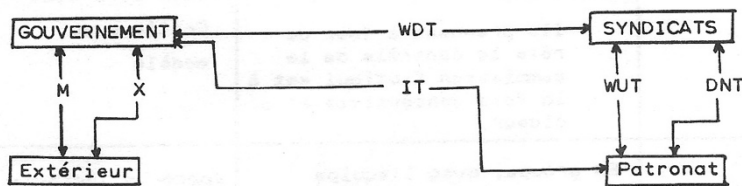


Tableau n° 16 - Simulation semi-informatique opératoire

PHASES	ROLES	MOTIVATIONS
Construction du modèle	<p><u>Equipe pédagogique</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Construction du modèle</li> <li>- Rôle des variables de concertation à déterminer.</li> </ul> <p><u>Etudiants</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Passifs</li> <li>- Constitution de groupes de concertation</li> <li>- Analyse des groupes de pression d'un pays capitaliste</li> </ul>	<p>Laboratoire de la recherche des conduites, par l'étude simpliste des effets de la structure d'organisation des conflits inter-groupes, sur les variables économiques</p>
Politique planifiée	<p><u>Equipe pédagogique</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Propose des politiques en fonction des exemples précédents.</li> <li>- Suscite une comparaison entre les simulations opératoires et les simulations comparatives</li> </ul> <p><u>Etudiants</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Deviennent concertistes</li> <li>- Etude des résultats et comparaisons</li> </ul>	<p>Critique du jeu jeu unilatéral des mécanismes économiques de notre modèle</p>
Politique non-planifiée	<p><u>Equipe pédagogique</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elle n'intervient qu'à la fin de l'étude pour expliquer les résultats obtenus et pour critiquer le modèle.</li> </ul> <p><u>Etudiants</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ils prennent à tour de rôle le contrôle de la commission Etat (qui est à la fois concertiste et décideur)</li> </ul>	<p>Intégrer tous les rôles de l'Etat</p> <p>Critique du modèle</p>
Etude stochastique	<p>En groupe, avec l'équipe pédagogique</p>	<p>Approche facteurs aléatoires</p>

## 1 - Equation de la masse salariale

$$WUT = g_0.Y(T-1) + g_1.VT + g_2$$

Les syndicats ouvriers discutent avec l'Etat et le patronat du montant des salaires en utilisant tous les moyens de pression à leur disposition dont le plus connu (sinon le plus usité) est la grève. Dans notre modèle précédent, les salaires sont obtenus de façon mécaniste, comme octroyée par le système économique. Or, la réalité est bien différente, car les salaires dépendent, dans le système capitaliste aussi (et avant tout affirment certains syndicalistes) des concertations volontaires ou forcées entre les agents économiques intéressés.

Il est possible alors de créer une commission patronat-syndicats ouvriers-pouvoirs publics, dont la charge essentielle réside dans une discussion trimestrielle du montant des salaires. Evidemment, les résultats obtenus précédemment influent directement sur les revendications des travailleurs.

Les revendications peuvent être précédées ou suivies d'une grève nationale dont il convient de connaître l'importance en heures de travail perdues pour la collectivité. Il faut alors faire un rapport en heures de travail Hg/Hn (Hg représente le nombre d'heures de grève imprévues et Hn les heures normales de travail). A la suite de la concertation, la commission doit se prononcer sur l'issue favorable ou défavorable du conflit, le remboursement ou non des heures de grève.

Les revendications peuvent porter aussi sur le maintien du salaire réel (échelle mobile des salaires). Il convient alors d'intégrer une variable de concertation C1 qui indique le pourcentage de réalisation des mécanismes économiques durant la période écoulée. Ainsi, si nous appelons :

BT = taux d'accroissement négocié des salaires au temps T

FS = le nombre d'heures de travail réel sur le nombre d'heures de travail normal (y compris les heures de grèves normales).

DpoT = L'augmentation du salaire nominal de rattrapage inflationniste au temps T

$$SF = \left( 1 + \frac{\text{Prix heures de grève payées}}{\text{Salaires "normaux"}} \right)$$

C1 peut être calculé ainsi :

$$C1 = (1 + DpoT)(1+BT).FS.SF \quad (E.1)$$

Nous aurons alors une nouvelle équation des salaires privés :

$WUST = WUT.C1$ , où  $WUST$  représente les salaires privés effectivement distribués. La valeur de  $C1$  n'est pas obligatoirement égale à celle donnée par la formule ci-dessus, car d'autres phénomènes peuvent intervenir qu'il est bien difficile d'appréhender. Cependant, la valeur de la variable de concertation ne doit pas être trop divergente de la valeur calculée. L'équipe pédagogique ( ou les experts) décide du montant de ce coefficient, sans expliquer aux joueurs les modalités de son calcul. Si l'on admet la validité de l'équation E.1, l'introduction de la variable de concertation  $C1$  dans le système formalisé ne présente alors plus aucun problème, et son calcul peut même être effectué par l'ordinateur.

## 2 - Le commerce extérieur

Nous avons déjà calculé les valeurs des importations et des exportations dans le cadre de la simulation informatique comparative. Or, la concertation apparaît à tous les niveaux du commerce extérieur. Nous dirons que, sous des formes différentes, la stabilité de la monnaie fait l'objet d'un ensemble de mécanismes et de procédures de concertation entre les puissances économiques. Il convient alors d'instituer une commission "Extérieur", à laquelle appartient la commission Etat, chargée de déterminer si la dévaluation s'avère nécessaire. La commission "Extérieur" et l'Etat se concertent pour cette décision, étant entendu que la décision appartient à l'Etat si le pays subit la dévaluation, alors que la Commission "Extérieur" se charge de cette décision pour tous les pays qui commercent avec l'entité étudiée. Rappelons que  $JXT$  et  $JMT$  représentent les indices de transformation des relations entre les pays concernés, en fonction de l'aide apportée par la puissance publique aux entreprises autochtones considérées, à l'exclusion des problèmes de parité de monnaie. Nous appellerons  $C4$  et  $C3$  l'impact d'une modification de la parité de la monnaie nationale sur les exportations et les importations.

Ainsi, nous aurons deux indices tels que :

$$MST = MT.C3$$

$$XST = XT.C4$$

$MST$  et  $XST$  représentent le montant des importations et exportations réelles après la concertation de la Commission "Extérieur".

Il convient d'établir une valeur approximative de C3 et de C4. Ainsi, si nous appelons DMST la variation d'importation due à une modification des parités et DVT le montant de la dévaluation ou de la réévaluation, nous pouvons déterminer l'élasticité des importations ou des exportations par rapport à la dévaluation ou à la réévaluation.

$$\frac{\frac{DMS}{M}}{\frac{DV}{100}} = e_1$$

Soit

$$\frac{DMS \times 100}{M} = e_1$$

$$M \times DV$$

$$DMS = \frac{e_1 (M \times DV)}{100}$$

Or,  $MS = DMS + M$

$$MS = \frac{e_1 (MS \times DV)}{100} + M$$

$$\frac{MS}{M} = \frac{e_1 \cdot DV}{100} + 1$$

Or,  $C_3 = MS/M$ . Si nous connaissons l'élasticité des importations par rapport aux modifications de parité de la monnaie nationale, le calcul de C3 ne présente plus aucune difficulté.

$$C_3 = 1 + \frac{e_1 \cdot DV}{100}$$

Le même raisonnement peut être employé pour X et C4.

$$C_4 = 1 + \frac{e_2 \cdot DV}{100}$$

Bien entendu, si la Commission "Extérieur" décide d'une dévaluation,  $e_1$  sera négatif et  $e_2$  sera positif. S'il s'agit d'une réévaluation,  $e_1$  sera positif et  $e_2$  sera négatif. Nous supposons que l'impact d'une dévaluation se réalise entièrement dans le cadre d'une seule période : le trimestre. Il convient donc d'assainir la situation durant ce trimestre, car le bénéfice ou le déficit de la dévaluation n'intervient plus lors du trimestre suivant. La Commission "Extérieur" se charge d'établir la valeur de la dévaluation



ou de la réévaluation. L'équipe pédagogique fixe la valeur des élasticités  $e_1$  et  $e_2$  en fonction des résultats du passé, des consommations intermédiaires importées, etc... Il faut noter qu'il est possible aussi à la Commission "Extérieur" de supposer une réévaluation ou une dévaluation d'une monnaie étrangère, ce qui engendre une modification de la structure du commerce extérieur du pays. La dévaluation ou la réévaluation influent directement sur les prix. Nous supposons dans le cadre de cette étude que l'influence n'est qu'indirecte, liée aux mécanismes économiques déjà mis en évidence.

### 3 - Population active disponible

Il convient d'établir aussi une concertation sur les heures de travail effectivement productives. La première commission peut se charger de cette concertation, afin de lui permettre une approche plus globale et donc plus stratégique des problèmes du travail. Si l'on décide de diminuer les heures de travail obligatoires, légalement ou par conventions collectives), à production égale, les entreprises seront obligées d'embaucher les chômeurs disponibles ou de payer des heures supplémentaires au tarif élevé. Ainsi, si l'on appelle  $H_n$  le nombre d'heures de travail moyen par semaine pendant le trimestre  $n$  et  $H_{n+1}$  le nombre d'heures de travail moyen par semaine durant le trimestre  $n+1$ , la valeur de  $C_2$  apparaît immédiatement.

$$C_2 = \frac{H_n}{H_{n+1}}$$

Evidemment l'équipe pédagogique peut établir d'autres hypothèses pour l'obtention de  $C_2$ , en affirmant par exemple que la diminution d'heures-travail engendre un surcroît de productivité (moins de fatigue des ouvriers) et donc une diminution légère du rapport  $C_2$ .

### 4 - Equation de l'investissement

Une dernière concertation apparaît concernant le problème de l'investissement. Elle intéresse le patronat et le gouvernement. Le dernier coefficient  $C_5$  repose essentiellement sur les avantages en nature ou en espèces de l'Etat, sur la conjoncture internationale ou l'impression générale qui se dégage sur l'avenir économique du pays. Ce coefficient intègre des notions psychologiques très difficilement quantifiables; c'est pourquoi il convient de l'intégrer

dans des limites strictes, mais assez arbitraires, même si l'on peut obtenir, avant cette simulation, l'avis de nombreux experts. Nous dirons que C5 est lié à l'impression générale des entrepreneurs après les propositions de l'Etat concernant les aides directes ou indirectes apportées à l'investissement. Il faut souligner que l'Etat patron et investisseur de biens collectifs peut agir directement sur le montant de l'investissement.

La notion psycho-sociologique de l'impression générale des entrepreneurs peut être saisie de la façon suivante : l'équipe pédagogique demande l'impression générale de la Commission, et en fonction de cette opinion, il établit, par exemple, la classification suivante :

Très bonne impression	AT1 = 1,05
Bonne impression	AT1 = 1,03
Assez bonne " "	AT1 = 1,01
Normale " "	AT1 = 1
Médiocre " "	AT1 = 0,99
Faible " "	AT1 = 0,97
Très faible " "	AT1 = 0,95

Cette impression n'est pas liée uniquement à la conjoncture économique, mais aussi à l'aide que l'Etat entend apporter aux investisseurs privés dans les trimestres à venir.

L'intervention de l'Etat en réaction à ces notions psychologiques peut se résumer ainsi :

Très bonne et bonne conjonctures, prix élevés	AT2 = 0,98
Très bonne et bonne conjonctures, prix faibles	AT2 = 1,00
Assez bonne et moyenne conjonctures, prix élevés	AT2 = 1,00
Assez bonne et moyenne conjonctures, prix faibles	AT2 = 1,01
Médiocre, faible et très faible conjonctures, prix élevés	AT2 = 1,01
Médiocre, faible et très faible conjonctures, prix faibles	AT2 = 1,03

Tous les avantages décidés par l'Etat n'apparaissent pas dans notre modèle, mais ils sont pourtant fort importants, d'autant que nous avons supposé que le Gouvernement avait une action décisive en matière de financement.

- Action sur les taux d'intérêt
- Contrôle des banques
- Aide à l'investissement
- Capitaux étrangers
- etc...

Nous aurons alors  $C5 = AT1 \cdot AT2$

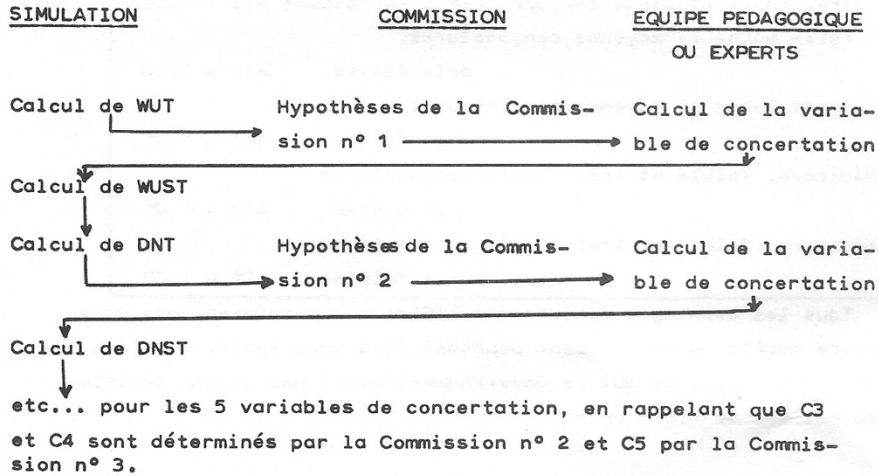
La Commission peut dépasser ce cadre étroit lorsque la situation est très grave. La diminution des heures de travail par semaine conduit aussi, par exemple, à une augmentation des investissements. AT3 constitue la résultante de toutes les hypothèses qui échappent à un contrôle quantitatif suivi, d'abord parce qu'il renferme des éléments ponctuels ou discontinus (capitaux étrangers acceptés ou refusés) et aussi parce que les effets des actions omises sont très difficilement quantifiables. La Commission a pour rôle l'élaboration de AT1, AT2 et elle donne, si elle l'entend, certains avantages qui ne sont pas inscrits dans AT1 et AT2. Des experts, extérieurs à la commission décideront alors de la valeur de AT1, AT2 et AT3.

$$C5 = AT1 \cdot AT2 \cdot AT3$$

Si nous appelons IST les investissements effectivement réalisés au cours de la période :

$$IST = IT \cdot C5$$

Le schéma général de la simulation opérationnelle se présente comme suit :



## B - CONCERTATION AUTOUR D'UNE POLITIQUE PLANIFIEE

Nous limiterons notre étude à l'analyse comparée de la simulation semi-informatique comparative et de la simulation semi-informatique opérationnelle.

### 1 - Politique n° 1

La commission n° 1 estime, lors de la première période, qu'il y a une légère diminution des heures de travail estimée à 1 %. Les autres commissions n'annoncent aucune modification. Les résultats sont alors très proches de la simulation semi-informatique comparative. Dans la seconde période, la commission n° 1 dévoile que si le nombre d'heures-travail augmente, les entrepreneurs préfèrent offrir des heures supplémentaires plutôt que d'employer de nouveaux travailleurs qu'ils ne sont pas certains de pouvoir toujours utiliser dans l'avenir.

La commission n° 3 affirme que les entrepreneurs essaient d'investir plus que prévu, sous l'influence constante de l'Etat. On peut constater que la productivité réelle croît de 1,006 à 1,02 ; le PNN réel augmente substantiellement ainsi que les investissements et les prix restent constants.

La troisième période supporte quelques grèves liées à la baisse du taux de salaire réel. Le nombre des chômeurs est tel que les travailleurs ont perdu le salaire de la période de grève, et il n'y a pas eu, du fait des heures supplémentaires, de diminution des heures de travail moyennes hebdomadaires. L'Etat poursuit son aide concernant l'investissement. Le PNN réel croît de 2% par rapport à la simulation comparative, alors que les prix diminuent légèrement. Le nombre des chômeurs est moindre. La situation économique s'est donc améliorée, malgré les velléités de grèves qui n'ont pas gêné le patronat, du fait de l'existence d'une armée de réserve considérable de travailleurs.

La quatrième période supporte plusieurs transformations ; afin de limiter le chômage, les ouvriers acceptent de travailler moins et de permettre ainsi l'embauche des chômeurs, mais ce phénomène reste limité. L'Etat, du fait de l'inflation, réduit les crédits ; le pays subit un bonus inattendu par la réévaluation de son principal client et fournisseur. Il en résulte un accroissement considérable de la productivité réelle et du produit national net.

Tableau n° 17 a. SIMULATION DE CONCERTATION  
Politique n°1

Temps	1		2		3		4	
VAR.	C	D	C	D	C	D	C	D
IP	1.008	1.008	1.014	1.014	1.025	1.024	1.067	1.052
PIR	0.998	0.998	1.02	1.006	1.051	1.034	1.055	1.035
Y	285.7	285.7	294.6	290.6	310.9	303.8	334.6	321.4
W	135.2	135.2	134.4	134.4	135.45	137.04	143.4	142.8
UU	0.041	0.041	0.053	0.053	0.046	0.051	0.019	0.03
N	20.75	20.74	20.59	20.59	20.86	20.75	21.56	21.34
M	51.47	51.47	51.13	51.14	50.41	50.34	50.57	51.13
X	45.35	45.35	45.89	45.89	47.26	47.16	47.65	46.85
PRR	1.008	1.008	1.006	1.006	1.011	1.01	1.037	1.028
C	166.9	166.9	169.24	166.07	170.2	168.08	176.7	173.66
IT	38.9	38.89	44.63	43.76	57.89	52.94	72.84	64.06
D	108.7	108.7	113.78	113.78	119.09	119.7	125.25	125.6
-BC	106.1	106.1	111.36	111.36	114.51	114.55	117.4	118.8
U	0.893	0.893	1.16	1.16	1.016	1.123	0.425	0.651
YR	285.5	285.5	290.6	286.6	303.2	296.81	314.8	305.4
C1	1	1	1	1	0.98	1	0.99	1
C2	1.01	1	0.998	1	1	1	1.001	1
C3	1	1	1	1	1	1	0.98	1
C4	1	1	1	1	1	1	1.02	1
C5	1	1	1.02	1	1.01	1	0.99	1

Tableau n° 17 b. Politique n°2

Temps	1		2		3		4	
VAR.	C	D	C	D	C	D	C	D
IP	0.996	0.998	0.981	0.981	0.971	0.967	1.006	0.981
PIR	0.998	0.998	1.086	1.043	1.199	1.13	1.283	1.206
Y	285.4	285.7	303.94	291.56	338.57	313.98	398.9	355.4
W	135.5	132.2	135.20	135.39	136.91	137.33	158.8	145.5
UU	0.041	0.041	0.052	0.053	0.039	0.051	-0.017	0.013
N	20.74	20.74	20.61	20.59	21.03	20.76	22.35	21.71
M	51.47	51.47	45.18	48.15	40.04	41.73	37.84	37.9
X	45.35	45.35	54.63	49.78	64.18	60.28	70.05	68.5
PRR	0.996	0.998	0.984	0.983	0.989	0.985	1.036	1.014
C	166.2	166.9	167.4	164.31	168.82	164.6	182	171.2
I	38.3	39.89	41.09	39.64	59.61	44.78	95.65	64.57
D	97.2	97.24	90.93	90.87	82.69	84.98	72.16	77.83
-BC	106.1	106.12	96.67	104.49	72.53	85.94	40.33	55.34
U	0.893	0.993	1.138	1.16	0.842	1.11	-0.376	0.279
YR	286.4	286.4	309.98	297.12	348.83	324.8	396.40	362.4
C1	0.98	1	1	1	0.98	1	1.04	1
C2	1.001	1	0.998	1	0.999	1	1	1
C3	1	1	0.95	1	1	1	1	1
C4	1	1	1.08	1	1	1	1	1
C5	1.01	1	1.02	1	1.02	1	1.02	1

L'inflation galopante apparaît, alors que le chômage se réduit. Nous sommes dans une situation de plein-emploi. A court terme, les résultats semblent corrects, mais la situation économique s'aggrave du fait de cette inflation, qui, pour être jugulée, risque de stopper la croissance.

## 2 - Deuxième politique

Durant la première période, les commissions décident qu'un effort particulier doit être fourni sur les investissements, car certaines grèves viennent perturber la production (facteurs substituables). Les résultats ne varient guère, encore que la hausse de prix soit nettement atténuée.

Le grand effort portant sur l'investissement est maintenu durant la seconde période. Le gouvernement décide une dévaluation "à froid" de 10 %, de façon à relancer fortement l'économie. Malgré cette relance provisoire, les entrepreneurs refusent d'embaucher afin d'éviter, dans l'avenir, des conflits sociaux. Les résultats sont excellents, mais il faut se rappeler que la monnaie nationale a perdu 10 % de sa valeur. Du fait du niveau très bas des salaires, des grèves réapparaissent lors de la 3ème période. Les résultats ne font que confirmer la relance de l'économie, avec une hausse des prix et un chômage nettement diminués et un PNN réel en hausse. Cependant, l'estimation de PNN réel en monnaie étrangère (ou en or) permet d'indiquer que la dévaluation ne se justifiait pas, car le PNN réel en monnaie internationale s'établit dorénavant à 314 contre 324.8.

Enfin la dernière période est caractérisée par une nette augmentation des salaires, décidée par la commission n°1, ainsi qu'une aide constante à l'investissement. Il en résulte une hausse des prix considérable (3,6 % contre 1,4 %), mais le PNN réel est plus élevé. Nous nous trouvons dans une situation de sur-emploi. L'Etat doit intervenir pour limiter la surchauffe et cette inflation galopante qui risque d'annihiler très rapidement la croissance du pays.

## 3 - Politique n° 5

Les raisonnements sont comparables aux précédents. Nous supposons simplement que le système de change flottant est la norme internationale.

L'inflation galopante apparaît, alors que le chômage se réduit. Nous sommes dans une situation de plein-emploi. A court terme, les résultats semblent corrects, mais la situation économique s'aggrave du fait de cette inflation, qui, pour être jugulée, risque de stopper la croissance.

## 2 - Deuxième politique

Durant la première période, les commissions décident qu'un effort particulier doit être fourni sur les investissements, car certaines grèves viennent perturber la production (facteurs substituables). Les résultats ne varient guère, encore que la hausse de prix soit nettement atténuée.

Le grand effort portant sur l'investissement est maintenu durant la seconde période. Le gouvernement décide une dévaluation "à froid" de 10 %, de façon à relancer fortement l'économie. Malgré cette relance provisoire, les entrepreneurs refusent d'embaucher afin d'éviter, dans l'avenir, des conflits sociaux. Les résultats sont excellents, mais il faut se rappeler que la monnaie nationale a perdu 10 % de sa valeur. Du fait du niveau très bas des salaires, des grèves réapparaissent lors de la 3ème période. Les résultats ne font que confirmer la relance de l'économie, avec une hausse des prix et un chômage nettement diminués et un PNN réel en hausse. Cependant, l'estimation de PNN réel en monnaie étrangère (ou en or) permet d'indiquer que la dévaluation ne se justifiait pas, car le PNN réel en monnaie internationale s'établit dorénavant à 314 contre 324.8.

Enfin la dernière période est caractérisée par une nette augmentation des salaires, décidée par la commission n°1, ainsi qu'une aide constante à l'investissement. Il en résulte une hausse des prix considérable (3,6 % contre 1,4 %), mais le PNN réel est plus élevé. Nous nous trouvons dans une situation de sur-emploi. L'Etat doit intervenir pour limiter la surchauffe et cette inflation galopante qui risque d'annihiler très rapidement la croissance du pays.

## 3 - Politique n° 5

Les raisonnements sont comparables aux précédents. Nous supposons simplement que le système de change flottant est la norme internationale.

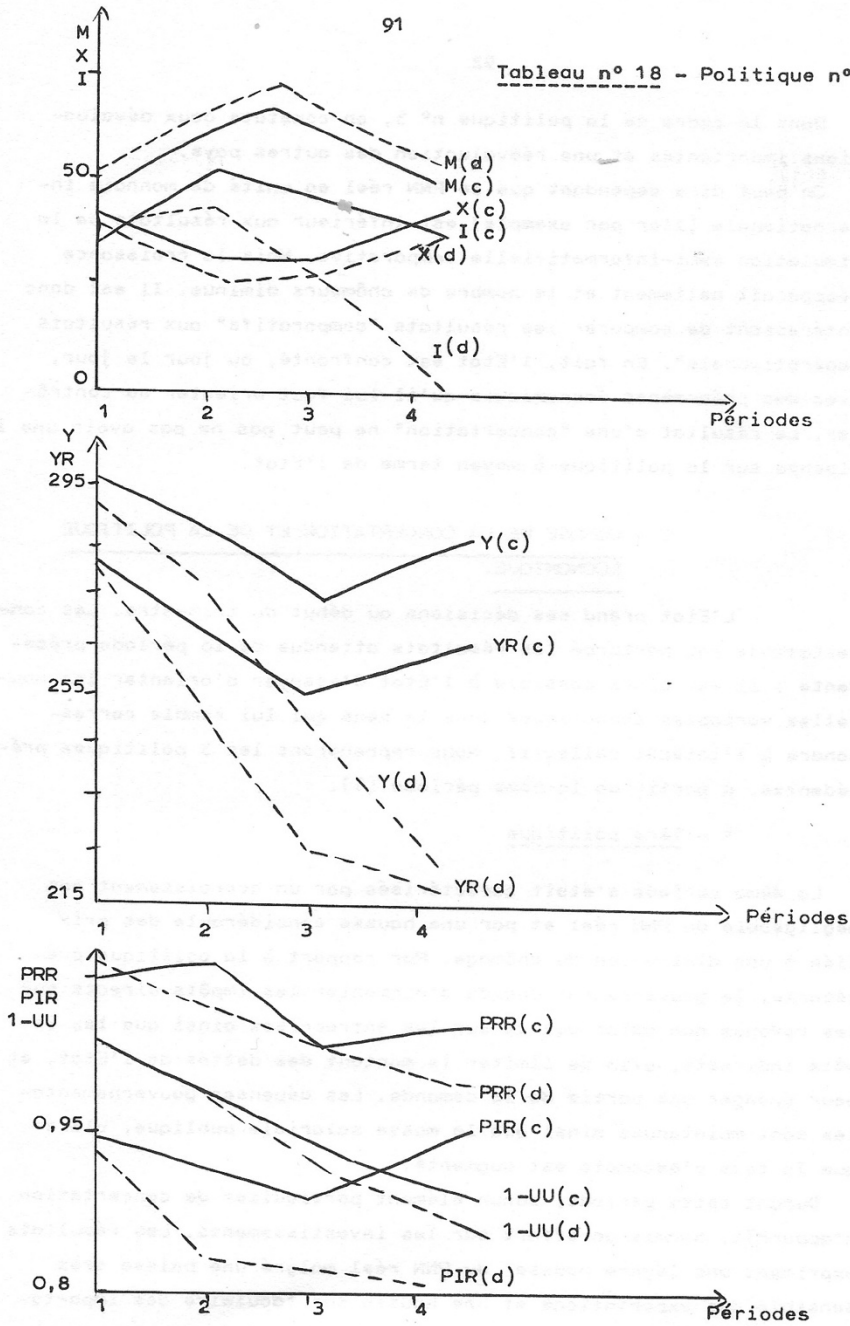




Tableau n° 17c. SIMULATION DE CONCERTATION  
Politique n° 5

Temps	1		2		3		4	
VAR.	C	D	C	D	C	D	C	D
IP	1.045	1.046	1.077	1.074	1.075	1.073	1.063	1.035
PIR	0.942	0.926	0.914	0.846	0.897	0.822	0.93	0.815
Y	294.7	289.76	287.4	272.9	274.6	246.6	277.1	227.5
W	133.8	135.19	137.8	136	131.5	131.4	139.8	127.6
UU	0.001	0.001	0.024	0.03	0.052	0.069	0.072	0.107
N	21.62	21.62	21.09	20.96	20.57	20.22	20.25	19.51
M	49.87	52.5	62.77	65.05	65.35	68.8	58.14	60.35
X	47.1	44.43	34.94	33.54	33.81	31.74	40.35	37.66
PRR	1.045	1.046	1.031	1.027	0.998	0.999	0.988	0.965
C	166.57	166.9	171.14	166.7	167.47	162.3	165.5	154.07
I	38.89	38.89	52.11	45.7	46.7	29.3	40.41	7.1
D	108.98	108.98	112.9	113.6	113.7	117.3	115.31	122.95
-BC	102.77	107	130.8	138.6	162.2	175.6	179.9	198.3
U	0.011	0.011	0.527	0.658	1.131	1.48	1.57	2.342
YR	281.91	276.9	266.8	254.02	255.4	229.9	260.83	219.8
C1	0.99	1	1	1	0.97	1	1.03	1
C2	1	1	0.998	1	0.999	1	1	1
C3	0.95	1	1.01	1	0.95	1	1	1
C4	1.06	1	0.99	1	1.06	1	1	1
C5	1	1	1.02	1	1.02	1	1.02	1

Tableau n° 18 - Politique n° 5



Dans le cadre de la politique n° 5, on constate deux dévaluations importantes et une réévaluation des autres pays.

On peut dire cependant que le PNN réel en unité de monnaie internationale (l'or par exemple) est inférieur aux résultats de la simulation semi-informatique comparative. Mais la croissance réapparaît nettement et le nombre de chômeurs diminue. Il est donc intéressant de comparer les résultats "comparatifs" aux résultats "opérationnels". En fait, l'Etat est confronté, au jour le jour, avec des phénomènes économiques qu'il lui faut orienter ou contrôler. Le résultat d'une "concertation" ne peut pas ne pas avoir une influence sur la politique à moyen terme de l'Etat.

#### C - OSMOSE DE LA CONCERTATION ET DE LA POLITIQUE ECONOMIQUE.

L'Etat prend ses décisions au début du trimestre. Les concertations ont perturbé les résultats attendus de la période précédente ; il est alors possible à l'Etat d'essayer d'orienter les nouvelles variables économiques dans le sens qui lui semble correspondre à l'intérêt collectif. Nous reprendrons les 3 politiques précédentes, à partir de la 5ème période (1).

##### 1 - 1ère politique

La 4ème période s'était caractérisée par un accroissement non négligeable du PNN réel et par une hausse considérable des prix liée à une diminution du chômage. Par rapport à la politique précédente, le gouvernement décide d'augmenter les impôts directs sur les revenus non salariaux et sur les entreprises ainsi que les impôts indirects, afin de limiter le montant des dettes de l'Etat, et pour éponger une partie de la demande. Les dépenses gouvernementales sont maintenues ainsi que la masse salariale publique, alors que le taux d'escompte est augmenté.

Durant cette période, aucun élément particulier de concertation n'apparaît, hormis un effort sur les investissements. Les résultats expriment une légère hausse du PNN réel malgré une baisse très sensible des exportations et une hausse spectaculaire des importations dues aux hausses de prix de la période précédente. Les

---

(1) Une fois l'exemple réalisé, il ne nous a pas paru utile de poursuivre cette simulation au-delà de la 6ème période.

investissements croissent rapidement, alors que la consommation dépasse 5 % de hausse durant ce seul trimestre.

Au cours de la 6ème période, l'Etat décide de conserver la même politique fiscale, mais il porte un effort particulier sur les investissements publics par le biais d'un accroissement des dépenses gouvernementales. Durant cette période le patronat doit accepter une hausse des salaires de 2 %. Les résultats s'annoncent assez moyens, car si le PNN réel croît de 320.4 à 325.4, les prix augmentent de 1 %. Cependant le taux de chômage diminue et le taux de variation des salaires croît. La situation du commerce extérieur s'améliore, mais l'investissement, malgré les efforts de l'Etat et une situation psychologique moyenne, diminue très fortement.

VAR.	5	6
T(I,1)	0.1	0.1
T(I,2)	0.09	0.09
T(I,3)	0.16	0.16
T(I,4)	0.17	0.17
UD	0	0
G	86	88
WD	42	42
V	0	0
RT	7	7
JM	1	1
JX	1	1
C1	1	1.02
C2	1	1
C3	1	1
C4	1	1
C5	1.01	1.01

VAR	5	6
PIR	1.067	1.078
WWR	1.079	1.077
Y	341.7	350.6
W	152.1	156.2
UU	0.028	0.014
WW	1.059	1.016
M	460.7	57.65
X	38.64	43.98
PRR	1.003	1.01
D	116.87	107.28
C	186.42	191.61
R	235.25	234.1
U	0.606	0.315
I	91.4	84.71
YR	320.41	325.4

## 2 - Deuxième politique

Le gouvernement décide de conserver la même politique fiscale mais il augmente légèrement les dépenses gouvernementales, les salaires publics et il agit sur les salaires privés par l'intermédiaire du salaire minimum légal.

### Politique fiscale

a0 T(I,1)	a1 T(I,2)	b0 T(I,3)	n0 T(I,4)
0.1	0.09	0.16	0.17

Variables instrumentales

UDT	GT	WDT	VT	RTT	JMT	JXT
O	90	43	40	6	1	1

La commission n° 1 accepte une augmentation des salaires de 3 % car le sur-emploi conduit à une position de force des travailleurs sur le marché de l'emploi. Les investissements reçoivent encore une aide de l'Etat.

C1	C2	C3	C4	C5
1.03	1	1	1	1.01

Il en résulte à la foi une très nette augmentation du PNN réel et

VAR.	5	6
PIR	1.05	1.081
WWR	1.105	1.1
Y	436.5	443.65
W	176.7	182.5
UU	-0.048	-0.058
M	48.6	62.44
X	52.3	41
PRR	1.043	1.029
D	52.43	22.67
C	203.35	219.66
R	281.6	292.47
U	-1.055	-1.269
I	139.47	155.42
YR	415.94	410.44

l'apparition très dangereuse d'une inflation galopante. Le sur-emploi est exceptionnel et les heures supplémentaires des travailleurs engendrent des hausses des prix liées à un accroissement considérable de la demande (la consommation croît en un trimestre de 10 %, mais les profits augmentent à un taux encore plus élevé). La situation peut devenir très grave si le gouvernement se montre incapable de juguler l'inflation.

D'autre part, une politique trop stricte peut briser la croissance.

Durant la 6ème période, l'Etat décide de laisser-faire en conservant la même politique économique. Au niveau des organes de concertation, les commissions n'interviennent pas, hormis la commission n° 2 qui profère des menaces à l'encontre des accroissements de prix.

C1	C2	C3	C4	C5
1	1	1.001	0.999	1

Il en résulte une inflation encore très importance (2,9 %) un PNN réel en nette régression, un sur-emploi qui s'affirme et le revenu réel des travailleurs qui commence à être sérieusement

endommagé par les hausses de prix. La situation devient alarmante, aggravée par une demande importante (7 % augmentation de la consommation) et une nette dégradation du commerce extérieur.

### 3 - Cinquième politique

L'Etat conserve la même politique fiscale, mais il décide d'accroître de plus de 3 % les dépenses gouvernementales, afin de combattre le chômage. Il augmente ainsi les salaires publics et décide de remonter les bas salaires.

#### Politique fiscale

T(I,1)	T(I,2)	T(I,3)	T(I,4)
0.1	0.08	0.15	0.19

#### Politiques variables instrumentales

UDT	GT	WDT	UT	RTT	JMT	JXT
0	91	44	50	6	1	1

Les commissions de concertation estiment nécessaire un accroissement des salaires (qui se sont dégradés de manière spectaculaire) car les heures supplémentaires seront plus nombreuses, les entrepreneurs se refusant à trop embaucher. L'Etat apporte une aide substantielle aux investissements.

C1	C2	C3	C4	C5
1.03	0.999	1	1	1.02

Il en résulte une hausse considérable du PNN réel accompagnée d'une hausse des prix considérable (+ 2,4 %), un accroissement de la masse salariale réelle, ainsi qu'un "boom" sur les investissements et une diminution considérable du chômage. Cette politique et ces concertations s'avèrent positives si l'Etat est capable de maîtriser, par la suite, l'inflation. Au cours de la 6ème période, l'Etat décide d'augmenter les salaires publics et les bas salaires, sans pour autant augmenter les dépenses gouvernementales. Les commissions de concertation estiment qu'il apparaîtra quelques grèves soldées par des échecs pour les ouvriers, mais aussi une attitude plus méfiante du patronat à l'égard de l'embauche.



Variables instrumentales

UDT	GT	WDT	VT	RTT	JMT	JXT
0	91	46	50	6	1	1

Variables de concertation

C1	C2	C3	C4	C5
0.99	0.999	1	1	1

Il en résulte une inflation galopante exceptionnelle illustrée par la crise du commerce extérieur. Le sur-emploi, les augmentations de salaires, la situation de force des syndicats, la croissance de la demande, conduisent à une impasse.

Tableau 19 d- Politique N°5

VAR	5	6
PIR	0.954	0.94
WWR	0.914	0.836
Y	309.52	344.56
W	141.61	146.4
UU	0.019	-0.039
M	49.83	55.21
X	49.59	43.49
PRR	1.024	1.063
D	117.43	114.23
C	165.13	173.12
R	192.01	215.03
U	0.423	-0.86
IT	53.63	92.16
YR	284.25	297.66

Voici donc notre première étape achevée. Certes, nous aurions pu aussi donner les résultats d'une simulation stochastique de cette simulation semi-informatique opérationnelle. Il ne nous a pas semblé nécessaire de l'inclure dans notre présentation principale, mais il faut souligner que cette approche mérite d'être étudiée, de façon à mieux souligner l'importance des facteurs de concertation

omis dans notre simulation. Nous avons, par l'intermédiaire de cette simulation "concertée", intégré des variables nouvelles issues des concertations ou de comportements particuliers des agents économiques. A notre sens, cette étape pour importante qu'elle soit, doit être dépassée pour offrir une conception plus intéressante de la notion de simulation semi-informatique opérationnelle et un rôle plus important à l'instrumentation informatique. Il faut intégrer dans le modèle même, dans ses équations de comportement, les facteurs extra-économiques qui influent directement sur les mécanismes économiques. Mais la simulation devient nettement plus difficile et sa construction implique des hypothèses par trop irréalistes(1).

(1) Tant pour la simulation stochastique que pour une étude d'une simulation complexe : Cf FONTANEL J:Op.Cit.

### Troisième Partie : DE LA SIMULATION SEMI-INFORMATIQUE A LA

#### SIMULATION PEDAGOGIQUE

---

Aucune simulation semi-informatique comparative macroéconomique réalisée à l'heure actuelle ne fait référence à l'analyse économétrique. La simulation d'ATTIYEH-BRAINARD-DOLBEAR s'arrête au stade de notre première simulation. Ainsi, notre approche d'ajustements empiriques par la méthode des moindres carrés ordinaires ressort plus de la simulation informatique traditionnelle que de la simulation semi-informatique. Nous sommes convaincus que les perspectives actuelles des simulations semi-informatiques sont trop restrictives et qu'elles comportent d'énormes défauts, dont le moindre n'est pas d'inculquer une grande confiance aux étudiants concernant les qualités de leurs décisions, alors qu'une simple étude empirique leur montrerait la vanité d'une telle conception. Il nous semble particulièrement intéressant d'intégrer partiellement le mode opératoire de la simulation informatique. L'hétérogénéité du jeu ne peut constituer une critique suffisante pour condamner l'intégration des aspects statistiques ou mathématiques dans toute simulation semi-informatique. Le fait de varier le jeu permet aux joueurs de comprendre les mécanismes économiques (but fondamental), mais aussi d'apprendre à mesurer la qualité empirique des résultats et de s'imprégner des difficultés inhérentes à l'appréhension quantitative des phénomènes économiques.

Dans le cadre de notre étude, la simulation semi-informatique ressemble à une simulation informatique, à l'exclusion de quatre principes fondamentaux :

1 - Les joueurs prennent des décisions à chaque stade de la simulation ; ils décident en fonction des résultats acquis dans les périodes précédentes. Leurs interventions se présentent comme une nécessité pédagogique. Une telle qualité n'est pas exigée de la simulation informatique, qui a tendance plutôt à être entièrement automatisée, lorsque la stratégie testée est définitivement établie.

2 - Les données sont fictives. Ceci n'est pas très gênant puisque les joueurs se comportent de la même manière devant des données fictives ou des informations réelles. L'avantage essentiel des premières réside dans la possibilité qu'elles offrent d'accroître la sensibilité du modèle, de rendre le système formalisé plus explosif et mieux adapté aux leçons de théorie économique, et de souligner l'importance de certaines variables de décision.

3 - Le test de validité n'a pas la même rigueur. Dans le cadre de la simulation informatique son rejet coupe court à toute étude ultérieure des résultats. La simulation pédagogique peut se passer de ce test et il est même recommandé, si les ajustements sont de mauvaise qualité, d'éviter la procédure de validation du modèle.

4 - Les équations choisies par la simulation informatique répondent à des impératifs pédagogiques. Il est préférable d'utiliser une équation simple à une équation trop complexe, même si cette dernière rend mieux compte de la réalité d'un phénomène économique.

La simulation semi-informatique se différencie de la simulation pédagogique dont l'objectif essentiel est de prolonger la première par une étude empirique parfaitement calquée au mode opératoire de la simulation informatique.

Nous procéderons à trois études fondamentales :

- D'abord, nous utiliserons les techniques de validation à la fois pour donner aux étudiants une méthodologie systématique (bien qu'insuffisante) de recherche de validité des modèles et pour montrer l'intérêt théorique d'une telle démarche.

- Ensuite, nous montrerons l'utilité, les limites et le dépassement de notre modèle, après avoir utilisé plusieurs techniques permettant de saisir correctement les informations élaborées produites par le modèle.

## Section n° 1 - Le problème de la validité

Il faut rappeler que la validité d'un modèle de simulation semi-informatique n'est pas du même type que celle d'un modèle de simulation informatique. La première s'intéresse à la qualité pédagogique de l'étude, la seconde cherche à accepter ou à refuser un système formalisé comme instrument d'expérimentation théorique. Cependant, l'étude de validité que nous entreprenons ici, après et non avant la réalisation des expériences, est du second type. Nous nous rapprochons ainsi du mode opératoire de la simulation informatique et les étudiants seront sensibilisés aux difficultés de l'analyse quantitative.

Le problème théorique de la validité des modèles repose sur la philosophie générale du chercheur par rapport à l'appréhension globale des phénomènes économiques. Il n'existe aucun critère défini pour affirmer la vérité d'une théorie, c'est-à-dire son adéquation avec les faits. Un instrument est considéré comme valide s'il peut prédire ou mesurer avec exactitude les variables d'un système économique défini. Si plusieurs observateurs obtiennent des résultats comparables, il en résulte la présomption de validité d'une technique, et non la validité elle-même car les observateurs peuvent commettre des erreurs semblables, en effectuant un biais. La fidélité d'un instrument se distingue de sa validité.

Pour vérifier un modèle, le chercheur a besoin d'un critère extérieur à savoir l'objectif de chaque étude particulière. Le degré de concordance des buts et des résultats donne une bonne information sur la validité de la représentation théorique. Empiriquement, le système formalisé sera dit valide s'il confirme par l'évènement la prévision établie en fonction d'un degré d'exactitude défini. La simulation conduit au rejet de certaines théories trop éloignées des faits, mais les théories restantes n'ont aucune validité absolue, mais plutôt une présomption de validité.

Il n'existe aucune règle de choix des modèles, mais plusieurs critères peuvent être avancés pour saisir la qualité d'une représentation formalisée : l'utilité, la simplicité, l'universalité, la cohérence, la fécondité et la convergence (1), mais leur utilisation dépend étroitement des approches théoriques de la validité.

(1) SAUVAN J. : "Méthode des modèles et connaissance analogique". Agressologie. VII, I - 1966. P/13.

Pour les rationalistes (1), la théorie économique est constituée d'un ensemble de déductions logiques, ayant pour base des prémisses invérifiables, non ouverts à l'expérience objective. Pour les ultra-empiristes, l'observation est la source première et le juge ultime de la connaissance. La science empirique dégagée du carcan des déductions liées aux axiomes invérifiables constitue la forme idéale de la connaissance (2). Pour les positivistes (3), la validité d'un modèle repose moins sur la qualité des hypothèses que sur la capacité du modèle à prédire la conduite du système réel ; même si les hypothèses falsifient la réalité, un système formalisé sera dit valide s'il donne des informations intéressantes sur le monde économique.

Si chacune des méthodes précédentes s'avère nécessaire à la simulation, en revanche, aucune d'entre elles ne permet, seule, la vérification d'un système formalisé. Trois étapes deviennent nécessaires :

1 - Le chercheur sélectionne ses hypothèses de départ à partir des travaux de théorie économique. La démarche déductive opère sous le contrôle de processus logiques : ceux-ci vérifient si aucune contradiction interne n'apparaît dans les hypothèses théoriques, et si toutes les possibilités sont saturées. La théorie dépasse les faits afin de mieux appréhender la réalité économique.

2 - Le modèle conceptuel représente la charpente sur laquelle le chercheur travaille. Il convient de vérifier les hypothèses du modèle, malgré les limites des tests statistiques actuellement disponibles et la non-répétabilité des phénomènes économiques. Un modèle logiquement correct mais sans grand rapport avec le monde réel peut être extrêmement dangereux.

3 - Le test fondamental de la procédure réside dans la prédiction de la conduite du système. Toutes les lois ont été vérifiées indépendamment les unes des autres : il reste donc à considérer le système dans son ensemble. La simulation informatique doit prédire certains aspects de la réalité. La résolution du modèle est améliorée de façon itérative en dérivant logiquement l'assortiment

(1) ROBBINS L. : "An essay on the nature and significance of economic science". Ed. Mac Millan. LONDON 1935. P/80

(2) BLAUG M. : "Economic theory in retrospect". Irwin, 1962.

(3) FRIEDMAN M. : "Essays in positive economics". CHICAGO Univ. Press 1953.



de postulats, en mesurant, en évaluant ses prédictions, et puis en réanalysant les postulats utilisés s'il apparaît des désaccords entre la série observée et la série théorique engendrée par la simulation informatique.

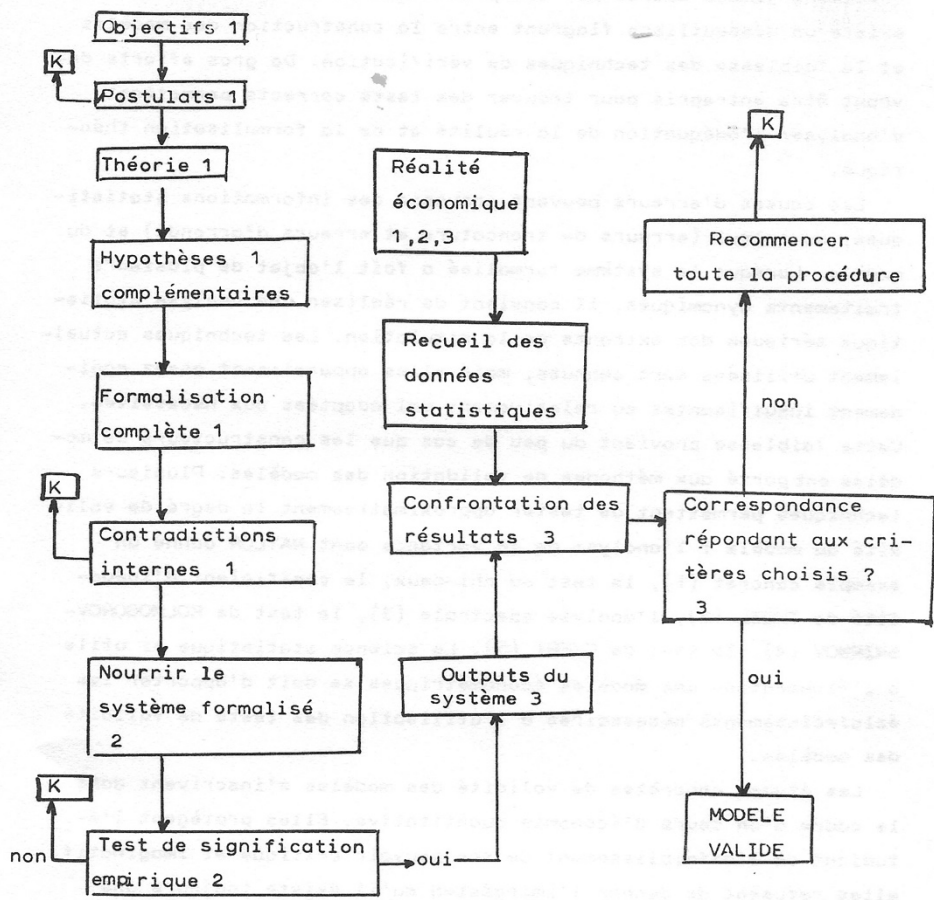
Un modèle est valide jusqu'à ce qu'il génère des résultats biaisés ou faux. Il perd son importance si un nouveau modèle est plus performant. Il ne devient objectivement efficace que si les conclusions ou les suggestions tirées de son exploitation sont vérifiées par l'expérience, car toute théorie expérimentale n'est qu'une explication rationnelle. Il convient donc de différencier la validité absolue et la validité relative (tableau n° 20) et de mettre en évidence les trois tests nécessaires à la validation relative du modèle (tableau n° 21).

L'histoire confirme ou infirme les assertions des théories explicatives. Le recours à l'observation du passé prend le caractère méthodologique d'expériences véritables. Cependant, l'histoire est incapable de rendre compte de la logique présidant à la succession des événements et d'expliquer la succession ultérieure de nouveaux éléments explicatifs, car elle ne garde qu'une trace des structures et comportements, et ses instruments ne permettent guère la difficile traduction de la succession des événements des systèmes dynamiques. La grande leçon de l'histoire, c'est la diversité des faits et la relativité des lois. Le fait social est unique et historique, il est fin et commencement d'autres séries de faits.

Au stade de la simulation informatique, il n'est pas logique de tester des théories entièrement établies à partir d'un ensemble particulier de faits en se servant, pour ce faire, des mêmes faits. Une telle vérification n'apporte pas une confirmation indépendante, mais le besoin d'informations supplémentaires n'entrant pas dans l'élaboration du système formalisé s'avère quasiment irréalisable compte tenu de la pénurie actuelle des données statistiques. Le test le plus performant consisterait à négliger certaines données historiques et d'essayer de les retrouver à partir du système formalisé ; si cette procédure s'avère extrêmement délicate dans le cadre de la simulation informatique (qui nécessite l'utilisation de l'information disponible à la fois pour la construction et pour la vérification du modèle), elle est parfaitement envisageable dans le cadre d'une simulation semi-informatique.



Tableau n° 21 - Les étapes de la validation des modèles (1)



(1) Le chiffre inclus dans le rectangle indique l'étape en cours

Le problème pratique de la validité (Goodness of fit) n'est quasiment jamais abordé par les praticiens de la simulation. Il existe un déséquilibre flagrant entre la construction des modèles et la faiblesse des techniques de vérification. De gros efforts devront être entrepris pour trouver des tests corrects permettant d'analyser l'adéquation de la réalité et de la formalisation théorique.

Les causes d'erreurs peuvent provenir des informations statistiques, du calcul (erreurs de troncature et erreurs d'arrondi) et du modèle. Lorsque le système formalisé a fait l'objet de plusieurs traitements dynamiques, il convient de réaliser une analyse statistique sérieuse des extraits de la simulation. Les techniques actuellement utilisées sont connues, mais elles apparaissent assez rapidement insuffisantes ou relativement mal adaptées aux nécessités. Cette faiblesse provient du peu de cas que les constructeurs de modèles ont porté aux méthodes de validation des modèles. Plusieurs techniques permettent de tester approximativement le degré de validité du modèle : l'analyse de la variance dont NAYLOR donne un exemple concret (1), le test du chi-deux, le coefficient d'inégalité de THEIL (2), l'analyse spectrale (3), le test de KOLMOGOROV-SMIRNOV (4), le test de CYERT (5). La science statistique si utile à l'élaboration des modèles économétriques se doit d'apporter les éclaircissements nécessaires à l'utilisation des tests de validité des modèles.

Les études concrètes de validité des modèles s'inscrivent dans le cadre d'un cours d'économie quantitative. Elles protègent l'étudiant de l'affaiblissement de son pouvoir critique et imaginaire, elles refusent de donner l'impression qu'il existe toujours une réponse (ou une seule) à un problème particulier ; elles montrent les difficultés de l'économie quantitative (ainsi que ses limites), elles relativisent les connaissances inculquées et elles apprennent le mode opératoire de la simulation informatique. L'équipe pédagogique doit poser les problèmes de la validation, donner les

- 
- (1) NAYLOR T.H. : "Computer simulation experiments with models of economic systems" J. Wiley and Sons. 1971.
  - (2) THEIL H. : "Applied Economic Forecasting". North Holland. 1966.
  - (3) NAYLOR T.H. & FINGER J.M. : "Verification of computer simulation models" Management Science. Oct. 1967.
  - (4) SIEGEL S. : "Non parametric statistics". Mac Graw Hill. 1956.
  - (5) CYERT R.M. : "A description and evaluation of some firm simulation" I.B.M. Papers 1966.

techniques statistiques nécessaires à ce type d'étude et corriger les erreurs d'interprétation. Cette phase nous paraît essentielle, malgré son coût relativement élevé. Elle ne présente aucune difficulté particulière d'un point de vue purement technique. Il suffit d'appliquer à notre modèle les politiques économiques passées, de suivre le même cheminement temporel, de conserver comme variables prédéterminées les variables générées par le modèle pour être en mesure de comparer les résultats observés et les résultats calculés. Nous n'avons pas présenté dans le cadre de cette étude d'approche de ce type, mais il nous semble primordial pour les raisons qui ont été avancées ci-dessus de donner au moins un cours solide sur la théorie et les procédures de validation des systèmes formalisés.

## Section n° 2 - Plan expérimental et optimisation

L'équipe pédagogique se doit de tirer toutes les informations utiles concernant le système formalisé validé. Pour ce faire, il faut qu'il acquiert une connaissance précise des propriétés de ses paramètres, variables, relations. Ensuite, selon l'objectif de l'expérience, il emploie la procédure de l'expérimentation exploratoire ou d'optimisation du modèle. Le travail expérimental de base est ingrat et délicat. Ainsi, il convient de préciser si chaque facteur est contrôlé, si les valeurs sont observées, si l'effet d'un facteur est fondamental ou subsidiaire, si le phénomène est quantitatif ou qualitatif, si le facteur est fixe ou s'il répond à des événements aléatoires. Le plan expérimental représente la structure logique de l'expérience. Il implique la sélection des valeurs des paramètres, des techniques d'échantillon pour appliquer l'expérience et la détermination du nombre d'expériences à réaliser. L'efficacité d'un plan d'expériences s'apprécie en fonction de la quantité d'informations procurées pour un effort expérimental donné. A nombre égal d'informations il faut choisir le plan qui exige le moins d'expériences. Huit objectifs peuvent lui être assignés : 1) La distinction des variations significatives d'un effet contrôlé et des variations aléatoires, 2) L'obtention d'estimations non biaisées des effets des facteurs à leurs différents niveaux, 3) L'estimation

doivent être explorées, à moins de connaître à l'avance la région contenant l'optimum. Il existe plusieurs techniques permettant d'atteindre l'optimum : la méthode EVOP, la stratégie "Steepest ascent" (1), la technique du facteur simple (2). A ce niveau encore, l'utilisation de telles techniques dépend du niveau de l'étudiant, encore que ces procédures soulèvent des problèmes théoriques considérables qui tendent à remettre en question les problèmes d'optimum au niveau global (3). Cependant, les techniques de fonction de préférence sont très utilisées par les économistes, même dans les simulations complexes (PAELINCK, Brookings Institution, Guesnerie-Malgrange) (4). Une fonction de préférence regroupe la diversité des objectifs et elle classe les politiques en fonction de l'utilité totale créée.

Le but de cette analyse dans notre modèle pédagogique réside en cinq propositions :

- Le "joueur" doit prendre conscience de la qualité de ses décisions complexes eu égard à ses objectifs.

- Il appréhende la notion d'horizon temporel des politiques économiques, puisque selon le terme envisagé, les préférences divergent.

- Il est sensibilisé à la recherche de l'adéquation objectifs-décisions. Les résultats divergents d'utilité des politiques économiques en fonction des arguments de la fonction de préférence, lui donnent une vue exacte des difficultés des décisions macroéconomiques.

- Il apprend les difficultés inhérentes à la construction d'une fonction de préférence.

- En fonction de ces éléments, il sera à même de critiquer les fonctions de préférence proposées.

Nous utiliserons des fonctions de préférence illusoire certes, mais qui frappent les esprits de façon à sensibiliser les étudiants à ce domaine encore mal appréhendé de l'analyse macroéconomique. A

---

(1) LEE, ADAMS, GAINES : Op cit. P/286. Cf : FONTANEL J. : "Les techniques de simulation informatique dans l'analyse macroéconomique". Thèse. Nanterre. 1974.

(2) Ibid.

(3) Cf les débats du Second best. PASCALLON P "Le second Best" ISEA. 1972.

(4) GUESNERIE-MALGRANGE-DELEAU : "Planification, incertitude et politique économique". L'opération OPTIMIX". Rev. Eco. Sept. 1973.

la fin de l'expérience, il est fondamental de faire une critique objective des hypothèses de base de notre fonction de préférence, de souligner l'intérêt théorique de l'approche et de montrer la non-praticabilité de notre étude aux décisions réelles de l'Etat. Nous ne cherchons pas une fonction de préférence opérationnelle, mais plutôt une fonction de préférence souhaitable, encore que celle-ci soit discutable du fait de l'affrontement des stratégies des différents partenaires sociaux, ayant chacun leur fonction objectif (1).

Pour la réalisation du cours, plusieurs ouvrages ou articles peuvent être employés (2). Nous utiliserons une fonction de préférence de type COBB-DOUGLAS, munie d'élasticités de substitution constantes. Trois conditions seront supposées remplies : la fonction de production est homogène (les taux marginaux de substitution sont indépendants du niveau absolu des arguments), la fonction d'utilité est constante dans le temps et les utilités des différentes périodes sont séparées et indépendantes (3). Nous construirons deux fonctions de préférence.

La première fonction de préférence insiste sur le produit national, le niveau des prix, le niveau du chômage, les investissements réels et la consommation en prix constants. Soit :

$$FP = \sum_{T=1}^{T=8} YRT^{0,9} \cdot (1/PRRT)^{0,59} \cdot (1/UUT)^{0,7} \cdot IRT^{0,14} \cdot CRT^{0,16} \cdot (1,025)^T$$

Sans vouloir faire une étude exhaustive de cette fonction de préférence, affirmons qu'il est possible d'y introduire la notion de risque par le biais de la déviation-standard de l'argument et les valeurs minimales (ou maximales) de fin de période pour la sauvegarde de l'avenir. Tous les résultats cumulés période par période

- (1) GUILLAUME M.: "La révélation des préférences dans l'analyse des choix collectifs". Rev. Eco. Mars 1972. TERNY G.: "D'une rationalisation des décisions économiques à la fonction de préférence étatique". Analyse et prévision. Juillet-Août 1970.
- (2) Ibid. Cf. BENARD J.: "Conflits et choix dans l'élaboration de la politique économique". Rev. Eco. Sept. 1962. SENGUPTA J.P. & FOX: "Optimization techniques in quantitative economics". North Holland; 1966. FROMM & TAUBMAN: "Policy simulation with an econometric model". Brookings Institution. North Holland. 1968.
- (3) KOOPMANS T.J.: "Stationary ordinal utility and impatience". Econometrica. April 1960. HICKS J.R.: "Capital and Growth". Oxford. U.P. 1965.

sont inscrits dans le tableau n° 22 a.

Tableau n° 22a : Résultats fonction de préférence n° 1

Périodes	Politiques				
	1	2	3	4	5
1	574,8	585,1	580	572,9	561,8
2	1145	1178	1162	1145	1070
3	1734	1820	1777	1749	1574
4	2339	2555	2441	2407	1896
5	2932	3368	3124	3069	1932
6	3478	4201	3785	3798	2381
7	3959	5023	4527	4583	2899
8	4385	5741	5295	5294	3440

Notre fonction de préférence indique que la politique n° 2 est constamment plus intéressante que les autres alors que la politique n° 5 semble la plus néfaste. La politique n° 4 est presque toujours inférieure à la politique n° 3. Si notre simulation s'arrêtait à six périodes, la politique n° 4 serait préférable à la politique n° 3, alors que ce n'était pas vrai à la cinquième période et que ce n'est plus vrai à la huitième période. Ainsi, se trouve mis en évidence l'influence de l'intervalle temps, les politiques n'étant plus intéressantes que d'autres que pour un certain laps de temps.

Notre seconde fonction de préférence est légèrement plus compliquée que la précédente. Il n'est pas possible en effet pour un Etat de ne pas s'assurer de la stabilité de sa monnaie, de ses dettes, du commerce extérieur et des conflits sociaux.

$$FP = \sum_{T=1}^{T=8} YRT^{0.9} \cdot (1/PRRT)^{0.59} \cdot (1/UUT)^{0.7} \cdot IRT^{0.14} \cdot CRT^{0.16} \cdot (1/DT)^{0.25} \cdot (1/BCT)^{0.45} \cdot WWT^{0.08} \cdot 1,025^{-T}$$

Le terme  $(1,025)^{-T}$  représente le taux d'actualisation. Il serait d'ailleurs très intéressant d'introduire dans le programme de la fonction de préférence, une comparaison de l'utilité globale de différentes politiques, selon différents taux d'actualisation. Notre fonction de préférence conduit à des résultats différents des précédents, puisque le tableau 22b indique que le classement n'est

jamais modifié, ni dans le temps, ni en absence d'intégration du taux d'actualisation et des risques.

Tableau n° 22 b - Fonction de préférence n° 2

Périodes	Pol.1		Pol.2		Pol.3		Pol.4		Pol.5	
	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A
1	39,4	21,8	41,3	22,8	40,4	22,3	39,7	22	38	21,1
2	78	42,7	85,7	46,6	81,7	44,5	80	44	68,3	37,9
3	118	63,7	141	75,1	129	68,9	126	67,8	95,8	52,8
4	159	84,7	226	116	185	97	175	92	112	62
5	197	104	351	172	242	124	223	116	113	63
6	230	120	497	236	294	149	275	141	138	75
7	257	133	647	300	351	175	330	166	169	90
8	281	145	811	369	414	204	379	189	200	105

Si A intègre le taux d'actualisation et les risques, S se propose le calcul plus simple d'une estimation des préférences n'appréhendant pas le temps et les aléas(1).

A tout moment,  $D2 > D3 > D4 > D1 > D5$ . Ce type de réponse est exceptionnel. Cette étude nous montre l'importance des choix de la forme des arguments et des pondérations de la fonction de préférence. Si l'objectif essentiel réside dans la lutte contre le chômage, les pondérations seraient différentes. Il convient, à la fin de l'étude, d'indiquer aux joueurs toutes les limites des fonctions de préférence. De nombreuses expériences peuvent être faites à partir de plusieurs fonctions de préférence possibles et ainsi, les étudiants mesureront les difficultés de l'optimisation.

(1) Les coefficients de YRT, PRRT, UUT, IRT, CRT, DT, BCT et WWT sont alors respectivement égaux à 1 - 0,6 - 0,8 - 0,16 - 0,2 - 0,25 - 0,5 - 0,1. Pour une étude de l'agrégation Cf MALINVAUD E : "L'agrégation dans les modèles économiques". CNRS. Nov. 1971. Pour une étude de l'optimisation Cf LEE-ADAMS-GAINES: "Computer process control modeling and optimization". Wiley. 1968.



Tableau n° 22 c - Intérêt pédagogique de la validation et de l'optimisation

Phases	Rôles	Motivations
Validation	<p><u>Equipe pédagogique</u></p> <p>Cours d'économie quantitative Explication des principes de la validation des modèles</p> <p><u>Etudiants</u></p> <p>Applications Réflexion et critique sur le statut de la science économique</p>	<p>Relativisation des connaissances inculquées.</p> <p>Compréhension du mode opératoire de la simulation informatique</p> <p>Approche itérative de la validité</p> <p>Expérimentation théorique</p>
Optimisation	<p><u>Equipe pédagogique</u></p> <p>Cours sur l'optimisation et les fonctions de préférence Module son cours en fonction du niveau des étudiants</p> <p><u>Etudiants</u></p> <p>Expériences et tentatives explication des résultats Correction générale</p>	<p>Mesure de la "qualité" relative des décisions</p> <p>Conflits horizon-temps</p> <p>Recherche de l'adéquation objectifs-décision</p> <p>Compréhension des limites fonction de préférence</p>
Expérimentation	<p><u>Equipe pédagogique</u></p> <p>Cherche à optimiser ses expériences. Le moins d'expériences à égalité d'information</p> <p>Préparation au jeu pédagogique</p> <p><u>Etudiants</u></p> <p>Niveau avancé (après la Licence) .</p> <p>Apprentissage de la simulation informatique</p>	<p>Rapproche la pédagogie et la recherche</p> <p>Donne une technique intéressante de réalisation d'expériences théoriques</p> <p>Si les connaissances économiques sont les seuls objectifs de l'équipe pédagogique, il faut éviter cette procédure</p>

Plusieurs études peuvent être entreprises pour mesurer la qualité des résultats obtenus, mais nous nous limiterons aux trois analyses les plus courantes : une étude de sensibilité des paramètres, une analyse des divergences réelles des politiques économiques et une recherche sur la stochasticité du modèle sous-jacent.

#### A - ETUDE DE SENSIBILITE DES PARAMETRES

Les études de sensibilité des paramètres permettent d'apprécier l'impact d'une variation de certains paramètres importants, à l'intérieur d'un intervalle de confiance déterminé par notre étude empirique, sur les variables économiques fondamentales de notre modèle. Nous ferons huit tests portant sur huit paramètres. Deux études sont réalisées ; l'une prévoit la variation d'un seul paramètre l'autre implique les variations simultanées de plusieurs paramètres d'une même équation ; cette dernière approche ressemble à une étude de sensibilité partielle des équations elles-mêmes.

##### 1 - Etude de sensibilité simple

Notre première étude porte sur l'équation de la consommation globale. Les résultats obtenus indiquent que :

$$(1) \text{ CT} = 0,263.\text{RMT} + 0,516.\text{C}(\text{T}-1) + 0,223.\text{L}(\text{T}-1) + 0,598$$

(0,056)	(0,018)	(0,064)	(0,319)
---------	---------	---------	---------

Nous effectuerons notre étude de sensibilité sur quatre périodes. Nous procéderons de la même manière pour trois autres paramètres, afin de mesurer l'impact de leurs variations sur l'ensemble du système formalisé. Nous utiliserons la politique n° 1 pour simuler ces nouveaux systèmes. Les résultats sont résumés dans les tableaux n° 23, pour les différentes périodes. Les paramètres utilisés sont les suivants :

Tableau n° 23 - ETUDE DE SENSIBILITE

PREMIERE PERIODE									
VAR.	REEL	SIMPLE				COMPLEXE			
		CT	MT	XT	DNT	CT	MT	XT	DNT
PIR	1.008	1.035	0.998	0.998	0.996	0.998	0.998	1.006	0.998
Y	285.7	296.02	285.83	285.6	285.7	285.64	285.81	288	285.7
W	135.19	135.19	135.19	135.19	135.19	135.19	135.19	135.19	135.19
N	20.74	20.74	20.742	20.742	20.764	20.742	20.742	20.742	20.742
M	51.47	51.47	51.34	51.47	51.47	51.47	51.36	51.47	51.47
X	45.35	43.35	45.35	47.25	45.35	43.25	45.35	47.63	43.35
PR	0.008	-0.003	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.003
C	166.93	177.25	166.93	166.93	166.93	166.87	166.93	166.96	166.93
IR	38.39	39.22	38.99	38.99	38.96	38.99	38.99	38.99	39.4
U	0.893	0.893	0.893	0.893	0.872	0.893	0.893	0.893	0.898
YR	285.53	296.97	286.49	286.27	286.14	286.3	286.51	288.75	286.45
R	190.5	190.5	190.5	190.5	190.5	190.5	190.5	190.5	190.5

DEUXIEME PERIODE									
VAR.	REEL	SIMPLE				COMPLEXE			
		CT	MT	XT	DNT	CT	MT	XT	DNT
PIR	1.014	1.107	1.02	1.019	1.016	1.019	1.02	1.045	1.018
Y	290.59	321.12	291.59	291.12	291.35	291.09	291.57	299.65	292.04
W	134.42	137.41	134.45	134.38	134.42	134.40	134.45	135.08	134.42
N	20.58	20.82	20.59	20.59	20.62	20.59	20.59	20.64	20.63
M	51.14	48.02	48.06	48.15	48.15	48.15	48.06	47.89	47.86
X	45.89	50.47	49.78	49.69	49.78	49.78	49.78	54.91	50.19
PR	0.006	0.011	0.006	0.006	0.007	0.006	0.006	0.007	0.007
C	166.07	182.82	164.1	164.06	164.08	163.89	164.1	164.76	164.08
IR	43.76	49.47	39.61	39.37	39.44	39.43	39.6	41.76	39.48
U	1.16	0.934	1.158	1.163	1.128	1.162	1.158	1.11	1.124
YR	286.61	318.67	290.48	290.05	289.92	290	290.47	298.05	290.89
R	186.8	200.13	187.54	187.33	187.43	187.37	187.52	189.42	187.43

Equations	Variables explicatives et leurs paramètres			
	CT	RMT	C(T-1)	L(T-1)
	0,263	0,516	0,223	
	0,263	0,516	0,289	
MT	M(T-1)	Y(T-1)	PRRT	JMT
	0,805	0,093	6,036	0,979
	0,805	0,093	6,036	1,1
XT	X(T-1)	Y(T-1)	PRRT	JXT
	0,694	0,157	-8,152	1,029
	0,694	0,157	-8,152	0,9
DNT	DY(T-1)	DGT	UU(T-1)	WW(T-1)
	0,0216	0,147	16,402	- 1,366
	0,0216	0,147	17	- 1,366

Les écarts ne peuvent que croître dans le temps. En général, les études de sensibilité des paramètres s'arrêtent à la première période, se privant ainsi d'informations particulièrement intéressantes. Les valeurs des paramètres s'écartent notablement des valeurs moyennes.

En fait, sauf en ce qui concerne l'équation de la consommation, les écarts sont faibles. En effet, le PNN réel issu des études de sensibilité des équations (2), (3) et (4) varie respectivement de 0,3%, 0,5%; 0,7 % au terme de la quatrième période. Les importations et les exportations varient respectivement de 3,8 % et 4% dans l'équation (2), de 4 %, 4% dans l'équation (3), de 2,3 %, 2,5 % dans l'équation (4).

Par contre, les écarts de l'équation de consommation sont conséquents. Dès la première période, le PNN augmente de près de 4 % par rapport à sa valeur moyenne. La confiance que l'on peut accorder à la qualité "prévisionnelle" de la fonction de consommation ne peut alors qu'être extrêmement limitée, compte tenu de l'ampleur des variations. Il convient de signaler que le paramètre de L(T-1) constitue l'un des ajustements les plus périlleux, comme l'indique le test de Student. Les chances d'avoir un paramètre supérieur ou égal à 0, 289 sont normales (30 % au moins). La probabilité d'obtention des autres paramètres, pourtant nettement moins sensibles,

Tableau n° 23 (suite)

		TROISIEME PERIODE							
VAR.	REEL	SIMPLE				COMPLEXE			
		CT	MT	XT	DNT	CT	MT	XT	DNT
PIR	1.09	1.177	1.043	1.042	1.034	1.04	1.043	1.086	1.037
Y	303.83	355.45	303.77	303.11	302.74	302.45	303.74	319.57	304.15
W	137.04	145.9	137.33	137.21	137.26	137.19	137.33	139.67	137.46
N	20.75	21.24	20.77	20.76	20.81	20.76	20.77	20.91	20.84
M	50.34	49.78	47.9	47.98	48.26	47.97	47.92	48.18	48.04
X	47.16	49.14	49.92	49.89	49.51	49.91	49.92	56.3	49.81
PR	0.01	0.02	0.01	0.01	0.012	0.01	0.01	0.013	0.013
C	167.08	195.57	166.57	166.43	166.5	165.75	166.57	169.13	166.7
IR	51.71	72.46	48.48	48.13	48.17	48.09	48.48	55.37	48.86
U	1.123	0.615	1.101	1.11	1.056	1.112	1.101	0.955	1.034
YR	296.81	345.66	299.5	298.9	297.67	298.27	299.46	314.12	299.1
R	201.78	225.75	202.6	202.21	202.39	202.18	202.55	226.3	202.9

		QUATRIEME PERIODE							
VAR.	REEL	SIMPLE				COMPLEXE			
		CT	MT	XT	DNT	CT	MT	XT	DNT
PIR	1.052	1.22	1.052	1.051	1.036	1.045	1.052	1.117	1.04
Y	321.44	393.93	323.81	323.03	320.63	321.18	323.72	346.47	321.95
W	143.6	182.84	142.79	142.59	142.49	142.4	142.78	147.37	142.9
N	21.34	21.88	21.32	21.33	21.35	21.31	21.32	21.52	21.35
M	51.13	54.57	49.13	49.17	50	49.16	49.18	50.49	50.13
X	46.85	45.6	48.74	48.67	47.86	48.69	48.74	55.15	47.51
PR	0.028	0.038	0.029	0.031	0.031	0.029	0.029	0.033	0.031
C	173.66	213.01	172.22	171.98	171.9	170.76	172.21	177.68	172.38
IR	60.88	95.48	61.29	60.86	60.16	60.26	61.27	72.44	61.25
U	0.651	0.061	0.669	0.661	0.641	0.68	0.67	0.45	0.64
YR	315.44	369.16	310.22	309.35	305.84	307.71	310.44	329.76	307.16
R	214	252.36	214.51	214.05	213.67	213.48	214.49	226.3	214.73

est toujours inférieure à 30%. Il faut essayer de rendre l'équation CT plus stable, même au prix de certains sacrifices théoriques, si l'on veut utiliser l'équation de la consommation comme instrument prévisionnel. Le jeu pédagogique appelle des distorsions de ce type, afin de confronter l'étudiant aux difficultés inhérentes à la simulation informatique.

## 2 - Etude de sensibilité complexe

Il s'agit d'un prolongement de l'analyse simple, très peu usitée, qui présente l'avantage de choisir des variations opposées, afin de limiter les risques des grands écarts. Cette méthode n'a pas les qualités d'intransigeance et de clarté de l'analyse simple. Par contre, elle se rapproche de la réalité en refusant de croire à la variation unilatérale d'un seul paramètre. Elle ouvre des perspectives intéressantes sur le choix, dans des limites strictes, de la valeur de certains paramètres, en fonction des informations nouvelles. Il est possible aussi, de demander à l'ordinateur, de déterminer lui-même les valeurs des paramètres, en supposant ces valeurs dépendantes de lois normales, dont la moyenne est égale à la valeur du paramètre donnée par l'analyse de la régression et dont la variance est supposée égale à la variance des paramètres de l'analyse de la régression. Les paramètres de CT, MT, XT et DNT sont fixés, à titre d'exemples, aux valeurs suivantes :

Equations	Variables et paramètres		
CT	RMT : 0,2 Cte : 0,598	C(T-1) : 0,516	L(T-1) : 0,289
MT	M(T-1) : 0,805 JMT : 1,1	Y(T-1) : 0,093 Cte : 1,2	PRRT : 6,1
XT	X(T-1) : 0,708 JMT : 0,9	Y(T-1) : 0,157 Cte : 1,428	PRRT : - 8,132
DNT	DY(T-1) : 0,0216 WW(T-1) : -1,366	DGT : 0,137 Cte = 0,551	UU(T-1) : 17

Les écarts sont peu élevés au terme de la quatrième période. Le PNN réel varie respectivement de 0,7 % - 1,2 % - 0,6 % pour les équations CT, MT et DNT, alors que l'écart devient plus conséquent pour l'équation XT (YRT croît de 0,9 % - 3,8 % - 5 % - 8 % de la première à la quatrième période).



Il faut remarquer que la variation du paramètre de JXT joue en sens inverse, mais n'exerce qu'un rôle infime du fait des valeurs peu sensibles de JXT. De nombreuses études complémentaires peuvent être imaginées, mais nous nous contenterons de cette première analyse. Les écarts calculés en termes de pourcentages ne permettent qu'une étude sommaire de la sensibilité des paramètres. Parfois les systèmes se différencient totalement du trend général du système moyen. Les interdépendances temporelles conduisent à de nouveaux cycles, dont la quantification ne peut se suffire d'une simple étude en termes de pourcentages. Le calcul des coefficients de Theil permet l'analyse des divergences des cycles, qui a priori, sont supposés comparables. Notre exemple ne recèle pas d'écarts de ce type. Les variations des paramètres peuvent conduire à dénier toute valeur opérationnelle à l'ensemble du système. L'étude de la sensibilité des paramètres donne une idée assez précise de la fiabilité de la simulation.

## B - ANALYSE DES RESULTATS DES DIFFERENTES POLITIQUES

### ECONOMIQUES

Il n'est pas suffisant de simuler plusieurs politiques économiques, il faut aussi connaître la signification statistique des résultats obtenus. Cette analyse nous paraît extrêmement féconde, encore qu'elle ne soit pas fondamentale dans le domaine de la simulation semi-informatique.

Il nous est impossible de réaliser tous les tests possibles. Nous nous limiterons au calcul du test F, de la corrélation et de la technique des moindres carrés ordinaires. Cette étude ne portera que sur la seule variable YR, car un seul refus de l'hypothèse nulle conduit à reconnaître les divergences des résultats des politiques économiques comme statistiquement significatives. Rappelons que l'utilisation de ces tests implique plusieurs hypothèses dont les plus importantes sont la normalité, l'homoscédasticité et l'indépendance statistique des résidus.

#### 1 - Analyse simple

La question posée est claire : peut-on dire que les deux politiques n° 1 et n° 3 génèrent des résultats différents ? Le test F peut



répondre partiellement à cette question.

Analyse de la variance

SOURCE	SS	DF	MS
REGRESSION	362,16	1	362,16
DEVIATION	816,71	14	58,33
TOTAL	1178,87	15	168,41

$F = 6,21$  alors que  $F(0,01) = 8,86$  et  $F(0,05) = 4,6$

L'hypothèse nulle est refusée au seuil 0,05, mais elle est acceptée au seuil 0,01. Le coefficient de corrélation (-0,265) semble rejeter l'hypothèse nulle. L'analyse de la régression nous conduit aux résultats suivants :

$$Y = -0,165.X_1 + 342,63$$

(0,102)      (11,667)

D'après la loi de Student, au seuil 0,01 (15 degrés de liberté), il en résulte que la pente est comprise entre - 0,143 et - 0,187, alors que l'ordonnée à l'origine est comprise entre 318 et 366. L'hypothèse nulle est rejetée. Les politiques n° 1 et n° 3 sont statistiquement différentes, si l'on appréhende leur analyse du PNN réel. De nombreuses études peuvent être effectuées ; si les tests donnent des résultats contradictoires, il faut remarquer que l'étroitesse de l'échantillon ne favorise pas le rejet de l'hypothèse nulle. Pour remédier à cet inconvénient, il suffit d'augmenter le nombre d'expériences.

2 - Analyse semi-globale

Cette analyse spécifie une politique économique par rapport à deux ou plusieurs politiques.

Analyse de la variance

SOURCE	SS	DF	MS
REGRESSION	1042	2	521
DEVIATION	137	21	6,5
TOTAL	1179	23	51

$F = 80$  avec  $F(0,01) = 5,78$  et  $F(0,05) = 3,47$

La politique n° 1 engendre des résultats différents des politiques n° 4 et n° 5.

L'analyse de corrélation confirme ce résultat, car  $R(1,4) = 0,38$  et  $R(1,5) = 0,9$  (assez élevé tout de même).

L'étude de la régression donne :

$$Y = - 0,025 X_1 - 0,445 X_2 + 414$$

(0,066)      (0,079)      (5,23)

De nouveau, les intervalles de confiance des paramètres de  $X_1$  et  $X_2$  n'intègrent nullement les valeurs exigées (0,5 - 0,5 - 0). Ce test indique clairement que la politique n° 1 se différencie de la politique n° 4, des politiques n° 4 et n° 5, mais il laisse planer un doute sur la signification statistique de l'écart entre la politique n° 1 et la politique n° 5.

### 3 - Analyse globale

Le raisonnement est le même. Nous intégrerons dans cette analyse des politiques que nous n'avons pas étudiées dans le détail, mais que l'on peut retrouver dans notre thèse(1).

#### Analyse de la variance

SOURCE	SS	DF	MS
REGRESSION	1157,73	6	192,9
DEVIATION	21,14	49	0,43
TOTAL	1178,9	55	21,5

$$F = 447,32$$

L'hypothèse nulle est rejetée.

La matrice des corrélations s'établit comme suit :

	1	2	3	4	5	6	10
1	1						
2	-0,26	1					
3	-0,55	0,83	1				
4	-0,38	0,97	0,89	1			
5	-0,94	0,25	0,53	0,34	1		
6	-0,82	-0,05	0,3	0,07	0,66	1	
10	-0,62	0,87	0,89	0,91	0,61	0,35	1

La matrice des corrélations n'est pas favorable à l'hypothèse nulle.

L'analyse de la régression donne les résultats suivants :

$$Y = 0,107 X_1 + 0,059 X_2 - 0,16 X_3 - 0,4 X_4 - 0,32 X_5 + 0,31 X_6 + 455$$

(0,204)      (0,107)      (0,32)      (0,13)      (0,14)      (0,33)      (4,6)

Les résultats sont défavorables à l'hypothèse nulle, car nous devrions obtenir une équation contenant des coefficients égaux à 1/7 et une ordonnée à l'origine nulle.

(1) FONTANEL J : "Les techniques de simulation informatique dans l'analyse macroéconomique". Nanterre, 1974. Résultats en annexe.

La politique n° 1 génère des résultats significativement différents des autres politiques. En définitive, plus le nombre d'expériences est élevé, plus nos approximations sont bonnes et plus les tests corroborent. C'est pourquoi l'analyse globale nous semble intéressante, même si elle s'avère incapable, politique par politique, de nous affirmer si les divergences des résultats de YR sont ou non significatives. Les études semi-globales et simples peuvent alors apporter un éclairage nouveau à ce problème et le résoudre partiellement si l'on augmente le nombre d'expériences.

#### C- Elaboration d'un modèle stochastique

Les opérations caractéristiques probabilistes dépassent le carcan des équations déterministes et retracent l'évolution de certaines conduites possibles autour de la moyenne prévue. Dans le cadre d'une simulation semi-informatique simple, l'introduction des variables aléatoires n'est pas nécessaire puisque l'intérêt essentiel de notre étude réside dans la compréhension des mécanismes économiques fondamentaux. Cependant, les techniques de l'économétrie et de la simulation informatique peuvent être appréhendées par une simulation informatique pédagogique. La génération automatique des nombres au hasard par l'ordinateur modifie le contenu et la complexité des modèles stochastiques, si nous faisons l'hypothèse qu'il n'existe aucun lien entre la variable aléatoire d'une équation et les variables explicatives du modèle. Cette hypothèse est critiquable dans le cadre d'un modèle simultané, mais la récursivité de notre modèle nous permet d'échapper partiellement aux inconvénients de cette approche. Les étudiants des techniques quantitatives pourront alors suivre un cours complet sur les diverses possibilités de construction d'un modèle stochastique(1). La loi de répartition Et permet de porter un jugement sur les insuffisances de nos mesures, de nos hypothèses sur la forme des relations mathématiques et de la théorie économique. Ainsi, les importations ne sont expliquées que très approximativement par l'équation n° 4. L'évolution des prix étrangers la structure de la consommation intermédiaire du produit importé, l'action des grandes entreprises multinationales, le fonctionnement du système monétaire international jouent des rôles non négligeables (et dans bien des domaines, essentiels) sur la détermination des

(1) Cf NAYLOR - BALINTFY - SASSER : "Computer simulation techniques" J Wiley and sons. 1965. NAGAR A : "Stochastic simulation of Brookings Model". in the "Brookings Model. Some further results" Rand Mac Nally. 1969.

importations, mais la simplicité de notre modèle n'a pas permis leur intégration. La procédure que nous utiliserons est simple. L'erreur de prévision dépend de deux éléments : l'un représente les perturbations aléatoires, l'autre inclue l'erreur inhérente au modèle qui provient d'une mauvaise estimation des variables explicatives ou de la forme de l'équation. Nous ne nous intéresserons qu'aux perturbations aléatoires en supposant par ailleurs correct le modèle sous-jacent. Cette méthode ressemble aux "chocs aléatoires" du modèle de Klein-Goldberger(1) à une différence près : le choc indépendant ne s'exerce pas sur les valeurs extrapolées des variables exogènes, car la réalisation d'une simulation semi-informatique implique des décisions à chaque incrément de temps. Nous supposerons les variables aléatoires indépendantes dans le temps et dans l'espace, normalement distribuées, avec une espérance mathématique égale à zéro et un pourcentage de déviation standard calculé à partir de la variance résiduelle de l'équation.

Il existe de très nombreux programmes dans les ordinateurs destinés à calculer des processus stochastiques. Il suffit de réaliser de simples branchements sur le programme de génération des variables aléatoires en indiquant l'écart-type retenu de chaque équation pour obtenir, à partir du programme de simulation déterministe, une simulation stochastique (2). Dans notre modèle, aux douze équations de comportement correspond douze branchements. La méthode utilisée est appelée la méthode de transformation inverse programmée sur notre ordinateur et très bien présentée dans l'ouvrage de Naylor(3). Le programme principal identifie le sous-programme particulier de génération de variables aléatoires auquel est appliquée la méthode de transformation inverse.

Nous avons réalisé notre modèle stochastique à partir des politiques n° 1, n° 2 et n° 3. La variable aléatoire calculée à chaque incrément est appliquée aux trois politiques économiques de façon à rechercher dans les meilleures conditions les divergences graves entre le calcul stochastique et le calcul déterministe. Un grand écart remettrait fortement en question la simulation elle-même, car plus la partie systématique est importante et plus le modèle est fiable.

(1) KLEIN-GOLDBERGER : "An econometric model of the United States. 1929-1952" North Holland. Publ. Co. 1969.

(2) MARTIN F.F : "Computer modelling and simulation" J.Wiley.1968.  
MEIER - NEWELL - PAZER : "Simulation in business and economics" Englewood Cliffs. Prentice Hall. 1969.

(3) NAYLOR T.H : Op.Cit.

Tableau n° 24 a - Politique n° 1

Var.	1		2		3		4	
	D	S	D	S	D	S	D	S
IP	1.008	1.008	1.014	1.019	1.024	1.03	1.052	1.061
PIR	0.988	0.988	1.006	0.979	1.034	0.981	1.035	0.981
WWR	0.979	0.979	0.975	0.98	0.977	0.98	0.963	0.979
Y	285.7	285.1	290.6	290.3	303.8	301.9	321.4	318.2
P	107.5	105.3	113.3	113.1	123.2	121.5	133.1	130.5
W	135.2	136.8	134.4	134.3	137.	136.8	142.8	142.4
UU	0.041	0.037	0.053	0.052	0.051	0.05	0.03	0.031
M	51.5	51.5	51.1	52.4	50.3	51.3	51.1	52.2
X	45.35	45.4	45.9	44.4	47.2	46.1	46.9	45.7
PRR	1.008	1.012	1.006	1.006	1.01	1.011	1.028	1.03
D	108.7	108.8	113.8	113.9	119.7	119.8	125.6	127.4
F	32.7	32.3	37.2	36.1	41	40.5	46.5	46.1
C	166.9	167.5	166.1	169	168.1	169.7	173.7	174.2
TX	81.6	81.6	80.9	80.9	80.1	80	82.1	80.5
NW	75.4	75.7	81.6	79	85.3	85.8	91.7	91.2
R	190.5	192.4	194.1	192.4	201.8	202.1	214	213.6
IT	38.9	37.7	43.8	43.2	52.9	51.4	64.1	62.5
U	0.893	0.793	1.16	1.13	1.123	1.1	0.65	0.677
YR	285.5	281.7	286.6	284.9	296.8	293.2	305.4	300.

Tableau n° 24 b - Politique n° 2

Var.	1		2		3		4	
	D	S	D	S	D	S	D	S
IP	0.998	1.002	0.981	0.986	0.967	0.972	0.981	0.988
PIR	0.998	0.987	1.043	1.037	1.13	1.114	1.206	1.184
WWR	0.979	0.991	1.014	1.008	1.035	1.019	1.034	1.025
Y	285.7	285.1	291.6	291.2	314	310.9	355.4	350.3
P	107.5	93.8	102	101.8	121.3	119.7	150.2	146.3
W	135.2	136.8	135.4	135.3	137.3	135.9	145.5	144.9
UU	0.041	0.037	0.053	0.052	0.051	0.05	0.013	0.015
M	51.47	51.5	48.2	49.3	41.7	42.8	37.9	38.9
X	45.4	45.4	49.8	48.2	60.3	58.4	68.5	66.4
PRR	0.998	1.002	0.983	0.984	0.985	0.986	1.014	1.017
D	97.2	97.2	90.9	91	85	85.2	77.8	79.9
F	32.6	32.3	30.2	29	34.1	33.6	45.5	45
C	166.9	167.5	164.3	167.3	164.7	166	171.2	171.4
TX	93.1	93.1	92.4	92.3	91.9	91.8	96.2	94.3
NW	75.4	75.7	74	72.4	78.6	79.2	90.4	89.9
R	190.5	192.4	188.4	186.7	195.4	194.6	215.4	214.7
I	38.9	37.7	39.6	39.1	44.8	43.3	64.6	62.4
U	0.893	0.793	1.16	1.141	1.11	1.1	0.279	0.333
YR	286.4	284.5	297.1	295.5	324.8	320	362.3	354.5

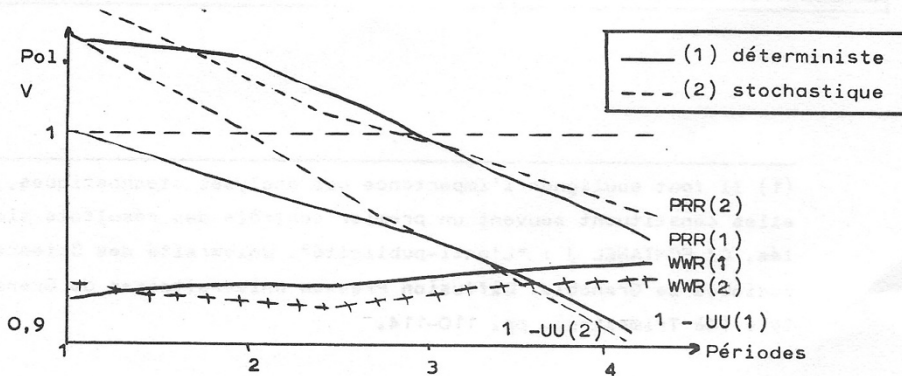
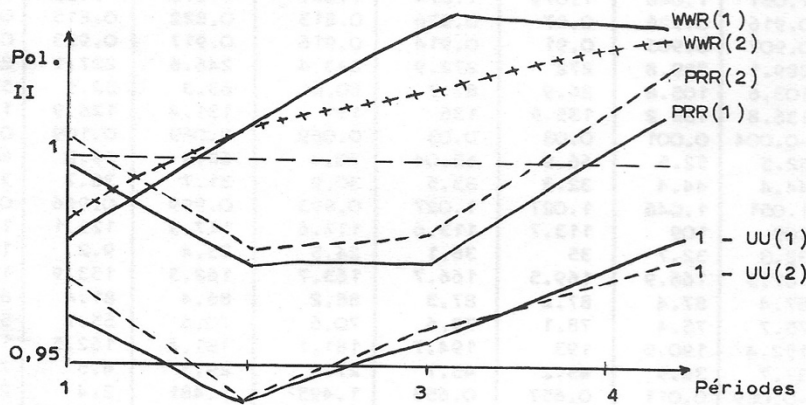
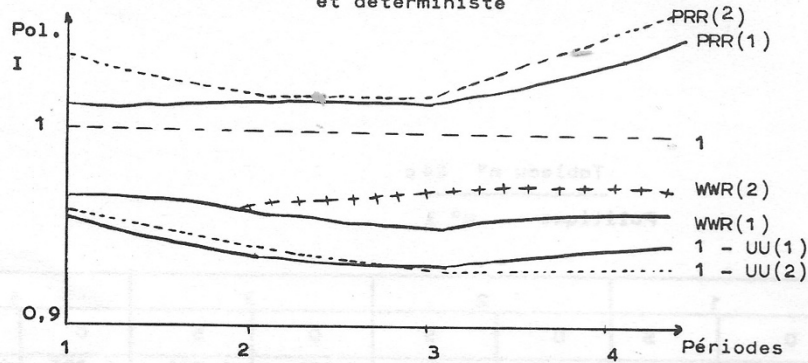
Tableau n° 24 c  
Politique n° 3

Var.	1		2		3		4	
	D	S	D	S	D	S	D	S
IP	1.051	1.046	1.079	1.074	1.071	1.073	1.035	1.035
PIR	0.916	0.926	0.87	0.876	0.813	0.822	0.815	0.815
WWR	0.907	0.905	0.91	0.914	0.916	0.917	0.953	0.957
Y	289.1	289.8	272	272.9	243.4	246.6	227.1	227.5
P	103.6	105.8	86.9	87.7	60.6	63.3	53.9	53
W	136.8	135.2	135.9	136	131	131.4	126.9	127.6
UU	-0.004	0.001	0.03	0.03	0.069	0.069	0.109	0.107
M	52.5	52.5	66.9	65.04	70.4	68.8	59.2	60.4
X	44.4	44.4	32.3	33.5	30.9	31.7	38.7	37.7
PRR	1.051	1.046	1.027	1.027	0.993	0.999	0.966	0.965
D	109	109	113.7	113.6	117.6	117.3	125.1	122.9
F	32.3	32.7	35	36.1	24.5	25.4	9.2	10.3
C	167.5	166.9	169.5	166.7	163.7	162.3	153.9	154.1
TX	87.4	87.4	87.2	87.3	88.2	88.4	81.4	83.3
NW	75.7	75.4	78.1	79.6	70.6	70.5	55.7	56.78
R	192.4	190.5	193	194.7	181.1	181.4	162.5	163.9
I	37.7	38.9	45.2	45.7	27.2	29.3	4.5	7.1
U	-0.089	0.011	0.657	0.658	1.495	1.481	2.4	2.342
YR	275.2	276.9	252	254	227.2	229.9	219.4	219.8

(1) Il faut souligner l'importance des analyses stochastiques, car elles constituent souvent un premier contrôle des résultats simulés. Cf FONTANEL J : "L'anti-publicité". Université des Sciences Sociales de Grenoble. Diffusion Presses Universitaires de Grenoble. 1976 (4<sup>e</sup> Trimestre). pp. 110-114.



Tableau n° 25a - Graphique partiel des simulations stochastique et déterministe





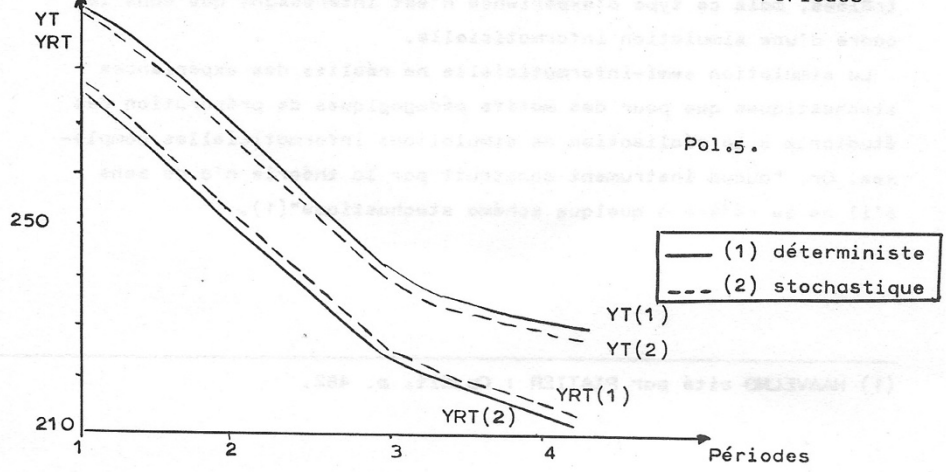
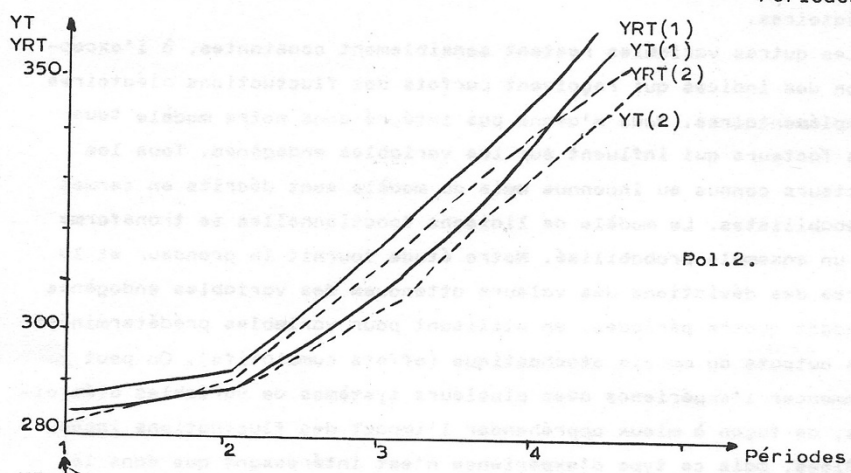
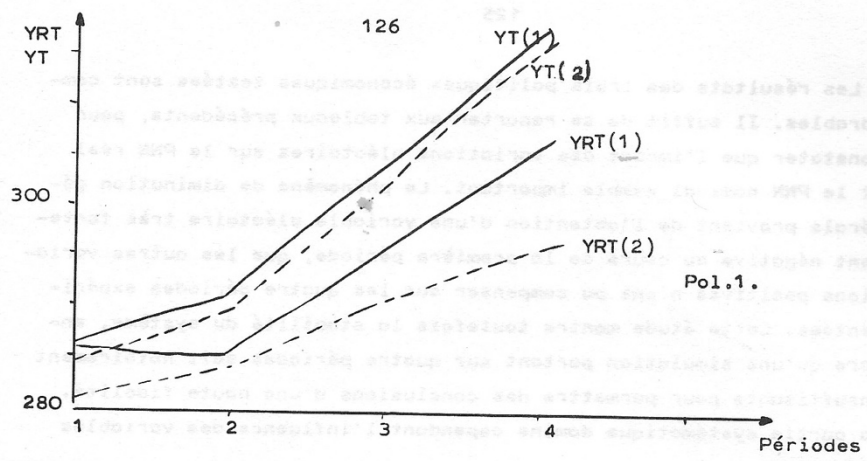
Les résultats des trois politiques économiques testées sont comparables. Il suffit de se reporter aux tableaux précédents, pour constater que l'impact des variations aléatoires sur le PNN réel et le PNN nominal semble important. Le phénomène de diminution générale provient de l'obtention d'une variable aléatoire très fortement négative au cours de la première période, que les autres variations positives n'ont pu compenser sur les quatre périodes expérimentées. Cette étude montre toutefois la stabilité du système, encore qu'une simulation portant sur quatre périodes soit notoirement insuffisante pour permettre des conclusions d'une haute fidélité. La partie systématique domine cependant l'influence des variables aléatoires.

Les autres variables restent sensiblement constantes, à l'exception des indices qui reçoivent parfois des fluctuations aléatoires complémentaires. Nous n'avons pas intégré dans notre modèle tous les facteurs qui influent sur les variables endogènes. Tous les facteurs connus ou inconnus omis du modèle sont décrits en termes probabilistes. Le modèle de liaisons fonctionnelles se transforme en un ensemble probabilisé. Notre étude fournit la grandeur et la force des déviations des valeurs attendues des variables endogènes pendant quatre périodes, en utilisant pour variables prédéterminées les outputs du modèle stochastique (effets cumulatifs). On peut commencer l'expérience avec plusieurs systèmes de variables aléatoires, de façon à mieux appréhender l'impact des fluctuations incontrôlées, mais ce type d'expérience n'est intéressant que dans le cadre d'une simulation informatique.

La simulation semi-informatique ne réalise des expériences stochastiques que pour des motifs pédagogiques de préparation des étudiants à la réalisation de simulations informatiques complexes. Or, "aucun instrument construit par la théorie n'a de sens s'il ne se réfère à quelque schéma stochastique"(1).

---

(1) HAAVELMO cité par PIATIER : Op.Cit. p. 482.



Graphique n° 25b - Etude graphique des résultats du produit national

## Section n° 4 - CONSIDERATIONS TERMINALES SUR LES EXPERIENCES DE SIMULATION

Il nous paraît utile dans un premier temps de montrer l'utilité et les limites de notre simulation semi-informati-  
cielle, avant de faire une analyse des simulations informati-  
cielles existantes à la lumière de nos nouvelles connaissances. Nous procéderons enfin à  
une étude critique rapide des limites de la simulation informati-  
cielle, dont nous avons assez largement suivi le mode opératoire.

### A - UTILITE ET LIMITE DE NOTRE SIMULATION

Il convient, au terme de notre étude, de faire un bilan succinct de la méthode proposée. Nous nous interrogerons d'abord sur les principes du processus d'apprentissage, avant de souligner, ensuite, le rôle fondamental de l'équipe pédagogique dans le fonctionnement même de la simulation semi-informati-  
cielle.

#### 1 - Le processus d'apprentissage

Les principes sont les suivants :

1°) Progression par petites étapes. La réalisation de notre simulation implique un accroissement systématique de la complexité dans des domaines bien particuliers de l'analyse économique. Les étapes peuvent paraître trop "éloignées", en ce sens qu'elles deviennent rapidement complexes. En fait, cette constatation ne remet pas en cause le processus lui-même, mais seulement les écarts des étapes. Il faut noter que cette procédure dépend du niveau général de l'enseigné et de la matière de l'apprentissage.

2°) Réponse effective de l'étudiant à chaque étape du processus d'apprentissage. C'est par l'action que l'enseigné apprend. Il apparaît nécessairement un contrôle de l'apprentissage par l'observation des comportements.

3°) Le principe de stimulation apparaît de deux façons dans notre simulation semi-informati-  
cielle. D'abord, l'appréhension des phénomènes théoriques par ce jeu pédagogique supprime une part importante de la pénibilité de l'abstraction et elle suscite chez

l'étudiant des réactions proches des comportements liés aux jeux de société. L'avantage évident de cette approche réside dans l'intérêt porté aux règles du jeu, et donc à l'apprentissage des mécanismes économiques et des décisions macroéconomiques. La stimulation intervient ensuite, par les comparaisons quasi-immédiates des résultats obtenus et des objectifs à atteindre.

4°) Le principe d'adaptation peut se caractériser par la possibilité d'utilisation individuelle de notre simulation semi-informatique. Ainsi, chaque étudiant peut suivre son propre rythme d'apprentissage. Cependant, le coût de l'opération s'accroît, car il risque d'apparaître assez rapidement un goulot d'étranglement au niveau de l'équipe pédagogique. Cet inconvénient peut être détourné, en donnant à l'ordinateur un rôle accru, mais il n'est pas certain que cette procédure soit souhaitable, sauf au niveau du contrôle systématique des connaissances.

5°) Le principe des critiques systématiques de la simulation elle-même supprime partiellement les défauts évidents de l'enseignement programmé. L'esprit critique de l'étudiant s'exerce à la fois sur les variables omises et sur l'approche quantitative. L'analyse économétrique se donne deux objectifs dans notre étude : l'apprentissage des techniques quantitatives nécessaires à la simulation informatique et la mise en évidence des difficultés inhérentes à l'appréhension des phénomènes économiques.

## 2 - Le rôle de l'équipe pédagogique

L'équipe pédagogique est responsable de la qualité de l'enseignement. Il lui faut alors définir avec précision ses objectifs, les personnes qui peuvent apprendre notre simulation dans un laps de temps défini et les résultats escomptés.

1°) L'enseignant recueille une bonne information sur la population à laquelle s'adresse le programme. En fait, notre simulation s'adresse à tous les étudiants en sciences économiques, étant entendu que le rythme d'apprentissage diffère selon les connaissances de chaque niveau d'étude et même de chaque individu. Le cours parallèle limite les inconvénients de ce type d'enseignement, car il est appliqué à chaque niveau d'étude. Il est certain que l'approche économétrique ne peut intervenir qu'après un cours approfondi de statistique. De même, des étudiants avancés peuvent éviter les

premières étapes, pour ne s'intéresser en définitive qu'à la simulation comparative principale et les étapes en aval. Notons enfin que l'approche économétrique peut être placée à différents niveaux, selon les connaissances des techniques quantitatives dont dispose le joueur.

2°) Les objectifs d'apprentissage de notre simulation se résument en six rubriques :

- Connaissance des politiques économiques
- Analyse des mécanismes économiques simples
- Compréhension de la modélisation
- Etude des hypothèses théoriques
- Analyse économétrique
- Compréhension des procédures de simulation

On pourrait ajouter l'esprit critique.

3°) La qualité pédagogique du modèle doit être expérimentée. L'enseignant analyse précisément le contenu de la matière à étudier, des concepts, des règles, des opérations qui unissent l'objectif terminal aux connaissances de départ. Il faut rechercher les activités nouvelles susceptibles d'intervenir dans l'acquisition d'un concept, car l'étudiant doit avoir les bases suffisantes pour intégrer le processus. Ainsi, l'analyse économétrique apparaît en conformité avec l'objectif d'approche quantitative et de critique du système formalisé de la simulation semi-informatique. Cette étape aboutit à la définition de l'organigramme général de la simulation en fonction du niveau des joueurs.

4°) L'étape précédente conduit à une évaluation quantitative (niveau de connaissances atteint) et qualitative (capacité croissante de compréhension des phénomènes économiques). La simulation devrait être mise à l'essai ; il est impossible d'être à la fois le constructeur du modèle et le joueur. C'est pourquoi nous n'avons pas cherché à donner des indications concernant nos propres traitements dynamiques. Les tests que nous avons pu faire sur un nombre d'étudiants malheureusement non significatif statistiquement, nous ont montré l'existence de deux procédures de mesure de l'apport de la simulation. La validation par la méthode comparative ne nous semble pas toujours satisfaisante, car les variables qui interviennent sont trop difficilement contrôlables. Ainsi, cette méthode compare deux groupes placés au même niveau, placés dans les mêmes conditions, à l'exclusion de la simulation pédagogique, mais la

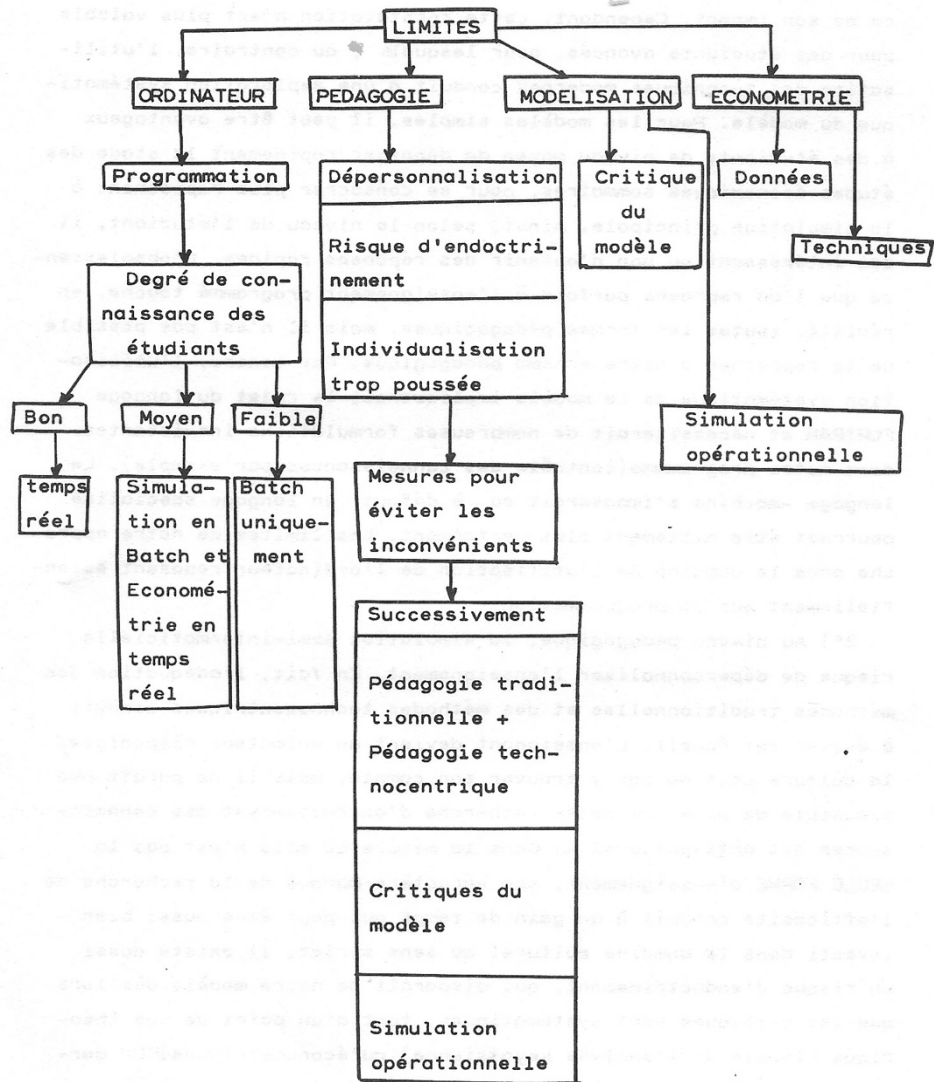
détermination des avantages comparatifs n'est pas aisée. L'utilisation de la méthode hypothético-déductive nous paraît devoir s'imposer. Elle consiste pour l'enseignant à se donner un modèle d'où il tirera des hypothèses sur les acquisitions des étudiants dans un temps déterminé. On vérifie l'efficacité de la procédure en comparant les objectifs et leurs réalisations. Cette méthode dépend évidemment du niveau des étudiants. Elle permet de guider le travail de l'équipe pédagogique et de déterminer en fin d'analyse, si les connaissances acquises correspondent à celles que l'enseignant voulait transmettre.

### 3 - Les limites de la simulation semi-informatique

Les limites de notre approche portent essentiellement sur l'utilisation de l'instrumentation informatique, sur l'enseignement pédagogique réel, sur le modèle économique et sur l'application des techniques économétriques.

1°) De nombreuses techniques plus ou moins performantes d'un point de vue technique auraient pu être utilisées. L'intérêt du time-sharing réside dans un temps de réponse apparemment nul, malgré une utilisation simultanée. L'exploitation avec réponse immédiate ne s'impose pas. La communication directe est intéressante, pour le dialogue avec la machine, mais son caractère spectaculaire dépend des applications liées à l'imagination des techniciens et à l'ampleur de la programmation. Plusieurs techniques sont donc plausibles. Nous avons utilisé le procédé le plus commun, le "batch processing", pour deux raisons essentielles. D'abord, il permet d'éviter les dangers d'un jeu trop rapide, insuffisamment nourri d'une réflexion théorique indispensable. La simulation risque de ne devenir qu'une série d'essais très empiriques, peu en rapport avec les implications pédagogiques potentielles. L'utilisation de lecteurs et traceurs de courbes ou d'écrans cathodiques peut être efficace, au niveau de l'analyse statistique des données. Un clavier donne une réponse immédiate, mais le coût s'avère très élevé si chaque étudiant peut disposer de la machine comme il l'entend. Une solution possible serait de définir, pour chaque étudiant, un montant maximal d'heures-machines. Notre simulation proprement dite se différencie de l'enseignement programmé, car elle n'a pas besoin de connaître les résultats rapidement. Elle suscite la réflexion. Ce qui est

Tableau n° 26 - Limites de la simulation informatique





important, c'est l'écart de temps entre le résultat et la nouvelle décision, mais l'obtention rapide des expériences conduit les étudiants à omettre les "time-lag" entre la décision et la connaissance de son impact. Cependant, cette constatation n'est plus valable pour des étudiants avancés, pour lesquels, au contraire, l'utilisation des techniques modernes conduit à une exploration systématique du modèle. Pour les modèles simples, il peut être avantageux à des étudiants de niveau moyen de dépasser rapidement le stade des études économiques sommaires, pour se consacrer plus rapidement à la simulation principale. Ainsi, selon le niveau de l'étudiant, il est intéressant ou non d'obtenir des réponses rapides. L'obsolescence que l'on reproche parfois à l'enseignement programmé touche, en réalité, toutes les formes pédagogiques, mais il n'est pas possible de la reprocher à notre schéma pédagogique. Par contre, l'utilisation systématique de ce modèle impliquerait le rejet du langage FORTRAN et nécessiterait de nombreuses formulations inexistantes dans notre programme (contrôle des connaissances par exemple). Le langage -machine s'imposerait ou, à défaut, un langage spécialisé pourrait être nettement plus performant. Les limites de notre approche dans le domaine de l'utilisation de l'ordinateur reposent essentiellement sur la programmation

2°) Au niveau pédagogique, la simulation semi-informatique risque de dépersonnaliser l'enseignement. En fait, l'adéquation des méthodes traditionnelles et des méthodes technocentriques conduit à éviter cet écueil. L'enseignant devient un animateur disponible, la culture peut ne pas y trouver son compte, mais il ne paraît pas plausible de dire que cette recherche d'accroissement des connaissances est anti-culturelle. Dans la mesure où elle n'est pas la SEULE FORME d'enseignement, son caractère marqué de la recherche de l'efficacité conduit à un gain de temps qui peut être aussi bien investi dans le domaine culturel au sens strict. Il existe aussi un risque d'endoctrinement, qui disparaît de notre modèle dès lors que les critiques sont systématiques, tant d'un point de vue théorique (limite de l'analyse keynésienne) qu'économétriques. Un dernier reproche pourrait être fait concernant l'individualisation poussée de l'enseignement programmé. Notre modèle peut aussi être utilisé en groupe, aussi bien dans le cadre de la simulation comparative que dans le cadre de la simulation opérationnelle.

3°) Le modèle d'inspiration keynésienne présente de nombreuses hypothèses contestables. Il faudrait prolonger le modèle de plusieurs façons complémentaires : intégration du secteur bancaire et de toutes les variables financières importantes, désagrégation des équations présentées (beaucoup trop globales pour donner des informations solides), modification de certaines équations peu intéressantes d'un point de vue théorique. Il conviendrait surtout de donner une importance accrue à la simulation opérationnelle. Notons qu'il est parfaitement possible (et même souhaitable) de modéliser les principales théories économiques, et, à l'aide de données fictives, de se proposer une explication de leurs tenants et aboutissants en réalisant des expériences. Il existe déjà des modèles des théories de Smith(1), Marx ou Keynes(2). Il suffirait de les utiliser à des fins pédagogiques, par le biais de l'expérimentation théorique.

4°) Les techniques de l'économétrie ne sont pas toujours adaptées, encore que la nature réursive de notre modèle facilite considérablement le problème. L'appréhension économétrique de nos équations non-linéaires n'est pas totalement satisfaisante(3). De nombreux tests complémentaires auraient pu intervenir dans notre simulation, comme l'analyse spectrale par exemple(4). Enfin, les informations disponibles ne permettent pas la simulation informatique de notre modèle. Les données sont rarement sous la forme désirée lorsqu'elles existent. Notre modèle n'est opérationnel qu'au niveau pédagogique.

Notre simulation semi-informatique ne se suffit pas à elle-même. Sa place et son insertion dans le système d'enseignement traditionnel rénové ont été précisées. Elle est susceptible de recevoir de nombreuses améliorations, car elle se veut une approche itérative.

---

(1) FONTANEL J: "Le travail chez Adam Smith". Polycopié, C.E.R.E.S. Grenoble. 1976.

(2) ACKLEY G: "Macroeconomic theory". Mac Millan. 1961.

(3) TEESKENS R & KOERTZ J: "Some statistical implication of the log transformation of multiplicative models" *Econometrica*, Sept. 1972.

(4) NAYLOR T.H: "Computer simulation experiments with models of economic systems". J. Wiley. 1971. pp. 247 - 268.

## B - LES SIMULATIONS INFORMATIQUES ET LEUR APPORT PEDAGOGIQUE

Il existe de nombreuses simulations informatiques et il est intéressant d'en faire l'étude, de façon à comparer notre mode opératoire à ceux des constructeurs de modèles opérationnels. Le Tableau n° 27 rappelle notre conceptualisation des simulations.

Tableau n° 27 - Les types de simulation

TYPES	DEFINITIONS	APPLICATIONS	APPORT
SIMULATION DES RESULTATS	Interprétation numérique des modèles économiques	-Construction de modèles économétriques  - Programmation sur ordinateur  - Expériences d'une période à l'autre	Traitement complexité  Rapidité  Sécurité
SIMULATION INFORMATI- CIELLE	. Validation . Ordinateur . Relations non algébriques . Traitement automatisé	- Système formalisé  - Programmation  - Expériences dyna- miques  - Procédures de validation	Dynamique  Validation  Règles non algébriques

### 1 - La simulation des résultats

Même pour les modèles simples, il peut être intéressant de procéder à une simulation et le choix s'opère autour des critères de rapidité, de coût, de sécurité et de simplicité des calculs(1). Si l'informatique n'apporte qu'un piètre concours aux modèles rationnels généraux type Harrod, par contre, les modèles économétriques, dont l'objectif réside dans une limitation optimale du nombre de variables du système formalisé, peuvent les utiliser avec profit(2). Mais le rôle essentiel des machines électroniques est de susciter des modèles complexes, que les techniques de simulation pourront traiter. Le couple informatique-économétrie supprime le goulot d'étranglement constitué par la formalisation sérieuse de la complexité ayant pour but l'action. Le choix entre les couples réalité-complexité et simplicité-irréalisme n'existe plus au même niveau. La

(1) FONTANEL J: "Informatique..." Op.Cit. p. 831 et s.

(2) DALOZ & GOUX: "Macroéconomie appliquée". Cujas, 1970.

nouvelle schématisation de l'économie se place au-dessus du couple réalité-complexité de l'ère manuelle. La simulation des résultats se définit comme une analyse NUMERIQUE d'expérimentation des phénomènes économiques par l'intermédiaire d'un système formalisé traité sur ordinateur. Les raisons de l'emploi de plus en plus fréquent de la simulation des résultats résident dans l'impuissance des autres techniques scientifiques à résoudre certains types de problèmes.

La branche des mathématiques que constitue l'analyse numérique fournit des méthodes permettant de traiter des problèmes par des voies purement arithmétiques. Cette démarche d'esprit peu séduisante pour l'esprit devient grâce à l'intervention de l'ordinateur aussi pratique et efficace que possible. Le traitement d'un problème par la simulation des résultats implique la reconstitution généralement répétée de certains phénomènes sous différentes hypothèses. Cette manipulation n'exigeant aucun effort de raisonnement peut être confié à un ordinateur, même si le système formalisé se résout par déduction. Il est en effet possible de modifier les opérations caractéristiques, les conditions initiales ou les variables exogènes à la lumière des nouvelles connaissances et de procéder à des tests de sensibilité en fonction des changements de valeur des paramètres. Ce "mode d'analyse" ne requiert pratiquement aucune supposition restrictive pour faciliter la solution et celle-ci est intelligible par des personnes n'ayant qu'une connaissance rudimentaire des mathématiques. L'ordinateur constitue l'instrument fondamental de la simulation des résultats, sans lequel il serait vain d'espérer substituer l'impuissance des méthodes analytiques par une quasi-expérimentation des phénomènes économiques.

La simulation des résultats, par des études de sensibilité, apprend aux chercheurs les simplifications mathématiques qu'il convient d'opérer pour une bonne compréhension du système réel. Elle désigne les éléments qui peuvent être modifiés ou supprimés sans affecter pour autant la conduite du système et elle traite avec célérité les modèles stochastiques. Le coût de la simulation et la forme de ses résultats ne lui permettent pas de concurrencer la méthode déductive sur son propre terrain. Cependant dès que la complexité apparaît, les méthodes deductives laissent le champ libre à la simulation des résultats.

La simulation des résultats répond à trois objectifs essentiels : l'analyse des phénomènes économiques, la préparation à la décision et la prévision des variables économiques fondamentales.

- Le modèle de Klein-Goldberger (1) comprend à la fois une recherche théorique de base et une étude concrète de l'économie américaine. Son objectif principal réside dans la détermination des interdépendances macroéconomiques et il propose un processus itératif d'amélioration des résultats dans le temps. Il intègre une procédure de validation par le biais des comparaisons entre les informations observées et les prévisions ex ante et ex post du modèle. Il se présente comme un modèle d'une période à l'autre, dans lequel les variables endogènes retardées sont traitées comme des variables exogènes. L'ordinateur apparaît comme un simple instrument de calcul et il ne devient essentiel qu'en aval de la construction du modèle.

- Le modèle FIFI a pour objectif la préparation à la concertation des agents économiques dans le cadre de la planification française. Il s'agit aussi d'un modèle d'une période à l'autre, incapable de donner des informations sur le cheminement temporel d'une politique économique particulière. Il ne calcule que les extrants de l'année terminale du Plan. L'ordinateur s'avère un incitateur par les études qu'il permet et un "formalisateur" par les études qu'il exige. Ainsi, le modèle FIFI donne rapidement plusieurs informations sur les conséquences des différentes politiques et conduit à ne pas favoriser a priori une voie de développement particulière. Cependant, l'ordinateur ne constitue qu'un instrument d'obtention des résultats, auquel il est refusé l'élaboration de procédures de vérification (2).

- Le modèle O.B.E. (3) se donne pour objectif les prévisions de quelques variables économiques fondamentales. Il se présente comme une étude empirique basée sur des travaux théoriques confirmés. Ce système formalisé constitue un cas particulier, car il allie une simulation informatique à court terme (incrément d'un trimestre) à une simulation des résultats d'une année. Effectivement, dans le cadre de l'année, les variables retardées sont

(1) KLEIN-GOLDBERGER : "An econometric model of the United States 1929-1952". North Holland Publ. Co 1969.

(2) AGLIETTA M. & COURBIS R. : "Un outil pour le plan : le modèle FIFI" Economie et Statistique N°1 Mai 1969

(3) LIEBENBERG HIRSCH POPKENS : "A quarterly econometric model of the United States" Survey of Current Business. Vol. 46 May 1966

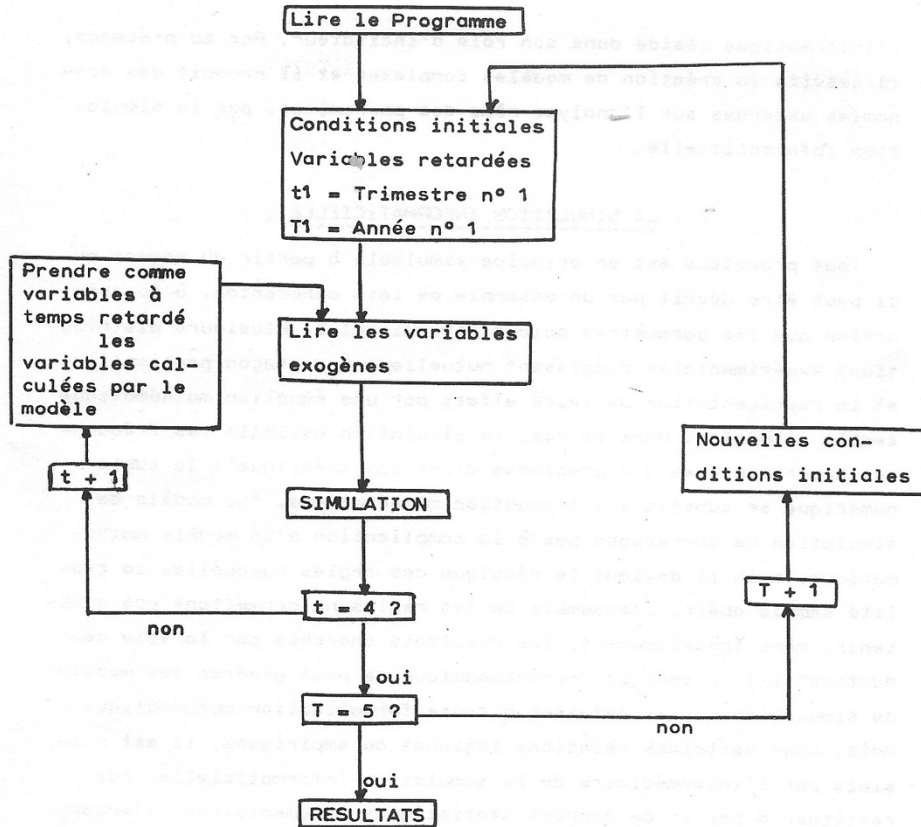


Tableau n° 28 - Organigramme de simulation du modèle O.B.E.

supposées endogènes, c'est-à-dire calculées par le modèle lui-même, mais au-delà de l'année, après quatre incréments de temps, les variables retardées sont de nouveau considérées comme exogènes. Le modèle O.B.E. se limite à l'étude des phénomènes conjoncturels, ce qui rend intéressante la simulation informatique à court terme et plausible la simulation des résultats à moyen terme. Le système formalisé ambitionne l'appréhension des phénomènes conjoncturels et sans que le modèle soit remis en cause d'année en année, les résultats ne sont plus valides à la fin de chaque année pour représenter les valeurs des variables prédéterminées. Le traitement du modèle O.B.E. semble parfaitement logique. L'apport fondamental de



l'informatique réside dans son rôle d'incitateur. Par sa présence, il suscite la création de modèles complexes et il produit des économies externes sur l'analyse même des phénomènes, par la simulation informatique.

## 2 - LA SIMULATION INFORMATIQUE

Tout processus est en principe simulable à partir du moment où il peut être décrit par un ensemble de lois cohérentes, à la condition que les paramètres soient déterminables. Plusieurs distributions expérimentales réagissent mutuellement de façon particulière et la représentation de leurs effets par une équation mathématique semble illusoire. Dans ce cas, la simulation assimile les fréquences expérimentales aux problèmes d'une loi théorique : la table numérique se substitue à l'équation mathématique. "Le modèle de simulation ne correspond pas à la complication d'un modèle mathématique, mais il devient le décalque des règles auxquelles la réalité semble obéir, l'ensemble de ces règles ne permettant pas d'obtenir, même théoriquement, les résultats cherchés par la voie déductive" (1). L'analyse macroéconomique ne peut générer des modèles de simulation qui se refusent à toute formalisation mathématique. Mais, pour certaines relations logiques ou empiriques, il est possible par l'intermédiaire de la simulation informatique, "de restituer à partir de données statistiques fragmentaires, l'ensemble des éléments numériques caractérisant le processus" (2). L'ordinateur peut traiter un assortiment d'étapes logiques et arithmétiques spécifiquement préétablies avec une grande aisance. Non seulement il calcule avec une célérité exceptionnelle, mais il manipule aussi toutes les informations symboliques. La connaissance des problèmes économiques, souvent difficiles à traduire en termes mathématiques, trouve son expression naturelle dans l'organigramme qu'il est nécessaire d'édifier pour mettre en oeuvre le processus de simulation. Plus précis, le programme de l'ordinateur peut être considéré comme un nouveau langage dans lequel les axiomes des théories sont écrites expressément. Il engendre une spécification complète du processus, chaque bit s'avérant au moins aussi exact qu'un

(1) BOUDON R. : "Réflexions sur la logique des modèles simulés" Archives européennes de Sociologie". Tome VI N° 1. 1965

(2) BOUDON R. : Op. Cit. P/19



équation mathématique. La simulation informatique, en dernier ressort, résulte essentiellement d'un programme d'instructions et de données traitées sur ordinateur.

La simulation informatique utilise normalement la méthode synthétique et la méthode analytique. La première vise la détermination des opérations caractéristiques du système entier lorsque la conduite concrète des agents est connue avec un haut degré d'exactitude. Pour que cette méthode soit viable, il faut que les informations disponibles soient considérables, que le but de l'étude repose sur l'observation et la prédiction de la conduite du système et que la recherche des opérations caractéristiques ne pose pas de problèmes insolubles. Parfois, la situation se présente de manière différente, lorsque la conduite du système total est connu ; le problème est alors de dégager les caractéristiques des phénomènes observés. La procédure usuelle consiste à construire un modèle qui spécifie la conduite des agrégats et des agents et de comparer les résultats calculés aux informations observées. Cette méthode est appelée la méthode analytique (1). La simulation informatique débute par la méthode analytique, (puisque'il convient d'abord de déterminer, par itération, une représentation correcte du système étudié), et se termine avec la méthode synthétique (qui donne des informations sur les résultats agrégés de l'entité étudiée). Le test fait partie intégrante de la simulation informatique et la succession des deux méthodes est alors logique et incluse dans le mode opératoire (Fig. 30).

La simulation informatique nécessite la réalisation d'un modèle dynamique, impliquant l'existence de "time lags". On peut d'ailleurs distinguer les modèles dynamiques d'analyse dont les variables exogènes peuvent être de n'importe quel type, les modèles dynamiques contrôlés dont les variables retardées sont surveillées afin que l'écart entre les informations observées et les calculs obtenus ne divergent pas trop (2) et les modèles dynamiques décisionnels dont les variables exogènes représentent exclusivement la politique gouvernementale (3). Evidemment, il est possible aussi

---

(1) COHEN & CYERT : "Computer models in dynamic economics" The Quarterly Journal of Economics. LXXV - Feb. 1961.

(2) ORCUTT-GREENBERGER-KORBEL-RIBLIN : "Microanalysis of socio-economic system" Harper and Row. 1965.

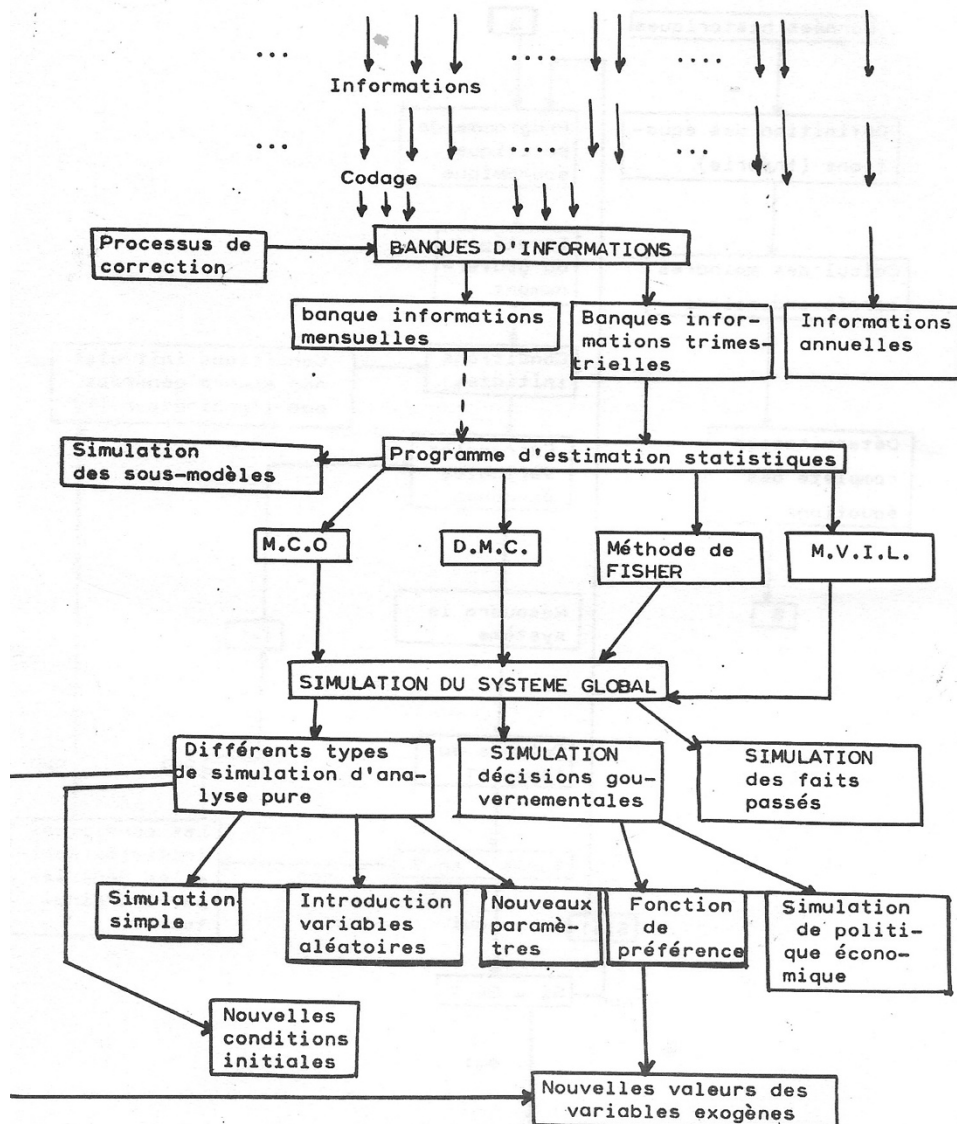
(3) FONTANEL J. : Op. Cit. PP/133/139.

de construire des modèles cybernétiques qui n'entretiennent aucune variable exogène, mais leur élaboration pose des problèmes importants. Le refus d'utiliser les outputs dans les modèles d'une période à l'autre indique que le système formalisé n'est valide que sur un seul intervalle de temps et qu'il se régénère pareil à lui-même de périodes en périodes.

Il existe plusieurs expériences plus ou moins réussies de simulation informaticielle, mais une seule nous semble complète : la simulation de HOLLAND. Certes, les modèles de la Brookings Institution (1), de PAELINCK (2), de SHUBIK (3) ou de LEROUX-RAFFOUL (4) peuvent être traités avec la technique de la simulation informaticielle, mais il leur manque quasiment toujours une propriété : la possibilité d'utiliser le programme ordinateur comme le langage fondamental de l'étude. Le modèle de HOLLAND représente l'économie indienne et il a été longuement expérimenté. L'emploi séquentiel de la méthode analytique et de la méthode synthétique paraît scrupuleusement suivie jusqu'à l'obtention d'équations correctes. Aucune résolution mathématique ne serait possible dans l'état actuel des connaissances et ce d'autant plus qu'aucune formalisation algébrique n'apparaît dans l'explication d'un petit nombre de liaisons entre les variables économiques. Le programme-ordinateur se présente comme le système formalisé le plus évolué de la simulation informaticielle. Le but explicite de HOLLAND (5) repose sur le test des décisions gouvernementales et de leur impact sur la croissance de l'économie indienne ; il emploie, pour ce faire, un modèle dynamique décisionnel d'un type particulier, puisque plusieurs hypothèses sont faites sur les variables exogènes sans que l'objectif essentiel de la simulation ne s'écarte de la préparation scientifique de la décision au niveau macroéconomique. Le modèle intègre une procédure sérieuse de validation, qui a permis de

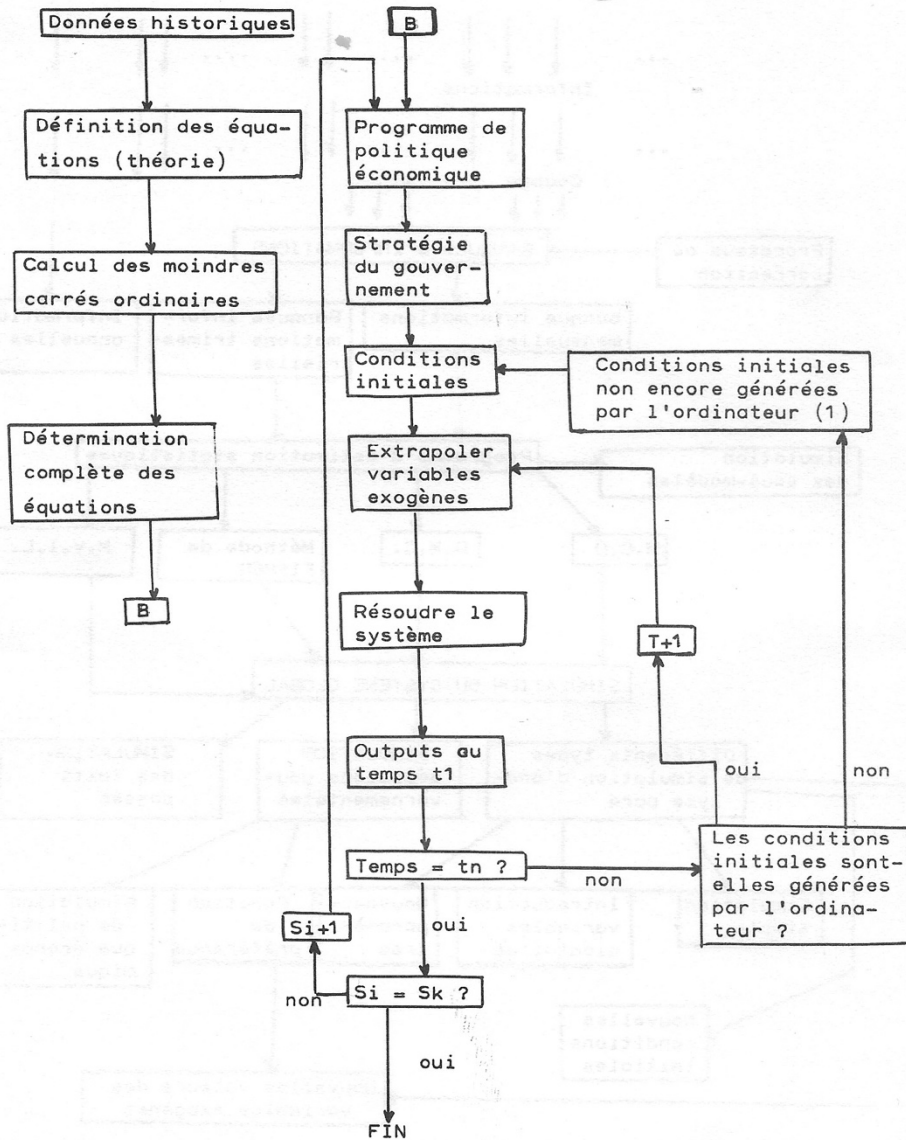
- 
- (1) DUESENBERY (and Al) : "The Brookings Quaterly Econometric model". Rand Mac Nally. 1965.
  - (2) PAELINCK J. : "Un modèle dynamique de simulation et de contrôle de l'économie belge". Riv. Inter. di scienze eco. Com. Marzo 1969.
  - (3) SHUBIK : "Simulation of socio-economic systems". Gen. Syst. 1967
  - (4) LEROUX-RAFFOUL : "An essay in simulating economic policies for french economy" Economics of Planning. Vol.9 1969.
  - (5) HOLLAND-GILLESPIE : "Experiments on a simulated underdeveloped economy - Developments plans and balance of payments policies" M.I.T. Press. 1963

Tableau n° 30 - Schéma général du rôle de l'ordinateur dans la construction du modèle de la Brookings Institution



M.C.O = Moindres carrés ordinaires  
 DMC = Doubles moindres carrés  
 MVIL = Maximum de vraisemblance à information limitée

Tableau n° 31 - Organigramme simplifié de la simulation de FROMM-TAUBMAN



(1) Par exemple, pour la première période, toutes les variables retardées du type (T-2) ou (T-n), n étant différent de 1.

modifier de nombreuses équations non conformes aux exigences de la qualité nécessaire aux ajustements statistiques. Ainsi, GILLESPIE(1) montre dans le cadre de l'équilibre de la balance des paiements, les réajustements induits des revenus sont plus importants que les élasticités des prix, cette conclusion s'appliquant aussi bien aux politiques douanières qu'aux politiques de dévaluation. Cependant, la simulation de HOLLAND échoue car elle se veut exclusivement économique. ADELMAN et MORRIS (2) dans un modèle intégrant des forces extra-économiques (comme la politique militaire, la stabilité politique, l'importance des classes moyennes ou les tensions sociales) montrent que ces variables sont fondamentales dans l'explication du développement économique des pays sous-développés. "L'économique est une structure régionale inscrite dans la structure de la totalité sociale"(3). Le couple informatique-économétrie exige énormément de connaissances des sciences sociales. La simulation macro-économique pose autant de problèmes qu'elle n'en résoud. Mais les sciences n'ont-elles pas progressé avec des pourquoi et des comment ?

B - Problèmes pratiques et théoriques de l'expérimentation  
théorique de la simulation informatique

La simulation informatique ne constitue pas une nouvelle panacée. Il existe à notre sens quatre types de difficultés dépendantes des techniques d'expérimentation théorique, de l'analyse économique, de l'instrumentation informatique et de l'analyse quantitative.

1 - Les difficultés liées à l'expérimentation théorique

Plusieurs auteurs ont utilisé la technique de la réduction de la variance(4), mais de nombreuses critiques conduisent à limiter son importance dans la diminution des erreurs stochastiques ; en effet, elle implique souvent l'introduction de nouvelles variables qui

---

(1) HOLLAND - GILLESPIE : Op. Cit. PP/106/108

(2) ADELMAN-MORRIS : "An econometric model of socio-economic and political change in underdeveloped countries". American Economic Review. Sept. 1968 PP/1184/1218.

(3) ALTHUSSER L. : "Lire le capital". Maspero. 1968.

(4) KAHN H : "Use of different Monte Carlo sampling methods". Wiley. H.A. Meyer. 1956.

conduit à un changement radical du modèle ; en outre, son coût est élevé et les améliorations des résultats sont faibles(1).

En outre, la simulation peut conduire au problème épineux des réponses multiples, à partir d'une seule expérience. Les stratégies expérimentales capables de traiter ce type de difficultés sont virtuellement inexistantes(2).

Le choix du type d'expériences repose sur les objectifs de l'expérimentateur ; il en résulte une certaine difficulté de mise en oeuvre expérimentale, car le but de l'expérience en dehors de l'optimisation reste fort imprécis. "Il est prudent alors de préciser l'état actuel de nos connaissances et des réponses sur lesquelles nos données expérimentales peuvent apporter quelque lumière "(3). D'autres problèmes apparaissent comme ceux de la non-linéarité du modèle par rapport aux paramètres(4).

## 2 - Les difficultés liées à l'analyse quantitative

Ces difficultés sont nombreuses, mais elles ne sont pas spécifiques à la simulation informatique. Ainsi, les informations sont trop peu abondantes, de mauvaise qualité, rapidement obsolètes pour la décision. Les hypothèses afférentes au modèle sous-jacent sont plus nombreuses que celles des modèles simples, mais elles sont de moindre importance qualitativement. Le couple informatique-économétrie n'engendre aucune hypothèse supplémentaire, mais il rend explicite toutes les hypothèses existantes. Une vigilance continuelle doit s'exercer sur les propositions théoriques de base pour obliger l'opérateur à améliorer sans cesse sa formulation. Les prévisions à long terme sont souvent moins bonnes par la simulation informatique que par certains modèles économétriques simples, car les opérations caractéristiques sont si nombreuses, qu'une simple erreur provoque un cumul d'erreurs au niveau global. Les difficultés afférentes à l'agrégation sont légèrement réduites par le biais de la construction de modèles ZOOM(5), mais la réalisation complète de ce type de modèle est très délicate, du fait même des problèmes généraux du no-bridge.

---

(1) MEIER - NEWELL - PAZER : Op.Cit. pp. 274 - 275.

(2) FROMM-TAUBMAN : "Policy simulation with an econometric model" Brookings Institution. North Holland Publ. 1968.

(3) NAYLOR - BALINTFY - BURDICK - CHU : "Computer simulation techniques". Wiley. 1966.

(4) MEIER - NEWELL - PAZER : Op.Cit. p. 278.

(5) HOLLAND-GILLESPIE : Op.Cit.



### 3 - Les difficultés dues à la construction de la simulation

L'emploi de l'ordinateur pose plusieurs problèmes : le coût de l'opération, la nécessité d'une programmation modulaire de façon à donner une meilleure souplesse à la simulation, malgré une réduction de la puissance potentielle de l'ordinateur, le choix d'utilisation du langage. De plus, la construction d'une simulation engendre nécessairement deux approximations du système réel : 1 - la simulation repose sur des variables discrètes, contrairement à l'évolution continue des phénomènes économiques, et 2 - les interdépendances des éléments réels s'imbriquent simultanément, alors que les éléments issus de la simulation sont calculés séquentiellement(1). Enfin, le choix des conditions initiales d'une simulation constitue une tâche difficile qu'il convient de traiter correctement, afin de limiter les informations biaisées et les coûts liés à l'augmentation du temps calcul de l'ordinateur(2).

### 4 - Limitations imposées par l'informatique

Malgré sa fabuleuse puissance de calcul, l'ordinateur est un instrument limité. Ainsi, le plan cybernétique soviétique nécessiterait pour sa mise en oeuvre 5 millions d'équations pour une programmation quadratique non linéaire. Le software risque, de surcroît, de ne pas être à la hauteur du hardware. Il existe aussi des limitations propres à la programmation, ainsi que l'a montré TURING(3). Enfin, "puisque l'âge de la Terre est sensiblement égale à  $10^7 \times 3$  secondes et sa masse  $6.10^{27}$  grammes, un calculateur de la taille de la Terre et fonctionnant depuis son origine n'aurait pu traiter que  $10^{93}$  bits. Ce n'est pas beaucoup : le nombre de parties d'échecs distinctes est de l'ordre de  $10^{120}$ "(4)

---

(1) CONWAY R.W : "Some tactical problems in digital simulation" Management Science. Oct. 1963.

(2) CONWAY : Ibid.

(3) BRAFFORT P : "L'intelligence artificielle". P.U.F. 1968. p.128 et s.

(4) FORTET R : "Simulation des systèmes de décision". Dunod. 1968. p. 150.



## Conclusion

---

La simulation constitue une technique particulièrement adaptée à l'enseignement de l'économie. Certes, elle ne peut agir seule, car elle implique l'intervention d'enseignants, à la fois pour la correction des erreurs et pour la réalisation d'un cours préparatoire aux exercices proposés. Cette approche pédagogique de type technocentrique présente l'avantage d'intégrer quelques éléments de la pédagogie sociocentrique par le tâtonnement expérimental et de la pédagogie traditionnelle par le biais des cours enseignés. L'informatique se présente comme un instrument essentiel, car elle fournit des informations synthétiques comparables à celles dont disposent un Gouvernement. L'informatique est à la fois moyen et occasion de la préparation scientifique de la décision, du développement de l'algorithme et de l'amélioration des techniques pédagogiques. La simulation semi-informatique ne peut être utilisée comme instrument exclusif car :

- le Savoir et le Savoir faire sont insuffisants pour définir un homme, et l'éducation, même au niveau de l'Enseignement Supérieur doit laisser une large place au Savoir Etre.

- si la modélisation se présente comme une méthodologie particulièrement adaptée à la compréhension analytique et synthétique de la science économique, elle ne doit pas faire oublier les fondements de l'économie politique, la réalité des systèmes et l'existence des pouvoirs(1).

L'informatique donne de nombreux espoirs de développement de la méthode heuristique, car l'imagination créatrice reste fortement dépendante d'une exploration combinatoire d'un assemblage d'états(2). et de réalisation de modèles cybernétiques intégrant une méta-méthode. L'homme reste homme dans ses incertitudes ; il s'efforce de se débarrasser de ses certitudes, et l'informatique constitue alors un instrument particulièrement adapté. Evidemment, l'utilisation complète de l'informatique n'est pas pour demain, mais poser le problème, c'est déjà se préparer à le résoudre.

---

(1) GUILLAUME M: "Le capital et son double". P.U.F. 1975. PERROUX F : "Pouvoir et économie". Dunod. 1974.

(2) KAUFMANN - FUSTIER - DREVET : "L'inventique". Entreprise Moderne d'Édition. 1970.

ANNEXE A

DNT = 1  
 DY(T-1) = 2  
 DGT = 3                    DNT = b<sub>0</sub>.DYT + b<sub>1</sub>.DGT + b<sub>2</sub>.WW(T-1) + b<sub>3</sub>.UU(T-1) + b<sub>4</sub>  
 WW(T-1) = 4  
 UU(T-1) = 5

MATRICE DES COEFFICIENTS DE CORRELATION

	1	2	3	4	5
1	1				
2	0.633	1			
3	0.159	-0.207	1		
4	0.076	0.221	0.276	1	
5	0.408	0.099	-0.647	-0.277	1

COEFFICIENTS DE REGRESSION, ECARTS-TYPES ET TEST DE STUDENT

b <sub>0</sub> = 0.0216	sbo = 0.001	Tbo = 26.38 = correct
b <sub>1</sub> = 0.147	sb1 = 0.006	Tb1 = 25.48 = correct
b <sub>2</sub> = -1.366	sb2 = 0.419	Tb2 = -3.258 = correct
b <sub>3</sub> = 16.402	sb3 = 0.642	Tb3 = 25.566 = correct
b <sub>4</sub> = 0.551	sb4 = 0.021	

COEFFICIENT DE CORRELATION MULTIPLE

CRM = 0.996

ANALYSE DE LA VARIANCE

SOURCE	SS	DF	MS
REGRESSION	0.594	4.	0.148
DEVIATION	0.0047	11.	0.0004
TOTAL	0.599	15.	0.0399

TEST F

F = 343.9 = correct

APPROCHE EMPIRIQUE

Echantillon	DNT	Valeur attendue
1	-0.04	-0.093
2	0.2	0.202
3	0.25	0.256
4	-0.042	-0.029
5	0.227	0.228
6	0.139	0.145
7	-0.021	-0.017
8	-0.048	-0.062
9	-0.375	-0.361
10	0.039	0.040
11	0.284	0.292
12	0.336	0.346
13	0.449	0.423
14	0.075	0.095
15	0.035	0.036
16	-0.068	-0.061

TEST DE THEIL    f(E) = 0. = correct

TEST DE DURBIN-WATSON DW = 3 = ni refus, ni acceptation

Régression n° 22

## ANNEXE B

Pol. Var.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T(I,1)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
T(I,2)	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
T(I,3)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
T(I,4)	0.15	0.19	0.17	0.17	0.19	0.17	0.17	0.17	0.18	0.19
UD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
WD	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
V	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
RT	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
JM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
JX	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
IP	1.092	1.003	1.055	1.02	1.031	1.057	1.055	1.055	1.071	1.017
PIR	1.002	1.263	1.11	1.196	0.852	0.872	0.981	1.025	0.93	1.07
WWR	0.944	1.073	1.009	0.991	0.877	0.92	0.953	0.964	0.95	1
Z	0.395	0.007	0.204	0.157	1.36	1.067	0.77	0.565	0.717	0.674
NN	22.09	22.07	22.07	21.91	22.04	21.97	22.09	22.09	22.08	21.98
Y	328.1	388.2	353	348.1	244.8	261.1	300	318.7	290.5	316.6
P	132.2	163.1	142	163.2	85.7	79.23	110.7	123.8	94.97	118.2
K	2509	2519	2516	2497	2354.8	2422	2452	2468	2458	2452
W	147.7	157.5	153.1	147.3	120.5	131.5	139.4	143	141.5	141.4
UU	0.018	-0.004	0.012	0.006	0.085	0.069	0.049	0.036	0.046	0.043
WW	1.018	1.061	1.06	1.012	0.913	1.002	1.014	1.031	1.019	1.019
N	21.68	22.15	21.79	21.78	20.17	20.46	21	21.3	21.07	21.03
M	57.91	42.29	52.9	42.35	43.73	56.93	53.02	51.58	60.19	46.27
X	40.74	60.24	45.37	58.14	55.54	40.58	44.82	46.32	37.63	53.29
PRR	1.038	1.022	1.027	1.028	0.996	0.992	1.009	1.018	1.007	1
D	131.7	66.36	100.7	93.48	138.9	124.1	121.1	117	108	94.98
-BC	136	37.39	95.3	130.9	186.5	179.04	144	128.1	148	114.3
F	51.83	63.4	58.7	48.7	4.006	23.93	36.49	43.73	30.33	36.7
C	181.6	185.5	184.7	173.5	145.2	160.4	169.1	172.8	170.2	168.7
L	187.5	198.1	190.7	186.1	147.9	151.7	170.3	178.4	161.6	170.8
TP	19.55	19.55	19.55	19.55	19.55	19.55	19.55	19.56	19.56	19.56
TB	16.12	14.4	15.26	14.97	15.87	15.87	15.87	15.26	15.26	15.55
TI	48.22	67.52	57.83	57.6	38.67	50.43	49.78	51.88	54.01	56.95
TX	83.89	101.47	92.64	92.1	74.09	85.85	85.2	86.7	88.83	92.06
NW	98.23	108.9	104.6	95.9	51	70.8	82.9	89.87	84.7	83.06
MW	65.11	72.37	69.45	64.32	33.15	46.55	54.74	59.46	55.96	54.84
WU	105.7	115.5	111.1	105.3	78.45	89.45	97.4	101	99.5	99.41
R	226.4	246.9	238.2	223.7	151.9	182.7	202.8	213.3	206.6	204.9
RM	193.3	210.4	203	197	134	158.4	174.6	182.9	177.9	176.7
PD	116.9	135.8	128.2	120	37.2	70.48	91.23	103.2	94.28	91.52
IT	73.67	94.78	85.85	68.81	-2.21	27.1	49.05	61.11	52.86	50.77
U	0.406	-0.081	0.275	0.135	1.87	1.52	1.09	0.794	1.012	0.952
CR	166.3	184.9	175	174.8	140.9	151.7	160.3	163.8	158.9	165.9
WR	135.3	157.1	145.1	148.4	116.9	124.3	132.2	135.6	132.1	139
IR	67.46	94.51	81.36	69.5	-2.14	25.64	46.5	57.93	49.35	49.9
AF	18.71	26.83	23.53	24.1	-13.9	-0.32	8.33	13.31	9.58	8.47
FC	33.11	36.57	35.18	24.6	17.86	24.25	28.16	30.42	28.74	28.21
YR	300.4	387.	334.5	330.2	237.5	246.9	284.4	302.1	271.2	311.2

Tableau n° 32 - Cinquième politique

Table des matières

Pages

I - <u>Construction d'une simulation semi-informatique</u> .....	7
1 - Construction d'une simulation semi-informatique comparative simple.....	11
2 - Construction d'une simulation semi-informatique comparative empirique et itérative.....	30
3 - Construction d'une simulation semi-informatique comparative complète.....	36
II - <u>Les traitements dynamiques de la simulation semi-informatique</u> .....	59
1 - Réalisation complète de la simulation semi-informatique.....	60
2 - Les variables de concertation, construction d'une simulation semi-informatique opérationnelle.....	79
III - <u>De la simulation semi-informatique à la simulation pédagogique</u> .....	97
1 - Le problème de la validité.....	99
2 - Plan expérimental et optimisation.....	105
3 - Analyse des résultats des politiques économiques...	112
4 - Considérations terminales sur les expériences de simulation.....	127
CONCLUSION/.....	146

## Bibliographie

- Adelman & Morris (1968), An econometric model of socioeconomic and political change in underdeveloped countries, *American Economic Review*.
- Aglietta, M., Courbis, R. (1969), Un outil pour le plan, le modèle FIFI. *Economie et Statistique*, Mai.
- Allen, R.G. (1969) *Théorie macroéconomique, une étude mathématique*, Armand Colin. Paris.
- Attiyeh & Brainard (1968), A simulation policy game for teaching macroeconomics, *American Economic Review*.
- Blaug, M. (1962), *Economic theory in retrospect*, Irwin.
- Boudon, R. (1965), Réflexions sur la logique des modèles simulés, *Archives européennes de Sociologie*, n°1.
- Caire, G. (1972), *La planification*, Cujas.
- Coulbois, P. (1974), *La politique conjoncturelle*, Cujas.
- Conway, R.W. (1963), Some tactical problems in digital simulation, *Management Science*. Oct.
- Courbis, R. (1969), Développement économique et concurrence étrangère, *Revue Economique*, Janvier.
- Courthoux, J-P. (1975), La détermination des salaires dans le secteur public, *Economies et Sociétés*, Décembre
- Cyert, R., Cohen, K. (1964), *The Carnegie Tech Management Game*, Irwin.
- Cyert, R.M. (1966), *A description and evaluation of some firm simulation*, IBM Papers.
- Derycke & Bobe (1975), *Projections des échanges extérieurs et balance des paiements*. Economics.
- Dolbear, Attiyeh, Brainard (1968) A simulation policy game for teaching macroeconomics, *American Economic Review*, May.
- Dottrens, R. (1971), *L'enseignement individualisé*. Delachaux et Niestlé.
- Duesenberry (and al.) *The Brookings Quarterly Econometric Model*, Rand Mac Nally.
- Evans-Klein (1967), *The Wharton econometric forecasting model*, Wharton School Philadelphia.
- Evans, M.K. (1969), *Macroeconomic activity*, Harper & Row.
- Fontanel, J. (1974), *Les techniques de simulation informatiques dans la pensée macroéconomique*, Thèse Nanterre.
- Fontanel, J. (1976), *L'anti-publicité*, Presses Universitaire Grenoble.
- Fontanel, J. (1977), Informatique et sciences économiques, *Economies et Sociétés*, Série HS. N°18.
- Fortet, R. (1968), *Simulation des systèmes de décision*, Dunod.
- Fouquet, A. (1973), Modèle de projection de la demande des ménages, *Coll. INSEE*, M.22.
- Friedman, M. (1953), *Essays in positive economics*, Chicago University Press.
- Fromm & Taubman (1968), *Policy simulation with an econometric model*, North Holland.
- Goux, C., Daloz, J-P. (1970) *Macroéconomie appliquée*, Cujas
- Guesnerie, Malgrange, Deleau (1973), Planification, incertitude et politique économique. L'opération Opeimix. *Revue Economique*.
- Guillaume, M. (1972), *Modèles économiques*, Presses Universitaires de France.
- Guillaume, M. (1972), La révélation des préférences dans l'analyse des choix collectifs, *Revue économique*, Mars.
- Guillaume, M. (1975), *Le capital et son double*, Presses Universitaires de France.
- Hallak, J. (1974), *A qui profite l'école ?* Presses Universitaires de France.
- Hicks, J.R. (1965), *Capital and growth*, Oxford University Press.

- Hines, A.G. (1964), Trade-Unions and wage inflation in the UK 1893-1961. *Review of Economic Studies*
- Holland & Gillespie (1963), *Experiments on a simulated underdeveloped economy*, MIT Press.
- Hubert, R. (1970) *Traité de pédagogie générale*, PUF, Paris.. Paris
- Johnston, J. (1965), *Econometric methods*, Mac Graw Hill.
- Kane, E.J. (1971), *Statistique, économétrie et économie*. Armand Colin. Paris.
- Kaufmann, A., Fuster, M., Drevet, A. (1970), *L'inventique*, Entreprise Moderne d'Édition. Paris.
- Klein & Goldberger (1969), An econometric model of the United States, North Holland.
- Koopmans, T.J. (1960), Stationary ordinal utility and impatience, *Econometrica*, April.
- Lambin, J. (1970), *Modèles et programmes de marketing*. Presses Universitaires de France.
- Lecaillon, J. Vernières, M. (1974) *Théorie du salaire*, Cujas.
- Lee, Adams & Gaines (1968), *Computer process control modeling and optimization*, J. Wiley.
- Liebenberg, Hirsch & Popkens (1966), A quarterly econometric model of the USA, *Survey and Current Business*, 46.
- Llaur, P. (1969), Note sur la recherche économique et l'informatique. *Economie Appliquée*, Septembre.
- Maarek, G. (1969), *L'expérimentation dirigée*, Métra, Sept.
- Mairesse, J. (1971), L'estimation du capital fixe productif, *Economie et Statistique* n°25.
- Malinvaud, E. (1964), *Méthodes statistiques de l'économétrie*, Dunod. Paris.
- Nagar, A. (1969), *Stochastic simulation of Brookings model*, Rand Mac Nally.
- Martin, F.F. (1968), *Computer modelling and simulation*. J. Wiley and sons.
- Meier, Newell & Pazer (1969), *Simulation in business and economics*, Englewood Cliffs, Prentice Hall.
- Nasse, P. (1970) Peut-on suivre l'évolution trimestrielle de la consommation, *Economie et statistique* n°8.
- Naylor, Balintfy, Sasser (1965), *Computer simulation techniques*, J. Wiley
- Naylor, T.H., Finger, J.M. (1967), Verification of computer simulation models. *Management Science*, October.
- Naylor, T.H. (1971), *Computer simulation experiments with models of economic systems*; J. Wiley and Sons.
- Orcutt, G.M, Greenberger, Korbel, J, Rivlin, A. (1965), *Micro-analysis of socioeconomic system*. Harper and Row, September.
- Oury & Vasquez (1967), *Vers une pédagogie institutionnelle*, Maspero, Paris.
- Pascallon, P. (1972), *Le second Best*, ISEA.
- Perroux, F. (1973), Pour une théorie englobante du profit, *Economie Appliquée*.
- Perroux, F. (1974), *Pouvoir et économie*, Dunod.
- Perry, L. (1964), The determination of wage rates changes, *Rev.Eco. Studies*
- Phillips, A.W. (1958), *The relation between unemployment and the rate of change of money wage in the UK 1861-1957*. *Economica*.
- Piatier, A. (1961) *Statistique et observation économique*, Presses Universitaires de France
- Renard, B., Renault, J-P. (1969), La simulation et les calculateurs, *Economie Appliquée*, Sept.
- Robbins, L. (1935), *An essay on the nature and significance of economic science*, Mac Millan.
- Siegel, S. (1956) *Non parametric statistics for the behaviour sciences*, Mac Graw Hill.

Teeskens, R., Koertz, J. (1972), Some statistical implications of the log-transformation of multiplicative models, *Econometrica*.

Theil, H. (1966), *Applied Economic Forecasting*, North Holland. Amsterdam.

Sauvan, J. (1966), Méthode des modèles et connaissance analogique, *Agressologie*, VII.I.

Sengupta & Fox (1966), *Optimization techniques in quantitative economics*, North Holland.

Shubik (1967), Simulation of socio-economic systems, *General Systems*.

Vernières, M. (1972), *Travail et croissance*, Cujas.

Winer, B. (1962), *Statistical principles in experimental design*, Mac Graw Hill Book.