



**HAL**  
open science

# La construction d'une simulation macroéconomique

Jacques Fontanel

► **To cite this version:**

Jacques Fontanel. La construction d'une simulation macroéconomique. Simulation macroéconomique appliquée. Un essai pédagogique, SRT, Diffusion Presses Universitaires de Grenoble, 1977. hal-03526181

**HAL Id: hal-03526181**

**<https://hal.univ-grenoble-alpes.fr/hal-03526181>**

Submitted on 14 Jan 2022

**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.

# La construction d'une simulation macroéconomique

Jacques Fontanel

Simulation macroéconomique appliquée

Un essai pédagogique

SRT Diffusion PUG

Grenoble, 1977

L'apprentissage de la macroéconomie implique des réflexions d'ordre qualitatif, concernant notamment les objectifs de politique économique. Cependant, il s'agit aussi d'essayer, par les analyses économétriques et de simulation, de déterminer quantitativement les objectifs réalisables selon l'horizon-temps de l'analyse. Dans ce contexte, la construction de modèles économique permet de fournir des informations, grâce aux procédures de simulation. Dans le cadre d'une simulation pédagogique, il convient de définir des informations réalistes, mais fictives, en vue de mettre en évidence les liens de causes à effets directs et indirects d'une proposition de politique économique.

Learning about macroeconomics involves qualitative considerations, particularly concerning economic policy objectives. However, it is also a question of trying, through econometric and simulation analyses, to determine quantitatively the achievable objectives according to the time horizon of the analysis. In this context, the construction of economic models allows to provide information, thanks to simulation procedures. Within the framework of a pedagogical simulation, realistic but fictitious information should be defined in order to highlight the direct and indirect cause-effect links of an economic policy proposal.

Simulation , modèle macroéconomique, politique économique, apprentissage de l'économie

Simulation, macroeconomic model, economic policy, economic learning

## Première Partie : LA CONSTRUCTION D'UNE SIMULATION

### SEMI-INFORMATIQUE

L'avantage d'une approche pratique de simulation semi-informatique 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 théorique. 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 fondamentales.

Notre simulation semi-informatique 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'intégrer des informations réelles, mais cette étape exige, au préalable, une analyse complète des mécanismes économiques à l'aide des données fictives ; ainsi, l'approche pédagogique ne sera pas annihilée par les résultats trop décevants d'une simulation informatique 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 pédagogique a pour objectif l'explication concrète des interdépendances 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.

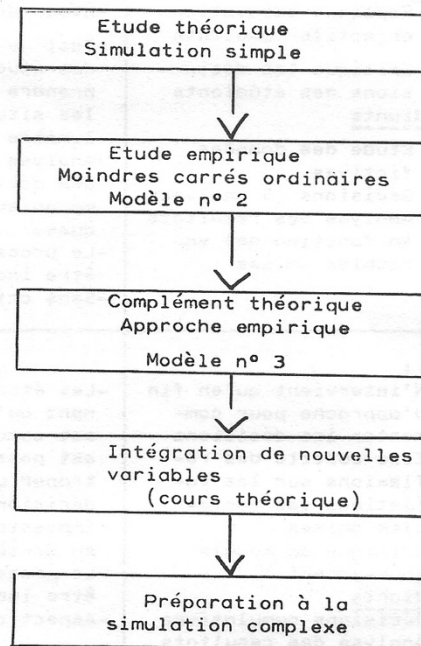


Tableau n° 2

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



$$17) \text{ AFT} = \text{PDT} - \text{NWT}$$

$$18) \text{ FCT} = \text{NWT} - \text{MWT}$$

$$19) \text{ FT} = \text{FCT} + \text{AFT}$$

$$20) \text{ RMT} = \text{RT} - \text{FCT}$$

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.

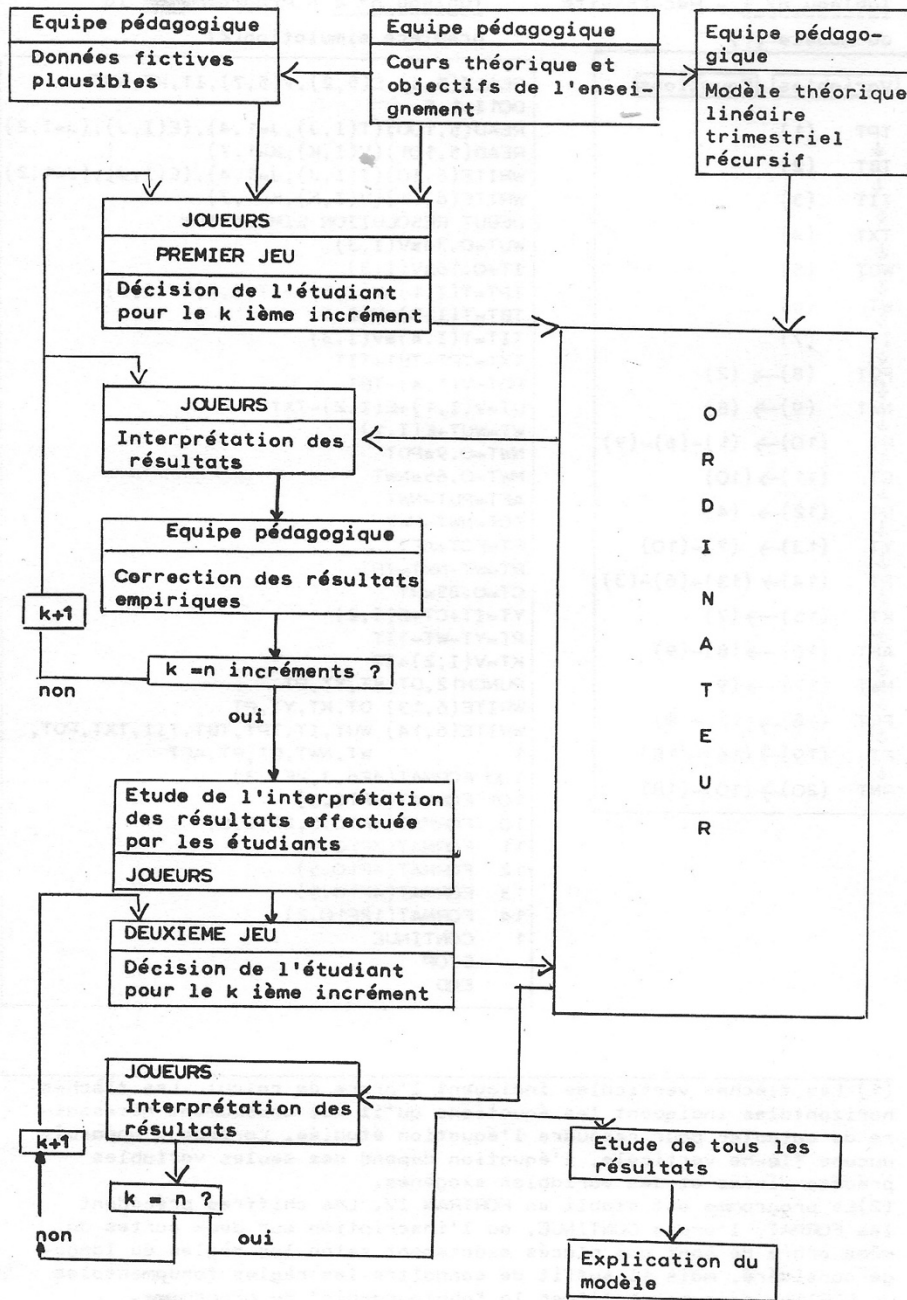


Tableau n° 5 - Schéma de la première simulation

## 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<br>en % | PT     | VT<br>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.

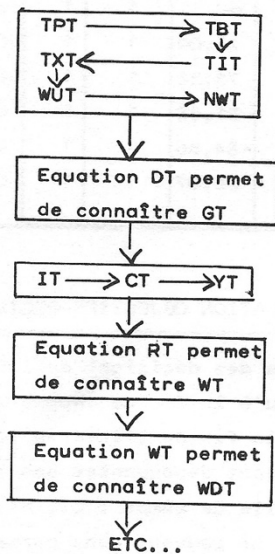
1 - Première analyse : décision trimestre par trimestre

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

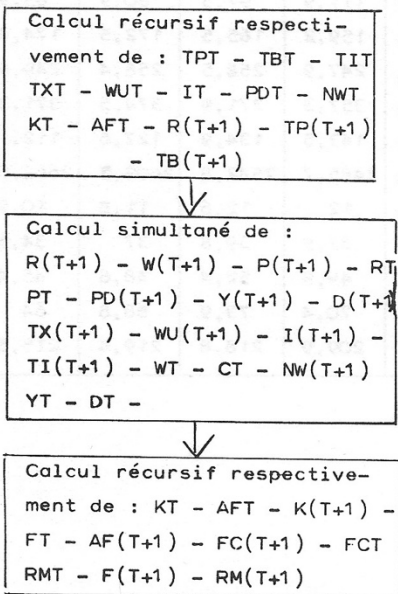
Le jeu devient plus complexe, car les objectifs portent sur plusieurs incréments de temps. Ainsi, au temps t, quelles décisions l'Etat doit-il prendre au début de chaque trimestre pour obtenir 2 ans plus tard un PNN égal à Z milliards ? Evidemment plusieurs politiques peuvent être envisagées. Pour 8 incréments, le modèle sous-jacent comprend 8 x 20 équations et 8 x 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  |

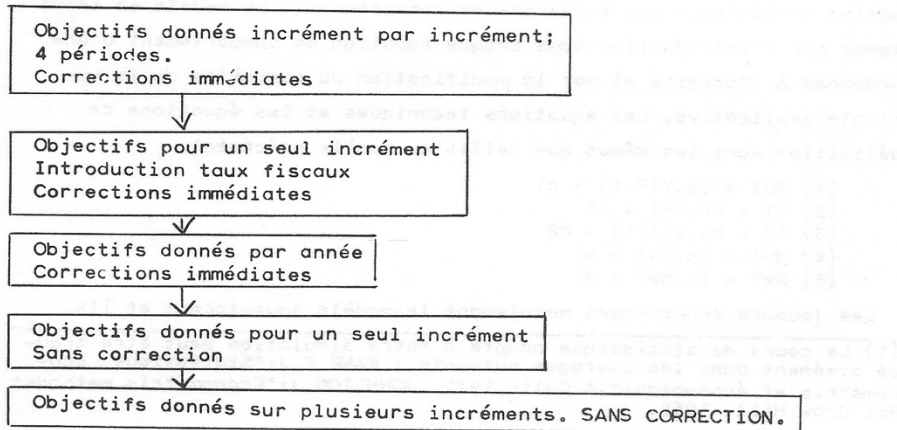
La politique n° 3 n'est alors qu'une politique possible.

- 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)  $WUT = g_0.Y(T-1) + g_1$
- (2)  $CT = c_0.RMT + c_1$
- (3)  $IT = b_0.Y(T-1) + b_2$
- (4)  $NWT = h_0.PDT + h_1$
- (5)  $MWT = f_0.NWT + f_1$

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>+</p> <p>Apports théoriques</p>   |
| Deuxième approche empirique | <p>Ibidem</p> <p>+</p> <p>approche théorique améliorée progressivement</p>  | <p>Mêmes principes</p> <p>+</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><br/>           (0,01) (0,89)</p> <p>F = 807<br/>           D = 0,982<br/>           DW = 1,93</p>   |
| <p>(2) <math>CT = 0,904.RMT + 9,96</math><br/>           (0,055) (3,01)</p> <p>F = 269<br/>           D = 0,951<br/>           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><br/>           (0,08) (7,33)</p> <p>F = 13,4<br/>           D = 0,49<br/>           DW = 0,566 (autocorrélation des résidus)</p>                                    |
| <p>(4) <math>NWT = 0,501.PDT + 5,235</math><br/>           (0,028) (1,25)</p> <p>F = 323<br/>           D = 0,958<br/>           DW = 0,555 (autocorrélation positive)</p>  |
| <p>(5) <math>MWT = 0,677.NWT - 1,385</math><br/>           (0,004) (0,142)</p> <p>F = 26120<br/>           D = 0,999<br/>           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-salariés (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 échappons 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<br/>D = 0,986<br/>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<br/>D = 0,999<br/>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<br/>D = 0,996<br/>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<br/>D = 0,982<br/>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)

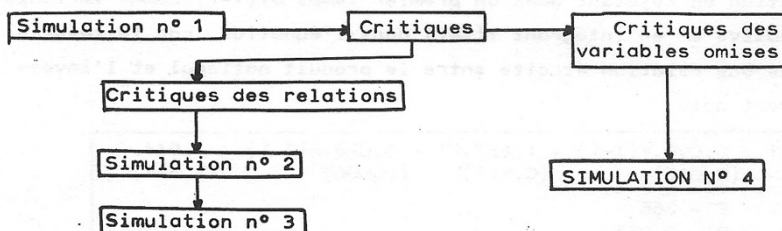
(1) MALINVAUD E: "Statistical methods of econometrics". Rand Mac Nally, 1966.

(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><br>- Construction du modèle<br>- Cours portant sur l'analyse keynésienne.<br>- Approche économétrique                         | Transmission des connaissances<br>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><br>- Reçoivent un cours traditionnel<br>- Ils ne connaissent pas le modèle<br>- 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 réfute-  
rons l'approche linéaire de la fonction des importations pour uti-  
liser 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 impor-  
tations en recourant aux droits de douanes, à certains accords in-  
ternationaux, etc... Les effets espérés par le gouvernement sont ins-  
crits 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 sui-  
tes 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 précé-  
demment.

(1) Cf les problèmes d'estimation TEESKENS R et KOERTZ J : "Some  
statistical implications of the log-transformation of multiplica-  
tive 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.

|   |
|---|
| $WUT = 0,289.Y(T-1) + 6,54.PI(T-1) + 0,02.VT + 5,685$   |
| (0,01)                      (10,46)                      (0,008)                      (0,769) |
| D = 0,99  |
| F = 365   |
| DW = 2,48                      f(E) = 0 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.

|  |
|--|
| $WUT = 0,29.Y(T-1) + 0,021.VT + 12,062$                          |
| (0,01)                      (0,008)                      (0,751) |
| D = 0,988  |
| F = 575  |
| DW = 2,29                      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 autocorrélation 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  $UU(T-1)$ .

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

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.

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

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).

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

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.

- 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*.
- Boudon, R. (1965), Réflexions sur la logique des modèles simulés, *Archives européennes de Sociologie*, n°1.
- Conway, R.W. (1963), Some tactical problems in digital simulation, *Management Science*. Oct.
- Cyert, R., Cohen, K. (1964), *The Carnegie Tech Management Game*, Irwin.
- Dolbear, Attiyeh, Brainard (1968) A simulation policy game for teaching macroeconomics, *American Economic Review*, May.
- Duesenberry (and al.) *The Brookings Quarterly Econometric Model*, Rand Mac Nally.
- Evans-Klein (1967), *The Wharton econometric forecasting model*, Wharton School Philadelphia.
- Fontanel, J. (1974), *Les techniques de simulation informatiques dans la pensée macroéconomique*, Thèse Nanterre.
- Fontanel, J. (1976), *L'anti-publicité*, Presses Universitaires Grenoble.
- Fontanel, J. (1977), Informatique et sciences économiques, *Economies et Sociétés*, Série HS. N°18.
- Fontanel, J. (1977), La construction d'une simulation macroéconomique, Un essai pédagogique. SRT. Diffusion PUG. Grenoble.
- Fortet, R. (1968), *Simulation des systèmes de décision*, Dunod.
- Fromm & Taubman (1968), Policy simulation with an econometric model, North Holland.
- Goux, C., Daloz, J-P. (1970) *Macroéconomie appliquée*, Cujas
- Guillaume, M. (1972), *Modèles économiques*, Presses Universitaires de France.
- Holland & Gillespie (1963), *Experiments on a simulated underdeveloped economy*, MIT Press.
- Klein & Goldberger (1969), An econometric model of the United States, North Holland.
- 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.
- Maarek, G. (1969), *L'expérimentation dirigée*, Métra, Sept.
- Martin, F.F. (1968), *Computer modelling and simulation*. J. Wiley and sons.
- Naylor, Balintfy, Sasser (1965), *Computer simulation techniques*, J. Wiley
- Renard, B., Renault, J-P. (1969), La simulation et les calculateurs, *Economie Appliquée*, Sept.
- 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*.
- Winer, B. (1962), *Statistical principles in experimental design*, Mac Graw Hill Book.