

Le vocable ATHEMA, sigle de "Approche Techno-Heuristique en Macroéconomie Appliquée", désigne un modèle-instrument, un instrument complet - modèle formel, protocole opératoire et logiciel - de modélisation macroéconomique, ayant pour but de permettre, aux diverses échelles territoriales (de la commune à l'ensemble multinational en passant par la région), une prospective à long terme par l'étude quantitative d'alternatives multiples, en particulier par l'étude de la cohérence globale d'éventuelles transformations profondes de l'appareil productif ou des comportements collectifs, transformations que ne permettent pas de prendre en compte les actuels modèles économétriques de prévision.

Dans ce sens, ce modèle conjugue, dans le même cadre formel, une représentation intrinsèque de la base physique des processus économiques, en termes de techniques comme dans le modèle de Von Neumann ou les modèles de programmation industrielle, avec une représentation de l'organisation macroéconomique, multisectorielle, permettant la prise en compte des échanges, des comportements sectoriels, de l'appareil monétaire et financier. Dans ce cadre, les simulations peuvent être, de façon complémentaire, soit statiques (par exemple pour étudier un projet à long terme), soit évolutives (par exemple dynamiques pour étudier les possibilités de transitions correspondantes).

Vous trouverez ci-joint l'ensemble des documents qui constituent le "dossier de présentation" actuel du modèle ATHEMA. Ces documents se répartissent comme suit :

- le document no 1 - "Présentation succincte du modèle ATHEMA" - introduit en quelques pages ce modèle, l'instrument de prospective visé et les problèmes que posent ses applications et son développement ;

- le document no 2 - "ATHEMA : modèle macroéconomique pour la prospective libre" - est un exposé théorique, à la fois de l'appareil formel du modèle et des protocoles opératoires visés ;

- le document no 2 bis - "Une méthode de calcul des prix dans le modèle ATHEMA" - est un complément au document no 2 ;

- les documents nos 3, 4, 7 - "Une micro-maquette illustrative du modèle ATHEMA ; fascicule I , annexe du fascicule I , (II) Etudes multisectorielles" - présentent, comme illustration à l'échelle territoriale usuelle de la macroéconomie, une application très agrégée à l'ensemble économique français ;

- le document no 5 - "Application du modèle ATHEMA à un canton rural d'Aquitaine : (I) présentation d'un jeu de données techniques" - introduit la base de données techniques sous-jacente à une application de type local, au canton rural de La Réole ;

- le document no 6 - "Application du modèle ATHEMA à un canton rural d'Aquitaine : (III) présentation de quelques résultats" - présente quelques études typiques concernant l'application introduite par le document no 5.

Les travaux qui ont conduit à la réalisation de ce dossier et plus généralement à celle du "prototype" actuel de l'instrument que vise à constituer le modèle ATHEMA, en particulier du point de vue logiciel (fin du § 1 et fin du § 4 du document no 1), ont été effectués entre 1977 et 1987 dans le cadre d'une

petite équipe du CNRS (1) axée sur la prospective technologique et rattachée au PIRSEM (2), les moyens ayant été fournis par le PIRSEM et, entre 1983 et 1986, par l'AFME (3). En effet, ce sont les travaux d'évaluation des techniques de conversion de l'énergie solaire qu'a faits cette équipe entre 1975 et 1979 qui sont à l'origine du modèle ATHEMA, par un glissement progressif vers une modélisation globale du système productif, puis macroéconomique.

Or ce cadre ne peut permettre la poursuite du travail car, d'une part il n'offre pas l'environnement axé sur l'économie quantitative et la modélisation qui conviendrait aux développements macroéconomiques du modèle, d'autre part les moyens dont dispose le PIRSEM ont été fortement réduits, par suite des restrictions touchant les programmes interdisciplinaires du CNRS.

Le dossier de présentation a ainsi pour but de clore la phase précédente de développement du modèle et de servir de référence pour préparer une autre phase comportant des cadres de travail plus diversifiés. Dans ce sens, le dossier n'est pas destiné, tel quel, à la publication standard (article scientifique ou livre à diffusion commerciale) : marquant une étape du travail, il est conçu pour permettre la mise au courant, en détails, de la méthodologie du modèle par les membres des équipes à constituer.

De plus, par suite des difficultés qui ont marqué la fin de la phase précédente, le dossier est inachevé en ce sens qu'il lui manque :

- d'abord un manuel du logiciel actuellement disponible et avec lequel ont été réalisées les applications présentées ;
- ensuite d'autres études concernant les mêmes applications, mais (comme le document no 7) plus axées sur l'organisation multisectorielle.

Malgré ces lacunes, le dossier comporte une diversité qui devrait permettre à un lecteur attentif de se rendre compte des possibilités du modèle, tant en ce qui concerne sa structure que ses modes d'utilisation.

On insiste à ce sujet sur la visée illustrative, méthodologique, des applications présentées (documents nos 3 à 7) : elles sont essentiellement destinées à illustrer numériquement la méthodologie du modèle qui est introduite de façon formelle et générale par le 1^{er} exposé théorique (documents nos 2 et 2bis). Ainsi, l'ensemble forme un tout : un minimum de connaissance de cet exposé - par lequel doit commencer une lecture détaillée - est indispensable à la compréhension des applications, lesquelles inversement l'illustrent.

En particulier, les études faites dans le cadre des applications sont des "exercices en chambre" dont les thèmes, bien que significatifs, sont contingents et dont les résultats ne doivent pas être interprétés en termes opérationnels, comme si les documents en cause étaient des "rapports d'experts". Dans ce sens et conformément à la visée méthodologique de la présentation des applications, l'accent y est mis sur la description de la démarche et des hypothèses de travail, ainsi que sur l'analyse détaillée des résultats, plutôt que sur la possibilité d'en tirer rapidement un aperçu à visée opérationnelle : seule une lecture détaillée peut permettre au dossier de jouer son rôle informatif.

Cela étant, l'approche des applications peut être sélective : au delà d'une commune illustration de la démarche de prospective libre, la micromaquette (documents nos 3, 4, 7) est plutôt illustrative de la représentation de l'organisation macroéconomique, l'application locale (documents nos 5 et 6) de celle du système productif en termes de techniques.

(1) Equipe Technique de Base du PIRSEM.

(2) Programme Interdisciplinaire de Recherche sur les Sciences de l'Energie et des Matières premières.

(3) Agence Française pour la Maîtrise de l'Energie.

* --- MODELE ATHEMA / STRUCTURE DE BASE ---

* Descriptif fondamental

* (a) Nomenclatures de base [2.a]

T periodes
I biens
U unites de mesure des biens
J activites
S secteurs
L operations

* (b) Nomenclatures derivees [2.b]

* - Sous-nomenclatures

Sn secteurs interieurs
Sx secteurs exterieurs
Lr operations de repartition
Lf operations financieres

* - Combinaisons de nomenclatures de base

Jp parcs
H transformations
K stockage
E echanges
Gd operations de repartition en depenses
Gr operations de repartition en recettes
Fp operations financieres en creances
Fm operations financieres en dettes

;

* Auxilliaires (fonctions d'indices)

iuiu(iu,i,u)
JpJ(Jp,j)
Hjpp(h,jp,jp)
Kjjj(k,j,j,j)
Eiss(e,i,s,s)
Gdls(gd,l,s)
Grls(gr,l,s)
Fpls(fp,l,s)
Fmls(fm,l,s)

* Sous-nomenclatures et complementaires

~~Sn(s)~~
Sn(s)
Lf(l)

;

Sn(s) = NOT Sx(s) ;

Lf(l) = NOT Lr(l) ;

* Secteurs origine (vendeurs) / destination (acheteurs)

(S,So) , (S,Sd)

* Activites de stockage\destockage

(J,Js) , (J,Jd)

* Parcs avant/apres transformation

(Jp,J0) , (Jp,J1)

;

```

* Jeu de donnees techniques
* Coefficients techniques
  Cf(i,j)      Fonctionnement
  Cp(i,jp)     Maintenance
  Cu(i,h)      Transformations
  Cz(s,i,e)    Echanges
* Taux
  Mp(jp)       Dispo. hors maintenance
  M1(h)        Dispo. parc depart
  M2(h)        Dispo. parc arrivee
  N2(h)        Nb de modules produits
* Dotations & prelevements
  Ad(t,s,i)    Dotations
  Ap(t,s,i)    Prelevements
* Seuils
* Xf_(t,s,j)   seuil d'activites
* Xu_(t,s,h)   seuil de transformations en cours
* Prix donnees
* Pr(t,e)      prix
* Po(t,l)      cours d'operation
;

* VARIABLES DE BASE
* Variables physiques [3.a]
* Fonctionnement
  Xf(t,s,j)    niveau des activites
  Xu(t,s,h)    niveau des transformations en cours
  Xz(t,e)      niveau des echanges
* Capital fixe
  Xp(t,s,jp)   niveau des parcs (max de fonctionnement en debut de periode)
* Variables monetaires et financieres [3.b]
* Fonctionnement
* Pr(t,e)      prix
* Po(t,l)      cours d'operation
* Volumes d'operation
  Db(t,gd)     depense de repartition
  Rb(t,gr)     recette de repartition
  Dp(t,fp)     depense pour creance
  Dm(t,fm)     depense remboursement de dette
  Rp(t,fp)     recette remboursement de creance
  Rm(t,fm)     recette par augmentation de dette
* Capital
  Wp(t,fp)     encours de creances
  Wm(t,fm)     encours de dettes

* VARIABLES DERIVEES
* Soldes physiques [4.a]
  Yp_(t,s,jp)  parcs hors transfo en debut de periode [4.1]
  Yp(t,s,jp)   parcs utilisables pendant la periode [4.2]
  Yb(t,s,i)    Soldes biens [4.3]
* Variables comptables [4.b]
  Z(t,so,sd)   Valeur des ventes de so a sd [4.4]
  Zd(t,s)      Total des depenses exterieures de sn [4.6]
  Zr(t,s)      Total des recettes exterieures de sn [4.6]
  Zn           Solde des echanges exterieurs [4.7]
  D_(t,l,s)    Volume des depenses financieres [4.8] [4.9]
  R_(t,l,s)    Volume des recettes financieres [4.8] [4.10]
  D(t,l,s)     Valeur des depenses financieres [4.12]
  R(t,l,s)     Valeur des recettes financieres [4.12]
  Wp_(t,l,s)   Encours de creances [4.11]
  Wm_(t,l,s)   Encours de dettes [4.11]
;
POSITIVE VARIABLES Xf, Xu, Xz, Xp ,Db, Rb, Dp, Dm, Rp, Rm, Wp, Wm;
POSITIVE VARIABLES Yp_, Yp, Z, Zd, Zr, D_, R_, D, R ,Wp_, Wm_ ;

```

* VARIABLES DERIVEES

* Soldes physiques

DEF_Yp_ definition de Yp_
 DEF_Yp definition de Yp
 DEF_Yb definition de Yb

* Variables comptables

DEF_Z definition de Z
 DEF_Zd definition de Zd
 DEF_Zr definition de Zr
 DEF_Zn definition de Zn
 DEF_D_ definition de D_
 DEF_R_ definition de R_
 DEF_D definition de D
 DEF_R definition de R
 DEF_Wp_ definition de Wp_
 DEF_Wm_ definition de Wm_

;

* DEFINITION DES VARIABLES AUXILIAIRES

DEF_Yp_(t,s,jp)\$Sn(s).. Yp_(t,s,jp) =E= Xp(t,s,jp)
 - SUM((h,j1),Hjpp(h,jp,j1)*Xu(t,s,h)) ;

DEF_Yp(t,s,jp)\$Sn(s).. Yp(t,s,jp) =E= Mp(jp)*Yp_(t,s,jp)
 + SUM((h,j1),Hjpp(h,jp,j1)*M1(h)*Xu(t,s,h))
 + SUM((h,j0),Hjpp(h,j0,jp)*M2(h)*N2(h)*Xu(t,s,h))

;

DEF_Yb(t,s,i)\$Sn(s).. Yb(t,s,i) =E= SUM(j,Cf(i,j)*Xf(t,s,j))
 + SUM(jp,Cp(i,jp)*Yp_(t,s,jp))
 +
 SUM(h,SUM((j0,j1),Hjpp(h,j0,j1)*Cu(i,h)*Xu(t,s,h)))
 + SUM((e,so),Eiss(e,i,so,s)*Xz(t,e))
 - SUM((e,sd),Eiss(e,i,s,sd)*Xz(t,e))
 + SUM(e,Cz(s,i,e)*Xz(t,e)) ;

DEF_Z(t,so,sd).. Z(t,so,sd) =E= SUM((e,i),Eiss(e,i,so,sd)*Pr(t,e)*Xz(t,e)) ;

DEF_Zd(t,s)\$Sn(s).. Zd(t,s) =E= SUM(so,Z(t,so,s)) ;

DEF_Zr(t,s)\$Sn(s).. Zr(t,s) =E= SUM(sd,Z(t,s,sd)) ;

DEF_Zn(t).. Zn =E= SUM(s\$Sn(s),Zr(t,s)-Zd(t,s)) ;

DEF_D_(t,l,s).. D_(t,l,s) =E= SUM(gd,Gdls(gd,l,s)*Db(t,gd))
 + SUM(fp,Fpls(fp,l,s)*Dp(t,fp))
 + SUM(fm,Fmls(fm,l,s)*Dm(t,fm)) ;
 DEF_R_(t,l,s).. R_(t,l,s) =E= SUM(gr,Grls(gr,l,s)*Rb(t,gr))
 + SUM(fp,Fpls(fp,l,s)*Rp(t,fp))
 + SUM(fm,Fmls(fm,l,s)*Rm(t,fm)) ;

DEF_D(t,l,s).. D(t,l,s) =E= Po(t,l)*D_(t,l,s) ;

DEF_R(t,l,s).. R(t,l,s) =E= Po(t,l)*R_(t,l,s) ;

DEF_Wp_(t,l,s).. Wp_(t,l,s) =E= SUM(fp,Fpls(fp,l,s)*Wp(t,fp)) ;

DEF_Wm_(t,l,s).. Wm_(t,l,s) =E= SUM(fm,Fmls(fm,l,s)*Wm(t,fm)) ;

* CONTRAINTES FONDAMENTALES

* Equilibres physiques [5.a]

xb(t,s,i) conservation des biens [5.1]

xk(t,s,jp) compatibilite activites\parcs [5.2]

xd(t,s,jp) compatibilite transformations\parcs [5.3]

* xh(t,s,k) compatibilite destockage\stockage [5.4]

* vf(t,s,j) effets d'echelle activites [5.5]

* vu(t,s,h) effets d'echelle transformations [5.6]

* Evolution des parcs et des stocks [5.b]

xe(t,s,jp) evolution des parcs [5.7]

* xs(t,s,k) evolution des stocks [5.8]

* Comptabilite [5.c]

qo(t,s) equilibre par secteurs interieurs [5.9]

qs(t,l) equilibre par operations [5.10]

qi(t,l) coherence actif\passif [5.11]

kp(t,fp) compatibilite operations\encours creances [5.12]

km(t,fm) compatibilite operations\encours dettes [5.13]

* ep(t,fp) evolution des encours creances [5.14]

* em(t,fm) evolution des encours dettes [5.15]

;

* DEFINITION DES CONTRAINTES FONDAMENTALES

xb(t,s,i)\$Sn(s).. Yb(t,s,i) + Ad(t,s,i) - Ap(t,s,i) =G= 0 ;

xk(t,s,jp)\$Sn(s).. Yp(t,s,jp) =G= SUM(j,Jpj(jp,j)*Xf(t,s,j)) ;

xd(t,s,jp)\$Sn(s).. Yp_(t,s,jp) =G= 0 ;

* xh(t,s,k).. SUM((js,j,jd),Kjjj(k,js,j,jd)*Xf(t,s,jd)) =L=

* SUM((js,j,jd),Kjjj(k,js,j,jd)*Xf(t,s,j)) ;

* vf(t,s,j)\$ (Sn(s) and Xf_(t,s,j)).. Xf(t,s,j) =G= Xf_(t,s,j) ;

* vu(t,s,h)\$ (Sn(s) and Xu_(t,s,h)).. Xu(t,s,h) =G= Xu_(t,s,h) ;

xe(t,s,jp)\$ (Sn(s) and (CARD(t)-1)).. Xp(t+1,s,jp) =E= Yp_(t,s,jp) +

SUM(h,N2(h)*Xu(t,s,h)) ;

* xs(t,s,k)\$ (CARD(t)-1).. SUM((js,j,jd),Kjjj(k,js,j,jd)*Xf(t+1,s,j)) =E=

* SUM((js,j,jd),Kjjj(k,js,j,jd)*(Xf(t,s,j)) - Xf(t,s,jd) +

Xf(t,s,js)) ;

qo(t,s)\$Sn(s).. Zd(t,s) + SUM(l,D(t,l,s)) =E= Zr(t,s) + SUM(l,R(t,l,s)) ;

qs(t,l).. SUM(s,D_(t,l,s)) =E= SUM(s,R_(t,l,s)) ;

qi(t,l)\$Lf(l).. SUM(s,Wp_(t,l,s)) =E= SUM(s,Wm_(t,l,s)) ;

kp(t,fp).. Rp(t,fp) =L= Wp(t,fp) ;

km(t,fm).. Dm(t,fm) =L= Wm(t,fm) ;

* ep(t,fp)\$ (CARD(t)-1).. Wp(t+1,fp) =E= Wp(t,fp) - Rp(t,fp) + Dp(t,fp) ;

* em(t,fm)\$ (CARD(t)-1).. Wm(t+1,fm) =E= Wm(t,fm) - Rm(t,fm) + Dm(t,fm) ;

* --- MODELE ATHEMA / STRUCTURE CIRCONSTANCIELLE ---

* Jeu de donnees circonstanciellees

* Valeurs fixees [6.1]

Xfx(t,s,j) niveau des activites fixe
 Xpx(t,s,jp) niveau des parcs fixe
 Xux(t,s,h) niveau des transformations en cours fixe
 Xzx(t,e) niveau des echanges fixe
 Dbx(t,gd) depense de repartition fixe
 Rbx(t,gr) recette de repartition fixe
 Dpx(t,fp) depense pour creance fixe
 Dmx(t,fm) depense remboursement de dette fixe
 Rpx(t,fp) recette remboursement de creance fixe
 Rmx(t,fm) recette par augmentation de dette fixe
 Wpx(t,fp) encours de creances fixe
 Wmx(t,fm) encours de dettes fixe
 Prx(t,e) prix fixe
 Pox(t,l) cours d'operation fixe

* Bornes inferieures [6.2]

Xfi(t,s,j) niveau des activites minimum
 Xpi(t,s,jp) niveau des parcs minimum
 Xui(t,s,h) niveau des transformations en cours minimum
 Xzi(t,e) niveau des echanges minimum
 Dbi(t,gd) depense de repartition minimum
 Rbi(t,gr) recette de repartition minimum
 Dpi(t,fp) depense pour creance minimum
 Dmi(t,fm) depense remboursement de dette minimum
 Rpi(t,fp) recette remboursement de creance minimum
 Rmi(t,fm) recette par augmentation de dette minimum
 Wpi(t,fp) encours de creances minimum
 Wmi(t,fm) encours de dettes minimum

* Bornes superieures [6.3]

Xfs(t,s,j) niveau des activites maximum
 Xps(t,s,jp) niveau des parcs maximum
 Xus(t,s,h) niveau des transformations en cours maximum
 Xzs(t,e) niveau des echanges maximum
 Dbs(t,gd) depense de repartition maximum
 Rbs(t,gr) recette de repartition maximum
 Dps(t,fp) depense pour creance maximum
 Dms(t,fm) depense remboursement de dette maximum
 Rps(t,fp) recette remboursement de creance maximum
 Rms(t,fm) recette par augmentation de dette maximum
 Wps(t,fp) encours de creances maximum
 Wms(t,fm) encours de dettes maximum

;