

Ce texte complète les documents formels de présentation technique du modèle ATHEMA (par exemple [11] et [6]) par une discussion faite en termes personnels, à la première personne, de l'historique du travail de développement et des problèmes qu'il a posés. Il suppose de la part du lecteur une certaine connaissance, tant de la visée que de la structure, du modèle, connaissance que le bref résumé figurant ci-après ne peut sans doute suffire à donner. La lecture préalable d'au moins la présentation succincte ([11]) est donc conseillée.

Le vocable ATHEMA, sigle de "Approche Techno-Heuristique en Macroéconomie Appliquée", désigne une classe de modèles, 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), 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, ces modèles conjuguent, 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).

Le vocable "modèle ATHEMA" est employé ci-dessous pour désigner l'instrument complet - modèle formel, protocole opératoire, logiciel - dont un aperçu est donné dans les § 2 à 4 du texte de présentation succincte [11] et qui est présenté en détails dans le texte théorique [6]. Le vocable "prototype ATHEMA" est employé pour désigner l'instrument actuellement disponible, le prototype utilisable, en particulier du point de vue logiciel ([11], fin du § 4 et § 5).

(a) Les travaux qui ont conduit à la définition du "modèle ATHEMA" et à la réalisation du "prototype ATHEMA" (aux sens donnés ci-dessus à ces vocables), ont été entièrement réalisés dans le cadre d'une petite équipe du CNRS rattachée au PIRSEM (Programme Interdisciplinaire de Recherche sur les Sciences de l'Énergie et des Matériaux), l'"équipe technique de base du PIRSEM" (ETB).

Cette équipe a été créée lors du lancement en 1974 du PIRDES (Programme Interdisciplinaire de Recherche sur l'Énergie Solaire) pour évaluer techniquement les possibilités de conversion de l'énergie solaire et intervenir dans la définition et le suivi des opérations de recherche et développement lancées à ce sujet par le PIRDES (devenu par la suite PIRSEM).

Ayant pris contact avec elle en 1975, j'ai été rapidement séduit et même fasciné par l'intensité et l'originalité de la réflexion à la fois technique et idéologique qui y était menée, à propos de l'énergie solaire, sur la crise de l'énergie et plus généralement sur la problématique des limites physiques à la croissance sauvage. C'est ainsi que dans le courant de l'année 1975, j'ai progressivement situé l'essentiel de mon activité dans le cadre de l'ETB.

(b) A propos et au delà des travaux de l'ETB relatifs aux techniques de conversion de l'énergie solaire auxquels j'ai commencé par collaborer comme "mathématicien-modélisateur à tout faire", nous avons entrepris dès 1976, le noyau de l'ETB et moi, une réflexion prospective sur les problèmes posés du point de vue économique par l'utilisation de l'énergie solaire "à grande échelle", plus précisément par son insertion dans le système productif, ce dernier étant pris au sens le plus large, incluant les ressources et les processus de consommation finale. Cette réflexion nous a conduits naturellement à envisager, au delà des problèmes énergétiques, les possibilités de transformations profondes du système productif dans son ensemble, donc à envisager la modélisation globale de ce dernier : l'origine du modèle ATHEMA est là.

Dans ce sens, optant de façon standard pour le cadre formel d'un modèle statique de programmation linéaire, nous avons réalisé et expérimenté numériquement dans ce cadre, entre 1977 et 1979, une maquette permettant de représenter le système productif d'une collectivité de type local-rural, cela comme un exercice générique, non localisé mais cependant avec des jeux de données techniquement raisonnables. Les résultats ainsi obtenus sont présentés en détails dans les rapports [3] et [5].

(c) Au delà de l'accord idéologique sur les thèmes de la prospective libre ([11], § 1) et de l'étroite collaboration qui l'a permis, le travail sur cette maquette a fait apparaître, entre le noyau de l'ETB et moi, des divergences que j'analyse ci-après [alinéas (c) et (d)], vu leur importance aussi bien conceptuelle que historique pour la suite.

Tout d'abord, ce travail nous a évidemment amenés à affronter la question de la validité d'une "économie physique" privilégiant l'analyse de la base physique, du système productif (au sens large ci-dessus), sur celle des superstructures organisationnelles et comportementales. Plus précisément, ayant été amenés à passer de la prospective technologique initialement visée par l'ETB à une prospective macroéconomique, nous nous sommes heurtés sur la question de la validité, selon l'échelle territoriale envisagée, d'une démarche de prospective macroéconomique reposant sur un modèle statique de programmation linéaire privilégiant la représentation du système productif.

Cette question a divisé l'équipe en ce sens que le noyau de l'ETB était partisan de rester le plus près possible de la prospective technologique et de passer rapidement à des applications "sur le terrain" dans le cadre méthodologique d'économie physique de la maquette, alors que je préconisais, avant de passer à de telles applications, une amélioration du modèle concernant à la fois la représentation de la base physique (en particulier pour permettre des études évolutives et la prise en compte des non-linéarités techniques) et son couplage avec une représentation de l'organisation multisectorielle (en particulier pour permettre des calculs de prix adaptés ; § 13 de [6]).

(d) Cette divergence méthodologique [alinéa (c)] est liée et s'est conjuguée avec une autre concernant la nature des applications à mener et leur finalité : l'ETB était axée sur des applications "sur le terrain", relatives à des collectivités de type local-rural, pouvant ne donner lieu qu'à des comptes rendus, de type pratique, privilégiant un accès rapide aux résultats à l'usage des décideurs locaux, alors que j'avais besoin, pour accompagner numériquement l'amélioration macroéconomique du modèle [alinéa (c)], d'applications expérimentales et illustratives de la méthodologie, relatives à un grand ensemble économique (de type régional ou national), donnant lieu à des comptes rendus détaillés, de type plus scientifique que pratique, privilégiant la discussion formelle des prémices et de la technique de modélisation à l'usage d'éventuels participants au développement ou aux applications du modèle.

En particulier, la question de l'échelle territoriale a donné lieu à de nombreux débats. A ce sujet, ma demande d'une application, même illustrative, à un grand ensemble économique a été motivée, au delà des considérants méthodologiques évoqués ci-dessus, par le travail de prospective énergétique que j'ai animé en 1977 dans le cadre d'un cercle de réflexion indépendant de l'ETB (le "groupe de Bellevue") sur la possibilité, à long terme, d'une autosuffisance énergétique de la France exclusivement basée sur la conversion locale de l'énergie solaire.

Ce travail, qui s'est traduit par la publication du PROJET ALTER en 1978 ([13]), était plus technique qu'économique et ne reposait pas sur un modèle élaboré de l'ensemble français permettant d'étudier la possibilité en question du point de vue économique, même en termes d'économie physique [alinéa (c)] : je "révais" donc de réaliser un tel modèle, même seulement illustratif.

Le noyau de l'ETB, qui a toujours été réticent vis-à-vis de la valeur prospective de ce travail non appuyé sur un modèle macroéconomique, pensait que nous n'avions pas les moyens de réaliser un tel modèle de type national. Sous mon impulsion, le Groupe de Bellevue a tenté, mais sans résultat, de rassembler une équipe pour le faire de façon non institutionnelle (opération "PROJET ALTER II", [14]) dans le contexte d'effervescence de la réflexion économique qui a précédé l'élection présidentielle de 1981. Finalement, j'ai entrepris de le faire seul depuis 1984, à titre d'illustration du modèle ATHEMA, au travers de la "micromaquette" ([7] et [8] ; en particulier l'exposé no 4 de [7] reprend le PROJET ALTER en termes macroéconomiques).

(e) Ces divergences n'ont pas été dépassées et ont fortement grévé la poursuite du travail, la collaboration entre l'ETB et moi ne s'étant pas vraiment poursuivie au delà de la réalisation de la maquette d'économie physique [alinéa (b)], malgré le compromis qui a été tenté en 1982 pour constituer autour de l'ETB un laboratoire mixte CNRS-AFME d'économie physique [alinéa (g)], compromis qui a permis que le développement du prototype ATHEMA puisse encore bénéficier du cadre privilégié de l'ETB de 1983 à 1987.

En un raccourci qui est développé dans les alinéas suivants, on peut dire que le modèle ATHEMA correspond à la tentative d'amélioration du modèle linéaire de départ que je préconisais, tentative vis-à-vis de laquelle l'ETB est restée réticente et dont la lourdeur l'a amenée à se désolidariser pour développer ses applications avec le modèle initial, ce qui a fait que je n'ai pu réaliser qu'un prototype assez éloigné des ambitions du modèle ATHEMA, en particulier en ce qui concerne l'élaboration des applications illustratives qui figurent dans le dossier de présentation actuel ([7] à [10]).

(f) La présentation discutée de la maquette d'économie physique ([3] ; alinéa (b)) ayant donné lieu en 1980, de la part des quelques économistes consultés, à des réactions encourageantes (ainsi d'ailleurs qu'à des réactions de rejet en tant qu'"économie physique"), nous avons réalisé de cette maquette entre 1980 et 1982 une présentation plus systématique [5], cela tant du point de vue de l'analyse des données (fascicule I) que de l'exploitation (fascicules II et III). Parallèlement j'ai travaillé l'amélioration théorique du modèle, ce qui a conduit au texte [4] dont le caractère très général a permis de dépasser temporairement notre divergence méthodologique à ce sujet [alinéa (c)].

13  
Durant l'année 1982, nous avons diffusé une centaine d'exemplaires de ces documents [4] et [5] auprès d'instances et de personnalités variées, cela afin de prendre des avis et d'établir des collaborations extérieures à l'ETB en vue d'une nouvelle phase du travail incluant parallèlement l'amélioration du modèle et de nouvelles applications. Cette diffusion n'a eu aucun résultat.

En particulier, elle ne m'a pas permis d'établir avec les macroéconomistes une collaboration théorique à partir des éléments proposés dans le document [4] : le travail relatif à la représentation de la base physique en termes

techniques leur apparaissait comme en dehors de leurs compétences principalement économétriques, tandis que le travail relatif au couplage avec les superstructures, plus proche de leurs préoccupations, leur paraissait difficile en l'absence de concrétisation numérique de cette représentation, la maquette présentée dans [3] et [5] étant dans ce sens macroéconomiquement insuffisante par son caractère local.

C'était donc sans les collaborations souhaitées qu'il fallait poursuivre le développement voulu pour arriver à un prototype plus complet, en particulier comportant des illustrations numériques macroéconomiquement "intéressantes", i.e. dépassant l'économie physique. Pour cela la réalisation d'un nouveau logiciel spécifique était nécessaire, au delà de l'utilisation d'un code de programmation linéaire.

(g) Dans ce sens, une opération a été rendue possible à la suite de la création en 1982 de l'AFME (Agence Française pour la Maîtrise de l'Energie) dont plusieurs membres de l'équipe dirigeante avaient participé au PROJET ALTER [alinéa (d)] et étaient intéressés par la prospective libre : la convention entre le CNRS et l'AFME signée au début 1983 prévoyait un apport de cette dernière destiné à renforcer les moyens attribués par le PIRSEM à l'ETB, transformée en laboratoire mixte CNRS-AFME, en vue du développement du modèle ATHEMA et de ses applications, cet apport incluant le détachement pour trois ans (1983-85) de deux ingénieurs dont un informaticien.

Le programme de travail annexé à la convention comportait, pour cette période de trois ans, d'une part la réalisation par l'informaticien et moi du nouveau logiciel nécessaire au développement du modèle [alinéa (f)], d'autre part le développement d'applications par l'ETB, y compris la recherche méthodologique concernant la constitution des bases de données correspondantes.

Les travaux correspondant à ce programme ont été poursuivis après l'échéance des trois ans et le départ à la fin 1985 des deux ingénieurs détachés de l'AFME, cela avec des moyens réduits comme ceux de l'AFME et du PIRSEM. Après cinq <sup>ans</sup>, au début 1988, on peut considérer que le programme a été, formellement, à peu près réalisé en ce sens que, le logiciel ([12]) du "prototype ATHEMA" est utilisable pour l'exploitation du modèle et a été utilisé pour plusieurs applications ([7] à [10], [15] et [16]), tandis qu'un travail important d'organisation des données a été fait autour des applications [2] et [9].

Cependant, ces résultats ne sont pas à la mesure des ambitions du "projet ATHEMA" sous-jacent au programme de l'opération CNRS-AFME en cause. J'essaie d'analyser ci-après [alinéa (h)] les conditions de ce relatif échec qui tient essentiellement aux problèmes posés par l'outil informatique, plus précisément à ce que ces problèmes ont fortement exacerbé les divergences de conception mentionnées ci-dessus [alinéas (c) et (d)]:

(h) Le noyau de l'ETB avait essentiellement besoin d'un logiciel de programmation linéaire lui permettant de traiter commodément, avec seulement un micro-ordinateur, des applications de petite taille. Cela découlait logiquement de sa position sur les deux questions sous-jacentes à nos divergences : s'éloigner le moins possible de l'économie physique [alinéa (c)] et développer d'abord des applications de type local [alinéa (d)]. Mais ce besoin n'avait pas été clairement explicité et je ne l'ai pas compris à temps.

Au contraire, dans l'euphorie du lancement de l'opération et du compromis entre le noyau de l'ETB et moi qui l'a précédée [alinéa (f)], j'ai entrepris la réalisation d'un logiciel ambitieux en vue de l'exploitation du modèle complet, ce qui réclamait en particulier l'utilisation d'un gros ordinateur, donc l'accès à un centre de calcul avec les problèmes de communication correspondants ([11], fin du § 4).

Cette tâche à la limite de la force de travail dont nous disposions, l'informaticien et moi, s'est traduite par des retards dans la disponibilité et des lourdeurs d'emploi du logiciel émergent qui ont engendré des tensions et ont

amené le noyau de l'ETB à se reporter sur un logiciel de programmation linéaire qui a été développé par un ailleurs dans l'équipe de façon concurrentielle.

Le compromis entre nous a été ainsi sérieusement ébranlé, ce qui au delà des problèmes informatiques et de la rivalité non dépassée entre les deux logiciels, a eu des conséquences sur la nature des applications réalisées et de leur mode de présentation. En effet, exacerbée, la divergence concernant la nature et la finalité des applications [alinéa (d)] a entraîné que d'une part je n'ai eu le concours du noyau de l'ETB que de façon ponctuelle pour la réalisation d'une application de type national, même purement illustrative, dans la lignée du PROJET ALTER, d'autre part je n'ai pas pu obtenir qu'au moins certaines des applications qu'il développait donne lieu à une présentation détaillée, illustrant la méthodologie du modèle dans son cadre formel, en plus des présentations de type pratique ([2], [15], [16]).

Ainsi, j'ai dû réaliser pratiquement seul la micromaquette ([7] et [8]) et m'appuyer sur un groupe non institutionnel [alinéa (i)] pour l'application de type local et sa présentation détaillée ([9] et [10]), alors que la mise à jour présentée dans [16] de la maquette statique [5] aurait suffi pour illustrer la méthodologie. Cette absence de collaboration a été certainement préjudiciable, tant à la finition du logiciel ([12]), qu'aux applications précédentes ([7] à [10]) et à celles que le noyau de l'ETB a développées de son côté ([11], [2], [15], [16]) ; en particulier, je regrette beaucoup que le modèle ATHEMA ait été abandonné en cours de route pour le travail d'analyse et d'organisation de données présenté dans [2].

(i) L'application au canton de La Réole en Aquitaine ([9], [10]) a été le fait d'un petit groupe local, le GAREP (Groupe Aquitain de Recherche en Economie Prospective), dont les membres, habitants du canton préoccupés par la destruction des équilibres traditionnels qui accompagne la mondialisation de l'économie, cherchent à mener une réflexion prospective concernant l'avenir à long terme et la possibilité d'alternatives.

Le contact entre les membres du GAREP et moi a été établi en 1979 à propos du PROJET ALTER [alinéa (d)], dans le contexte militant de l'effervescence politico-technologique qui, accompagnant la crise de l'énergie, était axée sur les perspectives offertes par l'énergie solaire. De ce contact a résulté le projet, puis dès 1980 la tentative, de développer une application du modèle ATHEMA au canton de La Réole afin d'appuyer la réflexion alternative sur l'utilisation de cet instrument.

D'abord conçue comme un prolongement "sur le terrain" de la maquette [5], l'application a ensuite évolué parallèlement au développement du modèle [alinéas (f) et (g)] pour donner lieu finalement à une intégration complète dans le cadre du formalisme actuel ([6]).

Poursuivi pendant plus de sept ans, de 1980 à 1987, ce travail a conduit à la réalisation de la base de données techniques et à son exploitation présentées dans les documents [9] et [10]. Il a donc joué un rôle important dans l'expérimentation et l'illustration détaillée, méthodologique, du modèle pour lesquelles je n'ai pas pu avoir la collaboration que j'avais espéré du noyau de l'ETB [alinéa (h)].

Ainsi, le travail du GAREP a constitué une expérience réussie de transfert, du CNRS vers un groupe de citoyens volontaires pour cela et bénévoles, d'abord de la méthodologie du modèle ATHEMA, puis de la possibilité d'utiliser l'instrument de prospective correspondant, le groupe disposant pour cela du terminal informatique (fin du § 4 de [11]) que j'ai acquis pour lui à titre privé.

Cependant, au delà de sa contribution importante au développement du prototype ATHEMA concrétisée par les documents [9] et [10], la poursuite de cette

expérience, par exemple par une phase d'exploitation de l'instrument conformément à la visée initiale du groupe, réclamerait de nouvelles conditions de travail : essentiellement, un renforcement des moyens et une certaine "reconnaissance" institutionnelle permettant aux membres du groupe (actuellement réduit à trois personnes) de sortir du bénévolat total et de l'isolement qui ont marqué la phase précédente, entre 1980 et 1987.

Or, d'une part je ne peux pas leur offrir actuellement de telles conditions, ne les ayant plus moi-même, d'autre part les diverses tentatives, que nous avons faites depuis 1980 pour intéresser au propos prospectif du groupe d'autres habitants du canton ou les instances économique, sont restées sans résultat.

#### REFERENCES

- [1] M.BRITTO - Energie et aménagement de l'espace : expérimentation d'un modèle sur un ensemble de communes de l'Hérault - Thèse de doctorat, IAR-FIRSEM, 1985.
- [2] CNRS - Projet LOZERE 2010 - Rapports intermédiaires et rapport de synthèse, 1985, 1986, 1987.
- [3] P.COURREGE, J.DEFLANDRE, P.MATARASSO - Présentation discutée d'une recherche d'économie physique - Texte manuscrit, Arch. centre document. CNRS, 1980.
- [4] P.COURREGE, J.DEFLANDRE, P.MATARASSO - Modèles macroéconomiques pour la prospective libre - Arch. centre document. CNRS, 1982.
- [5] P.COURREGE, J.DEFLANDRE, P.MATARASSO - Une maquette de macroéconomie physique : (I) présentation d'un jeu de données techniques ; (II) quelques résultats numériques ; présentation générale ; (III) quelques résultats numériques ; listes d'ordinateurs - Arch. centre document. CNRS, 1982.
- [6] P.COURREGE - ATHEMA : modèle macroéconomique pour la prospective libre - Arch. centre document. CNRS, 1985.
- [7] P.COURREGE - Une micro-maquette illustrative du modèle ATHEMA - Fascicule I - Arch. centre document. CNRS, 1985.
- [8] P.COURREGE - Une micro-maquette illustrative du modèle ATHEMA - (II) Etudes multisectorielles - Arch. centre document. CNRS, 1987.
- [9] P.COURREGE, M.FEYRIT, J.LAVILLE, C.PEYTERMANN, C.SIMEON - Application du modèle ATHEMA à un canton rural d'Aquitaine : (I) présentation d'un jeu de données techniques - Arch. centre document. CNRS, 1987.
- [10] P.COURREGE, M.FEYRIT, J.LAVILLE, C.SIMEON - Application du modèle ATHEMA à un canton rural d'Aquitaine : (III) présentation de quelques résultats - Arch. centre document. CNRS, 1987.
- [11] P.COURREGE - Présentation succincte du modèle ATHEMA - Arch. centre document. CNRS, 1987.
- [12] P.COURREGE - Manuel du logiciel DATHEMA - En préparation.
- [13] GROUPE DE BELLEVUE - PROJET ALTER ; étude d'un avenir énergétique pour la France axé sur le potentiel renouvelable - Ed. Syros, 1978.

- [14] GROUPE DE BELLEVUE - PROJET ALTER II. Projet de travail du Groupe de Bellevue : un modèle de prospective libre - Texte multigraphié, 1981.
- [15] A.LOQUAY, P.MATARASSO - Modélisation de la gestion des ressources dans un agrosystème de basse Casamance - Soumis à "l'espace géographique", 1985.
- [16] P.MATARASSO, J.P.TABET - Prospective methodology adapted to global biomass projects choices and integration - In 3rd E.C. Conference "Energy from biomass", W.PALZ, J.COMBS, D.O.HALL (Ed.), Elsevier, 1985.