

VERS UNE MACROÉCONOMIE FONDÉE SUR DES AGENTS AUTONOMES ET INTELLIGENTS *

Peter Howitt

Brown University, Providence, États-Unis

Traduit par Jean-Luc Gaffard

L'article discute du programme de recherche dont Axel Leijonhufvud s'est fait l'avocat pour étudier le processus de coordination dans une économie de marché décentralisée. La recherche utilise une modélisation fondée sur le comportement des agents, une approche qui suppose des règles exogènes pour un comportement adaptatif. Cette hypothèse assure, effectivement, leur autonomie aux agents, en leur permettant d'agir sans la supervision du modélisateur. Par opposition, les agents du modèle d'équilibre avec anticipations rationnelles ont besoin d'être informés de certaines caractéristiques de leur environnement, avant d'être capables d'agir. L'article soutient aussi qu'une approche fondée sur le comportement des agents confère à l'individu plus d'intelligence que ne le fait l'approche classique en termes d'optimisation. Ceci parce que dans des situations où les individus manquent de l'information qui leur permet de former des anticipations rationnelles, des règles simples sont plus robustes et permettent une adaptation plus rapide que les règles impliquées par la théorie bayésienne standard, qui sont fixées sur la base de croyances préalables. L'analyse met l'accent sur le rôle des firmes comme agents de coordination qui organisent les activités d'échange. Leur rôle dans l'analyse est analogue à celui du commissaire-priseur de l'analyse néo-walrasienne, mais ici ils font face à de réels coûts en ressources et opèrent en situation de vraie incertitude. Les simulations montrent qu'un réseau d'entreprises spécialisées dans le commerce peut émerger de l'autarcie quand les individus suivent de simples règles myopes. Les interactions entre entreprises commerciales et ménages donnent lieu à un processus de multiplication entraîné par la faillite des entreprises commerciales, qui peut parfois se produire en cascade. Enfin, l'analyse peut également être utilisée pour illustrer de possibles effets déstabilisateurs d'une flexibilité excessive des prix et des salaires; en effet, quand l'économie est affectée par la faillite d'une entreprise commerciale, les ajustements de prix et de salaire sont de peu de secours pour rétablir un état coordonné, ce qui requiert l'entrée d'une nouvelle firme et la création de nouvelles relations commerciales, et non des ajustements de prix.

Mots clés : Macroéconomie. Comportement des agents. Information. Autonomie. Adaptation. Coordination.

* Cet article a été présenté à la cérémonie en l'honneur d'Axel Leijonhufvud, UCLA, 30-31 août 2006. La version anglaise, «Macroeconomics with Intelligent, Autonomous Agents », est à paraître dans *Macroeconomics Dynamics*, «Festschrift for Axel ».

© Cambridge University Press 2007.

Peter_howitt@brown.edu

25
ans

Été 2007

Revue de l'OFCE 102

Axel Leijonhufvud a passé l'essentiel de sa brillante carrière à essayer de comprendre comment une économie décentralisée aux multiples activités est coordonnée. La question est fondamentalement la même que celle que se posait Keynes (1934) — jusqu'à quel point et dans quelles circonstances, singulièrement sous quel régime politique, une économie parvient-elle à s'autoréguler. Au cours des années récentes, pour approcher le problème, Axel s'est fait l'avocat d'une analyse économique calculatoire ou algorithmique fondée sur le comportement des agents (Leijonhufvud, 1993, 2006). Cet article débat de cette méthodologie et décrit l'agenda des recherches en cours destinées à la mettre en œuvre.

Comme le décrit Tesfatsion (2006), une analyse économique calculatoire ou algorithmique fondée sur le comportement des agents est un ensemble de techniques conçu pour étudier un système complexe adaptatif impliquant beaucoup d'agents interactifs munis de règles de comportement exogènes. L'idée motivant l'approche est que des systèmes complexes, comme l'économie ou des fourmilières, peuvent adopter des modes de comportements qui vont au delà de ce que n'importe quel agent individuel appartenant à ce système peut comprendre. Aussi, au lieu de modéliser le système comme si les croyances et les actions de chacun étaient coordonnées à l'avance avec celles des autres, comme c'est le cas dans la théorie des anticipations rationnelles, l'approche proposée suppose qu'il existe des règles simples de comportement et permet qu'un équilibre coordonné soit, possiblement, une propriété émergente du système lui-même. Une fois que l'on a établi un programme informatique qui mime les propriétés désirées du système en question, on peut alors l'utiliser comme une base commune pour effectuer des expérimentations.

Aujourd'hui, la première réaction de beaucoup d'économistes entendant parler de cette méthodologie est de dire que tous les modèles économiques munis de fondements microéconomiques explicites, c'est-à-dire la plupart des modèles qui relèvent de la théorie macroéconomique dominante, sont des modèles fondés sur le comportement des agents. Certains de ces modèles traitent même d'une multitude d'agents hétérogènes (voir Krusell et Smith 1998; Krebs, 2003). Dès lors, quel est donc le véritable enjeu?

Le véritable enjeu, ainsi que Tesfatsion l'a souligné en maintes occasions, concerne l'autonomie. Un agent dans un modèle d'équilibre avec anticipations rationnelles suit une règle de comportement qui implique que ce qu'il fait n'est pas indépendant de ce que chaque autre agent fait. Dans n'importe quelle situation, ses actions dépendront de

quelques variables clés (prix, disponibilité de postes de travail,...), ou sinon d'anticipations rationnelles qui sont endogènes au système économique. Ces variables changeront quand nous changerons l'environnement de l'agent et, par suite, son comportement ne peut pas être spécifié indépendamment de celui des autres. Le ménage, par exemple, dans un modèle d'offre et de demande avec un marché soldé ne peut pas choisir la quantité qu'il demande avant qu'on lui dise quel est le prix d'équilibre du marché. De même, les agents sur une île à la Lucas (une île à la Phelps avec des prévisionnistes rationnels) ne peuvent pas choisir quelle quantité vendre tant qu'ils ne sont pas informés du processus stochastique déterminant les fluctuations relatives et globales de la demande.

Le problème, en supposant des agents qui ne sont pas autonomes, est de rester avec un modèle incomplet, et ce d'une manière qui empêche une analyse approfondie de la question de la coordination. Si le modèle ne permet pas aux individus d'agir sans connaître la valeur d'équilibre d'une variable, alors quelqu'un doit avoir calculé préalablement cette valeur d'équilibre. Dans un tel modèle, il n'y a aucun moyen de décrire un comportement hors de l'équilibre, et le problème de réconcilier les plans des agents conçus indépendamment les uns des autres est supposé résolu par un mécanisme non spécifié qui utilise des ressources non rares. L'autonomie est alors essentielle au regard des problèmes vis-à-vis desquels Axel a fait tant pour les garder d'actualité depuis la révolution des anticipations rationnelles.

Sous certaines hypothèses relatives à l'information commune, quelqu'un doté de suffisamment d'informations pourrait calculer lui-même ce que le prix soldant le marché va être, ou ce que l'anticipation rationnelle du niveau de prix est, et pourrait ainsi agir de manière autonome même dans un contexte d'équilibre avec anticipations rationnelles. Mais une économie composée d'agents qui seraient autonomes dans ce sens ne serait pas une économie décentralisée dans le sens de Hayek, parce qu'aucun marché ne serait nécessaire pour agréger les informations diverses d'agents hétérogènes, chacun d'entre eux étant en mesure d'effectuer cette agrégation dans sa tête. Chacun serait capable d'agir comme un planificateur central de l'économie, bien que, dans ce cas, le planificateur ne serait pas requis. En outre, une telle économie n'aurait pas besoin de macroéconomistes, puisque chacun en saurait déjà autant sur la macroéconomie que ce qui pourrait être connu. Le problème de coordination serait trivial. Aussi, par agents autonomes, j'entends des agents qui sont dotés de règles de comportement qui peuvent leur dire quoi faire dans n'importe quelle situation donnée, indépendamment des règles suivies par qui que ce soit d'autre, y compris quand personne n'a accès à un modèle correct de l'économie.

La littérature sur l'apprentissage en économie, récemment passée en revue par Evans et Honkapohja (2001), spécifie des agents

autonomes suivant cette définition. Par exemple, l'apprenti du modèle d'hyperinflation de Cagan dispose d'une séquence d'observations sur l'inflation passée et agit suivant une règle qui lui dit de demander la quantité de monnaie dont le logarithme est une fonction linéaire donnée du taux d'inflation prédit par l'estimateur des simples moindres carrés. Cette fonction peut être spécifiée indépendamment de ce que n'importe qui d'autre dans l'économie fait. Naturellement, il y a un problème pour spécifier correctement le modèle de séries temporelles, et cela dépendra du processus de demande nominale entraînant l'inflation, de telle sorte que celui qui ne disposerait pas d'un modèle correct de l'économie pourrait bien sûr ne pas le savoir. L'essentiel de cette littérature suppose que les individus sont dotés de la connaissance qui leur permet de spécifier le modèle à estimer, de manière à ce qu'il soit en fin de compte correct si l'économie converge vers un équilibre d'anticipations rationnelles. Mais Evans et Honkapohja couvrent aussi le cas de modèles mal spécifiés, dans lesquels l'économie pourrait converger ou ne pas converger, parfois vers un équilibre qui n'est pas un équilibre avec anticipations rationnelles. Dans ce dernier cas, les agents sont vraiment autonomes. Bien qu'à mon avis, beaucoup puisse être retenu de cette littérature sur l'apprentissage en macroéconomie (j'en ai discuté largement ailleurs : Howitt, 2006b), cette littérature n'est pas en prise avec ce que je vois maintenant comme l'un des aspects les plus saillants de la manière dont les individus se comportent dans un environnement économique qu'ils ne comprennent pas, et qu'ils savent ne pas comprendre. Cet aspect était un thème important de l'analyse développée par Keynes, qui soutenait que les individus ne sont pas dans la position d'agir suivant la théorie conventionnelle du choix rationnel dès lors qu'ils ne peuvent pas attacher des probabilités chiffrées à toutes les conséquences possibles de leurs décisions. Keynes soutenait que, dans de telles circonstances, les individus tendaient à faire face en se repliant sur la coutume ou la convention, et imaginaient aussi des institutions qui les dispensent d'avoir à se fier à des prévisions nécessairement non fiables.

Ainsi qu'Axel l'a soutenu, la vie macroéconomique est pleine d'incertitudes non quantifiables. Il a, ainsi, assimilé la prévision d'inflation à un jeu d'échecs arbitré par quelqu'un qui annonce « A partir de maintenant les fous évoluent comme les tours et *vice versa*... et je serai de retour plus tard avec plus d'information » (Leijonhufvud, 1981, p. 264). Par suite, de nombreuses décisions économiques, particulièrement celles impliquant des risques de pertes dues à l'inflation, sont basées sur des méthodes institutionnalisées ou conventionnelles.

Paul Davidson (1989 pp. 15-17) a également soutenu que la monnaie, dans son rôle d'unité de compte et de moyen de paiement différé, était une institution qui permet aux individus de faire face à l'incertitude sans avoir à se reposer sur des prévisions nécessairement

imparfaites du futur. Dans une économie faisant usage de monnaie, les firmes et les ménages ne sont pas seulement concernés par leurs profits économiques « réels », mais aussi par leur *cash-flow*, puisque, quoi qu'il arrive à la valeur de la monnaie, ils peuvent au moins échapper à la banqueroute aussi longtemps que les flux d'entrée excèdent les flux de sortie. Une comptabilité en coûts historiques aide mieux les firmes à suivre la trace de leur *cash-flow* que ne le ferait un système indexé. Des contrats de dette nominaux, non indexés, leur permettent d'isoler leur *cash-flow* des fluctuations imprévisibles du niveau des prix, spécialement dans un monde où leurs clients exigent une assurance quant à la prévisibilité des prix nominaux. Contrôler le *cash-flow* réel serait l'objectif idéal si c'était possible, mais contrôler le *cash-flow* nominal à l'aide d'outils comme la dette nominale et la comptabilité en coûts historiques est, à tout le moins, un objectif opportun dont l'avantage est d'être raisonnablement atteignable.

De même, un des thèmes centraux du travail de David Laidler est que la monnaie est un outil pour économiser les coûts de création de l'information. Les individus l'utilisent comme un stock tampon qui absorbe automatiquement les changements imprévus de revenus et de dépenses, sans qu'il soit besoin de délibérer. Ils l'utilisent aussi comme unité de compte, mesure de valeur et moyen de paiement différé parce qu'il est commode de l'utiliser, parce qu'elle est conventionnelle et facilement comprise, même si cela semble introduire des biais et des inefficacités dans les prises de décision, et même si les économistes peuvent penser à de meilleures mesures ou standards (par exemple Laidler, 1974, 1984).

Du point de vue du courant dominant en macroéconomie, les individus qui suivent des règles de comportement qui n'ont aucune rationalité solide en termes de choix optimal sont réputés avoir une « rationalité limitée ». Les économistes ont été amenés socialement à être sceptiques à propos de toute théorie qui repose sur de telles limites de l'intelligence humaine. Pourtant, utiliser des règles simples qui semblent marcher raisonnablement bien est réellement une façon plus intelligente d'arranger ses affaires dans un monde incertain que l'alternative Bayésienne conventionnelle consistant à fabriquer un modèle du monde et à choisir un plan qui serait optimal sous l'hypothèse incroyable que le modèle est une vraie représentation de la réalité. Dans les termes de l'alternative Bayésienne, non seulement une erreur de spécification conduirait vraisemblablement le décideur à s'égarer, mais le fléau de la dimension décrit par Bellman rendrait la tâche d'exécuter la stratégie impraticable, puisqu'il conduirait à calculer une solution pour un modèle très compliqué, à moins que le modèle ne soit rendu praticable grâce à d'autres moyens commodes, tels que supposer que tous les agents sont identiques, qu'il n'y a que deux états du monde, ou que les fonctions de production agrégées sont de type Cobb-Douglas.

Ce que l'on peut définir comme étant un comportement intelligent est perçu avec éclat par Andy Clark (1998) dans un livre récent, dont j'ai eu connaissance pour la première fois à l'école d'été organisée par Axel à Trento en 2006. Dans ce livre Clark fait le point des développements récents en science cognitive et intelligence artificielle, développements traduits dans l'idée de « réseaux neuronaux ». Sa thèse est que l'intelligence humaine ne doit pas être conçue comme une capacité de raisonner dans l'abstrait associée à une banque de faits mis en mémoire, mais plutôt comme un moyen de contrôler un ensemble varié de comportements adaptatifs du corps, d'une manière qui aide celui-ci à faire face à l'environnement particulier dans lequel il se trouve. Clark appelle cette conception « la cognition incorporée, encadrée dans l'environnement ». Il décrit l'intelligence, non comme un programme d'ordinateur central solutionnant un problème de maximisation bien défini, mais comme un réseau décentralisé de neurones autonomes qui interagissent entre eux, envoyant souvent des messages contradictoires et souvent en concurrence pour exécuter la même tâche. L'intelligence apparaît non comme la capacité de résoudre des problèmes de planification, mais comme de simples réactions chimiques qui renforcent les processus neuronaux qui ont été associés aux améliorations du bien-être du corps, et affaiblissent ceux qui n'y ont pas été associés.

Clark souligne que le processus d'adaptation humaine n'est pas guidé par un modèle interne du monde que le cerveau prend pour définir l'ensemble des contraintes et optimiser, mais consiste plutôt en de simples règles pour agir de façon à faire face rapidement et efficacement aux hasards de l'environnement, tels que la présence de prédateurs, le besoin de nourriture et ainsi de suite. Ces règles peuvent, parfois, faire usage de représentations internes, mais typiquement elles ont besoin d'opérer plus rapidement que la construction et l'usage d'une telle représentation ne le permettraient — typiquement les individus ont besoin de prendre des décisions économiques plus vite que ne le permettrait l'usage de la programmation dynamique. L'individu intelligent n'est pas celui qui est capable de résoudre de gros problèmes analytiques, mais celui qui a appris des stratégies et des artifices grâce auxquels il agit rapidement d'une manière qui est bien adaptée à son environnement.

En bref, si nous voulons étudier les mécanismes de coordination de l'économie, nous devons spécifier des agents autonomes, et si nous dotons les agents autonomes de ce que les commentateurs, de Keynes à Clark, ont considéré être l'essence de l'intelligence, alors nous sommes amenés à supposer qu'ils agissent en appliquant des règles simples. La clé de la modélisation fondée sur le comportement des agents est de ne pas faire la distinction classique entre estimation et optimisation, mais de trouver de bonnes et robustes règles de comportement qui transforment directement les situations en actions. La

distinction entre ces deux stratégies de modélisation est fondamentalement la même que celle qui est faite dans la littérature sur l'apprentissage en théorie des jeux, entre un modèle de type apprentissage/optimisation et un modèle de type stimulus/réponse. Bien qu'une personne qui, d'abord, estime un modèle, puis optimise sous la contrainte du modèle estimé, finira avec une règle de même forme générale qu'une personne qui adapte les règles directement au succès dans la réalisation de ses objectifs dans un environnement donné, il est avéré que la première stratégie produit des résultats fragiles dans les applications d'intelligence artificielle; ce comportement ne fait en aucune manière sens quand les circonstances changent suivant une direction qui viole les restrictions d'exclusion du modèle estimé.

Axel a remarqué que le véritable problème de la macroéconomie était de comprendre comment un ordre peut émerger des interactions entre individus suivant des règles simples pour faire face à un environnement complexe, et il a opposé cette approche à la plupart des modèles de macroéconomie du courant dominant qui postulent que les individus utilisent des procédures de décision complexes pour faire face à un environnement simple¹. C'est le défi que j'entends relever. Comment modéliser l'économie globale comme une fourmilière humaine qui organise les activités des individus suivant des modèles plus complexes que ceux que les individus peuvent pleinement comprendre, qui remplit des tâches collectives dont les individus sont difficilement conscients, et s'adapte à des chocs dont aucun des individus ne peut prédire les conséquences? Tenir l'ordre spontané comme une « propriété émergente » d'un système complexe est l'un des principaux thèmes de la modélisation fondée sur le comportement des agents, et le programme de recherche qu'Axel a défendu requiert d'appliquer cette idée à l'étude de la coordination macroéconomique, en modélisant les individus non comme des agents rationnels qui maximisent, mais comme des agents autonomes intelligents.

I. Modéliser le processus de coordination

L'autre question posée par l'idée d'agents autonomes est de savoir comment quelqu'un pourrait être autonome quand il faut être deux pour danser le tango. Dans une économie complexe comme la nôtre, le comportement et le bien-être de chacun sont inextricablement liés au comportement des autres. Cette question éclaire un point : supposer

1. Leijonhufvud (1993, pp 1-2) cite Daniel Heymann qui avait « remarqué que les hommes d'affaires, s'ils connaissent quelque chose en économie, souvent n'ont pas confiance en elle parce qu'elle semble décrire le comportement d'individus incroyablement intelligents placés dans des situations incroyablement simples » et en venait alors à suggérer « de demander comment des individus simples faisaient face à des situations incroyablement complexes ».

des agents autonomes et intelligents n'est que le point de départ pour étudier le problème de coordination. L'économie étant une science sociale, la question importante n'est pas tant de savoir comment les individus se comportent que de savoir comment ils interagissent. Un agent autonome dispose de règles simples pour trouver un autre agent, lui envoyer des messages et répondre aux siens. Quel type de modèle d'échange émerge-t-il de l'interaction de ces règles? Est-il stable et ordonné, et comment évolue-t-il? Telles sont les questions au centre du programme de recherche qu'Axel a proposé.

Il y a plusieurs années, Robert Clower et moi avons soulevé cette question en utilisant ce qui est maintenant reconnu comme de l'analyse économique calculatoire ou algorithmique fondée sur le comportement des agents. Nous sommes partis de l'observation que dans le monde réel les échanges sont coordonnés par un réseau auto-organisé et autorégulé de spécialistes — commerçants, agents de change, intermédiaires, banquiers, agents immobiliers, avocats, comptables, employés, etc. La vie économique moderne est largement faite d'une suite d'échanges avec des individus extérieurs à leur famille ou à leur cercle social. Presque chaque échange requiert un intermédiaire spécialisé (« un marchand ») d'un côté et de l'autre du marché. Les marchands sont les agents qui font se rencontrer acheteurs et vendeurs, arrangent les termes de l'échange et supportent les coûts d'ajustement face aux déséquilibres journaliers entre plans de dépense et capacité productive. En bref, ils sont l'équivalent dans le monde réel du commissaire-priseur fictif de la théorie de l'équilibre général.

Dans notre article de 2000, nous tentons de modéliser de manière rudimentaire comment un réseau de marchands coordonnateurs pourrait émerger spontanément des interactions entre agents suivant des règles simples de comportement, qui représentent ce nous considérons comme étant les activités les plus marquantes d'une économie décentralisée. L'idée n'est pas de dire voilà comment une organisation économique se forme, mais plutôt voilà un modèle d'organisation économique qui passe le test minimal d'auto-organisation. Si la structure organisationnelle n'est pas disponible initialement, il est vraisemblable qu'elle procédera de l'interaction d'agents autonomes et intelligents. De plus, nous montrons que la structure organisationnelle qui s'est constituée présente l'un des traits les plus communs des mécanismes d'échange dans le monde réel — leur structure monétaire. C'est-à-dire, qu'à chaque fois qu'un réseau stable de boutiques se forme, qui assure un régime stable des activités d'échange, l'un des objets échangeables émergera toujours comme moyen universel d'échange, en étant échangé dans chaque boutique et impliqué dans chaque acte d'échange. Le fait que ce modèle engendre ce que nous croyons être l'un des traits les plus communs des mécanismes de coordination dans le monde réel nous donne confiance dans la possibilité de l'utiliser comme plateforme

pour étudier les différents aspects du problème de coordination. Ce qui suit, dans cette section, est une esquisse du modèle et un résumé de la manière dont il fonctionne.

L'idée de base du modèle est que l'échange est une activité utile, mais coûteuse. Les individus sont, d'abord, motivés par le but de maximiser leur consommation et ils ont une tendance à vagabonder et à se rencontrer entre eux comme dans n'importe quel modèle d'appariement aléatoire. De temps en temps, il arrive que quelqu'un obtienne des gains dans l'échange avec un étranger rencontré au hasard. Cependant, la probabilité de rencontrer un étranger avec qui il y a une double coïncidence de volontés est si faible, et la probabilité de rencontrer de nouveau cet étranger en l'absence d'arrangements commerciaux institutionnalisés est si faible, qu'un nombre négligeable d'échanges prend place jusqu'à ce que quelqu'un ait l'idée de créer un établissement institutionnalisé d'échange qui peut être facilement localisé, ainsi qu'une idée de la manière de fonctionner de cet établissement. Parfois une telle idée vient à quelqu'un, et cette personne (l'entrepreneur) perçoit qu'agir de la sorte pourrait être plus profitable que de continuer à vagabonder, en rendant possible d'établir un écart entre les prix d'achat et de vente. Les individus de chaque côté du marché qui serait créé pourraient accepter volontairement cet écart de prix afin de s'assurer d'une source fiable de consommation plutôt que de continuer à vagabonder et à rechercher aléatoirement un partenaire à l'échange. Quand de tels établissements voient le jour, des structures d'échange commencent à se former.

L'économie comprend N marchandises périssables et un nombre fini d'échangistes, chacun étant identique *ex ante*, excepté en ce qui concerne son type. Un échangiste de type (i, j) est doté de la marchandise i et consomme seulement la marchandise j . Il y a le même nombre de chaque type pour chaque paire ordonnée de marchandises distinctes. Le modèle met l'accent sur cinq activités : l'entrepreneuriat, la recherche, l'échange, la faillite et la fixation des prix. Le programme informatique (écrit en C++) conçu pour faire fonctionner le modèle permet de décliner une séquence de périodes, les différentes activités prenant elles-mêmes place en séquence au sein de chacune de ces périodes.

1.1. L'entrepreneuriat

Chaque échangiste a , à son tour, a une probabilité μ de capter une innovation — une idée pour établir et faire fonctionner une boutique. Si l'échangiste est de type (i, j) , alors la boutique sera celle où des marchandises i et j peuvent être échangées entre elles. Il y a cependant un coût fixe pour créer une boutique, de sorte qu'avant de s'engager le commerçant potentiel fait le tour d'un certain nombre d'autres

échangistes pour enquêter et savoir s'ils patronneraient la boutique au cas où elle ouvrirait à des prix déterminés suivant la formule du coût complet précisée plus loin. S'il trouve un intérêt de l'autre côté du marché, il paiera le coût d'installation et ouvrira la boutique. Cette «recherche de marché» autorise des perturbations aléatoires dont la variance est diminuée de manière endogène (voir Sargent 1993 pour une description simple)². Ce mécanisme est important dans la mesure où il permet que nombre d'innovations perturbent le système quand il existe beaucoup de gains à l'échange encore inexploités, mais ne permet pas qu'un système qui a déjà exploité la plupart des gains reste perturbé.

La règle du coût complet pour fixer les prix prend en considération le coût fixe d'installation ainsi que le coût fixe de fonctionnement (les frais généraux), de sorte que ce coût dépendra du volume d'affaires que le commerçant s'attend à faire. Une fois que la boutique a été établie, ce volume anticipé sera révisé à la lumière de l'expérience, mais, au début, l'entrepreneur retiendra simplement un nombre basé sur un paramètre $xMax$ mesurant « les esprits animaux ». Plus spécifiquement, l'estimation initiale des volumes de chaque marchandise livrée à la boutique pour être échangée est tiré d'une distribution uniforme sur un intervalle de 1 à $xMax$. Plus cette estimation initiale sera élevée, plus il sera offert en échange des quantités livrées à la boutique.

1.2. La recherche

Puis chaque échangiste visite, à son tour, un lieu et rencontre un petit nombre d'autres échangistes. S'il trouve une boutique en ce lieu ou s'il trouve quelqu'un d'autre qui a établi une relation d'échange avec une boutique, il apprend de ces boutiques les marchandises qui y sont échangées et les prix couramment pratiqués. À ce point, il est confronté à un échantillon de boutiques, celles dont il vient de connaître l'existence et celles avec lesquelles il a déjà été en relation. Sur la base de cet échantillon, il peut seulement choisir d'entretenir des relations avec au plus deux d'entre elles. Chaque relation d'échange durera tant que la boutique existe ou jusqu'à ce que l'échangiste choisisse de la rompre pour en former une nouvelle. En choisissant celles des relations qu'il forme, l'échangiste choisit la boutique ou la paire de boutiques qui maximisera la consommation accessible aux prix couramment pratiqués.

1.3. L'échange

Chaque personne peut alors visiter à son tour les boutiques avec lesquelles elle est en relation d'échange. Un échangiste de type (i, j) ayant une relation commerciale avec une boutique échangeant i et j

2. Le modèle retenu correspond à une méthode d'optimisation utilisée en métallurgie pour simuler un phénomène de recuit avec un degré de refroidissement endogène.

livrera sa dotation en bien i à cette boutique (chacun dispose d'une unité de bien par période) contre p_i unités de j , où p_i est le prix d'offre de la boutique pour le bien i . Alternativement, s'il a des relations commerciales avec deux boutiques, l'une échangeant i contre une troisième marchandise c et l'autre échangeant c contre j , il livrera ce qu'il détient de i à la première boutique, puis livrera le montant de la vente à la deuxième boutique, lui permettant de consommer $p_i p_c$, où p_i est le prix d'offre pour i de la première boutique et p_c le prix d'offre pour c de la deuxième. Dans cet article, nous avons écarté le problème de stockage en supposant que le commerçant était capable d'avoir une consommation négative quand la quantité demandée d'une marchandise par les clients plus la quantité nécessaire pour couvrir les coûts de fonctionnement excédaient la quantité livrée par les offreurs. Cette hypothèse capture au mieux ce que nous pouvons faire dans un modèle avec des marchandises non durables, l'idée étant que l'un des services rendus par les spécialistes de l'échange est la disponibilité régulière de stocks.

1.4. La faillite

N'importe quel individu qui a ouvert une boutique dans le passé a une chance de sortir, et, par suite, d'éviter d'avoir à payer le coût fixe de fonctionnement de la boutique. Chaque boutique suivra une règle qui implique une sortie avec la probabilité θ si le surplus de fonctionnement dans l'une des marchandises qu'elle négocie (les livraisons moins la quantité payée pour la livraison de l'autre marchandise moins le montant requis pour couvrir le coût fixe de fonctionnement) est négatif; sinon elle reste en activité avec certitude.

1.5. La formation des prix

Chaque boutique qui reste en activité établit maintenant ses prix pour la période suivante. La règle suivie est une variante de la règle du coût complet. La quantité de chaque marchandise échangée qui sera livrée est d'abord estimée, puis sont établis les prix qui assurent juste de quoi rentrer dans les frais pour chaque marchandise, c'est-à-dire de disposer d'un surplus de fonctionnement assez grand pour fournir au commerçant ce qui lui semble être la compensation appropriée pour avoir supporté le coût de création de la boutique. L'estimation des livraisons est faite sur la base de simples anticipations adaptatives.

1.6. La formation de l'organisation

Clower et moi avons montré que le modèle conduisait à plusieurs états absorbants, c'est-à-dire à des ensembles de boutiques, de prix, de relations commerciales et d'anticipations des commerçants qui

persistent indéfiniment une fois établis, pourvu que les « esprits animaux » ne soient pas trop puissants et que les coûts fixes d'installation et de fonctionnement ne soient pas trop élevés. L'un de ces états absorbants est « l'état de troc régulier », dans lequel il y a $n.(n-1)/2$ boutiques, une pour chaque paire non ordonnée de marchandises distinctes, et dans lequel chaque personne qui n'est pas un commerçant échange sa dotation directement contre son bien de consommation dans chaque période. D'autres états absorbants sont des « états monétaires réguliers » dans lesquels une marchandise c est apparue comme moyen universel d'échange : il y a $n-1$ boutiques, une pour chaque autre marchandise, échangeant l'une de ces marchandises contre c ; chaque personne qui consomme ou est dotée de c échange directement avec une boutique à chaque période, et chaque autre personne échange avec deux boutiques à chaque période en utilisant c comme moyen d'échange.

Un état monétaire stationnaire ressemble fortement à l'équilibre monétaire étudié par Starr et Stinchcombe (1998, 1999) dans leur version du modèle d'échange de Shapley-Shubik. Il correspond à une allocation de ressources Pareto efficace étant donné que tous les échanges passent par l'intermédiaire des boutiques. Le produit intérieur brut global de l'économie est donné par la consommation totale. Le produit intérieur brut potentiel (la capacité) est donné par la somme de toutes les dotations moins les coûts de fonctionnement des boutiques. Le plus petit nombre de boutiques compatible avec le commerce de chacun est $n-1$, de sorte que la capacité de production intérieure brute est égale à $N-(n-1)f$, où f est le coût de fonctionnement de chaque boutique. Cette capacité est obtenue à l'équilibre parce que toutes les dotations sont livrées dans une boutique et sont soit utilisées pour payer les coûts de fonctionnement, soit remises en paiement au client qui les consomment, soit consommées par le propriétaire de la boutique pour couvrir ses frais d'installation.

Nous avons effectué des expérimentations du modèle au moyen de simulations répétées, en partant d'une situation initiale d'autarcie, c'est-à-dire une situation dans laquelle aucune boutique et aucune relation d'échange n'existent. Nous avons trouvé que, très souvent, l'économie convergait vers une situation stable, dans laquelle chaque agent était un commerçant ou sinon avait des relations d'échange profitables avec une ou deux boutiques. De plus, quand l'économie convergait, elle convergait toujours vers un état monétaire stationnaire, excepté dans le cas limite où les coûts de fonctionnement des boutiques étaient nuls.

Notre explication de l'émergence d'une structure monétaire réside dans l'existence de l'externalité de réseau créée par les coûts fixes des boutiques. Pendant les étapes initiales d'une simulation, par chance une marchandise (disons le blé) viendra à être échangée dans suffisamment de boutiques pour que les chances de survie de ces boutiques soient

beaucoup plus grandes que celles des boutiques qui n'échangent pas cette marchandise. La raison en est qu'une boutique qui ouvre le commerce des pommes contre du blé peut attirer non seulement les individus avec une double coïncidence de volonté — dotés de blé et consommant des pommes et *vice versa* — mais aussi quiconque avec une coïncidence simple qui peut s'engager dans un échange indirect — quelqu'un doté de pommes et qui a déjà une relation avec une boutique échangeant du blé contre son bien de consommation, ou consommant des pommes et ayant déjà une relation avec une boutique échangeant du blé contre le bien dont il est doté. Attirer davantage de clients rend plus facile la survie de la boutique en rendant plus facile de couvrir les coûts fixes de fonctionnement de la boutique. Ainsi, une fois que le moyen d'échange « standard » a émergé de manière aléatoire, il fera boule de neige. Plus des boutiques échangent du blé, plus grande sera la probabilité de survie de la boutique échangeant du blé, comparée à celle de la boutique qui n'en échange pas.

2. Le processus multiplicateur

Le processus du multiplicateur Keynésien est un exemple de boucle en retour positive, ou de ce qu'Axel a appelé un processus d'amplification des déviations, impliquant qu'un écart initial à l'équilibre de plein emploi s'amplifie au lieu d'être corrigé. L'existence d'une telle boucle en retour positive dans les économies réelles est attestée par la forme typique en dos d'âne de la fonction de réponse du produit intérieur brut aux impulsions nées d'un choc aléatoire dans les modèles estimés de séries temporelles. Par exemple, Chari, Kehoe et Mc Grattan (2000) rapportent que les mouvements trimestriels du logarithme du produit intérieur brut américain rendu stationnaire sont bien approximés par le processus AR2 $y_t = 1,30y_{t-1} - 0,38y_{t-2}$ au terme duquel un choc négatif qui réduit le PIB de 1 % un trimestre est anticipé le réduire de 1,30 % le trimestre suivant et de 1,31 % le trimestre d'après.

Tel que formulé originellement par Kahn et Keynes, et tel que décrit dans les manuels élémentaires, le processus du multiplicateur met en jeu un problème de coordination qui provient des interactions hors prix entre des contractants d'une économie décentralisée. Dans un monde de parfaite flexibilité des prix, une chute de la demande planifiée entraînerait un ajustement instantané des prix et des salaires de telle sorte que la demande agrégée continuerait d'être pleinement coordonnée avec la capacité de production. Mais quand les prix sont lents à s'ajuster, la chute des dépenses d'une personne entraîne la chute des revenus d'autres personnes, qui entraîne à son tour une chute de leurs dépenses, et ainsi de suite. Il s'ensuit un accroissement cumulatif de l'écart entre demande et capacité de production.

Le fondement théorique de ce processus du multiplicateur n'est pas encore bien compris. Clower (1965) a montré comment un tel processus pouvait se manifester dans un schéma d'équilibre général Walrasien, si les ajustements de prix prenaient place en temps réel. Quand il y a excès de l'offre de travail, les travailleurs au chômage ne formulent pas leurs demandes de consommation notionnelles auprès du commissaire-priseur, mais leurs demandes effectives, contraintes par les revenus réalisés. Ces idées ont été largement développées dans la littérature sur le déséquilibre qui a suivi la contribution originale de Clower et culminé avec le livre de Barro et Grossman (1976). Mais cette littérature a posé plus de questions qu'elle n'en a résolues, principalement parce qu'elle n'a proposé aucune analyse des mécanismes de coordination d'une économie de marché décentralisée. Au lieu de cela, elle a modélisé les ajustements de prix comme s'ils prenaient place dans le monde idéalisé de l'économie walrasienne, où ils sont déterminés par un commissaire-priseur fictif, et elle a supposé qu'alors que ce commissaire-priseur recherche l'équilibre, les contractants sont contraints à échanger suivant des règles de rationnement qui sont imposées au système de l'extérieur par un processus qui n'a jamais été vraiment discuté.

Un des avantages supposés de l'approche en termes d'équilibre avec anticipations rationnelles, qui a rapidement délogé l'analyse du déséquilibre de sa position dominante à la frontière de la théorie macroéconomique au début des années 1970, était qu'elle n'avait pas à s'occuper de l'épineuse question de l'ajustement aux déséquilibres. Au lieu de cela, elle était basée sur des prémisses au terme desquelles on doit exclusivement restreindre l'attention aux états d'équilibre, où les croyances et actions de quiconque ont, de quelque manière, été coordonnées avec les croyances et actions de chacun des autres agents. Mais en adoptant de telles prémisses, cette approche a écarté le problème de la coordination de la macroéconomie et a dénié toute véritable existence au processus du multiplicateur, processus qui a davantage à voir avec un ajustement au déséquilibre qu'avec un comportement d'équilibre (voir Leijonhufvud, 1968; Patinkin, 1976).

Dans Howitt (2006a), j'ai réexaminé les fondements du processus du multiplicateur en utilisant le même modèle de coordination, fondé sur le comportement des agents, que je viens de décrire. Cet article étudie la dynamique en temps réel du modèle en présence de perturbations, sous l'hypothèse qu'un état monétaire stationnaire a déjà été atteint, avec une marchandise particulière (de nouveau le « blé ») établie comme moyen d'échange de l'économie pendant assez longtemps pour qu'aucun entrepreneur n'imagine jamais ouvrir une boutique qui n'échangerait pas du blé. J'ai montré que les dynamiques en jeu contenaient un processus multiplicateur qui produisait un régime d'impulsion — réponse très similaire à celui décrit par l'équation ci-dessus qui caractérise l'économie américaine.

Le processus multiplicateur prend place pour des raisons institutionnelles qui ne sont généralement pas considérées dans la littérature macroéconomique, en l'occurrence la faillite d'établissements de commerce. Un choc qui rompt les relations normales d'échange peut amener certains établissements qui coordonnent les échanges à faire faillite, entraînant les individus qui avaient initialement des relations d'emploi (des offreurs de travail) avec ces établissements à restreindre leurs dépenses par manque d'argent, ce qui force à la fermeture d'autres établissements de manière cumulative.

Dans cet article, j'ai, de nouveau, effectué des simulations avec le modèle, cette fois en partant d'une position initiale d'équilibre monétaire stationnaire et en le perturbant à la première période par un choc qui entraîne une certaine fraction de la population (des migrants) à passer de la consommation d'un bien à celle d'un autre. De manière à préserver la structure agrégée, j'ai supposé que le nombre total de chaque type de négociant restait constant, de sorte que pour chaque consommateur de bien i qui devient un consommateur de bien j , il y a un consommateur du bien j qui se déplace vers le bien i . Au moment du choc, chacun des migrants se trouve soudainement privé de boutique où consommer (« magasin ») et le magasin où il s'approvisionnait perd un client. Cet agent peut continuer à vendre la manne dont il est doté à son employeur (la boutique qui offre un emploi), mais il ne dépense pas ses salaires. Le PIB chute en raison de la diminution de la consommation de biens de ces migrants qui ne s'adressent plus à leurs anciennes boutiques, et en raison de la diminution de la consommation de blé des entrepreneurs dont le surplus opérationnel en blé chute soudainement.

Dans la mesure où leurs revenus ont chuté, les anciennes boutiques des migrants réduisent à la fois les salaires (le prix d'offre pour la marchandise autre que le blé) et leurs prix de détail (l'inverse du prix d'offre du blé). La chute des salaires aidera à compenser la diminution de leurs profits, mais elle étendra le manque à gagner à d'autres boutiques, dont certains des clients livreront moins de blé parce que leurs salaires auront diminué. Pendant ce temps, la chute des salaires et des prix sera de peu d'effet pour augmenter le PIB, qui restera en dessous du niveau de pleine capacité jusqu'à ce que les migrants trouvent de nouveaux magasins.

Pendant ce processus, la chance au tirage peut se traduire par un manque à gagner particulièrement élevé pour certaines boutiques. Une boutique dont le surplus de blé a chuté en deçà de zéro connaîtra un risque de faillite. Si ce risque se concrétise, tous les offreurs de cette boutique se retrouveront sans emploi, et une chute soudaine de leurs revenus salariaux entraînera une chute soudaine des revenus de leurs magasins respectifs, qui peuvent à leur tour être soumis au risque de faillite. Ainsi, l'effondrement de boutiques peut s'avérer auto-renforçant

en entraînant une chute cumulative du PIB, comme dans le processus multiplicateur, plus familier, des manuels de macroéconomie.

Bien sûr, à chaque fois qu'une boutique fait faillite, de nouveaux entrepreneurs entrèrent et de nouvelles relations d'emploi se formeront. Mais, en raison des coûts fixes et parce que beaucoup de firmes peuvent entrer sur le marché, il y aura une période de turbulence (« shake-out ») auxquelles tous les nouveaux entrants ne survivront pas. Dès lors, vraisemblablement le processus de faillite de boutiques se poursuivra pendant un certain temps avant qu'un nouvel ensemble stable de boutiques ne se forme et que l'économie ne se redresse et sorte de la récession cumulative.

3. Enrichir le modèle

Beaucoup de caractéristiques des modèles fondés sur le comportement des agents sont difficiles à relier aux données réelles. La version la plus récente du modèle ³ diffère de la précédente sur plusieurs points. En premier lieu, afin de reconnaître que la perte d'une relation d'échange avec un employeur (*i.e.* le chômage) est typiquement un événement plus important que la perte d'une relation d'échange avec un magasin, je permets que chacun ait deux biens de consommation distincts et soit muni d'une fonction d'utilité CES définie sur ces deux biens. Je suppose, ensuite, que tous les biens sont parfaitement stockables au lieu d'être périssables. Cette hypothèse me permet de traiter directement du problème du stockage au lieu de l'écartier en acceptant le principe d'une consommation négative des négociants. Dans ce modèle, les négociants ciblent un niveau de stocks égal à un multiple des ventes attendues, et ils exécutent tous les ordres d'achat tant que les stocks le permettent. Le fait que toutes les commandes peuvent ne pas être honorées introduit un nouvel élément dans les décisions de recherche des agents. Spécifiquement, un agent pourrait avoir à choisir entre un employeur offrant un salaire faible et un autre offrant un salaire élevé mais qui n'a pas exécuté tous les ordres de vente, ou entre un magasin offrant un prix de détail élevé et un autre offrant un prix plus bas mais qui a exécuté tous les ordres d'achat. Pour faire face à cette complication, je suppose que chaque agent conserve le salaire « effectif » de son employeur et l'inverse du prix de détail « effectif » de ses magasins, où, dans chaque cas, le prix effectif est égal au prix réel multiplié par la fraction de la dernière commande de l'agent qui a été honorée dans cette boutique. Pendant le processus de recherche, tous les choix sont effectués sur la base des prix effectifs plutôt que réels.

3. Disponible sur http://www.econ.brown/fac/Peter_Howitt.

Afin que la structure monétaire du modèle soit un peu plus proche de celle du monde réel, je suppose que la marchandise-monnaie est un simple jeton, qui n'est ni produit, ni consommé par les agents privés. Il y a maintenant un secteur gouvernemental qui régule le stock de monnaie fiduciaire. Le gouvernement émet aussi les titres d'une dette perpétuelle, en versant un dollar par période, dont le prix est P_b , et prélève des impôts, sous la forme d'une taxe *ad valorem* au taux π sur tous les achats auprès d'un commerçant. Il n'y a pas de dette privée, mais les individus peuvent aller sur le marché des titres à chaque période avant que l'échange avec les boutiques ne commence, pour échanger de la monnaie contre des titres. Le gouvernement réglemente le taux d'intérêt nominal $r = 1/P_b$ suivant une règle de type Taylor qui implique que P_b s'ajuste graduellement à une valeur cible qui est une fonction croissante du niveau courant du PIB nominal. Le gouvernement réglemente aussi le taux de taxe suivant une règle fiscale qui implique que π s'ajuste graduellement à une valeur cible qui est une fonction croissante de la valeur de la dette exceptionnelle du gouvernement et du taux de variation courant de cette dette.

Du fait qu'il y a des actifs durables, il y a maintenant une décision non triviale à prendre qui concerne l'arbitrage entre consommation et épargne. Dès lors, je suppose que les individus dépensent une fraction fixe de leur richesse courante en biens de consommation à chaque période, comme ils le feraient dans un modèle conventionnel de maximisation de l'utilité au long de la vie avec des préférences logarithmiques, où la fraction fixe serait le taux de préférence pour le temps. Cette dépense est allouée entre les deux biens de consommation de manière à maximiser la fonction d'utilité CES de la période si l'agent a des relations avec une boutique de chaque bien, ou sinon elle est intégralement allouée au bien de consommation échangé dans la boutique avec laquelle il est en relation. Dans cette fonction de consommation, la richesse courante est donnée par la valeur de marché des titres détenus plus une fraction fixe de la valeur capitalisée du revenu permanent, escomptée au taux d'intérêt nominal.

Parce qu'ils peuvent épargner de deux manières différentes (la monnaie et les titres), les individus ont aussi un problème non trivial d'allocation de leur portefeuille à résoudre. J'adopte ici une approche en termes de stock-tampon de la demande de monnaie, suivant en cela Laidler (1984), en la mettant en œuvre de la même façon qu'Akerlof et Milbourne (1980). Suivant cette approche, les individus utilisent leurs avoirs en monnaie pour absorber les chocs inattendus de revenu et de dépense, économisant ainsi sur la fréquence des petits ajustements de portefeuille. Spécifiquement, chaque agent a un objectif de stock de monnaie, égal à quatre fois la dépense planifiée courante (la période unitaire est la semaine). Quand les avoirs courants en monnaie excèdent deux fois cette cible, les agents vont sur le marché des titres et

dépensent cet excédent en titres. Quand les avoirs courants en monnaie chutent en deçà de la dépense planifiée, les agents vont sur le marché des titres et vendent assez de titres pour rétablir les avoirs monétaires au niveau de la cible; s'il n'y a pas assez de titres pour atteindre ce résultat, tous les titres sont vendus. Si l'agent n'a pas assez d'argent pour payer la dépense courante planifiée, toute la monnaie est allouée à la dépense courante. Dans tous les autres cas, l'agent reste éloigné du marché des titres.

Au lieu de l'hypothèse de fixation du prix sur la base du coût complet retenue dans la première version du modèle, je traite les salaires et les prix de détail séparément. En ce qui concerne les salaires, je prends au sérieux la préoccupation de l'équité soulignée par des auteurs comme Akerlof et Yellen (1990) ou Bewley (1999) en supposant qu'à chaque fois que le salaire chez un employeur chute en dessous de 80 % du salaire moyen de l'économie, il y a une confrontation entre l'employeur et ses employés qui se traduit par une augmentation du salaire jusqu'à atteindre le niveau moyen. De même, si le revenu permanent d'un employeur augmente et atteint 120 % du salaire moyen de l'économie, le salaire affiché est augmenté au niveau de la moyenne de l'économie.

En plus de ces corrections relativement peu fréquentes, à chaque période le salaire est ajusté d'un montant (en pourcentage) proportionnel à l'écart entre la quantité de facteur cible et la quantité virtuelle. La quantité cible est la quantité de travail nécessaire pour produire un volume correspondant aux anticipations de ventes de la firme (formées initialement sur la base des esprits animaux, puis suivant une règle d'anticipations adaptatives) plus un ajustement graduel au montant désiré des stocks. La quantité virtuelle est le nombre d'offreurs avec lesquels une boutique a une relation (la quantité réelle diffère de la quantité virtuelle si la boutique épuise la monnaie avec laquelle elle achète le travail).

Les prix sont établis en appliquant un taux de marge fixe au coût marginal qui inclut les salaires et les impôts. Le taux de marge est choisi par la boutique, quand elle entre, en tirant dans une distribution uniforme centrée sur le taux de marge qui serait optimal si les fonctions de demande de la firme étaient des fonctions à élasticité constante impliquées par la fonction d'utilité CES de ses clients dans le cadre d'un équilibre symétrique avec un nombre constant de clients. Il y a alors une chance qu'un équilibre avec maximisation du profit émerge quand l'économie converge.

Dans cette version du modèle, les firmes ne sont pas tenues de conserver les travailleurs redondants pendant le processus de recherche, comme c'était le cas dans les précédentes versions. C'est-à-dire qu'un agent en situation de recherche ne peut pas choisir d'établir une relation

avec une boutique échangeant le bien dont il est doté si la quantité virtuelle de facteur de cette boutique excède déjà la quantité cible.

Enfin, je permets que chaque relation soit rompue, avec une probabilité fixe, même si elle est encore profitable, et je place les esprits animaux à un niveau tel que, de temps en temps, des firmes entreront en faisant des anticipations de vente très optimistes.

La conséquence de toutes ces modifications est d'avoir un système constamment soumis à des perturbations, et d'empêcher l'existence d'un état absorbant du processus stochastique engendré par le modèle. Ces modifications avaient délibérément été écartées dans la version initiale du modèle afin d'être capable de dire avec certitude quand la simulation numérique convergeait et vers quel équilibre elle convergeait.

4. Les effets de la flexibilité des salaires

Une flexibilité accrue des salaires est-elle stabilisante? C'est la question que Keynes posait dans le chapitre 19 de la *Théorie Générale* (1936), dans lequel il montrait que le chômage n'était pas attribuable au défaut de réaction des salaires, et qu'en fait, si les salaires étaient plus flexibles, le problème du chômage s'aggraverait, en raison des effets pervers de répartition et de la rupture initiée par la déflation de la dette. Ainsi qu'Axel nous l'a montré dans son livre de 1968, cet aspect de l'économie de Keynes contrastait fortement avec ce que l'on a appelé et appelle encore largement l'économie keynésienne, qui de Modigliani à Taylor a attribué le chômage à la rigidité des prix et/ou des salaires.

Dans un article (1986), j'ai montré que la flexibilité des salaires pouvait accroître la volatilité du produit réel dans un modèle assez conventionnel d'équilibre avec anticipations rationnelles, en raison de l'effet dépressif sur la demande agrégée d'une réduction du taux d'inflation anticipé (une analyse similaire a été produite indépendamment par DeLong et Summers, 1986). Une chute de la demande donne lieu à une diminution de l'inflation anticipée *via* une relation de Phillips, qui, en présence d'une règle donnée d'offre de monnaie, se traduit par une augmentation du taux d'intérêt réel et, par suite, par une amplification de la diminution de la demande globale, comme dans un modèle IS-LM conventionnel, où la courbe IS dépend du taux d'intérêt réel et la courbe LM du taux nominal. Plus la pente de la courbe de Phillips est grande, plus l'anticipation rationnelle d'inflation diminuera lors d'un choc négatif sur la demande agrégée, et, par suite, plus fort sera le mécanisme d'amplification de la déviation.

L'analyse supposait que l'offre de monnaie suivait un sentier donné, comme il était conventionnel de le faire en théorie macroéconomique

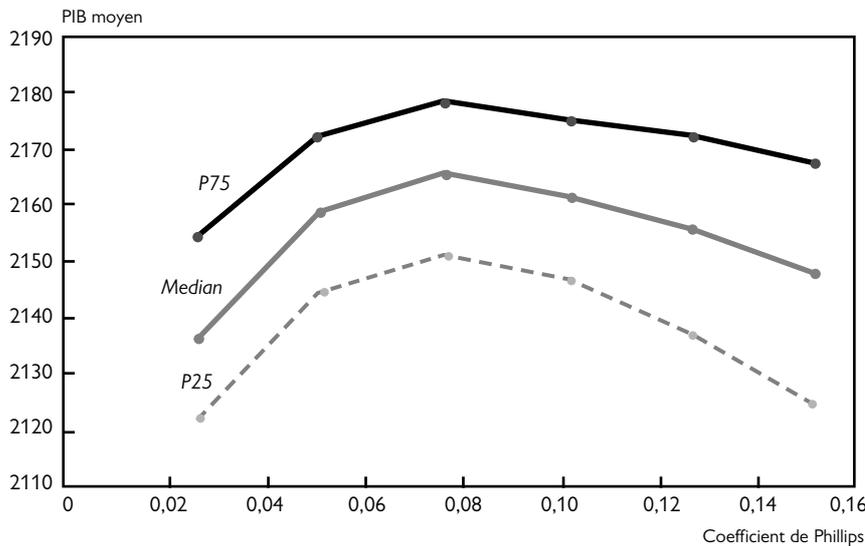
jusqu'à une période récente. Mais cette hypothèse ne correspond pas à la manière dont la politique monétaire est effectivement conduite dans la plupart des pays, où le taux d'intérêt est l'instrument de la banque centrale et l'offre de monnaie ne prête guère à attention. En outre, sous l'hypothèse alternative plus réaliste d'une règle de taux d'intérêt, le mécanisme que j'ai identifié dans mon article de 1986 ne fonctionnerait pas, sauf à ce que la règle ne violât le fameux 'principe de Taylor' s'agissant des anticipations. Ce principe requiert que tout changement de l'inflation anticipée se traduise par un changement du taux d'intérêt de plus de un pour un. Ainsi, si une chute de la demande agrégée engendre une chute de l'inflation anticipée, la règle de taux entraînera une diminution du taux d'intérêt nominal suffisante pour impliquer une *diminution* du taux d'intérêt réel. Si la règle de taux d'intérêt impliquait aussi de répondre directement à la chute du produit causée par le choc de demande, alors le taux d'intérêt réel chuterait encore plus. Dès lors, la flexibilité des salaires, en renforçant la réaction de l'inflation anticipée au choc de demande, serait, sans ambiguïté, stabilisante.

Le modèle actuel peut traiter de ces questions. Nous avons supposé que les autorités monétaires suivaient une règle de type Taylor en fixant les taux d'intérêt, mais qu'il n'y en avait pas pour former les anticipations d'inflation. Le changement du degré de flexibilité des salaires aura alors un effet sur l'efficacité du mode de coordination du système. Et pour autant que cette question de la coordination soit en jeu, il y a clairement une raison pour que les salaires aient quelque flexibilité, mais pas trop. En fait, sans une certaine flexibilité des salaires, il n'y aurait aucune façon pour les boutiques d'éliminer les excédents de demande ou d'offre. Mais, ainsi qu'on l'a souligné dans la section précédente, le mécanisme de propagation que j'ai identifié dans mon analyse du processus multiplicateur ne se déroule pas de façon nécessairement plus favorable quand les salaires sont plus flexibles. En effet, en introduisant des mouvements inappropriés des prix relatifs quand l'économie s'ajuste à des chocs, une flexibilité accrue des salaires pourrait facilement affaiblir le mécanisme de coordination, en introduisant nombre de ruptures inappropriées des relations d'échange par des agents à la poursuite de différences transitoires de salaire et de prix, entraînant sans doute un nombre trop grand de faillites d'entreprises.

J'ai fait tourner le modèle avec différentes vitesses alternatives d'ajustement des salaires, mesurées dans l'équation d'ajustement des salaires par le coefficient qui s'applique à l'écart entre la quantité cible de facteur et la quantité virtuelle. Les résultats montrés dans la figure ci-après indiquent qu'en effet la stabilité macroéconomique est obtenue pour un niveau intermédiaire de flexibilité. Cette figure montre la valeur médiane du PIB moyen en fin d'année quand le modèle tourne sur 100 années (5 000 périodes), 1 000 fois pour chacune des 6 différentes valeurs du coefficient, le long de l'intervalle interquartile (dans chaque

simulation il y a 50 marchandises distinctes et 2 400 échangistes différents). Ainsi, par exemple, la courbe P75 indique, pour chaque valeur du coefficient, le PIB moyen en fin d'année sur les 100 années de la simulation dans laquelle cette moyenne était la 250^e la plus grande des 1 000 simulations utilisant cette valeur du coefficient. La figure indique que, lorsque la flexibilité augmente, le PIB moyen augmente d'abord, puis diminue.

Les effets de la flexibilité des salaires



Source : Calculs de l'auteur.

5. Conclusion

Le travail que j'ai présenté ci-dessus n'est que le commencement d'un programme de recherche destiné à caractériser le comportement d'un système économique habité par des agents autonomes et intelligents, un système dans lequel les activités économiques sont coordonnées par un réseau auto-organisé de marchands spécialisés. Le but ultime de ce programme est de comprendre, ainsi qu'Axel l'a indiqué à maintes reprises (par exemple, Leijonhufvud, 1976, 1981, 1993), comment un système économique complexe de grande dimension comme celui des États-Unis est capable de faire montre, la plupart du temps, d'un degré élevé de coordination, et cependant être également capable de temps en temps de s'écarter drastiquement d'un tel état de coordination. Naturellement, beaucoup de travail reste à faire. En particulier, il y a beaucoup de paramètres libres dans la dernière

version du modèle, et aucune tentative n'a encore été faite pour les calibrer au regard des données réelles. Toutefois, les résultats indiquent que le modèle est capable de traiter certaines des questions qu'Axel a soulevées et que l'approche en termes d'équilibre avec anticipations rationnelles est incapable de traiter. Il en est ainsi de la question de savoir comment le processus du multiplicateur peut provoquer des déviations cumulatives à partir de l'équilibre et comment le degré de flexibilité des salaires affecte la capacité d'une économie de coordonner ses activités.

Références bibliographiques

- AKERLOF G. A. et R. D. MILBOURNE, 1980 : « Irving Fisher on His Head II: The Consequences of the Timing of Payments for the Demand for Money », *Quarterly Journal of Economics* 95, pp. 145-57.
- AKERLOF G. A. et J. L. YELLEN, 1990 : « The Fair Wage-Effort Hypothesis and Unemployment », *Quarterly Journal of Economics* 105, pp. 255-83.
- BARRO J. R. et H. I. GROSSMAN, 1976 : *Money, Employment and Inflation*. New York: Cambridge University Press.
- BEWLEY F. T., 1999 : *Why Wages Don't Fall During a Recession*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- CHARI V. V., P. J. KEHOE et E. R. MCGRATTAN, 2000 : « Sticky Price Models of the Business Cycle: Can the Contract Multiplier Solve the Persistence Problem? » *Econometrica* 68 : pp. 1151-79.
- CLARK A., 1998 : *Being There: Putting Brain, Body and World Together Again*. Cambridge, MA: MIT Press.
- CLOWER R. W., 1965 : « The Keynesian Counter-revolution: A Theoretical Appraisal », In *The Theory of Interest Rates*, edited by F. H. HAHN and F. P. R. BRECHLING. London: Macmillan.
- DAVIDSON P., 1989 : « Keynes and Money », in *Keynes, Money and Monetarism: The Eighth Keynes Seminar held at the University of Kent at Canterbury, 1987*, edited by R. HILL, pp. 2-26. London: Macmillan.
- DE LONG, J. B. et L. H. SUMMERS, 1986 : « Is Increased Price Flexibility Stabilizing? » *American Economic Review* 76 : pp. 1031-44.
- EVANS G. et S. HONKAPOHJA, 2001 : *Learning and Expectations in Macroeconomics*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- HOWITT P., 1986 : « Wage Flexibility and Employment », *Eastern Economic Journal* 12 : pp. 237-42.

- HOWITT P., 2006a : « The Microfoundations of the Keynesian Multiplier Process », *Journal of Economic Interaction and Coordination* 1: pp. 33-44.
- HOWITT P., 2006b : « Monetary Policy and the Limitations of Economic Knowledge », in *Post Walrasian Macroeconomics: Beyond the Dynamic Stochastic General Equilibrium Model*, edited by D. COLANDER, New York: Cambridge University Press, pp. 347-67.
- HOWITT P. et R. CLOWER, 2000 : « The Emergence of Economic Organization », *Journal of Economic Behavior and Organization* 41: pp. 55-84.
- KEYNES J. M., 1934 : « Poverty in Plenty: Is The Economic System Self-Adjusting? », In *The Collected Writings of John Maynard Keynes*, pp. 485-92. Vol. XIII. London: Macmillan, For The Royal Economic Society.
- KEYNES J. M., 1936 : *The General Theory of Employment, Interest, and Money*, London: Macmillan.
- KREBS T., 2003 : « Growth and Welfare Effects of Business Cycles in Economies Idiosyncratic Human Capital Risk », *Review of Economic Dynamics* 6: pp. 846-68.
- KRUSELL P. et A. A. SMITH JR., 1998 : « Income and Wealth Heterogeneity in the Macroeconomy », *Journal of Political Economy* 106: pp. 867-96.
- LAIDLER D., 1974 : « Information, Money and the Macroeconomics of Inflation », *Swedish Journal of Economics* 76 : pp. 26-41.
- LAIDLER D., 1984 : « The 'Buffer Stock' Notion in Monetary Economics », *Economic Journal* 94: 17-34.
- LEIJONHUFVUD A., 1968 : *On Keynesian Economics and the Economics of Keynes: A Study in Monetary Theory*, New York: Oxford University Press.
- LEIJONHUFVUD A., 1976 : « Schools, 'Revolutions', and Research Programmes in Economic Theory », in *Method and Appraisal in Economics*, edited by S. J. LATSIS, Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- LEIJONHUFVUD A., 1981 : *Information and Coordination*, New York: Oxford University Press.
- LEIJONHUFVUD A., 1993 : « Towards a Not-Too-Rational Macroeconomics », *Southern Economic Journal* 60 : pp. 1-13.
- LEIJONHUFVUD A., 2006 : « Agent-Based Macro », In *Handbook of Computational Economics*, edited by Leigh Tesfatsion and K. L. JUDD, pp. 1625-37. Vol. 2. Amsterdam: NorthHolland.

- PATINKIN D., 1976 : *Keynes' Monetary Thought: A Study of Its Development*, Durham, NC: Duke University Press.
- SARGENT T.J., 1993 : *Bounded Rationality in Macroeconomics*, Oxford: Clarendon Press.
- STARR R. M. et M. B. STINCHCOMBE, 1998 : « Monetary Equilibrium with Pairwise Trade and Transaction Costs », Unpublished, University of California San Diego, Septembre.
- STARR R. M. et M. B. STINCHCOMBE, 1999 : « Exchange in a Network of Trading Posts », In *Markets, Information and Uncertainty: Essays in Economic Theory in Honor of K.J. ARROW*, edited by Graciela Chichilnisky, pp. 217-34, Cambridge UK: Cambridge University Press.
- TESFATSION L., 2006 : « Agent Based Computational Economics: A Constructive Approach to Economic Theory », In *Handbook of Computational Economics*, edited by L. TEFATSION and K. L. JUDD, pp. 831-80. Vol. 2. Amsterdam: North-Holland.