

Modéliser l'économie comme un système complexe d'interactions réelles et monétaires entre des agents autonomes et concurrents

Pascal Sepecher

Centre d'Etudes en Macroéconomie et Finance Internationale - Université de Nice Sophia Antipolis

3 février 2010

1 Modéliser l'économie comme un système complexe

- La complexité est à la base
- Trois principes (post-)keynésiens
- Agents et interactions
- Le paradoxe des profits
- Un modèle multi-agents

2 Simulations

- Baseline Simulation
- Flexibility shock
- Regulation
- Credit Bubble

3 Conclusion

- Principaux résultats, perspectives de développement du modèle
- Avenir des Agent-based Computational Economics

1 Modéliser l'économie comme un système complexe

- La complexité est à la base
- Trois principes (post-)keynésiens
- Agents et interactions
- Le paradoxe des profits
- Un modèle multi-agents

2 Simulations

3 Conclusion

Systèmes complexes

A **system** is typically defined to be **complex** if it exhibits the following two properties :

- The system is composed of interacting units,
- The system exhibits emergent properties, that is, properties arising from the interactions of the units that are not properties of the individual units themselves.

L. Tesfatsion, *Agent-based Computational Economics : a constructive approach to economic theory* (2006)

'La complexité est à la base' (E. Morin)

Le principe de simplicité impose de disjointre et de réduire. Le principe de complexité enjoint de relier, tout en distinguant (...)

La connaissance doit certes utiliser l'abstraction, mais elle doit aussi chercher à se construire par référence au contexte, et donc mobiliser ce que le connaissant sait du monde (...)

La pensée complexe est une pensée qui cherche à la fois à distinguer — mais sans disjointre — et à relier (...)

E. Morin, *Pour une réforme de la pensée* (1996)

La pensée keynésienne : une pensée complexe

Les méthodes pseudo-mathématiques (...) qui donnent une représentation symbolique d'un système d'analyse économique ont le grave défaut de supposer expressément l'indépendance rigoureuse des facteurs dont elles traitent (...)
[Ces méthodes] permettent à leurs auteurs d'oublier (...)
les complexités et les interdépendances du monde réel.

J.M. Keynes, *Théorie générale de l'emploi de l'intérêt et de la monnaie* (1936)

La monnaie est à la base de la complexité économique

The idea that it is comparatively easy to adapt the hypothetical conclusions of a real wage economics to the real world of monetary economics is a mistake.

It is extraordinarily difficult to make the adaption, and perhaps impossible without the aid of a developed **theory of monetary economics**.

J.M. Keynes, *A Monetary Theory of Production* (1933)

Une économie monétaire de production (M-C-M)

= une économie dans laquelle 'la production commence et finit en monnaie'.

L.R. Wray, *L'approche post-keynésienne de la monnaie* (2003)

Une économie avec monnaie endogène (L-M-C-M-L)

= une économie dans laquelle 'l'offre de monnaie de crédit est déterminée de manière endogène par la demande de crédit bancaire émanant des forces du marché'.

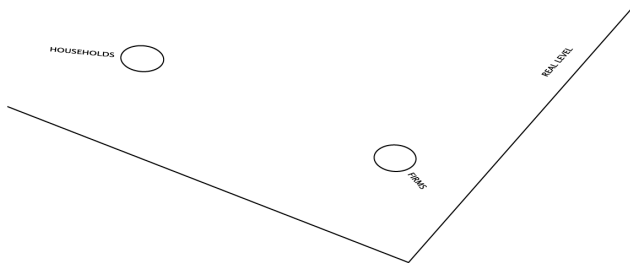
B.J. Moore, *L'endogénéité de l'offre de la monnaie* (2003)

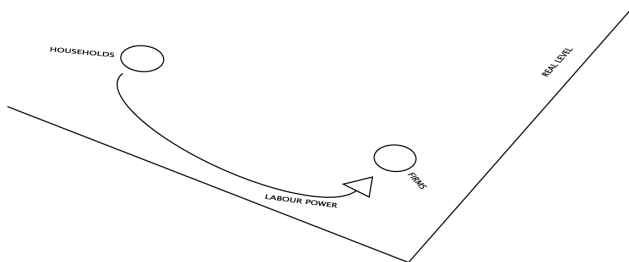
Une économie d'entrepreneur (L-M-C-M'-L+rL+P)

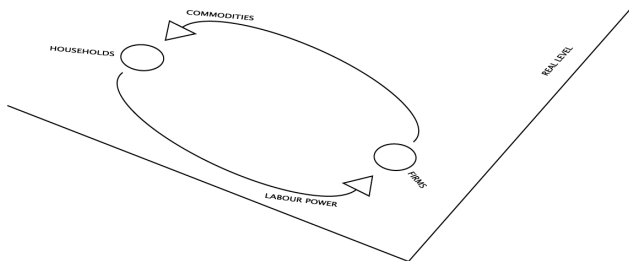
= une économie dans laquelle chaque 'entreprise n'a d'autre objectif au monde que d'obtenir au bout du compte plus d'argent qu'elle n'en n'avait au départ'.

J.M. Keynes, *The Tilton Papers, Collected Writings* (1933)

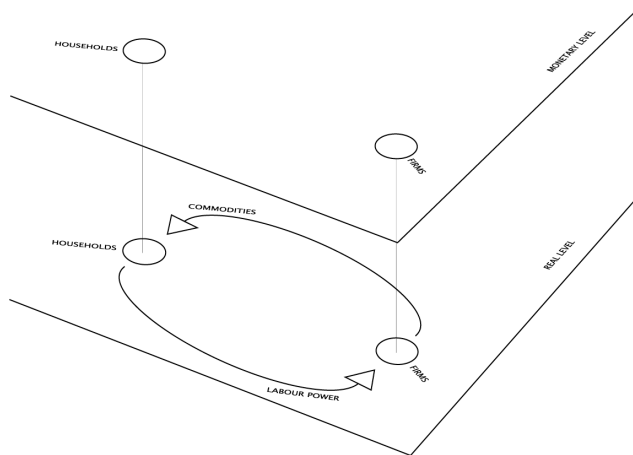
Agents et interactions

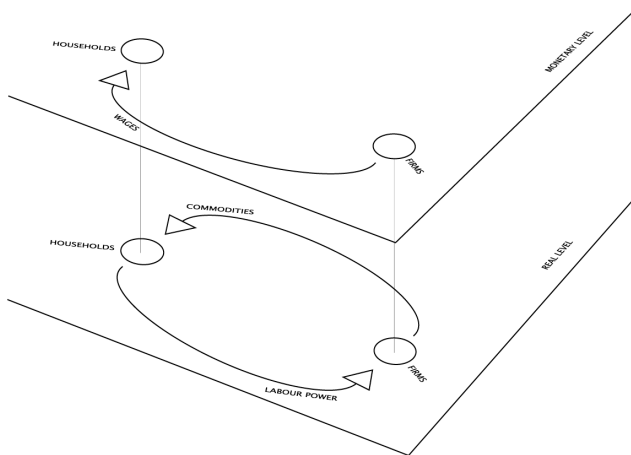


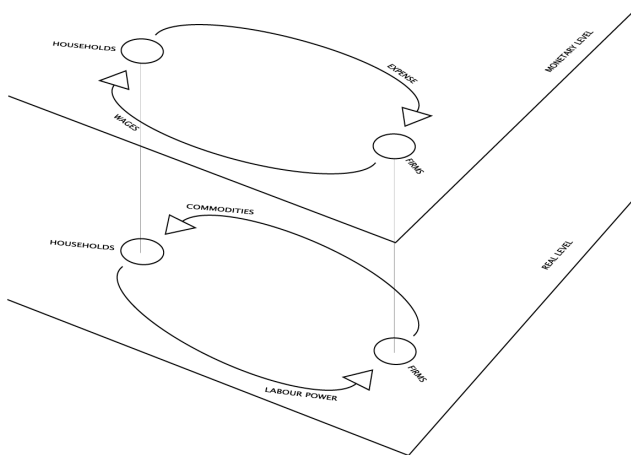
$L-M-C-M'-L+rL+P$ 

$L-M-C-M'-L+rL+P$ 

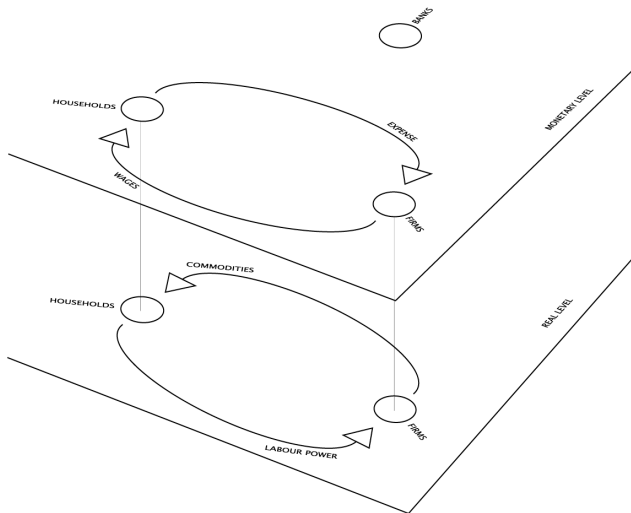
L-M-C-M'-L+rL+P



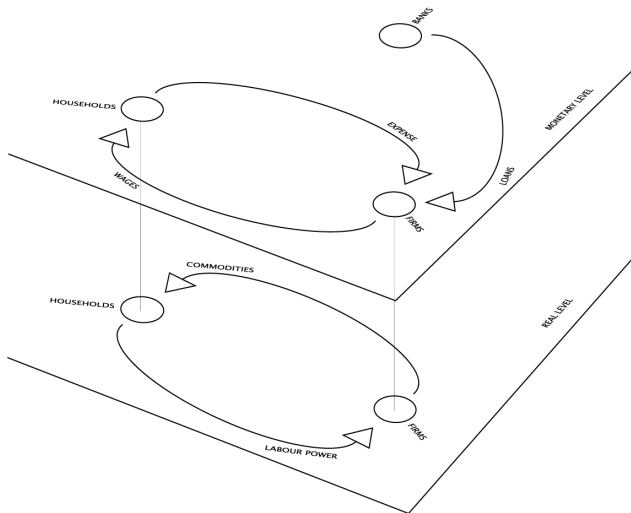
$L-M-C-M'-L+rL+P$ 

$L-M-C-M'-L+rL+P$ 

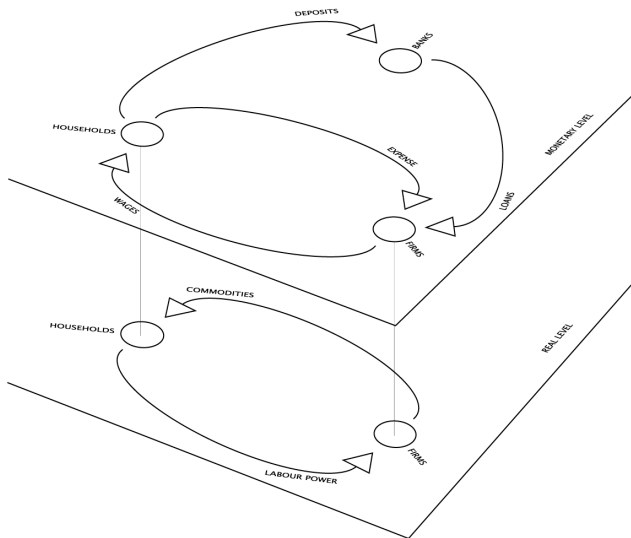
L-M-C-M'-L+rL+P



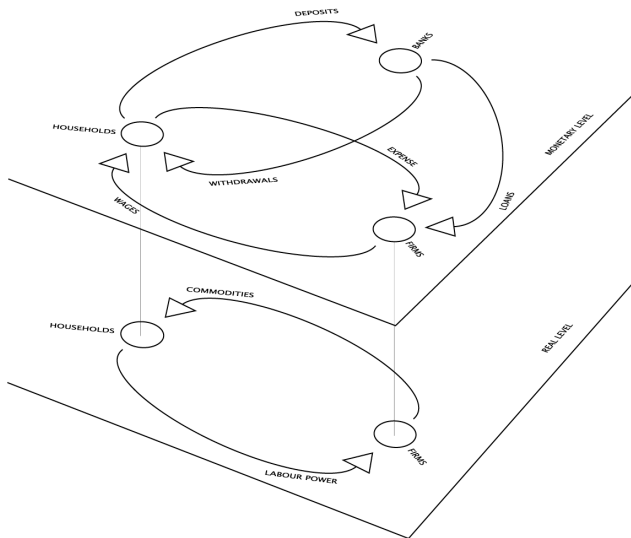
L-M-C-M'-L+rL+P



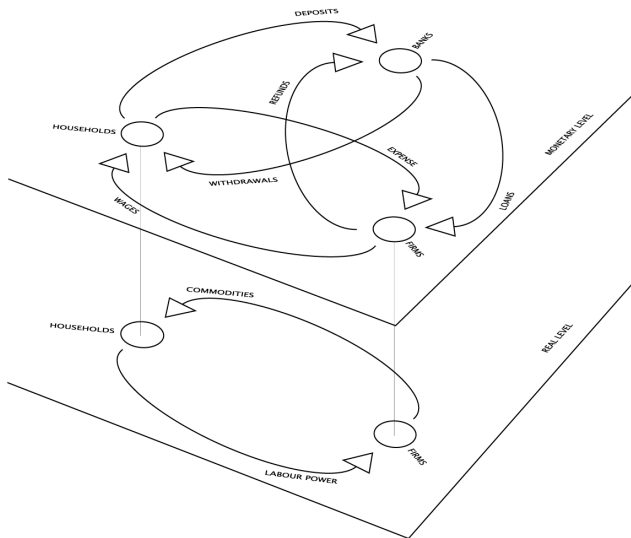
L-M-C-M'-L+rL+P



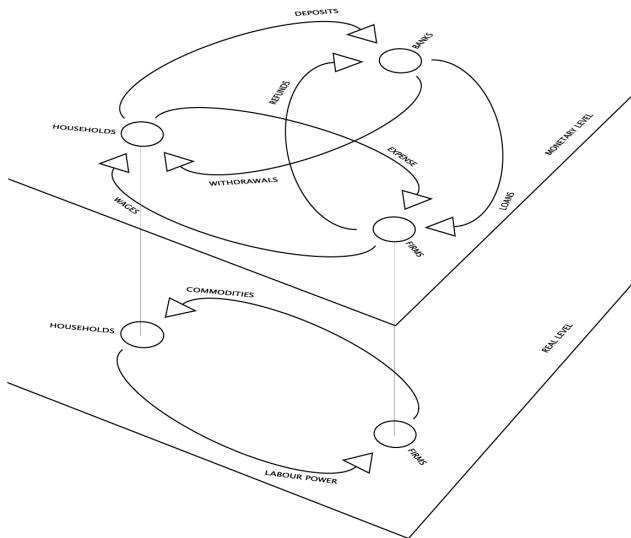
L-M-C-M'-L+rL+P



L-M-C-M'-L+rL+P



L-M-C-M'-L+rL+P



Le paradoxe des profits (L-M-C-M'-L+rL+P)

Nothing comes from nothing. The capitalist class as a whole cannot draw out of circulation what was not previously thrown into it.

K. Marx, *Capital, livre II* (1885)

How can we explain profits if firms borrow just enough to cover wages that are simply spent on consumption goods and returned to firms to extinguish their initial debt ?

L-P. Rochon, *The Existence of Monetary Profits within the Monetary Circuit* (2005)

Dépasser le Circuit classique (L-M-C-M'-L+rL+P)

Un modèle trop abstrait

- une seule entreprise représentative de toutes les entreprises,
- une seule période abstraite,
- \Rightarrow unicité du flux monétaire,
- \Rightarrow égalité des périodes ($T_{revenu} = T_{production} = T_{credit}$)
- \Rightarrow une unité monétaire ne peut entrer qu'une seule fois dans la formation d'un revenu,
- \Rightarrow le profit doit être réalisé à l'instant abstrait où il n'y a plus de monnaie dans le Circuit.

Dépasser le Circuit classique

Construire un modèle de Circuit dynamique et complexe

- une multiplicité d'agents,
- un enchaînement de périodes concrètes,
- \Rightarrow flux et reflux monétaires multiples se croisant,
- \Rightarrow distinction des périodes ($T_{revenu} < T_{production} < T_{credit}$),
- \Rightarrow une unité monétaire peut entrer plusieurs fois dans la formation d'un revenu,
- \Rightarrow permanence du caractère monétaire de l'économie.

Modélisation multi-agents

An **agent-based model** is a computerized simulation of a number of decision-makers (agents) and institutions, which interact through prescribed rules. The agents can be as diverse as needed (...)

Such models do not rely on the assumption that the economy will move towards a predetermined equilibrium state, as other models do. Instead, at any given time, each agent acts according to its current situation, the state of the world around it and the rules governing its behaviour.

J.D. Farmer & D. Foley, *The Economy Needs Agent-Based Modelling* (2009)

Caractéristiques principales du modèle

Un modèle basé sur des agents multiples

- 1000 ménages,
- 100 entreprises,
- 1 banque.

Un modèle avec monnaie endogène

- le crédit bancaire est la seule source de création monétaire,
- le financement de la production est le seul motif du crédit.

Un modèle informatique

- un logiciel interactif en ligne,
- développé en Java.



Déroulement d'une période de base

Planification de la production

Marché du travail

Production

Marché des biens

Clôture de la période

Déroulement d'une période de base

Planification de la production

- Chaque entreprise évalue le niveau de la demande,
- détermine le niveau de production désiré,
- s'assure du financement,
- si excès de main d'oeuvre, licencie,
- sinon poste son offre (postes, salaire) sur le marché du travail.

Marché du travail

Production

Marché des biens

Clôture de la période

Déroulement d'une période de base

Planification de la production

Marché du travail

- Chaque ménage sans emploi révisé son salaire de réservation,
- consulte un nombre limité d'offres,
- rejette les offres inférieures à son salaire de réservation,
- répond à la meilleure des offres restantes.

Production

Marché des biens

Clôture de la période

Déroulement d'une période de base

Planification de la production

Marché du travail

Production

- Chaque employé reçoit son salaire,
- s'emploie sur un poste de travail.
- La marchandise nouvelle est stockée par l'entreprise.
- Chaque entreprise révisé son prix de vente,
- poste son offre sur le marché des biens (volume, prix).

Marché des biens

Clôture de la période

Déroulement d'une période de base

Planification de la production

Marché du travail

Production

Marché des biens

- Chaque ménage détermine son budget (consommation/épargne),
- consulte un nombre limité d'offres,
- répond à la meilleure des offres consultées.

Clôture de la période

Déroulement d'une période de base

Planification de la production

Marché du travail

Production

Marché des biens

Clôture de la période

- Chaque entreprise rembourse les crédits échus,
- détermine la part des profits qui sera conservée pour l'autofinancement,
- et celle qui sera distribuée aux actionnaires.

1 Modéliser l'économie comme un système complexe

2 **Simulations**

- Baseline Simulation
- Flexibility shock
- Regulation
- Credit Bubble

3 Conclusion

Baseline simulation

Le scénario de base.

Launch simulation

La stabilité de la répartition du revenu, une propriété émergente

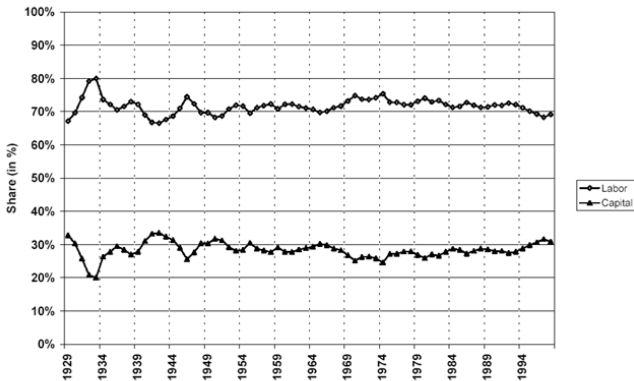
The stability of the proportion of the national dividend accruing to labour (...) is one of the most surprising, yet best-established, facts in the whole range of economic statistics, both for Great Britain and for the United States.

(...) the result remains a bit of a miracle.

J.M. Keynes, *Relative Movements of Real Wages and Output* (1939)

La stabilité de la répartition du revenu, un fait stylisé

Figure 9: Factor shares in the U.S. corporate sector, 1929-1999



Source: Authors' computations based on National Accounts
(NIPA Table 1,16; CFC and net interest have been included in the capital share)

T. Piketty et Saez (2001), *Income Inequality in the United States* (2001)

Flexibility shock

In this experimentation we simulate a flexibility shock by changing the households resistance to cuts in money wages (r).

- before the shock $r = 8$
- after the shock $r = 3$
- shock year = 2030

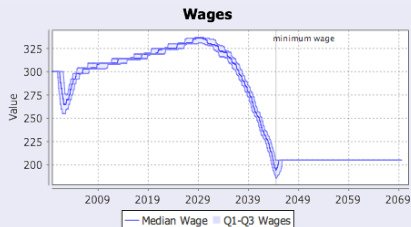


Launch simulation

Regulation

The previous experimentation has shown how a flexibility shock can lead the system to a deflation crisis. In the current experimentation we simulate the introduction of a minimum wage (\bar{w}), restoring rigidity in the labor market after the flexibility shock.

- $\bar{w} = 205$
- *year* = 2045



Launch simulation

La rigidité à la baisse des salaires nominaux, élément essentiel de la stabilité du système

Si la compétition entre les travailleurs sans emploi conduisait toujours à une forte réduction des salaires nominaux, le niveau des prix témoignerait d'une violente instabilité. Bien plus, il ne pourrait y avoir aucune position d'équilibre stable, sauf dans les quelques conditions compatibles avec le plein emploi (. . .)

En fait il est obligatoire que, dans un système monétaire, il y ait un certain facteur dont la valeur exprimée en monnaie soit visqueuse, sinon fixe, pour donner quelque stabilité aux valeurs.

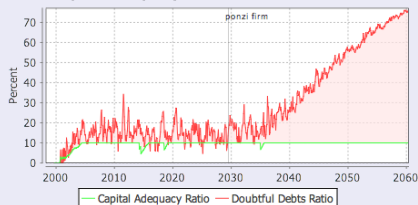
J.M. Keynes, *Théorie générale de l'emploi de l'intérêt et de la monnaie* (1936)

Bulle du crédit

In this experimentation we introduce an unprofitable firm to the model. The bank continuously lends to this firm. So the non-profitable firm is engaged in a Ponzi scheme because it can only repay its debt by means of new debts.

- Firms average productivity $\rho = 100$
- Ponzi firm productivity $\check{\rho} = 10$
- Ponzi firm introduction $year = 2030$

Capital Adequacy & Doubtful Debts Ratios



Launch simulation

Rôle du système bancaire dans l'émergence d'une stabilité macroéconomique

Fonctionnement normal

- Monnaie créée pour le financement de la production,
- remboursée et détruite à l'échéance du crédit,
- ⇒ monnaie éphémère,
- ⇒ disparition des entreprises non rentables,
- ⇒ maintien du lien entre monnaie et production,
- ⇒ stabilité de la distribution du revenu,
- ⇒ stabilité macroéconomique.

Dysfonctionnement bancaire

Rôle du système bancaire dans l'émergence d'une stabilité macroéconomique

Fonctionnement normal

Dysfonctionnement bancaire

- Renouvellement des crédits à des entreprises non rentables,
- monnaie remboursée au moyen de nouveaux crédits,
- ⇒ schéma de Ponzi,
- ⇒ monnaie 'permanente',
- ⇒ rupture du lien entre monnaie et production,
- ⇒ déstabilisation de la distribution du revenu,
- ⇒ déstabilisation macroéconomique.

1 Modéliser l'économie comme un système complexe

2 Simulations

3 Conclusion

- Principaux résultats, perspectives de développement du modèle
- Avenir des Agent-based Computational Economics

Conclusion

Principaux résultats

- construction d'un modèle macroéconomique multi-agents,
- avec monnaie endogène,
- dans lequel les entreprises réalisent des profits, payent l'intérêt dû aux banques,
- présentant de nombreuses propriétés émergentes,
- dont la stabilité de la répartition des revenus,
- stabilité qui paraît elle-même liée à l'émergence d'un système de valeurs,
- c'est-à-dire d'un rapport dynamique et complexe entre les sphères réelles et monétaires.

Conclusion

Limites et perspectives

- Un modèle encore très simple,
- pas d'investissement,
- pas de marché financier,
- une seule banque représentative,
- une économie fermée,
- mais pas d'obstacle théorique à l'extension du modèle à ces éléments de complexité.

Développer les simulations numériques

Agent-based models are the social-science analogue of the computational simulations now routinely used elsewhere in science to explore complex nonlinear processes such as the global climate.

M. Buchanan, *Meltdown modelling : Could agent-based computer models prevent another financial crisis ?* (2009)

The agent-based method can provide an unprecedented understanding of the emergent properties of interacting parts in complex circumstances where intuition fails.

J.D. Farmer & D. Foley, *The Economy Needs Agent-Based Modelling* (2009)

La programmation : une discipline économique ?

Programming free us to adapt the tool to the problem rather than the problem to the tool. Every graduate economics program should incorporate general programming language requirements. It is time.

L. Tesfatsion, *Agent-based Computational Economics : a constructive approach to economic theory* (2006)

Vers des modèles prédictifs ?

Such economic models should be able to provide an alternative tool to give insight into how government policies could affect the broad characteristics of economic performance, by quantitatively exploring how the economy is likely to react under different scenarios. In principle it might even be possible to create an agent-based economic model capable of making useful forecasts of the real economy, although this is ambitious.

J.D. Farmer & D. Foley, *The Economy Needs Agent-Based Modelling* (2009)