

UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

PREPARATORY WORK FOR THE THESIS

MEMO-F-403

Rapport : Préparation au mémoire de fin d'études

Authors:

Outmane MOUAD

Promoteur:

Hugues BERSINI

Mai 2019



May 27, 2019

Contents

1	Introduction	3
2	État de l'art	4
2.1	Marché compétitif ou économie planifié	4
2.2	Efficiencce vs Egalité	4
2.3	Système multi-agent	5
2.3.1	ACE	5
3	Modèle	6
3.1	Implémentation	6
3.2	Modèle du système	6
3.2.1	Marché	6
3.2.2	Agent	6
3.2.3	Producteur	7
3.2.4	Consommateur	8
3.2.5	Vendeur	8
3.2.6	Acheteur	9
3.2.7	Marché compétitif	10
3.2.8	Marché aléatoire	11
3.2.9	Marché mixte	12
3.2.10	Métriques	12

4	Contribution	13
4.1	Redistributions	13
4.2	Impôt proportionnel	13
4.2.1	Critiques	13
4.3	Impôt progressif	14
4.3.1	Critiques	14
4.4	Impôt régressif	14
4.4.1	Critiques	15
4.4.2	Implémentation	16
4.5	Améliorations logicielles du simulateur	16

1 Introduction

Ce mémoire se base sur le travail d'articles et mémoires précédents. Après l'article de Bersini H. et van Zeebroeck [5], plusieurs mémoires ont été fait, un simulateur a été développé et différentes fonctionnalités on été rajoutées au simulateur.

Le simulateur se base sur un réseaux d'agents indépendants qui interagissent entre-eux. Ce mémoire traite d'une question relative au ACE (Agent-Based Computational Economics) un domaine appartenant à l'Économie computationnelle. Le but de ce mémoire est d'une part reimplémenter le simulateur en un langage plus moderne pour le rendre accessible à plus de plateformes. Non seulement une mise à jour au niveau du langage utilisé mais aussi un ajout de fonctionnalités. Au fur et à mesure des années différentes éléments ont été ajoutés et étudié, dans la continuité du travail fait ce mémoire va essayer d'explorer les effets et conséquences sur l'évolution du systèmes multi-agent de la redistribution d'argent et la taxation. Finalement le simulateur n'est qu'un outil statistique dont il faudra comprendre, analyser et interpréter les résultats.

2 État de l'art

2.1 Marché compétitif ou économie planifié

L'analyse de systèmes économiques s'est longuement concentré sur cette question, une dichotomie entre les économies de marché et les économies planifiées s'est dessiné. L'opposition entre les capitalistes, favorables au premier système, et les socialistes, favorables au dernier, n'est plus si marquée. Aujourd'hui, globalement dans le monde entier on a choisit un système économique mixte, mais basé néanmoins sur un marché concurrentiel.

Actuellement le monde se trouve face à un autre enjeu de taille : l'augmentation de l'inégalité de richesse. Pour cela les chercheurs et économistes s'intéressent aux façon dont on peut réduire cette inégalité dans un marché concurrentiel. On pense qu'on peut y arriver avec l'impôt. En effet, certains méthodes de taxation, telles les taxes à taux progressif, on été pensé pour réduire l'inégalité de richesse. Néanmoins il faut tenir compte de l'efficience du marché aussi, car augmenter l'égalité de façon trop importante, pourrait avoir des conséquences néfaste sur le marché.

2.2 Efficience vs Egalité

Un grand problème connu en économie et le rapport entre efficience et égalité (*efficiency-equality trade-off*). Deux courants de pensée, qui s'oppose, l'utilitarisme économique et l'égalitarisme s'exprime à ce sujet.

L'utilitarisme, celui de Bentham J. [1], défini l'utilité et donc la consommation de biens comme le bien-être (*welfare*) d'un individu. Donc l'utilité collective et le bien-être collectif est maximisé si chaque agent maximise le sien, et donc le système sera vu efficient. La perspective utilitariste diffère de celle égalitariste dans la distribution de l'utilité. L'inégalité sociale est par exemple une des principales critiques à la doctrine utilitariste. L'égalitarisme s'opposant à l'efficience, fait de l'égalité, donc de la distribution de l'utilité de façon égalitaire, sa priorité.

2.3 Système multi-agent

le simulateur est basé sur un modèle de réseaux multi-agents, ce type de système est une procédé informatique très utilisé dans les sciences humaines pour analyser le comportement de groupes. En effet un agent peut être un robot, consommateur, individu etc.. Dans la recherche scientifique les systèmes multi-agents sont utilisé par plusieurs domaine: en chimie les molécules deviennt agent et on étudie l'interaction entre elles, en biologie, robotique, sociologie etc..

2.3.1 ACE

Le ACE (Agent-Based Computational Economics), est la section d'économie computationnelle qui utilise les systèmes multi-agents. La définition d'un ACE selon Tesfatsion [6] est "L'étude par l'informatique des économies modélise comme des système évolutif d'agents autonomes qui interagissent entre eux". Ces systèmes sont utiles pour supporter une théorie ou un phénomène observé dans la société réelle. Les agents peuvent être des organisation, des individus, des consommateur, des producteurs et ainsi de suite. Leurs interaction peuvent être observé à travers le temps et l'espace ce qui fait du ACE un outil informatique très puissant.

Traditionnellement en économie on préfère formaliser la représentation de phénomènes par des équations statistiques ou mathématiques, la modélisation informatique est une méthode en plus pour pouvoir décrire un phénomène. La modélisation informatique permet de comprendre empiriquement un phénomène, en effet un monde virtuel dans lequel on peut observer une régularité empirique peut être une explication de cette même observation. Les modélisations basé sur des système multi-agents peuvent être moins robuste que des modèle mathématiques mais plus réaliste car pouvant avoir énormément de paramètres.

3 Modèle

3.1 Implémentation

Le modèle orienté-objet est basé sur le travail de H. Bersini et N. van Zeebroeck [5]. L'implémentation a été faite d'abord en C et Python puis en JAVA, une applet JAVA avec une GUI (Interface graphique) a été développée pour pouvoir être compatible avec les nombreux navigateurs internet. L'interface graphique du simulateur permet notamment de produire des graphes utiles à observer: des courbes de Lorentz, L'évolution de l'index GINI, l'évolution de l'utilité globale et de l'argent dans le marché. L'implémentation suivante décrite est la dernière implémentation qui a été effectuée, celle du mémoire de fin d'études de Chelman W. [3], dont la structure est représentée par le diagramme UML dans la figure 1.

3.2 Modèle du système

3.2.1 Marché

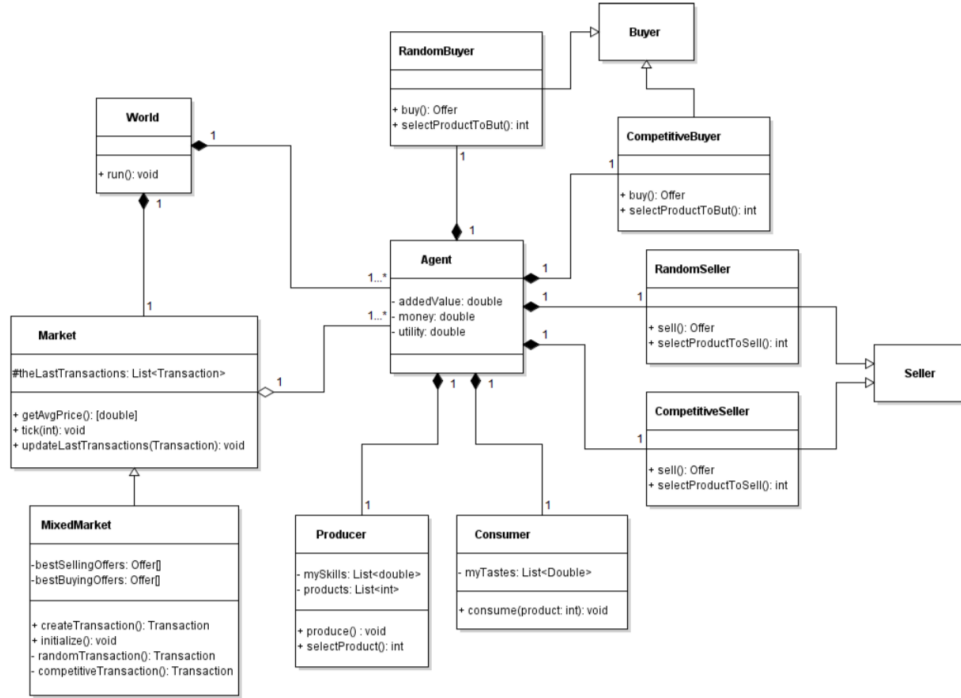
Une unité (*tick*) de temps du marché est représentée par trois étapes:

1. L'étape de production, au moins un agent produit un produit.
2. La transaction, où un produit est au moins échangé.
3. Après la transaction, il y a l'étape de consommation.

3.2.2 Agent

Le marché possède des agents indépendants. Les agents peuvent être acheteur ou producteur et donc ils peuvent acheter, vendre, consommer ou produire des produits. Les agents ont deux attributs, leur habileté ou talent (*skill*) et leur goût (*taste*) qui permettent de définir leur niveau à la production d'un certain produit et leur niveau d'envie de consommation d'un certain

Figure 1: Diagramme UML du système multi-agent



produit. Au début de la simulation tous les agents possèdent la même quantité d'argent et d'utilité, les goûts et l'habileté sont par contre différents d'un agent à l'autre car cela est plus réaliste. Pour chaque produit on génère aléatoirement l'habileté de l'agent mais la somme des habiletés est de 1, cette normalisation permet à tous les agents d'avoir la même quantité de habileté (*égalité d'opportunité*).

3.2.3 Producteur

Un producteur est un agent qui peut produire un certain produit selon des critères. Le coût de production est défini par une variable habileté qu'il possède par rapport au produit même. Plus il est habile à la production de ce produit, plus le prix du produit sera faible.

Le choix du produit par le producteur peut être fait de deux façon:

- un choix aléatoire (*Zero-intelligence production*)
- un choix informé (*informed production*): l'agent choisit le produit en calculant le profit attendu. En effet le marché possède l'estimation du prix du produit, calculé à partir des n transaction faites sur ce produit précédemment. Une moyenne des prix de vente qui peut évoluer au fil du temps car elle est calculé en observant un nombre fixé de transaction. Si le produit n'a jamais été vendu on choisit aléatoirement.

Une fois que le produit est choisi, l'agent dépense une partie de son argent afin de s'acquitter des coûts de production. Cette perte d'argent est la seule perte d'argent dans le système vu que les coûts de production ne sont jamais récupérés par quelconque apport d'argent au marché.

3.2.4 Consommateur

Le consommateur est l'agent qui génère l'utilité, en d'autres mots, Celui qui consomme les produits. Le goût pour chaque produit d'un consommateur, comme pour l'habileté d'un producteur, est généré aléatoirement mais la somme des goûts de tous les produits est égale à 1. Plus grand est le goût pour un produit, plus grande sera l'utilité généré lors de la consommation.

3.2.5 Vendeur

Un vendeur est un agent qui va choisir un produit qu'il possède en stock et l'émission d'une offre de vente. Selon le marché, compétitif ou aléatoire, le vendeur va procéder de deux manières différentes.

Pour le choix du produit:

- Il choisit le produit aléatoirement.

- Il se base sur les meilleurs offres de ventes, si le produit est en stock, il vérifie que le coût de production est plus petit que la meilleure offre sur le marché.

Pour la proposition de vente:

- Le prix de la proposition de vente est fixé selon cette formule:

$$price_p = \frac{c_p}{m_c \cdot t_i} \quad (1)$$

où c_p est le coût de production, m_c l'argent de l'agent et $t_i = m_s^{-1}$, m_s étant l'argent initial.

- La proposition de vente dans un marché compétitif, comme pour le choix du produit, se base aussi sur la meilleure offre dans le marché. Celle-ci est calculé ainsi:

$$price_p = c_p + rand * (price_{best} - c_p) \quad (2)$$

Où $rand \in [0, 1]$. Ainsi la proposition prends la place de la meilleure offre sur le marché.

3.2.6 Acheteur

L'acheteur, tout comme le vendeur, il doit choisir un produit et cibler la meilleure offre de vente. Exactement comme le vendeur, l'acheteur se comporte différemment selon le type de marché.

Dans un marché aléatoire, les étapes sont celles-ci:

- D'abord, une offre aléatoire lui est proposé parmi celles disponibles.
- Ensuite, une offre d'achat doit être créée. L'acheteur fixe le quantité d'argent qu'il est prêt à dépenser (la réserve):

$$reserve_p = tastes_p * m_c * t_i \quad (3)$$

où $tastes_p$ est le goût que l'agent possède envers le produit p , m_c son argent et t_i l'index de temps (voir section *Producteur*).

Ensuite il fait la proposition d'achat suivante:

$$price_{acheteur} = price_{vendeur} + rand * (reserve_p - price_{vendeur}) \quad (4)$$

Où $rand \in [0, 1]$. L'échange sera, enfin, effectué avec le prix de l'acheteur ($price_{acheteur}$).

Dans un marché compétitif, ça se déroule ainsi:

- L'acheteur va essayer de faire un choix en fonction de l'utilité, son but est de maximiser celle-ci. Il va calculer son prix de réserve comme vu dans l'équation (3), il va choisir les produits qui ont un prix de réserve supérieur au prix de la meilleur offre et il va choisir dans ceux là le produit pour lequel il a la plus grande valeur de goût.

$$price_p = \frac{c_p}{m_c \cdot t_i} \quad (5)$$

où c_p est le coût de production, m_c l'argent de l'agent et $t_i = m_s^{-1}$, m_s étant l'argent initial.

- La proposition d'achat se base sur la meilleure offre sur le marché:

$$price_p = price_{best} + rand * (reserve_p - price_{best}) \quad (6)$$

Où $rand \in [0, 1]$. Ainsi la proposition prends la place de la meilleure offre sur le marché.

3.2.7 Marché compétitif

Le marché compétitif consiste en une double enchère lors de la transaction. Grâce à ce système de double enchère, le prix de la meilleur offre d'achat tends a augmenter tandis que le prix de la meilleure offre de vente tends à

diminuer, jusqu'à ce que le prix de la meilleure offre de vente est inférieur ou égal à celui de la meilleur offre d'achat, à ce moment là on crée la transaction.

L'algorithme exécutant cette double enchère se déroule ainsi:

Un vendeur, choisi par hasard, crée une proposition de vente intéressante (basé sur la meilleure offre présente dans le marché). Ensuite on cherche une offre d'achat venant d'un agent acheteur (il ne peut pas être le même agent que le vendeur). S'il y a une offre d'achat à un prix plus grand ou égal au prix de vente la transaction s'exécute.

Si un vendeur peut pas émettre une offre de vente, on prends aléatoirement un autre agent et on génère, cette fois ci, non pas une offre de vente mais une une offre d'achat compétitive sur un produit. On prends la meilleure offre de vente sur ce produit dans le marché et on compose la transaction. Ce scénario peut se dérouler si par exemple un vendeur ne peut pas faire une proposition de vente meilleure que l'actuelle meilleure proposition de vente dans le marché.

La transaction peut ne pas être créer du premier essai, si c'est le cas on répète les étapes un certain nombre de fois si on dépasse une limite définie et qu'on a pas réussi a créer une transaction, on annonce une défaillance de marché.

3.2.8 Marché aléatoire

Dans un marché aléatoire, deux agents sont choisis aléatoirement, un vendeur et un acheteur. Le vendeur fait une proposition de vente et le acheteur une proposition d'achat basé sur l'offre du vendeur. Ainsi une transaction est créée. On ne peut pas toujours créer un transaction, comme dans le marché compétitif, quand cela arrive de façon répétitive un certain nombre de fois, on annonce une défaillance de marché.

3.2.9 Marché mixte

Dans l'avant-dernière implémentation, celle de Bernier, N. [2], un marché mixte fut créé. Ce type de marché peut se comporter des deux manières, aléatoire ou compétitive. Il possède une variable MR qui représente la probabilité que le marché se comporte de façon aléatoire à chacune des étapes.

3.2.10 Métriques

Les principaux paramètres de mesure sont l'argent et l'utilité des agents.

L'évolution de l'**argent** dans le système nous décrit la stabilisation du marché et elle est indicative de la richesse agrégée du système.

L'**utilité** nous montre le bien-être et l'efficacité du marché car plus le goût (et donc le besoin) de l'agent est fort plus d'utilité sera générée lors de la consommation du produit. L'utilité totale du système représente l'efficacité du marché, au contraire, l'indice Gini (indice utilisé pour mesurer l'inégalité de revenu, patrimoine, salaire, etc.) mesure l'égalité dans le système.

On peut aussi observer le **nombre de défaillances du marché** qui représente les transactions échouées et donc le manque d'efficacité dans la communication entre agents et la stabilité du marché.

La **valeur ajoutée** indique les profits que les agents ont fait sur la vente des produits. C'est un indicateur de l'efficacité de la production.

4 Contribution

4.1 Redistributions

La conclusion du mémoire précédent (N. Bernier [2]) et du travail de H., Bersini [5], fut, comme attendu, que la structure propre au marché compétitif amplifie l'inégalité entre les agents: l'argent est concentré dans les mains des agents les plus talentueux et les produits sont concentré chez les agents les plus gourmands. Conséquemment, un besoin d'étudier une solution à cette inégalité surgit, la redistribution d'argent au sein du système semble être la solution.

Pour ce mémoire je vais essayer de me focaliser sur la redistribution de l'argent au sein du marché. En effet analyser les effets de différentes taxes ou impôts sur le marché pourrait être intéressant et rendrai le système plus réaliste. Je vais me concentrer sur un aspect particulier des différentes techniques de taxation et en analyser les conséquences: la progressivité fiscale.

4.2 Impôt proportionnel

L'impôt proportionnel (*flat tax* en anglais) et l'impôt où on retire simplement un pourcentage des revenus, bénéfices etc. Le taux de cet impôt est fixe. Un exemple : la Taxe sur la valeur ajoutée (TVA), en Belgique, est fixé à 21% pour tous les produits et services (sauf exceptions).

4.2.1 Critiques

Cette taxe mets les plus pauvres en situation de désavantage. Même si les proportions sont les mêmes pour tout revenu, plus bas est le revenu, plus lourde sera la taxe sur l'individu.

4.3 Impôt progressif

L'impôt progressif, comme son nom l'indique, a tendance à augmenter quand les revenus taxés augmentent. Cet impôt permet d'alléger la taxation pour les plus pauvres en augmentant celle des plus riches. La motivation principale est de veiller à ce que les individus ne soient pas imposés sur leurs revenus indispensables pour satisfaire leurs propres besoins de subsistance.

Une variante entre l'impôt proportionnel et l'impôt progressif est l'impôt progressif par tranches, des paliers sont définis et tous les revenus entre les limites sont taxés à un taux fixe.

Une autre variante très intéressante et discutée en ce moment est l'allocation universelle ou l'impôt négatif. Le concept serait que tous les individus reçoivent un montant fixe d'argent (allocation universelle) mais paieraient un impôt à taux fixe. Ainsi les plus pauvres même en payant l'impôt, ils auraient un bénéfice net grâce à l'allocation universelle. Par contre les plus riches paieraient le taux fixe moins l'allocation et plus les revenus sont importants, moins d'incidence aurait l'allocation sur la diminution de l'impôt.

4.3.1 Critiques

Friedman [4] considère l'impôt progressif pas efficace, car suscitant la fraude fiscale (dissimulation de revenu ou évasion fiscale) des plus riches, par conséquent les recettes obtenues peuvent être obtenues avec une imposition à taux unique.

4.4 Impôt régressif

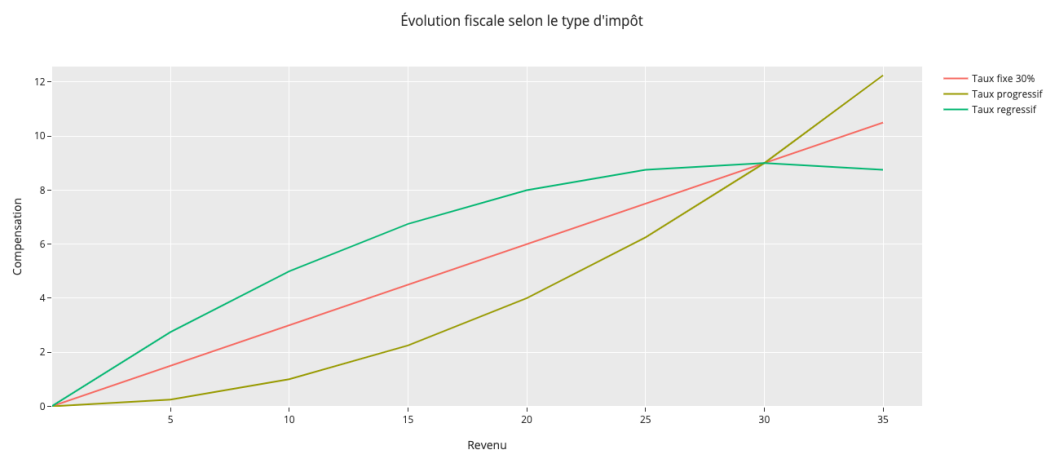
L'impôt régressif est le contraire du progressif, plus les revenus sont grands, moins la personne est taxée. Cette taxation se base sur un taux fixe (une quantité précise ou un pourcentage) à la place de se baser sur le contexte de l'entité taxée. Un exemple de cette taxe est le forfait fiscal appliqué en Suisse, une des raisons les plus importantes de l'attractivité fiscale de la confédération.

helvétique. Ce forfait fiscal vise les étrangers résidant en Suisse, il se base sur leur dépenses (loyer, voitures, bateau, etc.).

4.4.1 Critiques

La principale critique est l'injustice de cette taxe, en effet, elle pèse moins sur les personnes qui ont une plus grande capacité à payer des impositions.

Figure 2: Évolution fiscale selon les trois type d'impositions décrites



4.4.2 Implémentation

Pour pouvoir implémenter le code concernant les taxes et l'intégrer au simulateur existant, il faudra faire des changements. Lors d'un tick de marché, il faudra rajouter une étape lors de la transaction, l'étape de taxation. Lors de cet étape un impôt sera calculé puis prélevé des vendeurs selon le type d'impôt choisit. Ensuite la somme totale des recettes fiscales sera redistribuée aux agents équitablement ou selon une répartition précise calculée par rapport à un seuil de pauvreté.

4.5 Améliorations logicielles du simulateur

L'amélioration principale, du côté logiciel, du simulateur et de recréer le simulateur en un langage compatible avec les navigateurs internet par souci de portabilité, en effet, il est préférable que le simulateur puisse s'exécuter sur n'importe quel système d'exploitation. La dernière version en JAVA applet devenu obsolète désormais. Pour cela je vais utiliser Shiny¹, qui est une bibliothèque du langage de programmation R qui permet de créer des applications web. R est le langage le mieux adapté pour l'étude statistique de données avec ses différentes bibliothèques. Une interface graphique, où on pourra définir différentes valeurs pour les paramètres du système et qui affichera les graphiques avec les résultats de la simulation, sera implémentée.

Le but étant aussi, outre que de retravailler le simulateur, de fournir un outil que les différents étudiants (en économie ou sciences informatiques par exemple) pourraient utiliser ou améliorer pour une simulation. Pour cela je fournirai une documentation complète du simulateur, qui est pour le moment absente, pour permettre des améliorations à l'avenir.

¹<https://shiny.rstudio.com/>

References

- [1] Jeremy Bentham. *An introduction to the principles of morals and legislation*. 1876.
- [2] Nicolas Bernier. Comparison between a competitive and a redistributive market economy using computer simulation. Master's thesis, ULB, 2014.
- [3] William Chelman. Étude des effets de mimétisme, de monopole et d'asymétrie d'information. Master's thesis, ULB, 2014-2015.
- [4] Milton Friedman. *Capitalism and Freedom*. 1962.
- [5] Nicolas van Zeebroek Hugues Bersini. Why should an economy be competitive ? October 18, 2011.
- [6] Leigh Tesfatsion. Agent-based computational economics: Growing economies from the bottom up. *Artificial life*, 8:55–82, 02 2002.