|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  | Image associÃ©e |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

**Rapport final**

**de**

**Cryptobankrates: calculation of interest rates from Agent-Based banking Model for crypto currencies**

PPE1890-2019/04

Table des matières

[Abstract 3](#_Toc5880127)

[Contexte 5](#_Toc5880128)

[Méthodologie 7](#_Toc5880129)

[Notre approche initiale 7](#_Toc5880130)

[Répartition des tâches 8](#_Toc5880131)

[Schéma de notre modèle 9](#_Toc5880132)

[Notre démarche initiale 10](#_Toc5880133)

[Notre démarche finale 12](#_Toc5880134)

[Choix techniques 13](#_Toc5880135)

[Diagramme de class 14](#_Toc5880136)

[Difficultés rencontrées 15](#_Toc5880137)

[Nos problèmes initiaux 15](#_Toc5880138)

[Nos hypothèses de solution 15](#_Toc5880139)

[Méthode de résolution des problèmes initiaux 16](#_Toc5880140)

[Les nouvelles difficultés rencontrées 16](#_Toc5880141)

[La class Firms 16](#_Toc5880142)

[La class Household 17](#_Toc5880143)

[La class Bank 17](#_Toc5880144)

[Perspectives 18](#_Toc5880145)

[Futur du projet 18](#_Toc5880146)

[Feuille de route 20](#_Toc5880147)

[Les acteurs 20](#_Toc5880148)

[L’équipe 20](#_Toc5880149)

[Références 21](#_Toc5880150)

# Abstract

Notre sujet : “Cryptobankrates: calculation of interest rates from Agent-Based banking Model for crypto currencies”.

L’objectif de notre PPE est de créer un modèle qui permettrait de calculer des taux d’intérêt.  
On se place dans un mondé théorique dans lequel les crypto actifs sont démocratisés. Ainsi, les particuliers emprunteront de la monnaie légale comme de la monnaie virtuelle.   
Ces taux d’intérêt seront déterminés de manière à ce qu’il n’y ait pas d’arbitrage entre la monnaie légale stockée dans les banques par les particuliers et le BitCoin stocké dans les plateformes d’échange de crypto actifs.

C’est la volatilité et la nouveauté de ces crypto actifs qui rendent le calcul de nos taux d’intérêt complexe et différent de ceux habituels. En effet, le risque encouru lié à la spéculation sur les crypto actifs est totalement différent de ceux pour d’autres actifs. C’est pourquoi il est nécessaire de créer un modèle calculant ces nouveaux taux d’intérêt.

Pour répondre à notre problématique, nous avons créé un modèle à l’aide du langage Python par approche Agent-Based Modeling afin de retranscrire le comportement des acteurs économiques pour se rapprocher de la réalité. Notre modèle doit être le plus représentatif possible de l’économie réelle, c’est pourquoi celui-ci prendra en compte tous les agents possibles, qui sont influencés par le BitCoin ou qui l’influencent, sans pour autant être utilisateurs de ce dernier. C’est pourquoi notre modèle contient trois agents distincts : les banks, les households et enfin les firms. Nous avons représenté les interactions les plus pertinentes entre ces agents.

De plus, on se place dans un état unique et théorique afin de limiter les interactions inter-états. C’est pourquoi nous n’avons pas d’agent « Rest of the world » dans notre modèle. Nous avons choisi un état avec une économie proche des pays européens.

Notre projet peut représenter une réelle valeur ajoutée pour les plateformes d’échange. En effet, celui-ci leurs permettrait d’actualiser le taux utilisé pour le stockage des crypto actifs par les ménages afin d’éliminer la possibilité d’arbitrage en fonction de la variation du cours du BitCoin.

* Abstract English version:

Our topic: "Cryptobankrates: calculation of interest rates from Agent-Based banking Model for crypto currencies".

The objective of our PPE is to create a model that would allow interest rates to be calculated. Crypto assets have taken an increasingly important place in the global economy in recent years, but they are not yet used by everyone. This is why we are placed in a theoretical world in which crypto assets are fully democratized. Thus, households will borrow both legal and virtual money. We define the virtual currency, used in our project, as a specific type of crypto assets: The BitCoin.

The interest rates, which we want to calculate, are intended to be determined in such a way that there is no trade-off between the legal currency stored in banks by households and the BitCoin stored in crypto assets trading platforms.

It is the volatility and novelty of these active crypto assets that makes the calculation of our interest rates complex and different from the usual ones. Indeed, the risk incurred related to speculation on crypto assets is totally different from that for other assets. Therefore, it is necessary to create a model calculating these new interest rates.

To answer our problem, we created a model using the Python language by Agent-Based Modelling approach in order to transcribe the behaviour of economic actors to get closer to reality. Our model must be as representative as possible of the real economy, which is why it will consider all possible agents, which are influenced by or influence BitCoin, without necessarily being users of it. Therefore, our model contains three distinct agents: banks, households and finally firms. We have represented the most relevant interactions between these agents.

In addition, we place ourselves in a unique and theoretical state in order to limit inter-state interactions. That's why we don't have a "Rest of the world" agent in our model. We have chosen a state with an economy close to western countries.

Our project can represent a real added value for trading platforms. Indeed, our latter would allow them to update the rate used for the storage of crypto assets by households in order to eliminate the possibility of arbitrage according to the variation in the BitCoin price.

# Contexte

Avant d’entrer dans le vif de notre sujet, il est important de définir ce que sont les crypto actifs, la blockchain puis d’exposer un exemple représentatif de crypto actif.

Les crypto actifs sont des actifs numériques qui utilisent un réseau informatique et une blockchain. Ces derniers permettent aux crypto actifs de valider et d’effectuer des transactions. Ce qui différencie notamment les crypto actifs des actifs normaux c’est qu’ils ne nécessitent aucun « tiers de confiance », soit qu’il n’y a pas d’organisme qui empêche les fraudes puisque les transactions ne sont vérifiées par aucune institution.

Ces crypto actifs sont souvent nommés par abus de langage monnaies virtuelles ou crypto monnaies. Le Code Monétaire et financier définit ces actifs comme « tout instrument contenant sous forme numérique des unités de valeur non monétaire pouvant être conservées où être transférées dans le but d’acquérir un bien ou un service, mais ne représentant pas de créance sur l’émetteur ».

A l’origine les crypto actifs ont été créés pour être utilisés comme des instruments d’échange pour le monde numérique. Cependant, on peut les vendre ou les acheter contre des monnaies traditionnelles, c’est pourquoi ils ont pris place progressivement dans l’économie réelle et sont alors beaucoup utilisés actuellement comme instrument de placement et de financement grâce à l’apparition des Initial Coin Offering. Cela a entrainé le développement d’une bulle spéculative très rapide autour de ces crypto actifs. Ce sont tous ces changements récents qui amènent les régulateurs et superviseurs du système financier à vouloir potentiellement adapter le cadre règlementaire, au niveau européen et international, face à l’évolution grandissante de ces actifs.

Cet essor provient de l’important développement des réseaux sociaux et d’internet depuis l’apparition au début des années 2010 de ces crypto actifs, tels que le bitcoin ou l’ether.

Comme évoqué précédemment, les crypto actifs utilisent la blockchain. La blockchain est un procédé de stockage et de transmission d’information de manière sécurisée et transparente. Elle fonctionne sans organisme de contrôle.

On peut considérer que la blockchain constitue une base de données dans laquelle se trouve l’historique depuis sa création des échanges effectués par ses utilisateurs. Cette base est partagée par les utilisateurs sans aucun intermédiaire, on peut donc vérifier la validité de la chaine. C’est pourquoi on dit que cette base de données est distribuée et sécurisée.

Dans notre projet nous allons nous concentrer sur un crypto actif en particulier, le bitcoin, qui permet d’effectuer des transactions sans recours à la monnaie légale. C’est le crypto actif le plus représentatif, inventé par Satoshi Sakamoto. Les bitcoins sont générés par des mineurs, un ensemble d’internautes, qui à l’aide d’un logiciel libre sur internet et selon un algorithme, créent des bitcoins. Ces mineurs sont récompensés de leurs participation au fonctionnement du système par des bitcoins. Après création de ces derniers, ils sont stockés dans un coffre-fort électronique enregistré sur l’appareil (ordinateur, tablette ou portable, voire à distance comme dans le cloud) utilisé par le mineur. Il peut alors les transférer de manière totalement anonyme via internet à d’autres internautes. Outre le bitcoin, il y a certain crypto actifs comme l’ether ou le ripple qui ont également un essor important et qui fonctionnent de manière similaire au bitcoin.

Il existe de réels risques liés au bitcoin qui peuvent toucher à tout moment notre économie. Le risque de marché puisque ces crypto actifs sont sujets à de fréquentes vagues de spéculation et surtout leurs taux de change sont très volatiles. En outre, il n’existe pas d’organes de surveillance et de réglementation, de sorte que les risques de fraude, de blanchiment de capitaux ou de financement d’activités terroristes avec des bitcoins restent incontrôlables entrainant alors un risque opérationnel. Enfin, il existe aussi un risque de crédit provenant du manque de garanties, de recours ou de protection en cas de perte des logiciels gérant les transactions et les informations sur les magasins ou si les bitcoins faisaient faillite.

Dans notre projet on prend en compte seulement le crypto actif qui vient d’être présenté. De plus, on se situe dans un monde où les crypto actifs seraient totalement démocratisés, c’est-à-dire utilisés par la majorité de la population et où plusieurs agents spéculeraient sur ces derniers. Les acteurs de notre projet pour faire face à l’évolution de l’utilisation des crypto actifs se retrouvent comme forcés de détenir un certaine quantité de ces derniers.

# Méthodologie

## Notre approche initiale

Nous voulons créer notre modèle à l’aide du langage Python par approche Agent-Based Modeling. Notre modèle doit être le plus représentatif possible de l’économie réelle, c’est pourquoi celui-ci prendra en compte tous les agents possibles, qui sont influencés par le BitCoin ou qui l’influencent, sans pour autant être utilisateurs de ce dernier.

Les différents agents sont les banques traditionnelles, celles qui spéculent sur les crypto actifs, la banque centrale européenne (BCE), les entreprises, les ménages, le « reste du monde » (hors zone européenne) et potentiellement le shadow banking (hedge funds, assurance, private equity, etc…).

De plus, nous utiliseront aussi le modèle IS/LM/BP afin permet de déterminer l'équilibre simultané sur le marché des biens et services et sur le marché de la monnaie. Ce modèle nous aiderait à trouver les combinaisons de revenu et de taux d'intérêt garantissant l'équilibre général de l'économie. Il dépend du PIB, c’est pourquoi il fait partie des entrées de notre modèle. Il est également nécessaire de mettre en entrée le cours du BitCoin, l’inflation ainsi que les différents comportements possibles de chacun de nos agents soit leurs revenus et dépenses.

Enfin, les interactions entre les banques feront partie intégrante de notre modèle. C’est pourquoi les taux d’échanges interbancaires, comme l’EONIA et l’EURIBOR, vont influencer notre modèle. Le taux EONIA est le taux de référence quotidien des dépôts interbancaires en blanc effectués au jour-le-jour dans la zone euro. Et le taux EURIBOR est le taux d’intérêt moyen auquel 25/40 banques européennes de premier plan (le panel de banques) se consentent des prêts en euros.

## Répartition des tâches

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Rôle | Responsabilités | Membres de l’équipe |
| Chef de projet | Interpeller régulièrement le mentor, répartir les tâches, planifier | Reda, Clémentine |
| Développeur Python | Création du modèle sous Python avec la librairie Mesa pour simuler notre modèle | Antoine, Charles, Reda, Clémentine, Tom |
| Répartition des principales class de notre modèle sous python | Class Bank | Reda |
| Class households | Antoine, Charles |
| Class Firms | Tom, Clémentine |

## Schéma de notre modèle

Ci-dessous un schéma simplifié de notrenouveau modèle :

Une image contenant texte, carte

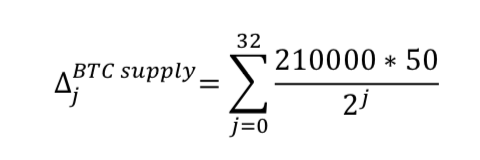
Description générée automatiquement

## Notre démarche initiale

Nous allons tout d’abord créer des classes correspondant aux acteurs, et les instancier en centaines, milliers, voire en millions pour les ménages par exemple.

Ensuite, nous comptons définir et implémenter des fonctions sur python pour modéliser **l’offre des biens et services :** Nous avons une relation qui nous permet d’exprimer la quantité de BitCoin disponible, en sachant qu’a la création du BitCoin, chaque mineur recevait 50 BitCoin pour leur future contribution au réseau de la blockchain, pour tous les 210K blocks crées, le gain est divisé par 2.

Ainsi nous implémenterons la relation suivante :



Que nous utiliserons plus tard pour modéliser notre fonction pour l’offre.

Aussi, nous implémenterons **la demande des biens et services** du BitCoin qui dépendra de la vol BTC/USD, de la vol BTC/EUR ainsi que de la variation €/$.

Pour continuer, nous utiliserons des fonctions modélisant les courbes IS et LM ainsi que BP et nous essaierons d’y inclure la vol du BTC qui influerait sur les taux d’intérêts nationaux et étrangers et nous l’intègrerons à la courbe BP.

Par ailleurs, en ce qui concerne l’évolution des acteurs, nous allons implémenter plusieurs fonctions régissant leurs progressions en fonction du temps. Il en est de même des comportements des acteurs, nous comptons implémenter des fonctions régissant les agissements des agents suivant des situations concrètes et se rapprochant le plus possible de la réalité.

Nous nous mettons dans le cas ou en t=0 de notre simulation, le cours du BitCoin sera égal à sa valeur au 1er janvier 2014 pour finir à sa valeur en t=T égale à la valeur au 1er janvier 2018. Nous utilisons le modèle de Fleming-Mundell pour déterminer une fonction d’export vers la classe « Rest of the world » qui représentera le pays étranger. Les Titres obligataires pourront s’échanger dans le court terme dans un premier temps (EONIA) entre les banques.

Par ailleurs le shadow banking sera représenté par une seule classe possiblement instanciée en plusieurs objets qui auront un comportement de hedge fund, c’est-à-dire un caractère fortement spéculatif. Ils pourront par exemple s’échanger des Obligations d’état (hautement risquées ou non). D’autre part nous aurons plusieurs types d’entreprises (Firms) qui auront des niveaux de prises de risques différents de par les montants des prêts qu’ils effectueront auprès des banques et de leur productivité.

La simulation se passe sur 5 ans dans un premier temps afin d’avoir un minimum de datas à considérer concernant le cours du BitCoin. Les itérations du modèle se dérouleront sur un intervalle d’1 heure soit 43800 itérations par simulation. Nous laisserons les acteurs agir sans trop de contraintes au début puis nous commenceront à implémenter nos contraintes étape par étape de façon à avoir un modèle de plus en plus complexe et qui puisse correspondre à nos attentes.

Enfin, la fiabilité du modèle sera déterminée par l’analyse des données collectées au fur et à mesure des simulations.

## Notre démarche finale

Notre démarche a évolué depuis septembre suite à la découverte du document « A dynamic model of financial balances for the United Kingdom ». Celui-ci expose environ 80 équations concernant les acteurs de notre modèle. L’objectif est d’exploiter ce document afin de réduire le nombre d’équation à utiliser dans notre modèle à une vingtaine.

De plus, nous avons décidé de changer un peu la forme de notre modèle concernant la spéculation sur le BitCoin. Dans notre première approche, un type de banque particulier allait spéculer sur les crypto actifs, or nous nous sommes rendu compte qu’il était plus pertinent que les agents utilisant les crypto actifs soient les households. Ainsi dans notre nouveau modèle, ce sont seulement les households qui vont utiliser le BitCoin.

Nous avons également décidé de supprimer l’agent Rest of the world. En effet, notre objectif est de simplifier le plus possible notre modèle sous python afin de réussir à la programmer entièrement et au fur et à mesure le complexifier. C’est pourquoi nous avons également utilisé un autre document : « Monetary Economics : An Integrated Approach to Credit, Money, Income, Production and Wealth » contenant seulement 12 équations mais ne concernant pas tous nos agents, ainsi nous devons adapter ces équations à notre modèle.

Actuellement, notre modèle peut générer des agents de type households, firms et banks ainsi que modéliser la plupart des interactions entre eux (salaires, loans et consommation). La difficulté à laquelle nous sommes confronté est d’intégrer les prises de décisions liées à ces interactions. De plus, notre objectif est de compléter un modèle en vase clos qui fonctionne de manière raisonnablement réaliste avant d’y intégrer le BitCoin. Dans un premier temps, nous implémentons le BitCoin avec un cours constant ainsi que le taux d’intérêt lié à l’épargne de ce dernier constant également. Grâce à cela, nous obtiendrons le taux de synthèse qui empêche l’arbitrage entre épargne du BitCoin et l’épargne de monnaie légale. Puis, suite aux résultats obtenus, nous pourrons faire varier le cours et le taux concerné du BitCoin afin d’atteindre un modèle plus réaliste.

# Choix techniques

Pour ce projet d’Agent Based Modeling, nous avons choisi d’utiliser le Python. Python a l’avantage d’être un langage haut niveau et simple d’utilisation, qui dispose de nombreuses librairies disponibles pour le traitement de données. Au tout début du projet, nous savions que nous voulions utiliser un langage qui dispose de librairies à la fois en Agent Based Modelling et en machine learning / gestion de données. Comme nous n’avions pas de raison de penser à priori que nous aurions besoin de l’optimisation qu’un langage compilé peut apporter, nous avons décidé que le Python était le meilleur choix qui s’offrait à nous.

La partie programmation de notre projet demande de réaliser un modèle contenant des agents. Le Python, en plus de disposer de librairies aptes à traiter ce genre de problèmes, permet une programmation orientée objet forte, ce qui est idéal pour ce genre de projets.

Mesa contient des classes pré codés permettant d’effectuer nos modélisations : la class model, permettant de stocker nos paramètres pour établir un modèle, la classe Agent décrivant les agents du modèle voulu, le Scheduler qui contrôle la planification du régime d’activation des agents, gère aussi le temps et les composants décrivant l’environnement où se trouvent les agents. Les data collectors et les Batch Runners permettent la visualisation des données au fur et à mesure des simulations mais aussi l’automatisation de multiples simulations. Comme l’ABM est une simulation a temps discret, le régime d’activation des agents s’avère être important car il a une influence sur la simulation et le Scheduler le gère différemment sur Mesa que NetLogo ou MASON par exemple.

Au cours de ce projet, nous avions 3 types de classes différentes.

* La classe WorldModel, qui hérite de la classe model de Mesa. Cette classe va contenir tous les objets et agents du modèle.
* Les classes qui héritent de FinanceAgent, qui vont servir à définir chaque agent du modèle. La classe FinanceAgent elle-même hérite de Agent en Mesa.
* Les classes “helpers” comme Loan, qui permettent de représenter des objets qui ne sont pas des agents à proprement parler.

Mesa nous permet de définir une fonction step qui sera appelée pour chaque agent à chaque étape de notre modèle. Pour la clarté du code, nous avons choisi que chaque action individuelle d’un agent sera définie dans sa propre fonction, et que ces fonctions seront appelées une par une au sein de la fonction step. La classe FinanceAgent, qui est mère de toutes les classes d’Agent, contient la définition d’attributs et de méthodes qui sont communes à tous les agents. Cela nous permet de simplifier le code et de rendre le comportement des agents réguliers.

## Diagramme de class

Une image contenant capture d’écran, carte

Description générée automatiquement

# Difficultés rencontrées

## Nos problèmes initiaux

L’un des principaux problèmes auquel nous faisons face est le cours du bitcoin, ce dernier étant un des inputs de notre modèle. En effet, notre modèle sera fortement influencé par des variations du Bitcoin puisqu’il a été intégré à un modèle de Flemming dépendant des revenus des ménages, des investissements des entreprises et de la consommation.

Étant donné la complexité du bitcoin, celui-ci devrait être intégré à un modèle AS/AD afin de pouvoir analyser plus précisément la demande et l’offre globale en fonction du PIB et de l’inflation.

Par ailleurs, comme nous nous plaçons dans un contexte européen c’est-à-dire du point de vue de la zone euro avec une ouverture vers le reste du monde via notre fonction d’exportation, notre modèle sera possiblement biaisé par le fait qu’il ne sera pas (ou peu) influencé par l’économie américaine et chinoise par exemple, le bitcoin étant une monnaie virtuelle **internationale**. Le shadow banking est aussi une des contraintes auxquelles nous devons faire face puisque nous ne pouvons représenter tous ses acteurs de la même manière qu’on ne peut pas les supprimer de notre modèle étant donné que le bitcoin est et sera influencé également par les fonds hautement spéculatifs tels que les hedge funds ou private equity.

## Nos hypothèses de solution

Nous utilisons un modèle IS/LM-BP car comme les cryptomonnaies ou le bitcoin plus précisément sont des monnaie virtuelles sans nation, il est important de pouvoir intégrer le Forex a nos équations, ainsi que de pouvoir échanger avec plusieurs entités étrangères, d’où le besoin d’une économie ouverte. Le nombre d’acteurs est ainsi limité à 4 classes : Banques, Ménages, Entreprises et reste du monde, ces classes contiennent plusieurs types d’objets différents pour les banques par exemple, il y aura les banques traditionnelles, banques détenant et spéculant sur des cryptos actifs, banques centrales et tous ces objets seront instanciés en milliers (sauf les banques centrales) afin de pouvoir assurer une large palette de comportements des acteurs.

Nous nous mettons dans le cas ou en t=0 de notre simulation, le cours du bitcoin sera égal à sa valeur au 1 er janvier 2014 pour finir à sa valeur en t=T égale a la valeur au 1er janvier 2018. Nous utilisons le model de Fleming-Mundel pour déterminer une fonction d’export vers la classe « Rest of the world » qui représentera le pays étranger.

Nous pourrons peut-être considérer plus tard dans notre projet une sous-classe de banques qui se comporterait comme des plateformes d’échanges telles que Coinbase, Kraken et Bitstamp.

Nous supposons également que tous les acteurs peuvent effectuer des investissements spéculatifs sur le bitcoin mais seulement les banques sont obligées d’en détenir un montant minimum, nous supposerons également que les fonds propres d’une banque s’élèveront a 8% des engagements suivant les accords de Bale III.

Méthode de résolution des problèmes initiaux

Comme évoqué ci-dessus, les principales difficultés que nous avons rencontrées viennent de la complexité de notre modèle. Nous avons donc trouvé des solutions afin de pallier ces problèmes. Nous avons alors choisi la simplification du modèle (suppression de « Rest of the world ») pour nous permettre de créer un modèle davantage fonctionnel comme expliqué dans la partie concernant notre démarche finale. Plus précisément afin de résoudre le problème concernant notre choix d’être dans un pays théorique de la zone euro, ce qui biaisait notre modèle par le manque d’influence des Etats-Unis ou de la Chine, nous avons décidés de nous placer dans un pays théorique d’aucune zone précise mais avec un modèle économique proche de celui européen et américain. A nouveau pour simplifier notre modèle, le problème concernant le shadow banking et les fonds hautement spéculatifs (hedge funds ou private equity) a été résolu de manière à ne créer qu’un seul type d’agents financier : les banques.

Les problèmes initiaux liés au BitCoin n’ont plus lieu d’être suite aux changement de notre démarche. En effet, actuellement seulement les households vont emprunter de l’argent afin de pouvoir acheter du BitCoin. Raison pour laquelle nous avons besoin de créer un nouvel agent financier à notre modèle. Celui-ci fonctionnera un peu comme une banque, plus précisément de la même manière que les plateforme de trading de crypto actif. Il permettra donc aux households de stocker leurs crypto actifs dans ces derniers contre rémunération selon un certain pourcentage.

## Les nouvelles difficultés rencontrées

La difficulté majeure de ce projet lors de la création de nos agents et de leurs comportements provient de l’implémentation de la prise de décision des actions à effectuer.

### La class Firms

Nous avons rencontré plusieurs difficultés dans la conception de la classe Firms.

Premièrement, il nous fallait choisir quels salaires donner aux employés de celles-ci. Nous avons donc opté pour plusieurs salaires en se basant sur des statistiques de l’INSEE. Nous avons donc créé une grille de 10 salaires :

(salary\_grid= [1200,1350,1500,1650,1800,2000,2300,2750,3600,5000]), chaque salaire étant réparti pour 10% des employés de chaque entreprise, comme l’indiquait la répartition de l’INSEE.

Deuxièmement, nous avions besoin de savoir à quel employé nous distribuions notre salaire. Nous avons alors créé un dictionnaire (self.salaries = {}) avec comme clé le numéro de l’employé également présent dans la classe household et comme valeur son salaire. Nous donnons ce salaire grâce à la fonction give\_salaries(self), cette dernière reliée à la fonction receive\_salary(self, wage) dans la class households.

Notre dernier problème reste pour l’instant non résolu, ce dernier concerne la distribution des dividendes au sein de chaque entreprise après achat d’actions par la banque.

### La class Household

Notre premier problème a été de gérer les équations de comportement, notamment la consommation et la consommation demandée. En effet, le comportement de nos households est similaire tous les mois : il consomme moins que ce qu’il ne dépense ainsi aucune perte n’est enregistré, ce qui est incohérent.

Le second problème majeur de cette classe est en relation avec l’octroi des ID d’un employé sachant que deux ID au maximum peuvent faire partie d’un ménage. Il fallait donc faire le lien entre ID households et ID employé car il ne peut exister un ID employé qui ne fait partie d’un household.

Les problèmes liés à la demande /validation de prêts sont expliqués ci-dessous.

### La class Bank

Pour ce qui est des banques, nous nous sommes limités dans un premier temps à l’utilisation de prêts à taux fixe entre les banques de la même manière qu’un prêt entre banques et particuliers ou entre banques et entreprises, afin de réduire la difficulté des transactions entre les agents, et simplifier les échanges entre les agents.

Aussi, nous avons été confrontés à des choix assez difficiles pour ce qui est de la validation des prêts par les banques (prêt entreprise, particulier ou banque), Les conditions de demande de prêt des households étant difficiles à mettre en place car par exemple comment pouvons-nous déterminer le fait qu’un ménage est dans la nécessité de demander un prêt, car il ne suffit pas que son revenu+placement-consommation soit négatif pour demander un prêt puisque des ménage peuvent vivre avec des revenus moyens et demander un crédit immobilier. Sachant que les ménages comportent entre 1 et 2 salariés et qu’au plus, un prêt à la fois est accordé pour ces derniers. Donc en résumé, définir la nécessité de demander un prêt par les ménages s’avère être un véritable challenge.

# Perspectives

## Futur du projet

Afin de répondre entièrement à notre problématique, il est nécessaire d’ajouter le BitCoin de manière constante dans un premier temps comme expliqué dans notre démarche.

Le futur de notre projet consistera à complexifier de notre modèle c’est-à-dire l’ajout d’interactions supplémentaires. Par exemple, ces interactions permettraient de résoudre les derniers problèmes évoqués comme l’achat d’actions d’entreprises et donc de la répartition de dividendes.

De plus, notre modèle actuel étant simplifié, nous avons éliminé certain agents qu’il se devrait d’ajouter pour obtenir un modèle plus réaliste comme le gouvernement ou l’agent « rest of the word ». Certain agents plus spécifiques devrait également être ajouté à la class banks pour correspondre au shadow banking.

Pour l’instant notre modèle comporte peu d’instances par classe, il s’agira donc de le rendre plus dynamique, tout en conservant sa stabilité, afin que nos simulations avec les nouveaux paramètres convergent vers une solution d’équilibre.

Pour résumer, notre modèle financier comprendra de nouvelles fonctionnalités, par exemple, les actions, l’inflation, la croissance, c’est-à-dire une politique monétaire, un management fiscal. Les équations les plus importantes porteront sur la croissance de notre modèle. Par-dessus tout, l’enjeu sera de rendre notre modèle encore plus réaliste à l’aide de simulations.

## 

# Feuille de route

## Les acteurs

Mentors : RAKOTONDRATSIMBA Yves – [*yves.rakotondratsimba@ece.fr*](mailto:yves.rakotondratsimba@ece.fr)

Notre partenaire : le laboratoire Finance :

* PHAM HI Duc - *jae-yun.jun-kim@ece.fr*
* JUN KIM Jae Yun - *duc.pham-hi@ece.fr*
* RAKOTONDRATSIMBA Yves – [*yves.rakotondratsimba@ece.fr*](mailto:yves.rakotondratsimba@ece.fr)

## L’équipe

Charles SEILLIEBERT – [*charles.seilliebert@edu.ece.fr*](mailto:charles.seilliebert@edu.ece.fr)

Reda MANSOURI – [*reda.mansouri@edu.ece.fr*](mailto:reda.mansouri@edu.ece.fr)

Tom QUEVREUX – [t*om.quevreux@edu.ece.fr*](mailto:tom.quevreux@edu.ece.fr)

Clémentine BOURQUARD – [*clementine.bourquard@edu.ece.fr*](mailto:clementine.bourquard@edu.ece.fr)

Antoine CREMEL – [*antoine.cremel@edu.ece.fr*](mailto:antoine.cremel@edu.ece.fr)

# Références

* A dynamic model of financial balances for the United Kingdom, Stephen Burgess, Oliver Burrows, Antoine Godin, Stephen Kinsella et Stephen Millard, septembre 2016
* Monetary Economics: An Integrated Approach to Credit, Money, Income, Production and Wealth, Wynne Godley et Marc Lavoie
* <https://www.youtube.com/watch?v=JMOxcLsxJGE>
* <https://www.insee.fr/fr/statistiques/3303417?sommaire=3353488&fbclid=IwAR2XjAr8M0gOxgXj3gjvrknC0iTNSGpgouphN7mQxFMwwtdARSESaiPB9f0>