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

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

**System Requirements Specification**

**for**

**Crypto**

I4-CDC-1890-2018/12/19

Table des matières

[Contexte 3](#_Toc533168805)

[Sujet 5](#_Toc533168806)

[Définition du sujet 5](#_Toc533168807)

[Notre approche 5](#_Toc533168808)

[Littérature 7](#_Toc533168809)

[Agent Based Modelling (ABM) 7](#_Toc533168810)

[Modèle IS/LM – IS/LM/BP 8](#_Toc533168811)

[Shadow Banking 9](#_Toc533168812)

[Méthodologie 11](#_Toc533168813)

[Schéma de notre model 11](#_Toc533168814)

[Nos problèmes 11](#_Toc533168815)

[Nos hypothèses 11](#_Toc533168816)

[Notre démarche 11](#_Toc533168817)

[Feuille de route 12](#_Toc533168818)

[Les acteurs 12](#_Toc533168819)

[L’équipe 12](#_Toc533168820)

[Répartition des tâches 12](#_Toc533168821)

Planning [13](#_Toc533168822)

[Références 14](#_Toc533168823)

To change Maybe to change  
OUT ADD

# 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 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, ce qui 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 àà 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 utilise 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 leur 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 sujet 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. Par conséquent, il y a 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 encore 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 banques 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 une certaine quantité de ces derniers. On différencie deux types de banques : les banques traditionnelles, qui ne spéculent pas sur les cryptos actif versus les autres banques, qui elles spéculent sur ces actifs. Nous considérons la zone européenne comme celle dans laquelle agissent les acteurs qui influencent notre projet.

# Sujet

## Définition du sujet

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

L’objectif de notre PPE est de créer un modèle qui permettrait de calculer des taux d’intérêt.  
Ces taux d’intérêt seraient utilisés par les banques traditionnelles qui prêtent aux autres banques. Ces banques non traditionnelles utiliseront par la suite l’argent emprunté pour effectuer de la spéculation sur les crypto actifs.

C’est la volatilité et la nouveauté de ces crypto actifs qui rend 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.

## Notre approche

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 possible de chacun de nos agents soit leurs revenus et dépenses.

Doc dynamic model et ses 80 équations

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. (OUT ??)

# Littérature

## Agent Based Modelling (ABM)

Agent based modelling (ABM) est un style de programmation dans lequel chaque entité et leur interaction sont clairement définis dans un programme. Les entités modélisées sont par exemple des hommes, des animaux ou dans notre cas des banques. ABM est un style de programmation orienté objet comme le Java ou le C++, les objets ont leurs propres caractéristiques et peuvent interagir entre eux. Le but est de simuler les interactions entre des agents autonomes afin d’évaluer leurs effets sur le système dans lequel ils sont implémentés. Chaque agent a ses propres attributs, prend des décisions de manière autonome, est défini dans son environnement et a la capacité d'interagir avec d’autres agents. Il s’agit d’un modèle assez simpliste dans la théorie, il faut simplement modéliser les agents en leur donnant des règles à suivre et les laisser interagir entre eux.

**Interactions avec d’autres agents**

Attributs : Statiques ou dynamiques

Méthodes : Comportements

**Interaction avec l’environnement**

ABM est utilisé dans de nombreux domaines comme la biologie, par exemple pour analyser la dispersion d’épidémies ou encore dans des applications médicales.

ABM est donc tout à fait adapté pour notre projet. Nos agents seront les banques par exemple et nous les laisserons interagir entre elles afin d’analyser leurs résultats. Une fois les premiers résultats analysés, nous pourrons mettre à jour nos agents pour les voir évoluer différemment.

## Modèle IS/LM – IS/LM/BP

Le modèle IS/LM est un modèle économique dans le domaine de la macroéconomie. Pour rappel, la macroéconomie est l’étude des systèmes et des phénomènes économiques à un niveau global.

Pour comprendre le modèle IS/LM, il convient tout d’abord de comprendre ce que veut dire IS et LM.

IS signifie *Investments and Savings*, soit Investissement et Epargne. LM signifie *Liquidity preference and Money supply,* soit littéralement « préférence pour la liquidité et la masse monétaire ».  
L’idée du modèle est donc d’atteindre un équilibre entre ces deux notions, que l’on peut rapprocher du marché des biens et des services (IS) d’une part, et du marché monétaire (LM) d’autre part.

Le modèle IS/LM ne prend donc pas en compte un 3ème marché : le marché des capitaux. Cela est dû à la loi de Walras, qui nous dit que si deux marchés sont à l’équilibre (ici le marché des biens et services et le marché de la monnaie), le 3ème est nécessairement à l’équilibre (ici le marché des capitaux).

De plus, le modèle IS/LM s’intéresse à une économie fermée, c’est-à-dire qu’il n’y a pas d’échanges avec l’étranger et les prix sont constants : il n’y a pas d’inflation.

Un graphique simple pour comprendre le modèle se trouve ci-dessous.

Y\*

r\*

En ordonnée on trouve le taux d’intérêt r et en abscisse le niveau de production Y.  
On voit bien que lorsque le taux d’intérêt diminue, la production augmente car la demande de biens augmente également (courbe IS).

Inversement, lorsque la production augmente, les différents acteurs vont préférer garder dans leur portefeuille plus de monnaie pour effectuer des achats. Ils vont alors vendre des obligations par exemple, le taux d’intérêt augmente alors.

Le but du modèle est donc de trouver le couple (Y\*, r\*), synonyme d’équilibre.

Dans le cadre de notre sujet, nous nous plaçons dans une économie ouverte : il y a des échanges avec l’étranger. C’est pourquoi nous allons utiliser une extension du modèle IS/LM, le modèle IS/LM/BP. Celui-ci ajoute une 3ème courbe, la courbe BP : la Balance des Paiements. Cette courbe prend en compte la balance commerciale, c’est-à-dire l’impact du taux de change sur le commerce extérieur, ainsi que la balance des capitaux, soit l’impact du taux d’intérêt national sur les flux de capitaux.

La droite BP représente donc l’ensemble des points pour lesquels la balance des paiements est à l’équilibre.

## 

## Shadow Banking

Shadow banking, ou la finance de l’ombre en français, est définie par le Conseil de stabilité financière comme « le système d’intermédiation du crédit impliquant des entités et des activités se trouvant potentiellement à l’extérieur du système bancaire ».

Prenons comme exemple une banque. Elle possède des milliers de clients, mais certains de ces clients ont des profils plus risqués ou font face à des difficultés. Or la banque fait partie d’un système réglementé et n’a à ce titre pas le droit d’avoir trop de créances dites douteuses. Elle va alors se tourner vers le shadow banking pour rester dans la légalité. Elle va faire de la titrisation, c’est-à-dire qu’elle va transformer ses créances les plus risquées en titres dits structurés. Ceux-ci vont alors être notés par des agences de notation, comme Moody’s ou Standard and Poor’s. Plus le titre est risqué, plus la note est mauvaise et donc plus le taux d’intérêt est élevé. La banque va alors vendre ses titres à de gros investisseurs comme des banques d’investissement, des fonds mutuels, des fonds monétaires, des hedges-funds… Ces acteurs du shadow banking utilisent des techniques financières très risquées, pourtant ces activités ne sont pratiquement pas réglementées. Le shadow banking est aujourd’hui très développé et même indispensable au bon fonctionnement de l’économie. Cependant ce système présente un gros défaut : l’interdépendance de tous les acteurs, si un maillon se casse, tous les autres risquent de casser également et c’est alors la banque traditionnelle qui a émis les titres qui est tenue pour responsable. S’il s’agit d’une grosse banque, elle sera sauvée de la faillite par l’état pour éviter l’explosion du système entier.

C’est ce qu’il s’est passé lors de la crise des subprimes de 2007 : des américains avaient contracté des crédits immobiliers à taux variables. Ainsi, lorsque les taux ont augmenté, ils ne pouvaient plus rembourser entrainant alors une chute du marché qui s’est ensuite répercuté sur le monde entier, surtout en Europe. Pourtant le shadow banking, à l’origine de cette crise mondiale, n’est aujourd’hui toujours pas réglementé.

# Méthodologie

## Schéma de notre modèle

Ci-dessous un schéma simplifié de notre modèle

Rest of the world

Invest crypto

Finance de marché (Interaction inter bancaire inter firm)

Savings, pay back loans

Consumption

Loans

Wages

Banks

Loans

Loans

Firms

Import

Export

Rest of the world

## 

## Nos problèmes

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, comme 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, les 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

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 a 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.

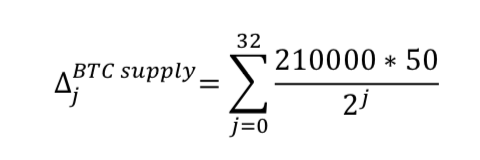
Nous supposons également que tous les acteurs peuvent effectuer des investissements spéculatifs sur le bitcoin mais seulement les banques sont obligés d’en detenir un montant minimum, nous supposerons également que les fonds propres d’une banque s’élèveront a 8% des engagements suivant les accords de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

## Notre démarche

Nous allons tout d’abords créer des classes correspondant aux acteurs , et les instancier en centaine ,milliers ,voir 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 futur contribution au réseau de la blockchain, pour tous les 210K block crées, le gain est divisé par 2.

Ainsi nous allons 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 et 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 a la courbe BP.

Les fonctions permettant la formation du PIB a chaque année de notre simulation seront également modélisées.

Par ailleurs en ce qui concerne l’évolution des acteurs, nous allons implémenter plusieurs fonctions régissant leur progression 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 1 er janvier 2014 pour finir à sa valeur en t=T égale à la valeur au 1er janvier 2018. Nous utilisons le model 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 risqués 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 a 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 a implémenter nos contraintes étape par étape de façon à avoir un modèle de plus en plus complexe et qui puisse correspondre a nos attentes.

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

Ivan MAULINE – [*ivan.mauline@edu.ece.fr*](mailto:ivan.mauline@edu.ece.fr)

Priscille DHUICQUE – [*priscille.dhuicque@edu.ece.fr*](mailto:priscille.dhuicque@edu.ece.fr)

Jean-Baptiste BERNARD – *jean-baptiste.bernard*[*@edu.ece.fr*](mailto:tom.quevreux@edu.ece.fr)

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

Dylan GUEZENOC – [*dylan.guezenoc@edu.ece.fr*](mailto:dylan.guezenoc@edu.ece.fr)

Sandrine FUHRER – *sandrine.fuhrer@edu.ece.fr*

## Répartition des tâches

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Rôle | Responsabilités | Membres de l’équipe |
| Chef de projet | Interpeller régulièrement le mentor, répartir les tâches, planifier | Reda |
| Développeur Python | Codage Python avec la librairie Mesa pour simuler notre modèle | Antoine, Charles, Reda, (Clémentine et Tom si nécessaire) |
| Ingénieur qualité | Contrôler la qualité des documents, des sources et des recherches | Clémentine, Tom |

# 

# Références

* <https://blockchainfrance.net/decouvrir-la-blockchain/c-est-quoi-la-blockchain/>
* <https://www.rsln.fr/fil/une-breve-histoire-de-la-blockchain-et-des-cryptomonnaies/>
* <https://blockchainfrance.net/decouvrir-la-blockchain/c-est-quoi-la-blockchain/>
* A dynamic model of financial balances for the United Kingdom, Stephen Burgess, Oliver Burrows, Antoine Godin, Stephen Kinsella and Stephen Millard
* Money, banking, and financial markets, Laurence M. BALL
* Blockchain, cryptoactifs, ICO : panorama des enjeux juridiques (S1 2018), Blockchain Partner
* Crypto-currencies in a dynamic, individually optimizing, heterogeneous, agent-based macroeconomy, Mr.Duc PHAM-HI
* <http://jennsenfire.free.fr/Cours%20Fac/L2S3/Macro%C3%A9conomie/Tableaux%20+%20Cours.pdf>
* <http://www.lefigaro.fr/conjoncture/2015/08/25/20002-20150825ARTFIG00105-shadow-banking-tout-comprendre-sur-la-finance-de-l-ombre.php>