

Equilibrium Bitcoin Pricing

Bruno Biais (HEC Paris), Christophe Bisière (TSE & TSM),
Matthieu Bouvard (TSE & TSM), Catherine Casamatta (TSE
& TSM) and Albert J. Menkveld (VU Amsterdam)

Conseil Scientifique de l'AMF
12 Octobre 2020

Monnaie officielle vs cryptomonnaie

Monnaie officielle : créée par banques centrales et commerciales
⇒ Problème si les institutions sont défaillantes: inflation, expropriation (Zimbabwe, Venezuela, Turquie, ...)

Cryptomonnaie : créée par participants à un réseau en ligne, système distribué

⇒ Moyen de paiement : “allows online payments to be sent directly from one party to another without going through a financial institution” (Nakamoto, 2008)

Est-ce que ce système peut fonctionner ?

Quelques éminents avertissements

Agustin Carstens (BRI), 15 Novembre 2018

For payments where buyer and seller never meet in person, trust is vital. Here, a decentralized network of anonymous computers cannot replace tried and tested institutions like central banks.

Jean Tirole (TSE), FT, Novembre 2017

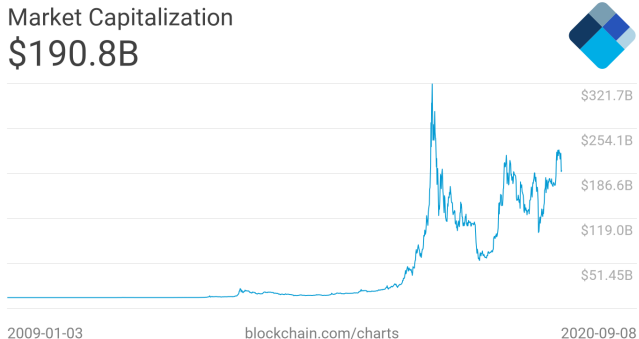
Bitcoin is a pure bubble, an asset without intrinsic value. Its price will fall to zero if trust vanishes.

Denis Beau (Banque de France), OMFIF, 15 Octobre 2019

As many central bankers have pointed out, today's crypto-assets do not satisfactorily offer the qualities expected from a settlement asset to be used interchangeably with commercial bank money and central bank money, let alone to displace central bank money [...].

Et pourtant...

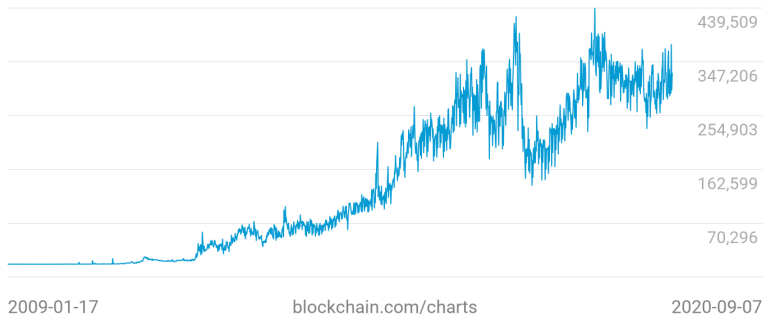
Le prix du bitcoin est passé de 10c en 2010 à 19000\$ en Déc. 2017, et 10500\$ fin Sept. 2020.



Transactions

Confirmed Transactions Per Day

327,662



Est-ce irrationnel?

Alan Greenspan, Interview CNBC, 6 Décembre 2017

Bitcoin is really a fascinating example of how human beings create value or estimate or judge value. And it is not always rational. You cannot tell me that you can create out of nothing something which has a medium of exchange value. It is not a rational currency in that sense.

Notre recherche: proposer un modèle d'EAR du bitcoin, et le confronter aux données

Littérature

- ▶ **Accès à une plateforme d'échange:** Cong, Li et Wang (2020), Sockin et Xiong (2020), Athey et al. (2016)...
- ▶ **Etudes empiriques :** Makarov et Schoar (2020), Borri et Shakhnov (2019), Liu et Tsyvinski (2018), Bianchi (2017), Auer et Claessens (2018), Prat et Walter (2018)...
- ▶ **Concurrence entre monnaies crypto et officielles:** Saleh (2020), Garratt et Wallace (2018), Pagnotta (2020), Schilling et Uhlig (2019), Fernández-Villaverde et Sanches (2019), Hendry et Zhu (2019), Chiu et Koepl (2017)... **Dans un cadre classique d'économie monétaire :** Wallace (1980), Kareken et Wallace (1981)

Qu'est-ce que la monnaie ?

Un moyen de résoudre le problème de double coïncidence des besoins

Ou, une chose qu'on est prêt à accepter en échange de biens et services, parce qu'on anticipe que d'autres l'accepteront quand on voudra acheter d'autres biens et services

Idée développée dans un modèle OLG très simple

- ▶ Les jeunes investisseurs veulent épargner
- ▶ Les vieux investisseurs veulent consommer
- ▶ Monnaie comme moyen d'échange entre générations

Notre approche

- ▶ Développer un modèle OLG classique avec deux monnaies

Notre approche

- ▶ Développer un modèle OLG classique avec deux monnaies
- ▶ Inclure des caractéristiques spécifiques des cryptomonnaies: coûts et bénéfices de transactions

Notre approche

- ▶ Développer un modèle OLG classique avec deux monnaies
- ▶ Inclure des caractéristiques spécifiques des cryptomonnaies: coûts et bénéfices de transactions
- ▶ Obtenir une équation d'équilibre qui reflète la valeur fondamentale d'une cryptomonnaie

Notre approche

- ▶ Développer un modèle OLG classique avec deux monnaies
- ▶ Inclure des caractéristiques spécifiques des cryptomonnaies: coûts et bénéfices de transactions
- ▶ Obtenir une équation d'équilibre qui reflète la valeur fondamentale d'une cryptomonnaie
- ▶ Recueillir des données sur le bitcoin qui représentent les variables du modèle

Notre approche

- ▶ Développer un modèle OLG classique avec deux monnaies
- ▶ Inclure des caractéristiques spécifiques des cryptomonnaies: coûts et bénéfices de transactions
- ▶ Obtenir une équation d'équilibre qui reflète la valeur fondamentale d'une cryptomonnaie
- ▶ Recueillir des données sur le bitcoin qui représentent les variables du modèle
- ▶ Tester notre relation d'équilibre et estimer la valeur fondamentale du bitcoin

Modèle

Actifs: monnaie officielle m , cryptomonnaie X_t , actif sans risque (offre nette 0)

Investisseurs: vivent deux périodes

- ▶ Les jeunes consomment ou épargnent : achètent l'actif sans risque, la monnaie officielle, ou la cryptomonnaie
- ▶ Les vieux consomment : vendent leurs monnaies (officielle et crypto)

Mineurs: nés en t , vendent en $t + 1$ leurs stocks de crypto de minage: $X_{t+1} - X_t$ et frais de transactions (φ_{t+1})

Pirates: nés en t , vendent en $t + 1$ la fraction h_{t+1} de crypto volée aux investisseurs

Objectif des investisseurs

Jeunes:

$$\max_{q_t, s_t, \hat{q}_t} u(c_t^y) + \beta E_t u(c_{t+1}^o) \text{ avec } u' > 0 \text{ et } u'' \leq 0$$

- Consommation des jeunes :

$$c_t^y = e_t^y - s_t - q_t p_t - \hat{q}_t \hat{p}_t - \varphi_t(q_t) p_t$$

- Consommation des vieux :

$$c_{t+1}^o = e_{t+1}^o + s_t(1 + r_t) + (1 - h_{t+1})(1 + \theta_{t+1})q_t p_{t+1} + \hat{q}_t \hat{p}_{t+1}$$

p (resp. \hat{p}) = prix de la monnaie crypto (resp. officielle) en unités de biens

Modèle classique à l'exception de φ_t , h_{t+1} , et θ_{t+1} qui sont spécifiques à la cryptomonnaie

Coûts et bénéfices de transactions

$$1 + \mathcal{T}_{t+1} = \frac{1 + \theta_{t+1}}{1 + \varphi'_t(q_t)}.$$

Bénéfices de transactions en crypto : pas d'expropriation, pas d'impôt ou régulation, meilleur bien

Coûts de transactions en crypto : coût d'avoir un compte spécifique, d'aller sur les plateformes d'échange, frais de transactions aux mineurs

Prix d'équilibre de la cryptomonnaie

Un EAR est un ensemble de prix $\{p_t, \hat{p}_t, r_t\}_{t>0}$ et de décisions d'investissement $\{q_t, \hat{q}_t, s_t\}_{t>0}$ tels que

- (i) à chaque date t , $\{q_t, \hat{q}_t, s_t\}$ sont solutions du programme de maximisation des jeunes
- (ii) à chaque date t , les marchés des actifs sont à l'équilibre

Semblable au modèle de monnaie dans Tirole (1985) excepté:

- ▶ chocs aléatoires
- ▶ risque de piratage, coûts et bénéfices de transactions explicites

Structure multiplicative

$$p_t = \frac{1}{1+r_t} E_t \left(\frac{u'(c_{t+1}^o)}{E_t [u'(c_{t+1}^o)]} (1 - h_{t+1}) (p_{t+1} + \mathcal{T}_{t+1} p_{t+1}) \right)$$

Actions: dividende d_{t+1} n'est pas multiplié par le prix

⇒ le dividende ancre le prix (avec quelque chose d'exogène au prix)

Monnaie : bénéfice net de transaction $\mathcal{T}_{t+1} p_{t+1}$ est multiplié par le prix

⇒ pas d'ancre

⇒ Equilibres multiples (indétermination de Kareken et Wallace, 1981): $p = 0 \quad \forall t$ est un équilibre possible

Volatilité exogène

Supposons neutralité au risque : Liu et Tsyvinski (2018) trouve que le rendement du bitcoin n'est pas corrélé avec la consommation, la production et le revenu

$$p_t = \frac{1}{1+r_t} E_t((1-h_{t+1})(1+\mathcal{T}_{t+1})p_{t+1})$$

Dans un équilibre donné, on peut avoir des chocs aléatoires exogènes

L'équation ci-dessus est toujours vraie si les prix sont multipliés par des variables aléatoires exogènes de moyenne 1

Volatilité exogène, non liée à la valeur fondamentale : le prix de la monnaie peut bouger beaucoup plus que le fondamental (différent de la critique de Shiller, 1981, sur le prix des actions)

Modèle économétrique

Supposons que le prix de la monnaie officielle soit prévisible d'une période à l'autre. On obtient :

$$E_t \left[(1 - h_{t+1}) \frac{1 + \theta_{t+1}}{1 + \varphi'_t} (1 + \rho_{t+1}) \right] - 1 = 0,$$

avec ρ_{t+1} = rendement de la crypto exprimé en unité de monnaie officielle

Les jeunes doivent être indifférents entre détenir un dollar (qui vaudra un dollar dans une période) et détenir un bitcoin, étant donné le risque de piratage et les coûts et bénéfices de transactions

Condition de moment utilisée pour tester le modèle et estimer les paramètres qui mesurent φ'_t et θ_{t+1} .

Les données

Période : 17/07/2010 à 31/12/2018

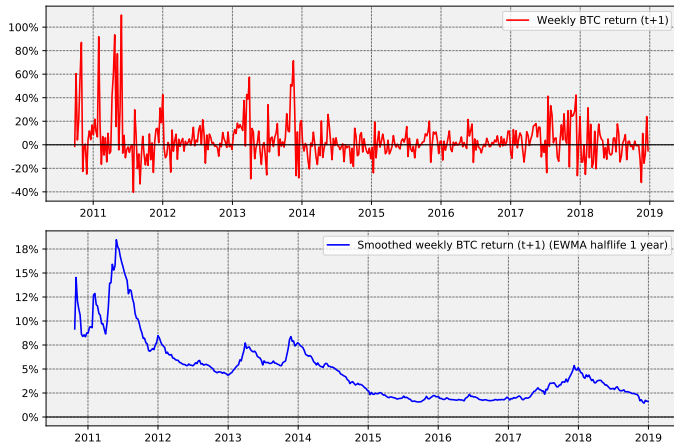
Prix du bitcoin d'après la base Kaiko : transactions dans 5 monnaies des 20 plateformes principales

Frais de transaction obtenus directement de la blockchain avec Blocksci, en % du volume

Recueil manuel d'information sur

- ▶ vols ou pertes de bitcoins
- ▶ faciliter à utiliser des bitcoins pour acheter des biens : *Benefit*
- ▶ facilité à échanger des bitcoins : *MarketAccess*

Rendements du bitcoin

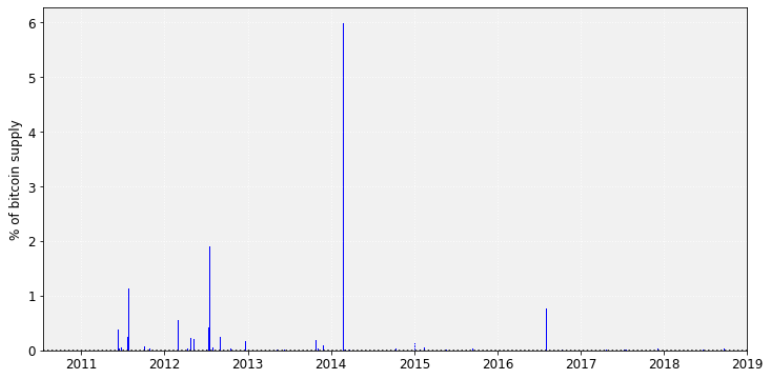


Rendement hebdomadaire moyen = 3.9%, écart-type = 17.3%

Bitcoins volés ou perdus

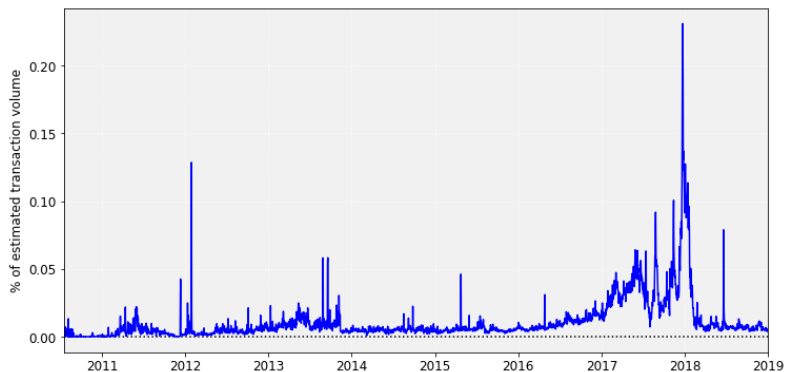
Date	Montant (BTC)	Description
2011-06-13	25,000	User Allinvain hacked
2011-06-19	2,000	MtGox theft
2011-06-25	4,019	MyBitcoin theft
2011-07-26	17,000	Bitomat loss
2011-07-29	78,739	MyBitcoin theft
2011-10-06	5,000	Bitcoin7 hack
2011-10-28	2,609	MtGox loss
2012-03-01	46,653	Linode hacks
2012-04-13	3,171	Betcoin hack
2012-04-27	20,000	Tony76 Silk Road scam
2012-05-11	18,547	Bitcoinica hack
2012-07-04	1,853	MtGox hack
2012-07-13	40,000	Bitcoinica theft
2012-07-17	180,819	BST Ponzi scheme
...		

Bitcoins volés ou perdus



En moyenne 0.04% des bitcoins en circulation volés par semaine
(petite fraction du rendement requis)

Frais de transaction



Faibles en moyenne (0.0106%) avec quelques pointes

Recueil de données: *MarketAccess*

3 catégories d'événements:

- ▶ Ouverture de la première, et fermeture de la dernière plateforme d'échange du bitcoin avec une devise ; changement technique majeur sur une plateforme
- ▶ Changement de régulation qui facilite ou limite l'échange de bitcoins
- ▶ Autres événements importants

43 événements codés en +1 ou -1

Pondérés par PIB

L'indice *MarketAccess* est transformé en *CostMarketAccess* pour refléter φ'

Exemples d'événements *MarketAccess*

Date	Effet	Région	Description
2010-07-17	1	USA	MtGox USD/BTC exchange opens
2010-10-25	1	USA	MtGox eases fund transfers
2010-12-07	1	USA	MtGox partners with e-payment company Paxum
2011-01-06	1	EMU	Bitcoin-Central EUR/BTC exchange opens
2011-04-01	1	POL	Bitomat PLN/BTC exchange opens
2013-05-14	-1	USA+JPN	MtGox suspends fund transfers
2013-10-29	1	CAN	World first Bitcoin ATM opens
2013-12-03	-1	CHN	China bans financial institutions from using bitcoin
...			

Recueil de données: *Benefit*

2 catégories d'événements:

- ▶ Nouveaux biens et services disponibles à l'achat en bitcoins (légaux ou illégaux)
- ▶ Nouvelles facilités de paiement (cartes cadeaux etc...)

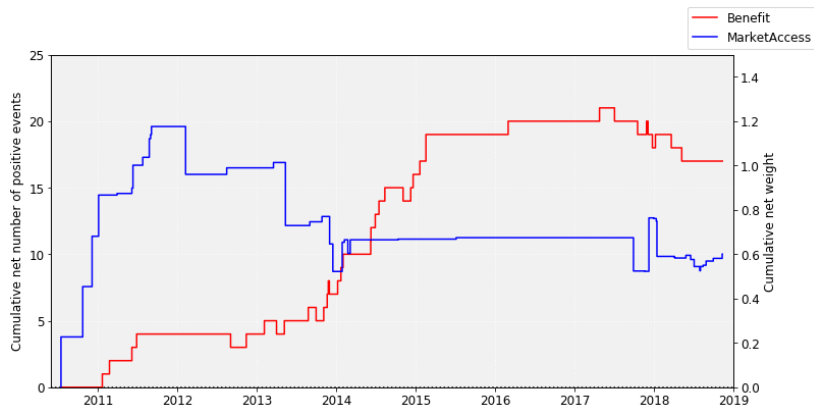
39 événements codés en +1 ou -1.

L'indice *Benefit* reflète θ .

Exemples d'événements *Benefit*

Date	Effet	Illégal	Description
2011-01-23	1	1	Silk Road opens
2011-02-25	1	0	CoinCard service opens
2011-06-08	1	0	BTC Buy service opens
2011-06-30	1	1	Black Market Reloaded opens
2012-09-04	-1	0	CoinCard trading service permanently closed
2012-11-15	1	0	WordPress accepts bitcoin
2013-04-03	-1	0	BTC Buy stops selling prepaid cards
2013-05-09	1	0	Gyft accepts bitcoin
2013-08-27	1	0	eGifter accepts bitcoin
2013-10-02	-1	1	Silk Road closes
2013-11-06	1	1	Silk Road 2.0 opens
2013-11-22	1	0	CheapAir accepts bitcoin for flights
2013-12-02	-1	1	Black Market Reloaded closes
2014-01-09	1	0	Overstock.com accepts bitcoin
...			

Indices *MarketAccess* et *Benefit*



GMM

Le résidu de notre équation d'équilibre est :

$$e_{t+1} = D_{t+1} (1 - h_{t+1}) (1 + \rho_{t+1}) - 1$$

avec :

$$D_{t+1} = \frac{1 + \alpha_0 + \alpha_1 * COM_{t+1}}{1 + \beta_0 + \beta_1 * BTC_fee_prcnt_t + \beta_2 * MKT_invs_t}$$

Conditions de moment: $E_t(e_{t+1} | I_t) = 0$

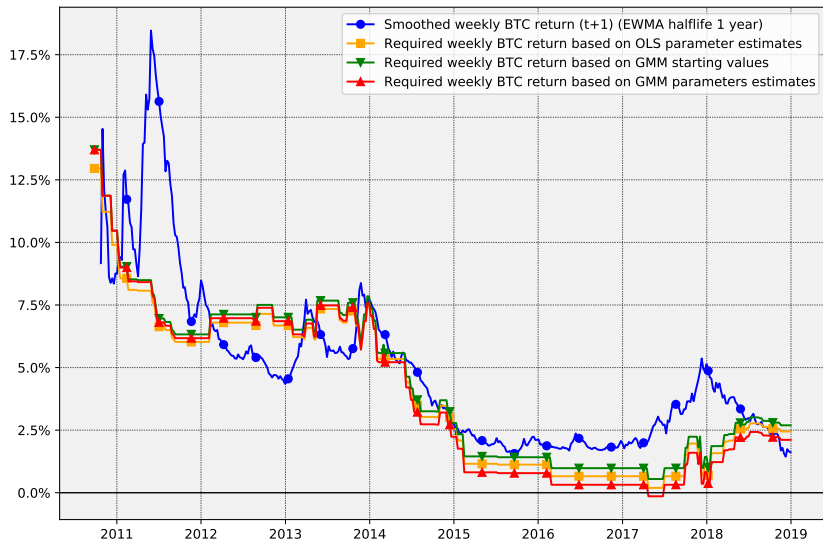
Instruments: variables du modèle à la date t , EWMA du rendement du bitcoin, EWMA du nombre de bitcoins volés

GMM- Estimations

Variable	Paramètre	Modèle		
		(1)	(2)	(3)
$Benefit_{t+1}$	α_1	0.0064*** (3.57)	0.0055*** (4.15)	0.0051*** (3.94)
<i>Intercept</i>	β_0	-0.17 (-1.27)		
$CostMiningFee_t$	β_1	0.84 (1.36)	0.75 (1.24)	
$CostMarketAccess_t$	β_2	0.56* (1.85)	0.20*** (4.97)	0.20*** (4.96)
#Observations		432	432	432

Conformément à la théorie, le rendement requis décroît significativement avec les bénéfices de transaction et croît avec la difficulté à échanger des bitcoins contre des devises

Ajustement du modèle: rendements réalisés vs requis par le modèle



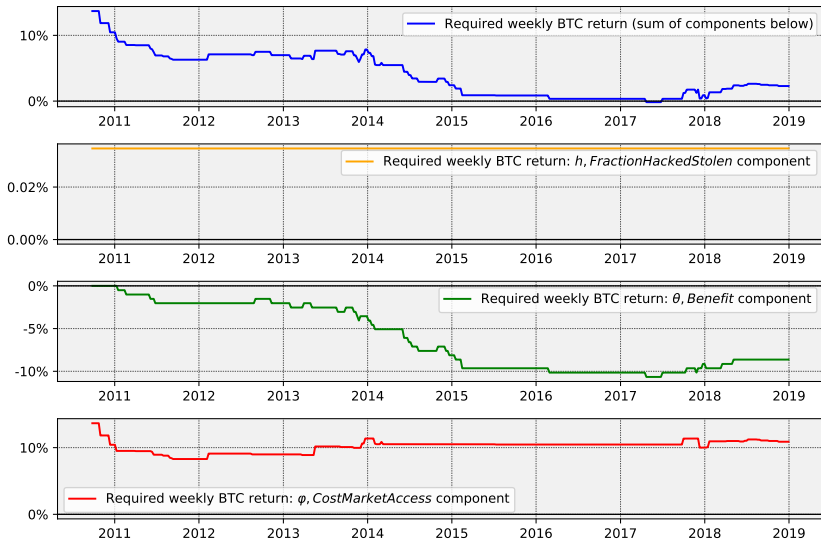
Approximation linéaire

$$E_t[\rho_{t+1}] \approx \varphi'_t + E_t(h_{t+1}) - E_t(\theta_{t+1}).$$

Le rendement espéré d'équilibre est (approximativement) égal au coût marginal de transaction plus le coût de piratage espéré moins le bénéfice de transaction espéré

Fixons $E_t(h_{t+1}) = h$ (moyenne de l'échantillon) et
 $E_t(\theta_{t+1}) = \theta_{t+1}$

Décomposition du rendement requis estimé



Volatilité du rendement du bitcoin

Ecart type des rendements hebdomadaires observés : 17.3%

Ecart type des rendements hebdomadaires espérés estimés: 3.3%

$$R^2: (0.033^2)/(0.173^2) = 3.6\%$$

Valeur fondamentale explique une partie des fluctuations du bitcoin

Mais une grande partie de ces fluctuations n'est pas liée à la valeur fondamentale estimée

Pas en contradiction avec un EAR: bruit exogène peut provenir de changements de croyances, sunspots...

Conclusion

Théorie :

- ▶ Valeur fondamentale d'une monnaie est liée aux bénéfices transactionnels qu'elle procure
- ▶ Le modèle génère une structure multiplicative des prix du bitcoin
- ▶ On peut avoir dans un cadre d'EAR de la volatilité exogène (non liée au fondamental)

Empirique :

- ▶ Valeur fondamentale explique une partie des variations de rendement
- ▶ Mais une grande partie provient de bruit exogène