Nicolae Sfetcu

La philosophie de la technologie blockchain: Ontologies

Collection ESSAIS

MultiMedia Publishing

La philosophie de la technologie blockchain - Ontologies

Nicolae Sfetcu

04.02.2020

Sfetcu, Nicolae, « La philosophie de la technologie Blockchain - Ontologies », SetThings (4 février 2019), MultiMedia Publishing (ISBN : 978-606-033-336-4), DOI: 10.13140/RG.2.2.22996.14724, URL = https://www.telework.ro/fr/e-books/la-philosophie-de-la-technologie-blockchain-ontologies/

Email: nicolae@sfetcu.com

Une traduction de :
Sfetcu, Nicolae, « Filosofia tehnologiei blockchain – Ontologii », SetThings (01.02.2019), MultiMedia Publishing (ed.), DOI: 10.13140/RG.2.2.25492.35204, ISBN 978-606-033-154-4, URL = https://www.telework.ro/ro/e-books/filosofia-tehnologiei-blockchain-ontologii/

Abstract

Dans cet article, je soutiens la nécessité et de l'utilité de développer une philosophie spécifique pour la technologie de la blockchain, mettant l'accent sur les aspects ontologiques. Après une *Introduction* qui met en évidence les principales orientations philosophiques de cette technologie émergente, dans *La technologie blockchain* j'explique le fonctionnement de la blockchain, en analysant les directions de développement ontologique de cette technologie dans *Conception et modélisation*. La section suivante est consacrée à la principale application de la technologie de la blockchain, *Bitcoin*, avec les implications sociales de cette crypto-monnaie. Il suit une section de *Philosophie* dans laquelle j'identifie la technologie de la blockchain au concept d'hétérotopie développé par Michel Foucault et je l'interprète à la lumière de la technologie de notation développée par Nelson Goodman en tant que système de notation. Dans la section *Ontologie*, je présente deux voies de développement que j'estime importantes: une *Ontologie narrative*, basée sur l'idée d'ordre et de structure de l'histoire transmise à travers l'histoire narrative de Paul Ricoeur, et le système de l'*Ontologie d'entreprise* basé sur des concepts et des modèles d'entreprise, spécifiques au Web sémantique, que je considère comme le plus développé et qui deviendra probablement le système ontologique formel, du moins en ce qui concerne les aspects économiques et juridiques de la technologie de la blockchain. Dans *Conclusions*, je parle des orientations futures du développement de la philosophie de la technologie blockchain en général en tant que théorie explicative et robuste d'un point de vue phénoménologique cohérent, qui permet la testabilité et les ontologies en particulier, en plaidant pour la nécessité de l'adoption globale d'un système ontologique afin de développer des solutions transversales et de rentabiliser cette technologie.

Mots-clés : philosophie, blockchain, technologie blockchain, ontologies, bitcoin

Introduction

Internet a changé complètement le monde, la culture et les coutumes des gens. Après une première phase caractérisée par la libre circulation de l'information, la sécurité des communications en ligne et la confidentialité des utilisateurs ont suscité des préoccupations. La technologie Blockchain (TB) garantit ces deux objectifs. TB, relativement nouveau, a la chance de produire une nouvelle révolution, justifiant pleinement une investigation philosophique.

La première blockchain a été conceptualisée par Satoshi Nakamoto en 2008, à l'aide d'une méthode excluant un tiers autorisé. (Narayanan et al. 2016) En 2009, Nakamoto a développé Bitcoin, utilisé comme registre public pour les transactions de réseau. (The Economist 2015)

Depuis 2014, de nouvelles applications technologiques, (Nian et Chuen 2015) appelées *blockchain 2.0*, ont été développées pour des contrats intelligents plus sophistiqués qui partagent des documents ou envoient automatiquement les dividendes des propriétaires si les bénéfices atteignent un certain niveau. Dans P*hilosophical Engineering: Toward a Philosophy of the Web*, Halpin et Monnin ont abordé certains aspects philosophiques de cette technologie émergente, (Halpin et Monnin 2014) tels que la relation entre le monde physique et le monde virtuel, l'individu et la société, les concepts de matérialité, temporalité, espace et possibilité. (Institute for Blockchain Studies 2016) Nous pouvons nous demander, ontologiquement, en quoi consiste cette technologie, comment peut-elle être caractérisée, comment est-elle créée, mise en œuvre et adoptée, et comment elle fonctionne ; définitions, classifications, possibilités et limitations. D'un point de vue épistémologique, nous nous demandons quelles connaissances peuvent être acquises grâce à TB, comment elles se situent par rapport à la réalité, quelles connaissances impliquent l'utilisation de la technologie, etc. Nous nous intéressons également à la manière dont TB peut être exploité, quels aspects permettre une évaluation, ce que les normes de comportement impliquent, les aspects esthétiques et moraux impliqués dans l'utilisation de cette technologie. La philosophie de BT peut

être considérée comme une ressource conceptuelle pour comprendre ces développements dans notre monde moderne. (Swan et Filippi 2017) Les métaphores conceptuelles peuvent nous aider à aborder et à comprendre de nouvelles idées. (Lakoff et Johnson 2003)

La technologie blockchain

Blockchain, (The Economist 2015) (D. Z. Morris 2016) (Popper 2017) initialement appelée *chaîne de blocs* (Brito et Castillo 2016) (Trottier [2013] 2018) est une liste croissante d'enregistrements appelés blocs, qui communiquent entre eux par des messages cryptographiques. (The Economist 2015) Chaque bloc contient un hachage cryptographique du bloc précédent, (Narayanan et al. 2016) un horodatage et des données de transaction.

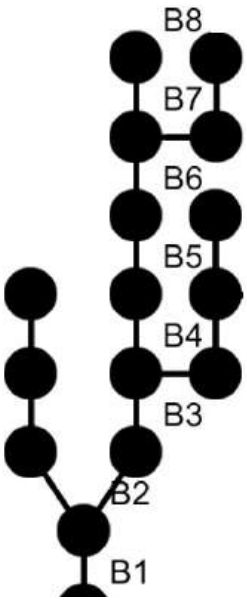

Figure 1Formation de la blockchain sous la forme de l'arbre de Merkle. La chaîne principale (B0 ... B8) est constituée de la plus longue série de blocs allant du bloc initial (B0) au bloc actuel (B8). Tous les autres blocs sont des blocs orphelins situés en dehors

De par sa conception, une blockchain est "un grand livre ouvert et distribué capable d'enregistrer les transactions entre deux parties de manière efficace, vérifiable et permanente", (Iansiti et Lakhani 2017) généralement gérée par un réseau d'égal à égal adhérant à un protocole communication de nœud et validation de nouveaux blocs. Après l'enregistrement, les données de chaque bloc ne peuvent pas être modifiées de manière rétrospective sans modifier tous les blocs suivants, ce qui nécessite un consensus du réseau. La blockchain peut être considérée comme un système de conception sécurisé, distribué, avec une tolérance élevée aux erreurs. (Raval 2016) La cryptographie par blocs utilise des clés publiques. (Brito et Castillo 2016) Les clés privées permettent aux propriétaires d'accéder à leurs actifs numériques ou à la possibilité d'interagir au sein de la blockchain. (The Economist 2015)

Chaque nœud d'un système possède une copie de la blockchain. (Raval 2016) Il n'y a pas de copie "officielle" centrale, ni d'utilisateur "digne de confiance" plus que tout autre. (Brito et Castillo 2016) Les nœuds miniers valident les transactions, (Tapscott et Tapscott 2016) les ajoutent au bloc qu'ils sont en train de construire puis se propagent vers d'autres nœuds. (Bhaskar et Chuen 2015) Blockchain utilise divers schémas d'horodatage, tels que la preuve de travail, pour sérialiser les modifications. (Gervais, Karame, et Capkun 2015)

Parmi les autres applications blockchain émergentes, citons l'e-gouvernement, telles que Bitnation, (Allison 2015) des initiatives de participation des citoyens et de nouvelles formes de participation démocratique telles que D-Cent, (D-Cent 2015) et des plates-formes numériques permettant de créer diverses applications décentralisées, telles que la plateforme Ethereum. (Wood 2014) La technologie de la blockchain est considérée comme ayant une contribution particulièrement importante à la transformation future des organisations, à la gouvernance démocratique et à la culture humaine dans son ensemble. (Tapscott, Tapscott, et Cummings 2017)

Selon les statistiques synthétisées par le Forum économique mondial, l'intérêt pour le blockchain s'est accru de manière globale, (WEF Financial Services 2016) près de 30 pays investissent actuellement dans des projets de blockchain.

Il existe trois types de blockchains : public (pas de restriction d'accès), privé (l'accès est basé sur une invitation des administrateurs du réseau, les participants et les validateurs sont restreints) et le consortium (semi-décentralisé, avec un accès limité à la chaîne).

Conception

L'Ingénierie ontologique, (Smith 2004) associé aux technologies du Web sémantique, permet la modélisation sémantique et le développement du flux opérationnel requis pour la conception de la technologie blockchain (TB). Le Web sémantique, selon W3C, « fournit un cadre

commun qui permet le partage et la réutilisation des données dans les applications d'entreprise, des entreprises et de la communauté, » (W3C 2013) et peut être considéré comme un intégrateur des divers contenus, applications et systèmes d'information. Tim Berners-Lee a été le premier qui a eu une vision de la puissance des réseaux de données (Berners-Lee 2007) traitées par les machines : (Berners-Lee 2004)

> « J'ai un rêve pour le Web capable d'analyser toutes les données sur le Web - le contenu, les liens et les transactions entre des personnes et des ordinateurs. Un « Web sémantique » qui rend cela possible va bientôt émerger, mais quand cela se produira, le commerce quotidien, la bureaucratie et la vie quotidienne seront traités par des machines qui parlent à des machines. Les « agents intelligents » que les gens ont recherchés au fil des siècles se concrétiseront finalement. » (Berners-Lee 2000)

Les métadonnées et les technologies du Web sémantique ont permis l'application d'ontologies pour obtenir des connaissances. La recherche en ontologie computationnelle peut être utile au niveau économique (y compris pour les entreprises), socialement et pour d'autres chercheurs, en contribuant au développement des applications spécifiques. (Kim et Laskowski 2016)

Beaucoup de chercheurs considèrent l'ontologie informatique comme une sorte de philosophie appliquée. (Tom Gruber 2008) Dans le document « *Sur les principes de conception des ontologies utilisées pour le partage de connaissances* », Tom Gruber propose une définition délibérée de l'ontologie en tant que terme technique dans le domaine de l'informatique. (Thomas Gruber 1994) Gruber a introduit le terme comme spécification de la conceptualisation :

> « Une ontologie est une description (en tant que spécification formelle d'un programme) des concepts et des relations pouvant exister formellement pour un agent ou une communauté d'agents. Cette définition est compatible avec l'utilisation de l'ontologie en tant qu'ensemble de définitions conceptuelles, mais plus générale. Et c'est un sens différent du mot que son utilisation en philosophie. » (Tom Gruber 1992)

En tentant de distancer les ontologies taxonomiques, Gruber a déclaré : (Tom Gruber 1993)

> « Les ontologies sont souvent assimilées aux hiérarchies taxonomiques de la classe, des définitions de classe et des relations de subsomption, mais les ontologies ne doivent pas être limitées

> à ces formes. Les ontologies ne se limitent pas non plus aux définitions conservatrices, c'est-à-dire aux définitions au sens logique traditionnel, qui n'introduisent que la terminologie et n'apportent aucune connaissance du monde. (Enderton 2001) Pour spécifier une conceptualisation, il est nécessaire de spécifier des axiomes empêchant toute interprétation possible des termes définis. » (Tom Gruber 1993)

Feilmayr et Wöß ont raffiné cette définition : « Une ontologie est une spécification formelle et explicite d'une conceptualisation commune, caractérisée par la forte expressivité sémantique requise pour une complexité accrue ». (Feilmayr et Wöß 2016)

L'une des ontologies les plus élaborées à cet égard est l'ontologie de la traçabilité, (Kim, Fox, et Gruninger 1995) qui a permis de développer les ontologies TOVE pour la modélisation d'entreprise, (Mark Stephen Fox et Grüninger 1998) considérées comme la principale source de conception de la blockchain.

La conception de la blockchain est basée sur les principes fondamentaux de l'architecture Internet : la survie (les communications Internet doivent continuer malgré la perte du réseau ou de la passerelle), la variété des types de services (plusieurs types de services de communication), la variété des réseaux (plusieurs types de réseaux), la gestion distribuée des ressources, la rentabilité, la facilité d'attachement aux hôtes et la responsabilité dans l'utilisation des ressources. (Hardjono, Lipton, et Pentland 2018)

Modèles

Le système de modélisation blockchain le plus utilisé, par la représentation abstraite, la description et la définition de la structure, des processus, des informations et des ressources, est la modélisation des entreprises. (Leondes et Jackson 1992) La modélisation d'entreprise utilise des ontologies de domaine utilisant des langages de représentation du modèle. (Vernadat 1997)

Sur la base d'une conception à base de composants, l'ontologie blockchain décompose les blocs en composants individuels fonctionnels ou logiques et identifie les possibilités, en aidant à

la conception, la mise en œuvre et la mesure des performances des différentes architectures de blocs. (Tasca et Tessone 2017) Selon Paolo Tasca, l'approche méthodologique comprend essentiellement les étapes suivantes :

1. Etude comparative des différents blocs : analyse de vocabulaire et termes permettant de résoudre des ambiguïtés et des désaccords
2. Définition du cadre : identification et classification des composants, définition d'une ontologie hiérarchique
3. Catégorisation des niveaux : différents aspects sont introduits et comparés pour les composants du niveau le plus bas de la structure hiérarchique.

Comme toute technologie informatique, une blockchain repose sur les principes fondamentaux de la décentralisation des données, de la transparence, de la sécurité et de la confidentialité. (Aste, Tasca, et Matteo 2017) Parmi les autres caractéristiques fondamentales de la blockchain, on peut citer l'automatisation et le stockage des données.

Selon Fox et Gruninger, d'un point de vue de la conception, un modèle d'entreprise devrait fournir le langage utilisé pour définir explicitement une entreprise. Du point de vue des opérations, le modèle d'entreprise doit pouvoir représenter ce qui est planifié et ce qui s'est passé et fournir les informations et les connaissances nécessaires au soutien des opérations. (Mark Stephen Fox et Grüninger 1998) Les fonctions sont modélisées par une représentation structurée, une représentation graphique dans un champ défini pour identifier les besoins en informations, identifier les opportunités et déterminer les coûts. (Department Of Defense (DOD) Records Management (RM) 1995) D'autres perspectives peuvent être comportementales, organisationnelles ou informationnelles. (Koskinen 2000)

Une modélisation fonctionnelle appropriée de la TB est axée sur le processus et utilise quatre symboles à cette fin :

- Processus : Illustre la transformation de l'entrée à la sortie.
- Stockage : Collecte des données ou autre matériel.
- Flux : Déplace des données ou des matériaux dans le processus.
- Entité externe : Externe au système de modélisation, mais en interaction avec celui-ci.

Un processus peut être représenté comme un réseau de ces symboles. Dans DEMO (Dynamic Enterprise Modeling), par exemple, une décomposition est effectuée dans le modèle de contrôle, le modèle des fonctions, le modèle de processus et le modèle organisationnel.

La modélisation des données utilise l'application des descriptions formelles dans une base de données. (Whitten, Bentley, et Dittman 2004) Le modèle des données consistera en entités, attributs, relations, règles d'intégrité et définitions d'objet, utilisés pour concevoir l'interface ou la base de données.

Bitcoin

Bitcoin est le principal système de paiement pair-à-pair et cryptomonnaie qui utilise la technologie de la blockchain. Les fonctionnalités du réseau Bitcoin sont : (Calvery 2013)

- Il n'y a pas de serveur central, le réseau Bitcoin est pair-à-pair.
- Il n'y a pas de référentiel central, le registre Bitcoin est distribué.
- Le registre est public, tout le monde peut le stocker sur l'ordinateur.
- Il n'y a pas d'administrateur, le registre est géré par un réseau de mineurs ayant les mêmes privilèges.
- N'importe qui peut devenir mineur.

- Les ajouts au registre sont maintenus par voie de concurrence. Jusqu'à ce qu'un nouveau bloc soit ajouté au registre, on ne sait pas quel mineur créera le bloc.
- L'émission de bitcoins est décentralisée. Cette cryptomonnaie sont émises en guise de récompense pour la création d'un nouveau bloc.
- Tout le monde peut créer une nouvelle adresse bitcoin (une correspondance bitcoin d'un compte bancaire) sans approbation préalable.
- Tout le monde peut envoyer une transaction sur le réseau sans approbation préalable, le réseau ne fait que confirmer que la transaction est légitime.

Les chercheurs ont mis en évidence une « tendance à la centralisation » : d'une part, les mineurs de Bitcoin rejoignent de grandes bases minières afin de minimiser la variation de leurs revenus. (Böhme et al. 2015, 215-22) D'autre part, une « aristocratie » Bitcoin a été formée à la suite de l'architecture du code ; les membres de cette aristocratie sont ceux qui sont entrés tôt dans le jeu Bitcoin.

Dans *La vie sociale de Bitcoin*, Nigel Dodd affirme que l'essence de l'idéologie de Bitcoin est de retirer l'argent du contrôle social, y compris du gouvernement, il y a même une Déclaration d'indépendance Bitcoin. La déclaration inclut un message du crypto-anarchisme avec les mots : « Bitcoin est intrinsèquement anti-institution, antisystème et anti-état. Bitcoin sape les gouvernements et perturbe les institutions parce que le bitcoin est fondamentalement humanitaire ». (von Hayek 1976)

David Golumbia déclare que les idées qui influencent les partisans du bitcoin proviennent des mouvements extrémistes de droite et de leur rhétorique anti-banque centrale, ou plus récemment du libertarisme de Ron Paul et Tea Party. (The Economist 2018)

Kroll et al. soutiennent que l'écologie de Bitcoin aura besoin de structures de gouvernance pour survivre, (Kroll, Davey, et Felten 2013) montrant déjà des signes de structures de gouvernance émergentes. Ces modes de gouvernement peuvent être fondés sur le consensus et, si les dirigeants s'y opposent, la communauté peut choisir une autre voie. Au-delà de cela, les développements récents ont montré qu'un seul bassin minier pouvait tellement contribuer aux processus de calcul de Bitcoin, qu'il pouvait contrôler efficacement l'ensemble du système, mettant ainsi fin à sa structure décentralisée. (Kostakis et Giotitsas 2014)

Bauwens et Kostakis soutiennent que Bitcoin n'est pas un projet communautaire, mais une pièce représentant un nouveau type de capitalisme - un capitalisme « distribué », (Kostakis, Bauwens, et Niaros 2015) fondé sur l'idéologie politique libérale prônant l'élimination des états pour la souveraineté individuelle. En pratique, ce qui est réalisé est un capital concentré et une gouvernance centralisée.

Vasilis Kostakis et Chris Giotitsas considèrent également que Bitcoin est un exemple d'un type dérivé du « capitalisme distribué » (Kostakis et Giotitsas 2014) bien qu'il faille plutôt le considérer comme une innovation technologique.

Philosophie

Donncha Kavanagh et Gianluca Miscione présentent le concept d'hétérotopie numérique[1] comme moyen de décrire et d'analyser la relation particulière et évolutive entre l'État contemporain et la monnaie numérique, y compris les crypto-monnaies passant par la blockchain. (Miscione et Kavanagh 2015)

[1] L'hétérotopie est un concept développé par le philosophe Michel Foucault pour décrire certains espaces culturels, institutionnels et discursifs quelque peu « différents » : perturbants, intenses, incompatibles, contradictoires ou transformateurs. Les hétérotopies sont des mondes dans des mondes qui à la fois reflètent et perturbent ceux qui se trouvent en dehors d'eux.

Les caractéristiques de l'État sont affectées par la connexion avec les monnaies numériques. Les systèmes sociaux créent leurs propres limites et sont maintenus en vie conformément à leur logique interne, qui ne découle pas de l'environnement du système. Ainsi, les systèmes sociaux sont opérationnels et autonomes - ils interagissent avec leur environnement et il y a une augmentation générale de l'entropie, mais les systèmes individuels travaillent pour maintenir et garder leur ordre interne. Les systèmes autopoïétiques (tels que l'État, qui a la tendance à maintenir l'ordre intérieur avec un degré remarquable d'indépendance par rapport au monde extérieur) peuvent contraster avec les systèmes allopoïétiques. Le résultat est un État avec un champ d'influence fini, mais récemment perturbé par les nouvelles formes de monnaie numérique et les infrastructures correspondantes.

En général, le monde actuel est politisé, à de très rares exceptions près. Les nouveaux systèmes monétaires, tels que les crypto-monnaies, entrent dans ces exceptions, avec la tendance à les découpler de l'État.

Satoshi Nakamoto, en concevant la crypto-monnaie la plus puissante, a pratiquement envisagé un monde imaginaire peuplé d'individus qui ne se font pas confiance. (Nakamoto 2008) Selon l'idéologie de la liberté, l'un des objectifs clés était d'éviter toute autorité. La solution a été Bitcoin, une variante qui gêne toutes les infrastructures formelles actuelles.

Foucault a utilisé l'idée d'hétérotopie pour identifier des endroits où les normes et les contraintes hégémoniques ne s'appliquent pas. Il a d'abord utilisé le terme pour décrire des espaces à significations multiples, (Foucault et Miskowiec 1986) qui reflètent d'autres espaces, en identifiant différents types d'hétérotopes. La blockchain manifeste ces attributs de l'hétérotopie, au niveau numérique. La blockchain est un élément croissant du « cyberespace » déjà identifié comme une forme d'hétérotopie, (Young 1998) mais présente également des caractéristiques particulières.

Dans le système de blockchain, on trouve les catégories distinctes et opposables d'hétérotopies : centre et périphérie, intérieur et extérieur, étranger et local, etc. Dans cet espace, les « bibliothèques » et les « musées » en tant que type hétérotopique fonctionnent avec un « temps d'accumulation illimité ». (Foucault et Miskowiec 1986, 26) La blockchain fonctionne donc selon une logique similaire.

Les espaces hétérotopiques évitent les normes et les structures établies en faveur des processus alternatifs d'ordre social qui ne limitent pas l'imagination, l'altérité et la différence.

Les technologies numériques peuvent également être interprétées comme des technologies notationnelles, résultant respectivement de la notation syntaxique dans un champ de référence, une version technologisée de ce que Nelson Goodman a appelé un « système notationnel ». (Dupont 2017) Les technologies notationnelles produisent des entités abstraites au moyen de tests positifs et fiables, ou de tests constitutifs, et tests du sens socialement acceptable. De ce fait, les technologies blockchain sont efficaces dans la gestion des actifs numériques, car ils produisent des identités abstraites grâce aux performances de la notation. Les technologies numériques créent des représentations par l'abstraction des propriétés complexes des objets, puis en utilisant ces identités nouvellement formées pour contrôler et gérer les entités. Ce processus est ensuite utilisé pour contrôler et gérer des entités « réelles ». Plus récentes, ces technologies peuvent contrôler et gérer des personnes et des biens réels, en fonction de leur capacité à abstraire et à gérer les identités.

Goodman considère ainsi : « Un système est notationnel si et seulement si tous les objets qui respectent les inscriptions appartiennent à la même classe de conformité et nous pouvons, en théorie, déterminer que chaque marque appartient et que chaque objet respecte les inscriptions, d'au plus un caractère particulier ». (Goodman 1968, 156) Les codes, tels que le code binaire, le code machine et le code logiciel, sont considérés comme une forme d'écriture. Il existe un décalage

ontologique entre l'écriture alphabétique (code humain) et le code Javascript (code informatique). Mais il existe une traduction simple et fluide entre Javascript et le code binaire (apparemment le « langage » utilisé par les ordinateurs).

La technologie blockchain est un artefact de l'interaction asynchrone d'un réseau de milliers de nœuds indépendants, avec des règles simples et algorithmiques, pour réaliser une multitude de processus financiers. (Antonopoulos 2014, 177)

Ontologies

L'ontologie sociale s'intéresse à la nature du monde social, aux constituants ou aux éléments constitutifs des entités sociales en général. Certaines théories prétendent que les entités sociales sont construites à partir des états psychologiques des personnes, d'autres à partir d'actions et d'autres à partir de pratiques. D'autres théories nient même la possibilité d'établir une distinction entre social et non social. L'un des moyens de clarifier les déclarations concernant la construction d'entités sociales consiste à utiliser différentes formes de relation de survenance[2]. Un avantage de la relation de survenance est qu'elle permet d'articuler relativement facilement des distinctions importantes de manière précise. Mais il peut y avoir des lacunes bien connues dans la relation de survenance. (Fine 2001) Pour les blocs sociaux du monde social, différentes relations peuvent être discutées, en plus de la survenance, y compris l'identité, les partis, la fusion, l'agrégation, l'appartenance, la constitution et la fondation. (List et Pettit 2011)

[2] La survenance est une relation entre des ensembles de propriétés ou des ensembles de faits. On dit que X survient sur Y si et seulement si une différence de Y est nécessaire pour que toute différence en X soit possible.

Ontologies narratives

Pour Paul Ricoeur,[3] il existe un ordre et une structure de l'histoire transmis par la narration de l'histoire, sinon l'histoire serait inintelligible. Mais les événements et les faits de cette histoire narré perturbent l'ordre dominant et le réorganisent.

Ricoeur a examiné différentes formes de discours étendu, à commencer par le discours métaphorique. Le discours narratif est l'une des formes étudiées par Ricoeur (Pellauer et Dauenhauer 2002) qui configurent des concepts hétérogènes qui identifient les actions à un moment où une chose se produit non seulement après quelque chose, mais aussi à cause de quelque chose dans un conte ou une histoire peut être suivi. Il transforme les événements physiques en événements narratifs, ce qui a du sens car ils racontent ce qui se passe dans un conte ou une histoire. Les narrations sont toujours une synthèse des concepts hétérogènes qui façonnent les épisodes de l'histoire.

Dans *Time and Narrative*, Ricoeur a souligné l'importance de l'idée d'une identité narrative. (Ricoeur 1988) L'argument de Ricoeur concernant l'individualisation se poursuit par une succession d'étapes. Il part de la philosophie du langage et du problème de l'identification de la référence aux personnes en tant qu'individus eux-mêmes, pas seulement aux choses. Cela amène à considérer le sujet parlant comme un agent, en passant par la sémantique de l'action que Ricoeur

[3] Paul Ricoeur a été un philosophe français préoccupé par l'anthropologie philosophique dans la tradition de la philosophie réflexive française. Ricoeur a conclu que pour bien étudier la réalité humaine, il fallait combiner description phénoménologique et interprétation herméneutique, développant ainsi une théorie de l'interprétation qui pourrait être greffée sur la phénoménologie. Alors que le langage philosophique propose toujours ses concepts univoques, le langage utilisé en réalité est toujours polysémique, de sorte que toute utilisation du langage nécessite nécessairement une interprétation. Dans son dernier ouvrage, il a mis de plus en plus l'accent sur le fait que nous vivons dans le temps et dans l'histoire. (Pellauer et Dauenhauer 2002)

avait apprise de la philosophie analytique. Vient ensuite l'idée que le moi a une identité narrative. (Pellauer et Dauenhauer 2002)

Le paradigme narratif est une théorie de la communication conceptualisée par Walter Fisher (Fisher 1984) qui soutient que toutes les communications significatives ont lieu par le biais d'événements de narration ou de reportage. Les histoires sont plus convaincantes que les arguments. Les histoires ont le pouvoir d'inclure le début, le milieu et la fin d'un argument. (Rowland 1988)

La rationalité narrative exige cohérence et fidélité. (Dainton et Zelley 2011) La cohérence narrative est le degré de pertinence d'une histoire. La fidélité narrative est la mesure dans laquelle une histoire entre dans le cadre de la compréhension antérieure de l'observateur. Le paradigme narratif est généralement considéré comme une théorie interprétative de la communication. (Spector-Mersel 2010)

Wessel Reijers et Mark Coeckelbergh décrivent ontologiquement la technologie en référence à la chaîne numérique en pleine croissance, qui contient des enregistrements de transaction. (Reijers et Coeckelbergh 2018) La blockchain est constituée du code de programmation sous forme d'une séquence de symboles pouvant être lus par des dispositifs informatiques. Ce code a une dimension humaine et socio-institutionnelle importante. John Searle propose une théorie ontologique de la réalité sociale qui explique la similitude entre le droit et le code de programmation, en indiquant leur origine linguistique. L'origine de certains phénomènes artificiels, appelés faits institutionnels, remonte à des entités linguistiques appelées déclarations de fonctions d'état. (Searle 2010, 13) L'acte linguistique de l'accord (acte de parole) crée une nouvelle réalité: (Searle 2006, 69) Il offre à la partie convenue un nouvel ensemble de droits et de devoirs

numériques, les règles de comportement définissant l'ontologie de l'environnement informatique respectif. (Reijers et Coeckelbergh 2018)

Les déclarations concernant les fonctions de l'État incluent à la fois des problèmes internes (aspects linguistiques, phrases) et des aspects illocutoires (aspects extralinguistiques : états intentionnels tels que croyances et désirs). Ainsi, si nous déclarons quelque chose, nous pouvons créer une réalité ontologique tant que nous voulons que cela se produise. (Searle 2006, 112)

Dans le cas de la technologie blockchain, l'acte individuel consistant à échanger une quantité de crypto-monnaie dépend de l'intentionnalité collective qui va jusqu'à la validité de cet acte, ce qui nécessite un consensus collectif pour faire fonctionner le système. (Nakamoto 2008, 8)

Wessel Reijers et Mark Coeckelbergh examinent les théories post-phénoménologiques de la philosophie de la technologie concernant le rôle de la médiation technologique et des études sociales de la science et de la technologie (cartographie des réseaux de groupes sociaux ou d'acteurs humains et non humains) afin d'analyser la technologie blockchain en conceptualisant le type de relation qu'il constitue entre le sujet et son monde. Ainsi, le développement de technologies telles que Bitcoin indique une politique comprise comme une interaction entre les discours sociaux et les imaginaires sociaux.

Il existe différents points de vue philosophiques sur la manière dont la signification ontologique de la narration peut contribuer à notre compréhension du monde social et à la manière dont la réalité sociale est modelée. Certains chercheurs considèrent que la narration est une capacité cognitive instrumentale ou un instrument linguistique, tandis que d'autres considèrent qu'il s'agit d'une catégorie ontologique liée à la situation des gens dans le monde, (Meretoja 2014, 89) ou encore que la vie humaine elle-même a un caractère narratif. (MacIntyre 2007, 114) Il existe

une autre division théorique concernant le rôle de la narration entre une tradition empirique dénonçant la narration en tant que concept philosophique fondamental (Strawson 2004) et une tradition herméneutique rejetant l'idée d'expérience immédiate des narrations et affirmant que toutes les représentations du monde social humain sont médiatisés par une interprétation linguistique humaine, (Taylor 1971, 4) que la subjectivité est toujours médiatisée par le langage, les signes, les symboles et les textes. (Meretoja 2014, 96) Ainsi, la narration devrait être comprise comme un aspect ontologique fondamental de la réalité sociale humaine.

L'ontologie narrative peut être utilisée pour étudier différents aspects de notre monde social. Ricoeur caractérise les narrations comme des phénomènes culturels et explique pourquoi les narrations peuvent façonner notre réalité sociale : parce qu'elles configurent des portions narratives qui rétablissent des événements sociaux, (Borisenkova 2010, 93) et ainsi renouvellent notre réalité sociale. Organiser la structure narrative nous aide à comprendre le monde social mais, en même temps, comprendre le monde social est à la base de toute nouvelle structure narrative.

David Kaplan a établi un lien entre le travail de Ricoeur et la philosophie de la technologie. Il suggère que la méthode herméneutique de Ricoeur, ainsi que l'analyse du cercle herméneutique entre l'expérience humaine et la narration, pourraient être fructueuses dans les discussions sur la technologie, (Kaplan 2006, 43-44) car ces éléments peuvent enrichir l'analyse de la médiation technologique en incluant les notions de médiation linguistique et sociale.

La technologie blockchain et les technologies monétaires basées sur la technologie narrative n'organisent pas les personnes et n'interagissent directement entre elles, mais plutôt des quasi-caractères (par exemple des adresses, des centres d'échange) et des quasi-événements (par exemple des transactions) dans quasi-parcelles (par exemple, exploitation minière d'un bloc). (Ricoeur 1990, 181)

Ontologies d'entreprise

L'ontologie d'entreprise établit une distinction claire entre le niveau de données, le niveau d'information et le niveau essentiel des transactions blockchain et des contrats intelligents. La méthodologie OntoClean (Guarino 1998) développée par Nicola Guarino et Chris Welty (Guarino, Oberle, et Staab 2009) analyse des ontologies basées sur des propriétés formelles, indépendantes des domaines (méta-propriétés), constituant la première tentative de formalisation des concepts d'analyse ontologique pour des systèmes informatiques. Les notions sont extraites de l'ontologie philosophique. Dans le Web sémantique, une propriété est une relation binaire. La distinction entre propriété et classe est subtile. Ainsi, une méta-propriété est une propriété d'une propriété ou d'une classe.

L'identité est fondamentale pour les ontologies des systèmes informatiques, y compris la modélisation conceptuelle de la base de données. Dans OntoClean, les critères d'identité sont associés à, ou portés par, certaines classes d'entités, appelées sortals. Un sortal est une classe dont les instances sont identifiées de la même manière. Les critères d'identification et de les sortals sont intuitivement destinés à répondre à la manière linguistique d'associer l'identité à certaines classes.

La conception de l'ontologie n'a de sens que lorsque le concepteur et le public ont une compréhension de base, mais fondamentale, du sujet de l'analyse, la blockchain. La blockchain se présente sous trois formes : publique, privée ou hybride. (Buterin 2015)

Outre la perspective des systèmes informatiques, l'ontologie de la blockchain doit également faire référence aux opérations et processus métier des entreprises adoptives potentielles. L'ontologie d'entreprise propose un ensemble de termes et de définitions pertinents du langage naturel. Les exemples bien connus de cadres ontologiques d'entreprises sont TOVE, EO et DEMO.

TOVE, l'acronyme du projet *TOronto Virtual Enterprise*, est un projet de développement d'un cadre ontologique d'intégration d'entreprise basé sur et adapté à la modélisation d'entreprise. (Totland 1997) Les objectifs initiaux du projet étaient : (M.S. Fox 1992)

- Créer une représentation ou une ontologie partagée de l'entreprise que chaque agent de l'entreprise distribuée peut comprendre et utiliser
- Définir le sens de chaque description ou sémantique
- Implémenter la sémantique dans un ensemble d'axiomes permettant à TOVE de déduire automatiquement la réponse à de nombreuses questions « de bon sens » concernant l'entreprise, et
- Définir un symbole pour représenter un concept dans un contexte graphique.

Le projet vise à développer un ensemble d'ontologies intégrées pour la modélisation d'entreprise. Selon Ted Williams, le modèle est multi-niveau, couvrant des couches conceptuelles génériques, et applications. Les couches génériques et les applications sont également stratifiées et composées de micro-théories couvrant, par exemple, les activités, le temps, les ressources, les contraintes, etc., au niveau générique.

Les modèles d'entreprise TOVE sont présentés par Fox et al. en tant qu'approche d'ingénierie du savoir de deuxième génération. Une approche de l'ingénierie des connaissances de première génération « tire les règles des experts, tandis que la deuxième génération est l'ingénierie ontologique : elle développe des ontologies complètes pour tous les aspects d'une organisation qu'elle juge nécessaires (le besoin est décidé en fonction des exigences de compétence du modèle, les questions auxquelles le modèle devra répondre, soit par recherche ordinaire, soit par déduction). L'arrière-plan de TOVE est clairement l'ingénierie des connaissances et, dans une certaine mesure, l'intégration de l'ordinateur de production. » (M.S. Fox 1992)

Jan Dietz a mis au point dans les années 1980 une méthodologie de modélisation d'entreprise pour les transactions, ainsi que l'analyse et la représentation des processus métiers, qui fournit une compréhension cohérente de la communication, de l'information, de l'action et de l'organisation, et il est inspirée de la perspective langage/action introduite dans le domaine de l'informatique et de la conception de systèmes informatiques par Fernando Flores et Terry Winograd dans les années 1980 : (Flores et al. 1988) Méthodologie de la conception et de l'ingénierie pour les organisations (Design & Engineering Methodology for Organizations - DEMO). (J. L. G. Dietz 2001)

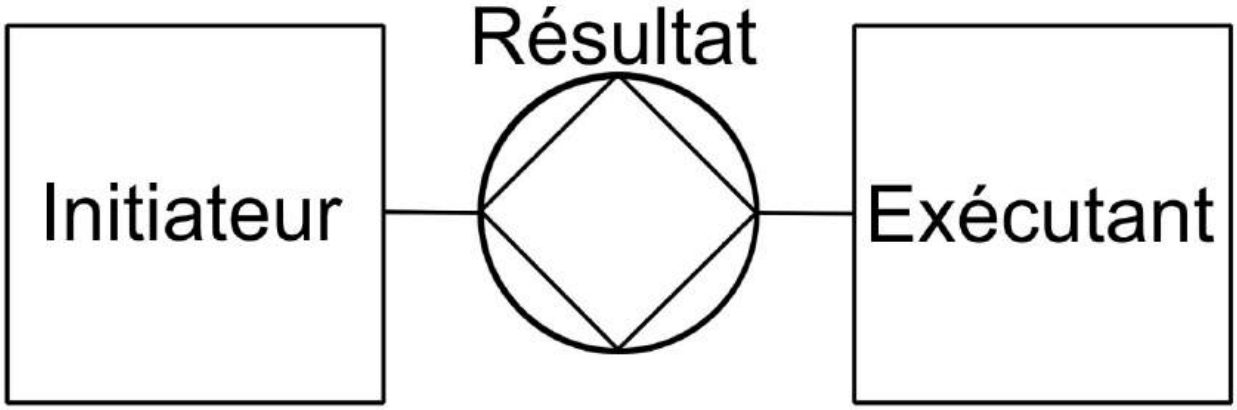

Fig. 2. Le schéma du principe d'une transaction DEMO entre deux acteurs, avec le résultat correspondant.

DEMO est basé sur des axiomes spécifiés explicitement caractérisés par une méthodologie de modélisation rigide (Van Nuffel, Mulder, et Van Kervel 2009) et se concentre sur la construction et l'exploitation d'un système plutôt que sur le comportement fonctionnel. Il souligne l'importance de choisir le niveau d'abstraction le plus efficace lors du développement du système informatique afin d'établir une séparation claire des préoccupations. (Nian et Chuen 2015) Parce que DEMO s'est avéré être une méthodologie utile pour formaliser des systèmes ambigus, incohérents ou incomplets, en particulier lorsqu'il s'agit de réduire la complexité de la

modélisation, (Wang, Albani, et Barjis 2011) peuvent être utilisés l'ontologie d'entreprise et DEMO pour décrire l'ontologie blockchain d'un point de vue statistique, infologique et essentiel. (de Kruijff et Weigand 2017)

La méthodologie offre une compréhension cohérente de la communication, de l'information, de l'action et de l'organisation, basée sur les principes suivants : (J. Dietz 1996)

- L'essence d'une organisation est qu'elle se compose de personnes dotées du pouvoir et de la responsabilité d'agir et de négocier
- La modélisation des processus métier et des systèmes d'information est une activité rationnelle qui conduit à l'uniformité
- Les modèles de protection des informations devraient être destinés à toutes les personnes intéressées
- Les informations doivent correspondre à leurs utilisateurs.

Ce concept s'est révélé être un nouveau paradigme de base pour la conception de systèmes informatiques, mettant en évidence ce que les gens font en communiquant, la réalité à travers le langage et comment la communication apporte une coordination à leurs activités. (Dignum et Dietz 1997)

DEMO est liée à la méthode d'analyse des informations en langage naturel (NIAM) développée par Shir Nijssen (Aaldijk et Vermeulen 2001) et à la modélisation objet (ORM) (J. L. G. Dietz et Halpin 2004) développées par Terry Halpin.

Le modèle ontologique d'une entreprise dans DEMO est constitué d'un ensemble intégré de quatre modèles d'aspect, chacun ayant une vision spécifique de l'entreprise :

- Modèle de construction (CM): composition, environnement, structure d'interaction et structure intersectionnelle

- Modèle de processus (PM): l'espace d'états et l'espace de transition de son monde de coordination
- Modèle d'action (AM): ensemble de règles d'action; et
- Modèle factuel (FM): l'espace d'états et l'espace de transition de son monde de production.

Une évolution importante dans l'histoire des bases de données a été la séparation des options d'implémentation du modèle conceptuel de la base de données (principe de l'indépendance des données). Une séparation similaire est très nécessaire pour le domaine blockchain. On peut adopter l'axiome de distinction de l'ontologie de l'entreprise comme base ontologique de cette séparation. (de Kruijff et Weigand 2017)

L'axiome de distinction de l'ontologie de l'entreprise distingue trois capacités humaines fondamentales : la performance, performa, informa et forma. (J. L. G. Dietz 2006) La compétence forma se réfère à des aspects de la forme de la communication et de l'information. Les actes de production au niveau forma sont de nature datalogique: ils stockent, transmettent, copient, détruisent, etc., des données. Informa fait référence aux aspects de contenu de la communication et de l'information. Les actes de production au niveau forma sont de nature infologique, ce qui signifie qu'ils reproduisent, déduisent, raisonnent, calculent, etc., en obtenant une abstraction de l'aspect de forma. Performa fait référence à apporter de nouvelles choses, originales, directement ou indirectement par le biais de la communication. Les actes de communication au niveau de performa sont liés à l'évocation ou à l'évaluation de l'engagement ; ces actes de communication sont réalisés au niveau informa par le biais des messages à contenu propositionnel.

Après les trois compétences, nous distinguons trois couches ontologiques : datalogique (décrit les transactions de blockchain au niveau technique en termes de blocs et de code), une abstraction infologique (pour décrire les transactions de blockchain en tant qu'effet d'un système

de registre ouvert (immuable)), et essentiel (pour décrire la signification économique des transactions dans les infologiques.) Le niveau de données est le niveau de structure et de manipulation des données, en utilisant les taxonomies identifiées dans les crypto-monnaies, (Glaser et Bezzenberger 2015) la recherche sur la blockchain, (Christidis et Devetsikiotis 2016) les technologies blockchain et les fournisseurs de cloud. (Gray 2016)

Object Management Group Unified Modeling Language (UML), avec Object Constraint Language (OCL), (Purvis et Cranefield 1999) est considéré par Joost de Kruijff et Hans Weigand comme le meilleur choix pour l'ontologie de la blockchain.(de Kruijff et Weigand 2017) OCL est un langage déclaratif qui décrit les règles applicables aux modèles UML et fait partie du standard UML. Initialement, OCL n'était qu'une extension du langage de spécification formelle pour UML. (Object Management Group 2000) Maintenant, OCL peut être utilisé avec n'importe quel méta-modèle. (Object Management Group 2006) OCL est un langage précis du texte qui propose des expressions de contrainte et des objets de requête sur tout modèle ou méta-modèle spécifique qui ne peut pas être exprimé autrement par une notation schématique. OCL est un élément clé de la nouvelle recommandation de transformation de modèle standard.

OCL est une méthode d'analyse et de conception orientée vers les objets de deuxième génération. Les instructions OCL sont construites en quatre parties :

1. Un contexte qui définit la situation limitée dans laquelle la déclaration est valide
2. Propriété qui représente certaines caractéristiques du contexte (par exemple, si le contexte est une classe, une propriété peut être un attribut)
3. Une opération (par exemple, une arithmétique orientée ensemble) qui manipule ou qualifie une propriété, et

4. Mots-clés (par exemple, si, sinon, et, ou non, implique) utilisés pour spécifier des expressions conditionnelles.

Joost de Kruijff utilise OCL pour l'ontologie blockchain : (de Kruijff et Weigand 2017)

- Acteur : un identifiant virtuel pour toute personne ou organisation possédant un portefeuille.
- Portefeuille : lance des transactions sur la blockchain et reçoit le résultat de la transaction.
- Transaction : demande aux nœuds contenant une entrée, une somme et une sortie ou des données personnalisées.
- Nœud : entité de réseau qui ajoute (transactions publiques) ou valide (transactions hybrides ou privées), puis les ajoute dans un bloc avec un hachage unique. Les nœuds reçoivent des récompenses pour chaque transaction réussie ajoutée au bloc.
- Mineur : nœud anonyme (un serveur, par exemple) qui manipule de manière cryptographique une transaction publique valide à l'aide d'un mécanisme spécifique.
- Exploitation minière : mécanisme d'exploitation minière permettant d'effectuer des transactions dans des blocs publics.
- Validateur : nœud non public qui valide des transactions hybrides ou privées en fonction de mécanismes spécifiques.
- Validation : mécanisme de validation des transactions dans des blocs non publics.
- Bloc : un conteneur de transaction avec un en-tête cryptographique unique.
- Oncle : un bloc très proche d'être le « bon » oncle dans la blockchain.
- Cousin : Un bloc très proche d'être le « bon » oncle dans la blockchain.
- Durée : Permet l'interaction sécurisée et la communication entre les middlewares et le cloud.

- Middleware : logiciel permettant à des tiers d'interagir avec des enregistrements de blocs pour fournir des services.

Le portefeuille, la transaction et le nœud sont au cœur de cette ontologie.

Dans la taxonomie de la structure ontologique d'une chaîne, Joost de Kruijff et Hans Weigand distinguent les objets suivants : (de Kruijff et Weigand 2017)

- Chaîne : une combinaison de blocs
- Chaîne principale : contient les en-têtes de bloc de tous les blocs signés numériquement et contient des enregistrements valides de la propriété qui sont irréversibles.
- Blockchain : chaîne principale implémentée sous le code à barres Bitcoin
- Altchain : chaîne principale mise en œuvre conformément à une base de données alternative.
- Sidechain : chaîne permettant de transférer des actifs dans la chaîne principale et inversement.
- Drivechain : chaîne latérale offrant une route à double sens permettant le transfert d'une crypto-monnaie d'un réseau de base à un autre réseau nécessitant peu de dépendance de tiers (Lerner 2016)
- Chaîne latérale bifurquée : chaîne latérale permettant le transfert d'actifs entre plusieurs grandes chaînes. (Back et al. 2014)

Langefors a distingué entre l'information (en tant que connaissance) et les données (en tant que représentation), (Goldkuhl 1995) créant ainsi un nouveau domaine de l'ingénierie des connaissance appelé infologie, destiné à l'administration de structures complexes. (J. L. G. Dietz 2006) La blockchain en tant que « registre distribué » est une caractérisation infologique. Un registre est constitué de comptes. Les transactions doivent être conformes aux règles

commerciales. Une règle axiomatique dans la blockchain est que pour chaque transaction, l'entrée est égale à la sortie (débit = crédit).

Les comptes ne se limitent pas à un solde ou à un montant en devise étrangère (cryptomonnaie), ils peuvent également faire référence à d'autres types d'actions. (de Kruijff et Weigand 2017)

- Registre : gère une liste toujours croissante d'enregistrements de transaction avec des enregistrements temporaires, connectés à un bloc défini au niveau des données.
- Compte : envoyer et recevoir la valeur vers et depuis une transaction
- Objet : un stock personnalisé ou une demande (type) négociée par un compte via une transaction.
- Transaction : entrées et sorties entre comptes.
- Journal : une liste des transactions
- Règles de négociation : les contrats intelligents (niveau essentiel) sont imposés par des règles d'engagement mises en œuvre sous forme de code de blocage.

Le niveau essentiel ou métier fait référence à ce qui est créé directement ou indirectement par la communication. (de Kruijff et Weigand 2017) Dans la perspective langage / action (Narayanan et al. 2016), la notion clé de la communication est l'engagement en tant que relation sociale basée sur une compréhension commune de ce qui est juste et vrai, un changement de la réalité sociale.

L'ontologie d'entreprise n'est pas spécifique au contenu du changement. Pour cette raison, il est combiné à l'ontologie métier Ressources, Événements, Agents (REA) (Huňka et Zacek 2015) proposée à l'origine en 1982 par William E. McCarthy en tant que modèle de comptabilité généralisée. (McCarthy 1982) REA peut également apporter une valeur ajoutée lors de la mise en

forme des processus opérationnels ERP actuels, en fournissant un outil qui améliore la compréhension de la mise en œuvre et du modèle de base. (Fallon et Polovina 1982)

REA considère le système de comptabilité comme une représentation virtuelle de l'entreprise réelle. REA est une ontologie, les objets réels inclus dans le modèle REA sont :

- Ressources : biens, services ou argent
- Événements : transactions commerciales ou accords affectant les ressources
- Agents : personnes ou autres agents humains (autres entreprises, etc.)

La philosophie de REA est basée sur l'idée de modèles de conception réutilisables, bien que les modèles REA soient utilisés pour décrire les bases de données.

Dans la modélisation d'entreprise basée sur les ontologies, la conceptualisation est l'ensemble des ontologies nécessaires pour assurer une interprétation commune des données d'une ou de plusieurs bases de données d'entreprise courantes. En faisant l'hypothèse raisonnable que la modélisation des blocs est une forme spécialisée de modélisation entre entreprises, nous faisons en sorte que le processus de modélisation fondé sur une ontologie aboutisse à un blocage amélioré de l'interprétabilité. C'est : (Kim et Laskowski 2016)

- Une approche de modélisation basée sur des ontologies informelles ou semi-formelles peut conduire à une amélioration des normes de données, ainsi que des pratiques et processus métier permettant de développer et d'exploiter des blocs.
- Une approche de modélisation basée sur des ontologies formelles peut aider l'inférence formelle et la spécification automatique dans les opérations de blockchain.

Dans l'approche formelle basée sur une ontologie, la description est très similaire à la définition des contrats intelligents en tant que « logiciel qui représente un arrangement commercial et qui s'exécute automatiquement dans des conditions prédéterminées ». (The Economist 2016)

Le modèle REA développé par Bill McCarthy (McCarthy 1982) peut être considéré comme une ontologie de domaine pour la comptabilité. (de Kruijff et Weigand 2017) REA hérite de la nature des flux de stock comptables, mais élève la structure syntaxique des comptes à un niveau sémantique de ressources et d'événements.

La perspective comptable est appropriée dans le contexte de la blockchain. Étant donné que la transaction blockchain fait référence à des événements qui entraînent des changements dans la réalité économique, la REA est perçue comme étant plus appropriée pour une analyse au niveau essentiel que DEMO, qui est plus appropriée pour coordonner ces événements, ce qui est moins important pour la blockchain.

- Agent : personne ou organisation qui contrôle les ressources et peut initier une transaction ou un engagement.
- Ressource : Un bien ayant une certaine valeur économique contrôlée par un agent.
- Evénement de stock : offre ou réception d'une ressource.
- Transaction : processus qui modifie la réalité économique (échange ou conversion) et qui consiste en événements de croissance et de réduction du stock.
- Échange économique : Une transaction qui change la réalité économique à travers l'échange.
- Conversion économique : une transaction qui modifie la réalité économique grâce à la conversion.
- Engagement : promesses d'événements de flux de stock futurs qui sont remplies avec l'exécution de ces événements.
- Contrat intelligent : contrat dans lequel l'exécution de l'engagement est réalisée en totalité ou en partie automatiquement. (de Kruijff et Weigand 2017)

REA inclut également la notion de contrat comme un ensemble d'engagements mutuels, par le biais de transactions, ainsi que d'engagements. Une particularité d'un contrat intelligent (introduit à l'origine par Nick Szabo) est qu'au moins une partie des engagements est exécutée automatiquement. (Szabo 1997) Les transactions sont effectuées avec un ensemble de transactions. Des engagements sont également réalisés par le biais de transactions infologiques. L'accomplissement est réalisé par un transfert du compte de type engagement.

En se référant aux processus REA, on peut dire que la planification (création d'un contrat intelligent) et l'allocation de ressources d'entrée (événements de sortie) se matérialisent sur la blockchain, tandis que l'exécution du contrat par échange et conversion (dans une moindre mesure) déclenche les ressources de sortie (événements d'entrée) pouvant atteindre à l'extérieur de la blockchain, même pour des entités physiques, telles que, par exemple, des périphériques IdO. (de Kruijff et Weigand 2017)

Conclusions

Les technologies blockchain ont un statut ontologique spécifique aux technologies web émergentes, offrant de nouvelles perspectives par rapport à ce que nous savons être la réalité. Les technologies blockchain ne fonctionnent pas de manière autonome et discrète, mais sont interconnectées avec de nombreux autres aspects de nos conceptions de la réalité, à la fois physiquement et virtuellement. Les technologies blockchain étendent les aspects de notre existence et de notre capacité à modéliser et à créer la réalité. Il s'avère que la blockchain n'est pas seulement une nouvelle technologie, mais même un nouveau type de technologie, qui peut être un moyen innovant et fondamental de configurer la réalité.

La première étape de l'adoption de la technologie a été l'industrie financière, par le biais du trading de crypto-monnaie bitcoin. Mais les paiements mondiaux ne représentent qu'une fraction

des cas d'utilisation mondiaux dans le secteur financier. Les technologies blockchain peuvent ouvrir une nouvelle ère dans le développement des transactions informatiques et financières, affectant d'autres domaines tels que l'IdO, l'électronique grand public, les assurances, l'industrie énergétique, la logistique, les transports, les médias, les communications, le divertissement, les soins de santé, l'automatisation et la robotique, etc. La technologie blockchain permettra une évolution de plus haut niveau du concept IdO. Tapscott et Tapscott soutiennent que ce nouvel Internet des objets (IdO) aura besoin d'un Registre des objets et d'un système de traitement numérique pouvant être fourni par la cryptographie blockchain. (Tapscott et Tapscott 2016) En combinant le partage de fichiers peer-to-peer BitTorrent avec la cryptographie à clé publique, la technologie blockchain peut également être utilisée pour enregistrer presque tout ce qui peut être exprimé en code: certificats de naissance et de décès, permis de mariage, titres de propriété, comptes financiers, dossiers médicaux, votes, dossiers de provenance, etc.

Actuellement, une initiative de gouvernance de la blockchain 2.0 utilise la technologie pour permettre aux réfugiés en Europe de créer des identités numériques qui peuvent être utilisées pour s'identifier cryptographiquement et pour leurs familles et pour recevoir et dépenser de l'argent sans compte bancaire. (K. Morris 2015) Swan prévoit une étape « Blockchain 3.0 » dans laquelle la technologie blockchain sera appliquée dans d'autres domaines tels que la santé, l'alphabétisation, la culture et l'art. (Swan 2015, 55–78)

La philosophie de la blockchain est encore au début de la route. Elle devra s'appuyer à l'avenir sur une théorie explicative et robuste d'un point de vue phénoménologique, cohérente et permettant la testabilité. Les efforts peuvent être concentrés sur les aspects ontologiques et épistémologiques, à travers une compréhension des dimensions conceptuelles, théoriques et

fondamentales de la technologie, sur la base desquelles de nouveaux domaines d'investigation - technologiques, économiques-financiers et politiques - seront développés.

En utilisant le cadre conceptuel des technologies narratives, Wessel Reijers et Mark Coeckelbergh sont arrivés à la conclusion que les technologies blockchain façonnent activement notre compréhension de la réalité sociale, configurent des structures narratives qui s'abstiennent de la sphère d'action et façonnent les distances entre les récits de second ordre sur la technologie et les narration de premier ordre découlant de la configuration active de la technologie (Reijers et Coeckelbergh 2018) avec des implications potentielles et des contributions normatives, éthiques et politiques, à la fois positives et négatives.

Dans le cas de l'utilisation des ontologies d'entreprise, il a été démontré qu'une transaction blockchain, indépendamment de son écosystème et de sa complexité cryptographique au niveau des données, présente d'importantes similitudes conceptuelles infologiques et essentielles avec les transactions économiques traditionnelles. En plus de la vérification officielle à l'aide d'ontologies de pointe, telles que DOLCE, une validation supplémentaire peut être effectuée avec des applications, ainsi qu'en mappant sur différentes implémentations des blockchain existantes. (de Kruijff et Weigand 2017) Une prochaine étape importante consiste à comprendre et à formaliser les interactions entre les réseaux, les chaînes latérales et les chaînes hors ligne dans les domaines public, privé et hybride (zonage des blocs).

Actuellement, il n'y a pas une ontologie formelle de la blockchain, nécessaire pour une adoption et une compatibilité mondiale, pour développer des solutions transversales et fournir des solutions rentables. L'ontologie blockchain décompose les blocs en composants fonctionnels ou logiques individuels et identifie les possibilités permettant de concevoir, d'implémenter et de mesurer les performances des différentes architectures de blocs.

Toutes ces possibilités suggèrent un nouveau monde que nous devons comprendre, une tâche dans laquelle la philosophie pourrait aider en fournissant un cadre conceptuel sur la façon de procéder à cet égard.

Bibliographie

Aaldijk, Rob, et Erik Vermeulen. 2001. « Modelleren van organisaties -- nieuwe methoden en technieken leiden tot beter inzicht. » http://api.ning.com/files/rgM-chfmWQA57MkWjSFxZ7XWLp0A7Ywf0KgaZUNxl0O1OMj*TRFOkPpXb7-Kj7nNa7YRcC-jXrY6w4gl0JkcWvxytMNf9aB2/Aaldijk.pdf.

Allison, Ian. 2015. « Decentralised Government Project Bitnation Offers Refugees Blockchain IDs and Bitcoin Debit Cards ». International Business Times UK. 2015. https://www.ibtimes.co.uk/decentralised-government-project-bitnation-offers-refugees-blockchain-ids-bitcoin-debit-cards-1526547.

Antonopoulos, Andreas M. 2014. *Mastering Bitcoin: Unlocking Digital Cryptocurrencies*. 1 edition. Sebastopol CA: O'Reilly Media.

Aste, Tomaso, Paolo Tasca, et Tiziana di Matteo. 2017. « Blockchain Technologies: The Foreseeable Impact on Society and Industry ». *Computer* 50: 18-28. https://doi.org/10.1109/MC.2017.3571064.

Back, Sidechains Adam, Matt Corallo, Luke Dashjr, Mark Friedenbach, Gregory Maxwell, Andrew Miller, Andrew Poelstra, et Jorge Timón. 2014. « Enabling Blockchain Innovations with Pegged ». In .

Berners-Lee, Tim. 2000. *Weaving the Web: The Original Design and Ultimate Destiny of the World Wide Web*. HarperCollins.

———. 2004. « Semantic Web ». ResearchGate. 2004. https://www.researchgate.net/publication/307845029_Tim_Berners-Lee's_Semantic_Web.

Bhaskar, Nirupama Devi, et David LEE Kuo Chuen. 2015. « Bitcoin Mining Technology ». In *Handbook of Digital Currency*, édité par David Lee Kuo Chuen, 45-65. San Diego: Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802117-0.00003-5.

Böhme, Rainer, Christin Nicolas, Edelman Benjamin, et Tyler Moore. 2015. « Bitcoin: Economics, Technology, and Governance ». https://pubs.aeaweb.org/doi/pdfplus/10.1257/jep.29.2.213.

Borisenkova, Anna. 2010. « Narrative Refiguration of Social Events: Paul Ricoeur's Contribution to Rethinking the Social ». *Études Ricoeuriennes / Ricoeur Studies* 1 (1): 87-98. https://doi.org/10.5195/errs.2010.37.

Brito, Jerry, et Andrea Castillo. 2016. *Bitcoin: A Primer for Policymakers*. 2 edition. Arlington, Virginia: Mercatus Center at George Mason University.

Buterin, Vitalik. 2015. « On Public and Private Blockchains ». 2015. https://blog.ethereum.org/2015/08/07/on-public-and-private-blockchains/.

Christidis, K., et M. Devetsikiotis. 2016. « Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things ». *IEEE Access* 4: 2292-2303. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2016.2566339.

Dainton, Marianne, et Elaine D Zelley. 2011. *Applying Communication Theory for Professional Life: A Practical Introduction*. Thousand Oaks, Calif.: SAGE Publications.

D-Cent. 2015. « Tools for Democratic Participation and Citizen Empowerment ». https://dcentproject.eu/wp-content/uploads/2015/10/publishable-summary-10-2015-for-web.pdf.

Department Of Defense (DOD) Records Management (RM). 1995. « Reader's Guide to IDEF0 Function Models ». https://www.archives.gov/files/era/pdf/rmsc-19951006-dod-rm-function-and-information-models.pdf.

Dietz, Jan. 1996. « Introductie tot DEMO ». http://www.fredvroom.nl/Downloads/Introductie%20tot%20DEMO%20-%20Prof.%20Dr.%20Ir.%20J.L.G.%20Dietz.pdf.

Dietz, Jan L. G. 2001. « DEMO: Towards a discipline of organisation engineering ». *European Journal of Operational Research* 128: 351-63. https://doi.org/10.1016/S0377-2217(00)00077-1.

———. 2006. *Enterprise Ontology: Theory and Methodology*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. //www.springer.com/la/book/9783540291695.

Dietz, Jan L. G., et Terry A. Halpin. 2004. « Using DEMO and ORM in Concert: A Case Study ». In *Advanced Topics in Database Research, Vol. 3*. https://doi.org/10.4018/978-1-59140-255-8.ch011.

Dignum, Frank, et Jan Dietz. 1997. « Communication Modeling, The Language/Action Perspective. Second International Workshop on Communication Modeling ». https://pdfs.semanticscholar.org/7dd5/7b8af197433f295ef553f88e3b361b1a383e.pdf.

Dupont, Quinn. 2017. « Blockchain Identities: Notational Technologies for Control and Management of Abstracted Entities ». 2017. https://philarchive.org.

Enderton, Herbert. 2001. « A Mathematical Introduction to Logic - 2nd Edition ». 2001. https://www.elsevier.com/books/a-mathematical-introduction-to-logic/enderton/978-0-08-049646-7.

Fallon, Richard, et Simon Polovina. 1982. « REA analysis of SAP HCM; some initial findings ». http://ceur-ws.org/Vol-1040/paper4.pdf.

Feilmayr, Christina, et Wolfram Wöß. 2016. « An analysis of ontologies and their success factors for application to business ». *Data & Knowledge Engineering* 101: 1-23. https://doi.org/10.1016/j.datak.2015.11.003.

Fine, Kit. 2001. « The Question of Realism ». *Philosophers' Imprint* 1: 1–30.

Fisher, Walter R. 1984. « Narration as a human communication paradigm: The case of public moral argument ». *Communication Monographs* 51 (1): 1-22. https://doi.org/10.1080/03637758409390180.

Flores, Fernando, Michael Graves, Brad Hartfield, et Terry Winograd. 1988. « Computer Systems and the Design of Organizational Interaction ». *ACM Trans. Inf. Syst.* 6 (2): 153–172. https://doi.org/10.1145/45941.45943.

Foucault, Michel, et Jay Miskowiec. 1986. « Of Other Spaces ». *Diacritics* 16 (1): 22-27. https://doi.org/10.2307/464648.

Fox, Mark Stephen, et Michael Grüninger. 1998. « Enterprise Modeling ». ResearchGate. 1998. https://www.researchgate.net/publication/220604924_Enterprise_Modeling.

Fox, M.S. 1992. « The TOVE Project: Towards A Common-sense Model of the Enterprise ». http://www.eil.utoronto.ca/wp-content/uploads/enterprise-modelling/papers/fox-tove-uofttr92.pdf.

Gervais, Arthur, Ghassan Karame, et Vedran Capkun. 2015. « Is Bitcoin a Decentralized Currency? » ResearchGate. 2015. https://www.researchgate.net/publication/270802537_Is_Bitcoin_a_Decentralized_Currency.

Glaser, Florian, et Luis Bezzenberger. 2015. « Beyond Cryptocurrencies - A Taxonomy of Decentralized Consensus Systems ». *Proceedings of the 23rd European Conference on Information Systems, ECIS 2015, Münster, Germany, May 26-29*. https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000073771.

Goldkuhl, Goran. 1995. « Information as Action and Communication, The Infological Equation ». http://www.vits.org/publikationer/dokument/145.pdf.
Goodman, Nelson. 1968. *Languages of Art*. Bobbs-Merrill.
Gray, Marley. 2016. « Introducing Project Bletchley and Elements of Blockchain Born in the Microsoft Cloud ». 2016. https://azure.microsoft.com/en-us/blog/bletchley-blockchain/.
Gruber, Thomas. 1994. « Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing ». ResearchGate. 1994. https://www.researchgate.net/publication/2626138_Toward_Principles_for_the_Design_of_Ontologies_Used_for_Knowledge_Sharing.
Gruber, Tom. 1992. « What is an Ontology? » 1992. http://www-ksl.stanford.edu/kst/what-is-an-ontology.html.
———. 1993. « A Translation Approach to Portable Ontology Specifications ». 1993. http://tomgruber.org/writing/ontolingua-kaj-1993.htm.
———. 2008. « Ontology ». 2008. http://tomgruber.org/writing/ontology-definition-2007.htm.
Guarino, Nicola. 1998. « Formal Ontology and Information Systems ». https://klevas.mif.vu.lt/~donatas/Vadovavimas/Temos/OntologiskaiTeisingasKoncepcinisModeliavimas/papildoma/Guarino98-Formal%20Ontology%20and%20Information%20Systems.pdf.
Guarino, Nicola, Daniel Oberle, et Steffen Staab. 2009. « What Is an Ontology? » ResearchGate. 2009. https://www.researchgate.net/publication/226279556_What_Is_an_Ontology.
Halpin, Harry, et Alexandre Monnin. 2014. « Philosophical Engineering: Toward a Philosophy of the Web ». Wiley.Com. 2014. https://www.wiley.com/en-ro/Philosophical+Engineering%3A+Toward+a+Philosophy+of+the+Web-p-9781118700181.
Hardjono, Thomas, Alexander Lipton, et Alex Pentland. 2018. « Towards a Design Philosophy for Interoperable Blockchain Systems ». ResearchGate. 2018. https://www.researchgate.net/publication/325168344_Towards_a_Design_Philosophy_for_Interoperable_Blockchain_Systems.
Hayek, Friedrich von. 1976. « Denationalisation of Money: The Argument Refined ». https://nakamotoinstitute.org/static/docs/denationalisation.pdf.
Huňka, František, et Jaroslav Zacek. 2015. « A New View of REA State Machine ». ResearchGate. 2015. https://www.researchgate.net/publication/277942361_A_new_view_of_REA_state_machine.
Iansiti, Marco, et Karim R. Lakhani. 2017. « The Truth About Blockchain ». *Harvard Business Review*, 2017. https://hbr.org/2017/01/the-truth-about-blockchain.
Institute for Blockchain Studies. 2016. « Blockchain Philosophy - Institute for Blockchain Studies Website ». 2016. http://blockchainstudies.org/BlockchainPhilosophy.html.
Kaplan, David M. 2006. « Paul Ricoeur and the Philosophy of Technology ». *Journal of French and Francophone Philosophy* 16 (1/2): 42-56. https://doi.org/10.5195/jffp.2006.182.
Kim, Henry M., Mark S. Fox, et Michael Gruninger. 1995. « An Ontology of Quality for Enterprise Modelling ». In , 105. IEEE Computer Society. http://dl.acm.org/citation.cfm?id=832309.837247.
Kim, Henry M., et Marek Laskowski. 2016. « Towards an Ontology-Driven Blockchain Design for Supply Chain Provenance ». *arXiv:1610.02922 [cs]*. http://arxiv.org/abs/1610.02922.

Koskinen, Minna. 2000. « Process perspectives. In: Metamodeling and method engineering ». http://users.jyu.fi/~jpt/ME2000/Me14/sld004.htm.

Kostakis, Vasilis, Michel Bauwens, et Vasilis Niaros. 2015. « Urban Reconfiguration after the Emergence of Peer-to-Peer Infrastructure: Four Future Scenarios with an Impact on Smart Cities ». In *Smart Cities as Democratic Ecologies*, édité par Daniel Araya, 116-24. London: Palgrave Macmillan UK. https://doi.org/10.1057/9781137377203_8.

Kostakis, Vasilis, et Chris Giotitsas. 2014. « The (A)Political Economy of Bitcoin ». ResearchGate. 2014. https://www.researchgate.net/publication/287241993_The_APolitical_Economy_of_Bitcoin.

Kroll, Joshua A., Ian C. Davey, et Edward W. Felten. 2013. « The Economics of Bitcoin Mining , or Bitcoin in the Presence of Adversaries ». In .

Kruijff, Joost de, et Hans Weigand. 2017. « Understanding the Blockchain Using Enterprise Ontology ». Springerprofessional.De. 2017. https://www.springerprofessional.de/en/understanding-the-blockchain-using-enterprise-ontology/12328482.

Lakoff, Johnson, et Mark Johnson. 2003. « Metaphors We Live ». 2003. https://www.press.uchicago.edu/ucp/books/book/chicago/M/bo3637992.html.

Leondes, Cornelius T., et Richard Henry Frymuth Jackson. 1992. *Manufacturing and Automation Systems: Techniques and Technologies*. Academic Press.

Lerner, Sergio Damian. 2016. « Drivechains, Sidechains and Hybrid 2-way peg Designs ». https://assets.ctfassets.net/sdlntm3tthp6/resource-asset-r404/622892f62ff64478171612868cfe0ec1/1d111198-09df-4d7b-bbc2-42b724378697.pdf.

List, Christian, et Philip Pettit. 2011. *Group Agency: The Possibility, Design, and Status of Corporate Agents*. Oxford University Press. http://www.oxfordscholarship.com/view/10.1093/acprof:oso/9780199591565.001.0001/acprof-9780199591565.

MacIntyre, Alasdair. 2007. *After Virtue: A Study in Moral Theory, Third Edition*. University of Notre Dame Press. https://muse.jhu.edu/book/52441.

McCarthy, William E. 1982. « The REA Accounting Model: A Generalized Framework for Accounting Systems in a Shared Data Environment ». *The Accounting Review* 57 (3): 554-78. https://www.jstor.org/stable/246878.

Meretoja, Hanna. 2014. « Narrative and Human Existence: Ontology, Epistemology, and Ethics ». *New Literary History* 45 (1): 89-109. https://doi.org/10.1353/nlh.2014.0001.

Miscione, Gianluca, et Donncha Kavanagh. 2015. « Bitcoin and the Blockchain: A Coup D'État through Digital Heterotopia? » SSRN Scholarly Paper ID 2624922. Rochester, NY: Social Science Research Network. https://papers.ssrn.com/abstract=2624922.

Morris, David Z. 2016. « Leaderless, Blockchain-Based Venture Capital Fund Raises $100 Million, And Counting ». Fortune. 2016. http://fortune.com/2016/05/15/leaderless-blockchain-vc-fund/.

Morris, Kelly. 2015. « Aiding Refugees? Yes, The Blockchain Can Do That And More ». *Huffington Post* (blog). 2015. https://www.huffingtonpost.com/melissa-jun-rowley/aiding-refugees-yes-the-b_b_8149762.html.

Nakamoto, Satoshi. 2008. « Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System ». https://bitcoin.org/bitcoin.pdf.

Narayanan, Arvind, Joseph Bonneau, Edward Felten, Andrew Miller, et Steven Goldfeder. 2016. *Bitcoin and Cryptocurrency Technologies: A Comprehensive Introduction*. Princeton University Press.

Nian, Lam Pak, et David Lee Kuo Chuen. 2015. « A Light Touch of Regulation for Virtual Currencies | Request PDF ». ResearchGate. 2015. https://www.researchgate.net/publication/286055684_A_Light_Touch_of_Regulation_for_Virtual_Currencies.

Object Management Group. 2000. « ObjectConstraintLanguage Specification ». http://homepage.divms.uiowa.edu/~tinelli/classes/5810/Spring08/Papers/OCL_1.5.pdf.

———. 2006. « Object Constraint Language - OMG Available Specification - Version 2.0 ». http://www2.imm.dtu.dk/courses/02291/files/OCL2.0_06_05_01.pdf.

Pellauer, David, et Bernard Dauenhauer. 2002. « Paul Ricoeur ». https://plato.stanford.edu/archives/win2016/entries/ricoeur/.

Popper, Nathaniel. 2017. « A Venture Fund With Plenty of Virtual Capital, but No Capitalist ». *The New York Times*, 2017, sect. Business. https://www.nytimes.com/2016/05/22/business/dealbook/crypto-ether-bitcoin-currency.html.

Purvis, Martin, et Stephen Cranefield. 1999. « UML as an Ontology Modelling Language ». https://ourarchive.otago.ac.nz/handle/10523/932.

Raval, Siraj. 2016. *Decentralized Applications: Harnessing Bitcoin's Blockchain Technology*. O'Reilly Media, Inc.

Reijers, Wessel, et Mark Coeckelbergh. 2018. « The Blockchain as a Narrative Technology: Investigating the Social Ontology and Normative Configurations of Cryptocurrencies ». *Philosophy & Technology* 31 (1): 103-30. https://doi.org/10.1007/s13347-016-0239-x.

Ricoeur, Paul. 1988. « Time and Narrative, Volume 3, Ricoeur, Blamey, Pellauer ». 1988. https://www.press.uchicago.edu/ucp/books/book/chicago/T/bo3711629.html.

———. 1990. *Time and Narrative, Volume 1*. Traduit par Kathleen McLaughlin et David Pellauer. 1 edition. Chicago, Ill.: University of Chicago Press.

Rowland, Robert C. 1988. « The value of the rational world and narrative papradigms ». *Central States Speech Journal* 39 (3-4): 204-17. https://doi.org/10.1080/10510978809363250.

Searle, John. 2006. « Social Ontology: Some Basic Principles ».

———. 2010. *Making the Social World: The Structure of Human Civilization*. Oxford University Press. http://www.oxfordscholarship.com/view/10.1093/acprof:osobl/9780195396171.001.0001/acprof-9780195396171.

Smith, Barry. 2004. « Beyond Concepts: Ontology as Reality Representation ». In *Formal Ontology in Information Systems (FOIS)*, édité par Achille C. Varzi et Laure Vieu, 1–12.

Spector-Mersel, Gabriela. 2010. « Narrative Research: Time for a Paradigm ». *Narrative Inquiry* 20 (1): 204-24. https://doi.org/10.1075/ni.20.1.10spe.

Strawson, Galen. 2004. « Against Narrativity ». *Ratio* 17 (4): 428–452.

Swan, Melanie. 2015. *Blockchain: Blueprint for a New Economy*. O'Reilly Media, Inc.

Swan, Melanie, et Primavera de Filippi. 2017. « Toward a Philosophy of Blockchain: A Symposium: Introduction ». *Metaphilosophy* 48 (5): 603–619.

Szabo, Nick. 1997. « Formalizing and Securing Relationships on Public Networks ». *First Monday* 2 (9). https://doi.org/10.5210/fm.v2i9.548.

Tapscott, Don, et Alex Tapscott. 2016. « Here's Why Blockchains Will Change the World ». Fortune. 2016. http://fortune.com/2016/05/08/why-blockchains-will-change-the-world/.
Tapscott, Don, Alex Tapscott, et Jeff Cummings. 2017. *Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin and Other Cryptocurrencies Is Changing the World*. Unabridged edition. Brilliance Audio.
Tasca, Paolo, et Claudio J. Tessone. 2017. « Taxonomy of Blockchain Technologies. Principles of Identification and Classification ». *arXiv:1708.04872 [cs]*. http://arxiv.org/abs/1708.04872.
Taylor, Charles. 1971. « Interpretation and the Sciences of Man ». *The Review of Metaphysics* 25 (1): 3-51. https://www.jstor.org/stable/20125928.
The Economist. 2015. « The great chain of being sure about things ». *The Economist*, 2015. https://www.economist.com/briefing/2015/10/31/the-great-chain-of-being-sure-about-things.
———. 2016. « Not-so-Clever Contracts ». Internet Archive. 2016. https://archive.org/details/perma_cc_QNH7-5BJZ.
———. 2018. « Bitcoin and other cryptocurrencies are useless ». *The Economist*, 2018. https://www.economist.com/leaders/2018/08/30/bitcoin-and-other-cryptocurrencies-are-useless.
Totland, Terje. 1997. « Toronto Virtual Enterprise (TOVE) ». http://www.idi.ntnu.no/grupper/su/publ/html/totland/ch0523.htm.
Trottier, Leo. (2013) 2018. *Historical repository of Satoshi Nakamoto's original bitcoin*. C++. https://github.com/trottier/original-bitcoin.
Van Nuffel, Dieter, Hans Mulder, et Steven Van Kervel. 2009. « Enhancing the Formal Foundations of BPMN by Enterprise Ontology ». In *Advances in Enterprise Engineering III*, édité par Antonia Albani, Joseph Barjis, et Jan L. G. Dietz, 115-29. Lecture Notes in Business Information Processing. Springer Berlin Heidelberg.
Vernadat, F. B. 1997. « Enterprise Modelling Languages ». In *Enterprise Engineering and Integration: Building International Consensus Proceedings of ICEIMT '97, International Conference on Enterprise Integration and Modeling Technology, Torino, Italy, October 28–30, 1997*, édité par Kurt Kosanke et James G. Nell, 212-24. Research Reports Esprit. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-60889-6_24.
Wang, Yan, Antonia Albani, et Joseph Barjis. 2011. « Transformation of DEMO Metamodel into XML Schema ». In *Advances in Enterprise Engineering V*, édité par Antonia Albani, Jan L. G. Dietz, et Jan Verelst, 46-60. Lecture Notes in Business Information Processing. Springer Berlin Heidelberg.
WEF Financial Services. 2016. « The future of financial infrastructure. An ambitious look at how blockchain can reshape financial services. Technical report, WEF, 2016. » http://www3.weforum.org/docs/WEF_The_future_of_financial_infrastructure.pdf.
Whitten, Jeffrey L., Lonnie D. Bentley, et Kevin C. Dittman. 2004. *Systems Analysis and Design Methods*. McGraw-Hill Irwin.
Wood, D. 2014. « Ethereum: a Secure Decentralised Generalised Transaction Ledger ». In .
Young, Sherman. 1998. « 'Of Cyber Spaces: The Internet & Heterotopias ». 1998. http://journal.media-culture.org.au/9811/hetero.php.