

VEILLE TECHNOLOGIQUE : BLOCKCHAIN

1. SOMMAIRE

- Définition
- Aspects historiques et sociétaux
- La preuve de travail
- Organisation
- Applications
- Lexique
- Sitographie

2. Définition :

Une **blockchain**, ou **chaîne de blocs**, est une technologie de stockage et de transmission d'informations sans organe de contrôle. Techniquement, il s'agit d'une [base de données distribuée](#) dont les informations envoyées par les utilisateurs et les liens internes à la base sont vérifiés et groupés à intervalles de temps réguliers en blocs, formant ainsi une chaîne.

L'ensemble est sécurisé par [cryptographie](#). Par extension, une chaîne de blocs est une base de données distribuée qui gère une liste d'enregistrements protégés contre la [falsification](#) ou la modification par les [nœuds](#) de stockage ; c'est donc un [registre distribué](#) et sécurisé de toutes les transactions effectuées depuis le démarrage du système réparti.

Il existe une analogie avec le réseau [Internet](#), car dans les deux cas les technologies emploient des protocoles informatiques liés à une infrastructure décentralisée. Internet permet de transférer des paquets de données d'un serveur « sûr » à des clients distants (charge aux destinataires de vérifier l'intégrité des données transmises), alors qu'une *blockchain* permet à la « [confiance](#) » de s'établir entre des agents distincts du système. Avec la technologie *blockchain*, le « tiers de confiance » devient le système lui-même : chaque élément réparti de la *blockchain* contient les éléments nécessaires pour garantir l'intégrité des données échangées (par un algorithme cryptographique).

Une blockchain est fondamentalement une base de données partagée, c'est pourquoi elle est également connue sous le nom de grand livre (au sens de grand registre) distribué (bien que des grands livres distribués puissent reposer sur d'autres technologies). La blockchain se différencie de la technologie traditionnelle des bases de données : au lieu d'une unique base gérée par un unique propriétaire qui partage les données, dans le réseau blockchain les participants au réseau ont leur propre copie de la base. Le mécanisme de blockchain peut assurer un accord unanime sur le contenu correct des données, assurer la conformité des copies des données convenues et assurer l'absence ultérieure de tricherie par altération des données.

Cela permet à nombre de personnes ou d'entités — collaborateurs ou concurrents — de convenir d'un consensus sur des informations et d'enregistrer de manière immuable ce consensus de la vérité. Pour cette raison, la blockchain a été décrite comme une « infrastructure de confiance ».

3. Aspects historiques et sociétaux

Beaucoup de [monnaies virtuelles](#) et de [cryptomonnaies](#) utilisent les chaînes de blocs pour leur sécurité. [Satoshi Nakamoto](#), l'inventeur du [bitcoin](#), a été le premier à appliquer une chaîne de blocs décentralisée. Les transactions sur une chaîne de blocs sont très difficiles à annuler parce que les chaînes de blocs sont résistantes aux changements.

Administration

La technologie est développée au [Ghana](#) par l'ONG Bitland pour créer un [cadastre](#) virtuel⁷. Un projet similaire avait été envisagé un temps au [Honduras](#) mais n'avait finalement pas abouti. La [Géorgie](#) a également annoncé une expérimentation de cadastre sur la blockchain en partenariat avec la start-up bitcoin [BitFury](#), de même que la Suède avec la start-up ChromaWay.

Le groupe industriel [General Electric](#) a choisi d'investir dans une [start-up](#) baptisée Xage qui exploite la blockchain pour créer des empreintes numériques des machines industrielles et ainsi identifier et sécuriser chaque machine d'un réseau électrique.

En Europe, la technologie blockchain est envisagée pour des applications notariales, de gestion des diplômes ou de l'identité numérique.

Aspects énergétiques et environnementaux

La consommation d'électricité et de ressources informatiques comptent parmi les [coûts de transaction](#) cachés de la blockchain.

Une étude réalisée en [2014](#) par deux chercheurs irlandais montre que les systèmes fondés sur le concept de *blockchain* avec [preuve de travail](#) peuvent être qualifiés de gouffres énergétique.

L'utilisation de la [preuve de travail](#) induit une consommation d'électricité et de temps de calcul (et donc une mobilisation de serveurs ou de réseaux d'ordinateurs individuels) qui augmente exponentiellement dans le monde ; ce pourquoi la Banque des règlements internationaux (la « banque des banques centrales ») a critiqué le système des validations par preuve de travail nécessaire à la blockchain ; système qualifié de désastre environnemental par Hyun Song Shin en juin 2018. Selon une étude publiée dans Nature Climate Change, on estime que l'usage du bitcoin a émis plus de 69 millions de tonnes de dioxyde de carbone (CO₂) en 2017, ce qui équivaut à la production en CO₂ de l'Irlande et à environ 0.3% de la production mondiale.

Nicholas Weaver (*International Computer Science Institute* ; [université de Californie à Berkeley](#)), après avoir examiné la sécurité en ligne de la blockchain et l'efficacité énergétique du système de la « preuve de travail » utilisé par les blockchains conclut dans les deux cas, que ces solutions sont « totalement inadéquates ».

Le protocole [Ethereum](#) projette de diminuer le coût énergétique et écologique de la blockchain en remplaçant le procédé de [minage](#) de type [preuve de travail](#) par un minage de type [preuve d'enjeu](#). La date de ce changement n'est pas encore fixée.

Cependant, ce niveau de consommation énergétique colossal que requiert la Blockchain est en réalité spécifique au Bitcoin et n'est pas une caractéristique de la technologie Blockchain en général. Si l'on trouvait une alternative au Bitcoin tout en utilisant la Blockchain, on pourrait pallier les risques environnementaux tout en bénéficiant de l'avancée technologique de la Blockchain.

Aspects juridiques

La chaîne de blocs pose des questions d'ordre juridique. Ces questions portent sur différents points : le droit de la concurrence, le droit à la vie privée, le droit de la propriété intellectuelle, le droit du contrat ainsi que la gouvernance de la chaîne.

En particulier, les blockchains avec une gouvernance publique fonctionnent sans tiers de confiance, correspondant à une forme d'idéalisme communautaire. Elles se différencient des blockchains de consortium où les nœuds participant au consensus sont définis à l'avance, comme dans le projet [R3](#).

Une blockchain privée fonctionne avec un cadre établi dont les règles éventuellement extrinsèques au [code](#) régissent le fonctionnement, alors que la blockchain publique ne définit pas d'autre règle que celle du code constitué par la technologie protocolaire et logicielle qui la compose.

Vis-à-vis du droit à la vie privée, la [CNIL](#) produit en 2018 un rapport indiquant que les blockchains ne sont pas *a priori* problématiques, sauf en ce qui concerne l'exercice du droit à l'effacement des données personnelles, faisant partie par exemple des principes du [RGPD](#)

4. La preuve de travail, méthode historique de consensus

La chaîne de blocs est une forme de mise en œuvre de la solution du « [problème des généraux byzantins](#) ». Ce problème mathématique consiste à s'assurer qu'un ensemble de composants informatiques fonctionnant de concert sait gérer des défaillances (ou malveillances) et arrive à produire un consensus. Le système doit pouvoir maintenir sa fiabilité dans le cas où une part minoritaire des composants enverrait des informations erronées ([bug](#)) ou malveillantes ([hack](#)), comme dans le cas d'une cryptomonnaie, pour contourner la vérification de la double dépense par les [mineurs](#) du réseau (la double dépense consiste à réaliser deux paiements simultanément : un vers soi-même et un autre vers une victime ; l'objectif est de voir le paiement vers la victime inscrit dans la chaîne de blocs suffisamment longtemps pour tromper la victime mais inscrit de sorte qu'il finisse par être entièrement remplacé par le paiement vers soi-même).

La méthode historique pour aboutir à ce type de consensus est « la [preuve de travail](#) » (*proof of work*). Cette méthode utilise un problème mathématique dont la solution permet de vérifier que le « mineur » a bien réalisé un travail. Le protocole utilise un système [cryptographique](#) fondé sur un système décentralisé de preuves : la résolution de la preuve nécessite une puissance de calcul informatique élevée, fournie par les mineurs. Les mineurs sont des entités dont le rôle est d'alimenter le réseau en [puissance de calcul](#), pour permettre la mise à jour de la base de données décentralisée. Pour cette mise à jour, les mineurs doivent confirmer les nouveaux blocs en validant les données. Dans le cas du [bitcoin](#) et dans le cas d'ajout de blocs à la chaîne, il faut résoudre un problème de cryptographie par [force brute](#) pour pouvoir ajouter un nouveau bloc. Selon la « difficulté » de la chaîne au moment de la résolution, celle-ci peut nécessiter de répéter plusieurs centaines de milliards de fois la même opération. Dans le cas du bitcoin, un mineur est uniquement rémunéré pour son travail fourni s'il a été le premier à résoudre le problème cryptographique.

Article détaillé : [Minage de cryptomonnaie](#).

Une concurrence existe entre les mineurs pour l'ajout de nouveaux blocs, mais aussi une certaine solidarité. N'importe qui peut prêter sa puissance de calcul pour miner, mais plus les mineurs sont nombreux plus la « difficulté » est élevée et plus la résolution du problème cryptographique est difficile. Réciproquement, si des mineurs arrêtent de miner, la difficulté diminue. Le protocole peut devenir quasi-inviolable dès lors qu'aucun groupement de mineurs ne devient majoritaire (empêchant ainsi l'[attaque des 51 %](#)).

Parmi les écueils associés à cette méthode figurent : le temps de latence nécessaire pour valider une transaction et le [gain décroissant des mineurs](#). La consommation importante d'énergie liée à cette méthode est aussi pointée. Face à ces constats, la communauté « blockchain » débat de l'utilisation de méthodes de consensus qui ne seraient plus la preuve de travail mais par exemple la [preuve de participation](#).

Autres méthodes de consensus

Plusieurs entités utilisent d'autres méthodes de consensus. Ainsi, la [cryptomonnaie Peercoin](#) utilise un mélange entre la « preuve de travail » (*proof of work*) et la « [preuve de participation](#) » (*proof of stake*), c'est-à-dire qu'elle adapte la difficulté du travail en fonction de la « part » de chacun des nœuds. La « participation » étant définie comme le produit du nombre de peercoins détenus et de l'âge de chacun de ces nœuds. Plus la participation est élevée, plus la difficulté de la [fonction de hachage](#) est réduite (le hachage permet de réduire un ensemble de données par un procédé cryptographique. Il régit le système *proof-of-work*. Les *hashs* sont simples à vérifier mais très difficiles à résoudre) ; ceci réduit mécaniquement la consommation d'énergie des algorithmes de [minage](#) ([SCRYPT](#) ou [SHA-256](#)) nécessaires à la création de monnaie.

[Ethereum](#), qui utilise la méthode de « la preuve du travail », a annoncé en 2015 sa décision de migrer progressivement vers la [preuve de participation](#) en 2018 ou 2019.

Le [Burstcoin](#) utilise, lui, une preuve de stockage (PoC, *proof of capacity*), où des disques durs stockent des « tracés », dont la présence est prouvée en y accédant. Ce protocole se distingue par sa faible consommation électrique.

5. Organisation

Les chercheurs en sciences de gestion étudient le rôle des chaînes de blocs pour soutenir les différentes formes de collaboration. Les chaînes de blocs peuvent favoriser à la fois la coopération (c'est-à-dire la prévention des comportements opportunistes) et la coordination (c'est-à-dire la communication et le partage d'information). Grâce à la fiabilité, la transparence, la traçabilité des enregistrements et l'immutabilité de l'information, les chaînes de blocs facilitent la collaboration d'une manière qui diffère à la fois de l'utilisation traditionnelle des contrats et des normes relationnelles. Contrairement aux contrats, les chaînes de blocs ne s'appuient pas directement sur le système juridique pour faire respecter les accords. En outre, contrairement à l'utilisation de normes relationnelles, les chaînes de blocs ne nécessitent pas de confiance ou de relations directes entre collaborateurs.

Transactions

Dans l'univers des blockchains, on appelle « transaction » toute opération consistant à modifier l'état de la blockchain, et donc à ajouter de nouvelles données qu'elle stockera de façon irréversible. Il peut s'agir :

- d'échanges entre les utilisateurs (un utilisateur A envoie x jetons à un utilisateur B) ;
- d'exécutions d'opérations par un *smart contract* (ex : exécution d'un [smart contract](#) sur la blockchain [Ethereum](#)), sur demande d'un utilisateur ou d'un autre *smart contract*.

Originellement, avec le réseau [Bitcoin](#), les transactions n'étaient que du premier type puisqu'il était seulement possible d'envoyer une quantité de jetons « bitcoins » à une autre adresse. Le terme « transaction » a donc maintenant une acception beaucoup plus large et se rapproche davantage du concept de [transaction informatique](#), qui consiste à interagir avec une base de données (pour écrire, modifier ou lire des données).

Blocs

Les différentes transactions enregistrées sont regroupées dans des blocs. Après avoir enregistré les transactions récentes, un nouveau bloc est généré et toutes les transactions vont être validées par les mineurs, qui vont analyser l'historique complet de la chaîne de blocs. Si le bloc est valide, il est horodaté et ajouté à la chaîne de blocs. Les transactions qu'il contient sont alors visibles dans l'ensemble du réseau. Une fois ajouté à la chaîne, un bloc ne peut plus être ni modifié ni supprimé (théoriquement), ce qui garantit l'authenticité et la sécurité du réseau. Chaque bloc de la chaîne est constitué des éléments suivants :

- plusieurs transactions ;
- une [somme de contrôle](#) (« *hash* »), utilisée comme identifiant ;
- la [somme de contrôle](#) du bloc précédent (à l'exception du premier bloc de la chaîne, appelé bloc de genèse) ;
- une mesure de la quantité de travail qui a été nécessaire pour produire le bloc. Celle-ci est définie par la méthode de consensus utilisée au sein de la chaîne, telle que la « preuve de travail », ou « preuve de participation ».

Identification et dérives possibles

Dès les premières années, des experts mettent en garde contre une possible sur-utilisation des blockchains. Par exemple, en 2018, le [National Institute of Standards and Technology](#) (USA) présente un rapport indiquant que de nombreux problèmes restent mieux résolus avec des [bases de données](#) ou de simples [emails](#).

Le système blockchain est également utilisé pour offrir un système de stockage des informations qui préserve la vie privée et la place entre les « mains des utilisateurs » plutôt que d'une tierce partie et pour contourner la censure des systèmes centralisés comme Google / Youtube. Par exemple, les navigateurs [brave](#) [\[archive\]](#) cofondé par [Brendan Eich](#) ou [dissenter](#) [\[archive\]](#), ou la plateforme de vidéos [Veracity](#) [\[archive\]](#).

La technologie blockchain peut être aussi bien utilisée pour lutter contre la contrefaçon de biens physiques, comme pour la traçabilité de bouteilles de vin, qu'en matière d'identification des personnes physiques.

Adresses

Dans une blockchain, chaque utilisateur possède un [portefeuille](#), représenté par une adresse publique (une "clé publique"). Celle-ci peut être comparée à l'adresse d'un compte bancaire, qui permet à n'importe qui d'y envoyer des fonds via un virement.

Le propriétaire d'une adresse peut manipuler celle-ci à travers l'utilisation de sa clé privée, elle-même généralement dérivée d'une phrase mnémotechnique (suite de plusieurs mots, aussi appelée "seed phrase", dépendant de l'algorithme utilisé).

Par exemple, sur la blockchain [Ethereum](#), l'adresse

"[0x8F3e32453A32C412D2ff51C3b4A25Db618469842](#) [\[archive\]](#)" peut être manipulée par son propriétaire grâce à l'utilisation de la seed phrase suivante : *crime guard diary maple around goat prepare affair equip gun wasp evidence*, ou encore de la clé privée

"0xef1a0ca2d3de28e2945f76eb314d90d564e3bb232f833bbe846629e5e6856c73".

6. Applications

• Cryptomonnaie

L'application phare de cette technologie est celle des [cryptomonnaies](#) comme l'est par exemple le [bitcoin](#), qui est toutefois loin d'être la seule monnaie virtuelle : il en existe de multiples autres comme [Ether](#), [Monero](#), et des dizaines d'autres plus ou moins confidentielles.

• Applications envisagées

Au-delà de son aspect monétaire, cette technologie de [stockage](#) décentralisé d'informations pourrait avoir de multiples applications nécessitant une sécurisation des échanges sans passer par un organisme centralisateur, ou une traçabilité infalsifiable, comme :

- des applications basées sur les [contrats intelligents](#), permettant d'échanger toutes sortes de biens ou de services ;
- des moyens de réduire les coûts de paiement et les [coûts de transaction](#). Les banques internationales ont fait des annonces en 2015 sur ces sujets. Vingt-cinq d'entre elles ont par exemple signé un partenariat avec une société américaine [R3](#) pour l'utilisation de *blockchains* dans les marchés financiers. [Citibank](#) a également annoncé son souhait d'émettre sa propre cryptomonnaie, le Citicoin. De même, en avril 2015, la banque [UBS](#) a ouvert à [Londres](#) son propre laboratoire de recherche voué à l'étude de la technologie *blockchain* et à ses applications dans le domaine financier. À travers ces recherches et ces consortiums, les banques espèrent mettre en place une technologie basée sur la *blockchain* qui deviendra une référence au sein du domaine bancaire. En effet, le consortium ou la banque qui parviendra le premier à sortir une technologie éprouvée sera à même de facturer son propre service auprès des autres acteurs du domaine financier ;
- des moyens d'améliorer leurs systèmes prédictifs dits « d'[oracles](#) », pour les assurances notamment ;
- le développement d'assurances *peer-to-peers* ;
- la traçabilité des produits de la chaîne alimentaire.

Initiatives à travers le monde

• En Europe

Le [Parlement européen](#) a validé en mai 2016 la création d'un groupe de travail chargé de surveiller la *blockchain* et les crypto-monnaies. Ce groupe sera piloté par la [Commission](#)

[européenne](#), il a pour objectif de surveiller ces technologies et recommander des mesures législatives. Le [1^{er} février 2018](#) la [Commission européenne](#) lance, avec le soutien du [Parlement européen](#), l'Observatoire-forum des chaînes de blocs de l'UE. Ses missions sont de mettre en lumière les grandes évolutions de la technologie des chaînes de blocs, d'encourager les acteurs européens dans ce secteur et d'aider à renforcer l'engagement européen auprès de plusieurs parties prenantes actives dans ce domaine.

• En France

En décembre 2015, la [Caisse des Dépôts](#) a lancé une initiative avec de grands acteurs financiers, institutionnels et [start-ups](#) du secteur (dont Allianz, BNP Paribas, BPCE, Crédit Agricole, AXA, CNP Assurances, Croissance Plus, Blockchain Solutions, Paymium et Ledger) pour tester des cas d'usage.

Le gouvernement a lancé des consultations sur un cadre dérogatoire permettant d'expérimenter la chaîne de blocs sur les bons de caisse puis le ministre de l'Économie, de l'Industrie et du Numérique a annoncé le 29 mars 2016 une adaptation de la réglementation de la chaîne de blocs au marché des bons de caisse. Malgré « l'engouement planétaire » tel que le décrit le magazine *L'Expansion*, en 2016, la France semble timide face au principe de la chaîne de blocs.

En juin 2016, plusieurs [députés français](#) ont proposé deux amendements qui font référence à la chaîne de blocs auprès du [Parlement français](#), dans le cadre de la [loi Sapin sur la transparence financière et la lutte contre la corruption](#), mais ceux-ci ont été rejetés. Le gouvernement lui-même a déposé un amendement relatif aux titres non cotés qui a été, lui, accepté.

Fin 2017, le conseil des ministres a adopté une ordonnance facilitant la transmission de certains titres financiers non cotés au moyen de la technologie de la chaîne de blocs, une première en Europe selon Bercy. La modification du [code monétaire et financier](#) ouvre la possibilité d'une sécurisation juridique du développement de la technologie et de l'usage de la chaîne de bloc sous la dénomination « dispositif d'enregistrement électronique partagé ».

Début 2018, l'[Assemblée nationale](#) a créé une mission d'information sur la chaîne de blocs, regroupant 17 députés ([LREM](#) pour la plupart) venant de trois commissions permanentes (affaires économiques, lois et finances) ; le président en est [Julien Aubert](#) et Jean-Michel Mis et Laure de la Raudière sont corapporteurs. C'est une initiative de [Laure de La Raudière](#) qui en 2017 a proposé deux amendements qui auraient pu autoriser le Quai d'Orsay à expérimenter la chaîne de blocs pour la dématérialisation des [actes d'état civil](#), et qui en 2016 avait - avec une dizaine d'autres parlementaires - souhaité donner une valeur probante aux enregistrements de transactions authentifiés par cette même chaîne de blocs. Cette mission inclut [Paula Forteza](#) (présidente du groupes d'études « Internet et société numérique » et ex-rapporteuse du groupe de travail « démocratie numérique »), ainsi que [Éric Bothorel](#) qui pilote le groupe parlementaire « *Économie numérique de la donnée, de la connaissance et de l'IA* » à l'Assemblée nationale. Cette mission bénéficie depuis mars 2018 de l'appui de l'[Office Parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques](#), qui a constitué une mission courte sur les enjeux scientifiques et technologiques des chaînes de blocs dont les rapporteurs sont les députés [Valéria Faure-Muntian](#) (LREM) et [Claude de Ganay](#) (LR), et le sénateur [Ronan Le Gleut](#) (LR)[68,69](#).

Un des aboutissements de ces missions parlementaires est le projet de loi PACTE qui inclut des dispositions relatives à la blockchain, texte voté en première lecture par l'Assemblée Nationale le 9 octobre 2018 et transmis au Sénat.

En septembre 2018, l'artiste [Richard Texier](#) crée la première œuvre d'art adossée à une chaîne de blocs. Pour la première fois depuis l'invention du système, [Elastochain](#) code un concept artistique (l'[Elastogenèse](#)) sur [Ethereum](#), dans l'intention d'unir art et technologie.

Le 5 mai 2018, l'Institut d'études indépendant Odoxa a réalisé un sondage au sujet de la vision de la Blockchain par un échantillon de 1 018 personnes représentatif de la population française âgée de 18 ans et plus. 74% des répondants ont indiqué qu'ils n'avaient jamais entendu parler de la Blockchain. De plus, 67% des sondés se montrent méfiants à l'égard de la technologie et n'a convaincu que 13% des répondants.

• En Allemagne

Le 28 juin 2017, la [Landesbank Baden-Württemberg](#) (LBBW) et le constructeur automobile [Daimler AG](#) annoncent avoir utilisé pour la première fois la technologie blockchain pour exécuter une transaction financière.

Daimler a lancé un [Schuldschein](#) de 100 millions d'euros sur la durée d'une année dans lequel quatre banques d'épargne (dont la LBBW) ont agi à titre de prêteurs. L'ensemble de la transaction a été réalisé via la technologie *blockchain* en coopération avec les filiales informatiques respectives des deux protagonistes.

- **En Espagne**

La banque [BBVA](#) étudie l'utilisation de la *blockchain* dans le cas des imports/exports entre l'Amérique et l'Europe.

- **En Suisse**

Le canton de [Genève](#) mène un projet pilote pour la délivrance d'extraits électroniques du Registre du commerce avec l'[Ethereum](#) et dans le négoce des matières premières dans un partenariat public-privé. La ville de [Zoug](#) mène également un projet pilote pour développer une identité numérique auprès de sa population.

- **Aux Pays-Bas**

Développement de projets collaboratifs régionaux (participation de [Oskar van Deventer](#)).

- **En Estonie**

L'État a créé un système de e-résident fonctionnant avec la technologie blockchain.

- **Au Canada**

Dans la province canadienne du [Québec](#), la firme comptable [Raymond Chabot Grant Thornton](#) a annoncé en juillet 2017 le lancement, de [catallaxy](#), un centre d'expertise portant sur la technologie blockchain (Bitcoin principalement) avec les experts du domaine, Jonathan Hamel, Francis Pouliot et Vincent Gauthier.

Le nom Catallaxy étant une référence à l'importance de l'ordre spontané et autres concepts de l'[école autrichienne d'économie](#) dans bitcoin.

- **En Asie**

En Asie, un consortium réunissant l'[Autorité monétaire de Singapour](#) (MAS) et huit autres banques a été formé en novembre 2016 pour un projet pilote ayant pour but de mettre en place une plateforme reposant sur ce type de registre de transactions numérique décentralisé. Dans un premier temps, des banques pourront acheter une [monnaie virtuelle](#) sous le contrôle de la MAS. Cette monnaie pourra ensuite être utilisée soit pour des paiements interbancaires soit pour être échangée pour une monnaie réelle et non plus virtuelle. Une seconde phase prévoit d'inclure des transactions en devises étrangères.

- **En Israël**

En 2017, la société israélienne Zim a mené une expérience de [connaissance](#) (*Bill of Lading*) numérique en utilisant la blockchain.

7. LEXIQUE

- *Base de données distribuée :*

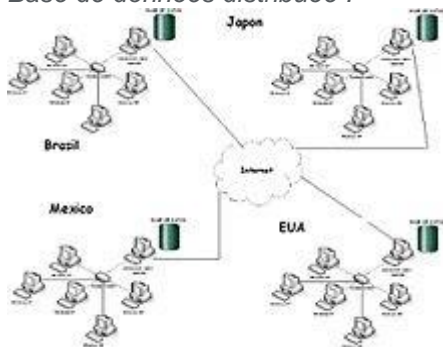


Schéma d'un exemple de base de données distribuée

En informatique, une **base de données distribuée** ou **BDD** (en anglais : distributed database) est une base de données dont la gestion est traitée par un réseau d'ordinateurs interconnectés qui stockent des données de manière distribuée. Ce stockage peut être soit partitionné entre différents nœuds du réseau, soit répliqué entièrement sur chacun d'eux, ou soit organisé de façon hybride.

- Architecture distribuée

L'**architecture distribuée** ou l'**informatique distribuée** désigne un système d'information ou un réseau pour lequel l'ensemble des ressources disponibles ne se trouvent pas au même endroit ou sur la même machine.

-

8. SITOGRAPHIE

- <https://fr.wikipedia.org/wiki/Blockchain>
- [https://fr.wikipedia.org/wiki/Base de donn%C3%A9es distribu%C3%A9e](https://fr.wikipedia.org/wiki/Base_de_donn%C3%A9es_distribu%C3%A9e)
- [https://fr.wikipedia.org/wiki/Architecture distribu%C3%A9e](https://fr.wikipedia.org/wiki/Architecture_distribu%C3%A9e)
-
- <https://www.journaldunet.com/economie/finance/1195520-blockchain-definition-et-application-de-la-techno-derriere-le-bitcoin-juin-2021/>
- <https://coin24.fr/dictionnaire/blockchain/>
- <https://www.journaldunet.com/economie/finance/1501561-utilisation-de-la-technologie-blockchain-pourquoi-nous-devons-la-connaître/>
- <https://blockchainfrance.net/decouvrir-la-blockchain/c-est-quoi-la-blockchain/>
- <https://cryptoast.fr/grandes-entreprises-blockchain-adoption-monde/>
- <https://www.businessinsider.fr/ethereum-polkadot-avalanche-voici-5-blockchains-parmi-les-plus-prometteuses-188963>
- <https://www.presse-citron.net/crypto/application/>
- <https://www.heidi.news/innovation-solutions/tout-ce-qu-il-faut-savoir-sur-la-cryptomonnaie-et-la-blockchain>