



**HAL**  
open science

## Blockchain et applications dans le secteur électrique : opportunités et boîtes noires

Yannick Perez

► **To cite this version:**

Yannick Perez. Blockchain et applications dans le secteur électrique : opportunités et boîtes noires. La Lettre de l'InSHS, 2018. hal-04297555

**HAL Id: hal-04297555**

**<https://hal.science/hal-04297555v1>**

Submitted on 24 Nov 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Blockchain et applications dans le secteur électrique : opportunités et boîtes noires

Yannick Perez est maître de conférences en sciences économiques à l'université Paris Sud au sein de l'unité Réseaux - Innovation - Territoires - Mondialisation (RITM). Il est également professeur associé au Laboratoire Génie Industriel CentraleSupélec. Il s'intéresse notamment aux questions relatives à l'achèvement du marché unique européen de l'électricité et aux mécanismes de soutien aux énergies renouvelables pour produire de l'électricité.

Dans cet article, nous allons dresser un rapide panorama des opportunités offertes par l'inclusion de la technologie type *Blockchain* dans le secteur électrique. Pour ce faire, nous allons retracer l'évolution de l'organisation industrielle du secteur électrique au cours des quarante dernières années. Cette mise en perspective nous permettra d'identifier les potentialités de rupture induites par l'émergence des protocoles *peer to peer* décentralisés (c'est-à-dire permettant la rencontre au gré à gré, en l'absence de centralisation des transactions) dans le secteur électrique.

### Un modèle original centralisé, verticalement et horizontalement intégré sous une autorité publique forte

Les particularités technologiques de la fourniture d'électricité marquées par une exigence de coordination technique en temps réel (production, transport, distribution) se sont traduites par la longue domination d'une organisation industrielle fondée sur l'intégration — verticale et horizontale — renforcée par un monopole de vente réglementé. Dans ce système, les bénéfices et les coûts affectant l'ensemble des participants (producteurs, transporteurs, distributeurs, vendeurs, acheteurs) ne pouvaient que très difficilement être mesurés et alloués sans le recours à une autorité centralisée. Cette autorité avait en charge à la fois la planification du secteur et la mise en œuvre de tarifs économiquement efficaces et socialement justes. Cette extrême difficulté transactionnelle a favorisé l'organisation interne et la centralisation des décisions au sein d'une même entreprise verticalement intégrée sous forte réglementation publique, allant parfois jusqu'à la propriété des actifs dans certains pays.

### La transformation du modèle historique par les processus de réformes concurrentiels : ouverture en production et en commercialisation via la puissance publique et des marchés organisés centralisés

Cette politisation de la fourniture — et ses excès — fut un facteur important des processus de réformes du secteur qui ont été engagés au cours des trois dernières décennies. Un vaste débat sur les limites de ces organisations centralisées et politisées a eu lieu et a débouché sur des processus de réformes concurrentiels partout où cela était possible et désirable. La plupart des pays industrialisés ont ainsi mis en place des processus de transformation plus ou moins intenses de leur secteur électrique visant à introduire des mécanismes concurrentiels pour remplacer les coordinations administratives préexistantes. Les marchés de gros (de gré à gré, facultatifs ou obligatoires) ou de détails ont fleuri avec, pour chacun, des particularités organisationnelles qui font le bonheur des chercheurs en design de marché tant la diversité est importante !

Dans cette évolution, le rôle du régulateur évolue également pour devenir une autorité spécialisée dans la définition de l'accès aux réseaux, dans la gestion concurrentielle des acteurs en production et en commercialisation et dans l'aménagement des règles du jeu qui doivent être repensées du fait des multiples innovations (énergies renouvelables, véhicules électriques, compteurs Linky...), des missions de service public et de la gestion des tarifs pour les segments réglementés.

Sur le plan technique, nous compléterons cette présentation par l'identification de trois conditions favorables à ce processus de déréglementation initial des années 1990-2010 :

- ▶ l'arrivée à maturité du secteur entraînant une stagnation de la consommation et des surcapacités de production quasi permanentes ;
- ▶ l'évolution des techniques de production permettant d'envisager des moyens performants de production de moyenne puissance comme les centrales au gaz ;
- ▶ les progrès techniques en matière de transport et de gestion des flux d'information permettant la maîtrise de systèmes interconnectés beaucoup plus complexes.

L'ensemble de ces facteurs ont conduit à des expériences nationales ou régionales de réformes industrielles, réglementaires et d'organisation de marchés électriques de tailles variables allant d'un pays à un ensemble de pays ou d'États, et pour des services allant d'une granularité temporelle semi-horaire proche du temps réel à des produits couvrant les besoins sur les trois prochaines années.

### Le temps présent ou le rôle des *Blockchains* pour la mise en place d'un *peer to peer* de l'électricité

Le temps présent est caractérisé par une vaste redéfinition du paysage électrique. Les anciens monopoles nationaux verticalement intégrés ont largement été remis en cause par les évolutions des quinze dernières années. Les principaux acteurs du monde de l'électricité ont vu leur santé financière se dégrader et ils sont, en termes de stratégie et d'innovation, face aux défis du renouvelable<sup>1</sup> et de la digitalisation.

Le travail des régulateurs est lui aussi devenu plus complexe. En sus des missions décrites plus haut, ils doivent :

- ▶ Accompagner le mouvement de transition énergétique vers une décarbonisation du mix électrique ;
- ▶ Contribuer au développement de l'électromobilité (et donc l'électrification d'une partie du transport)
- ▶ Permettre que les réseaux en monopole naturel continuent leurs développements efficient et équitable.

Le souci des régulateurs dans la gestion de la transition énergétique est qu'ils doivent gérer la transformation des règles pour

1. L'éolien est de plus en plus compétitif et le photovoltaïque devient une source d'énergie largement distribuée et concurrentielle.

accompagner, permettre et stimuler les innovations tout en veillant au problème d'équité entre les différents acteurs du système.

Parmi les innovations dont le potentiel est disruptif, l'utilisation des *Blockchains* pourrait favoriser une décentralisation profonde de la gestion des usages électriques et l'introduction de marchés électriques très décentralisés au niveau des utilisateurs. Cette technologie permet ainsi de mettre en relation des consommateurs traditionnels négociant avec des consommateurs actifs ayant une capacité de production électrique ou de stockage décentralisé<sup>2</sup> qui deviennent de fait des concurrents des producteurs historiques.

En France, des expérimentations sont en cours avec *Sunchain* ou *Solarcoin*. Aux États-Unis, c'est à Brooklyn que des start-ups ont développé, dès 2015, une plateforme permettant d'acheter de l'énergie à ses voisins. Via une *Blockchain* créée à cette fin, des voisins de quartier produisent et s'achètent de l'électricité d'origine photovoltaïque. Ce *Brooklyn Micro Grid* a permis de créer un mini marché local et décentralisé de l'énergie<sup>3,4</sup>.

La *Blockchain* s'applique déjà à des projets d'autoconsommation collective en France<sup>5,6,7</sup>, mais d'autres appli-

cations dans différents métiers sont également attendues et envisagées. PwC<sup>8</sup> estime que d'autres solutions pourraient prochainement émerger en termes de relève, de facturation ou d'archivage sécurisé des données des clients. D'autres projets concernent la production électrique décentralisée et permettraient d'édition des certificats d'authenticité d'énergie verte, des attestations valables dans la gestion des quotas de CO2...

Enfin, des *Blockchains* sont testées dans le projet « Oslo2Rome » qui vise à introduire une *Blockchain* comme une solution de gestion d'itinérance concernant la charge des véhicules électriques entre plusieurs pays européens. Si le ravitaillement d'un véhicule thermique est standardisé en Europe, il ne l'est pas pour les conducteurs de voitures électriques qui voudraient traverser l'Europe. La multitude d'opérateurs présents sur le marché et la diversité des moyens d'accès et des tarifs appliqués en sont clairement la cause. C'est en partant de ce constat que la société allemande *MotionWerk* a développé des solutions basées sur la technologie *Blockchain*.

Dans le tableau ci-dessous sont listées les principales expérimentations dans le secteur de l'énergie au niveau international.

Use case	Country	Start Year	Participating Entities	Usage of blockchain	Size	Highlight
PROTON - Urawa Misono [67]	Japan	2018	Digital Grid Platform Corporation, University of Tokyo, Tateyama Kagaku Group Inc., Kansai Electric Power Co. Ltd, Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc., Hitachi EI system, Tessera Technology Inc. NTT Data Inc.	Measurement and execution result recording; Price matching; Receive virtual currency;	Neighbourhood (5 household consumers, 10 household consumers, and PV producers in a large shopping center AEON.)	Treat power clump of constant magnitude as commodity, P2P control with Digital Grid Router (DGR).
unknown [106]	U.S.A	2018	BlockCypher National Renewable Energy Laboratory (NREL) Curtin University, Murdoch University, Curtin Institute of Computation, LandCorp, CSIRO/Data61, CISCO, Power Ledger, Australian Energy Market Operator (AEMO), Western Power, CRC for Low Carbon Living, Innogy, Tokyo Electric Power Company (TEPCO)	Settle energy transactions across multiple blockchains	District (two test homes in NREL's Energy Systems Integration Facility)	first plan to demonstrate peer-to-peer energy transactions involving distributed, energy resources (DER) over the dash cryptocurrency network
unknown (Power Ledger) [107]	Australia	2017	Curtin University, Murdoch University, Curtin Institute of Computation, LandCorp, CSIRO/Data61, CISCO, Power Ledger, Australian Energy Market Operator (AEMO), Western Power, CRC for Low Carbon Living, Innogy, Tokyo Electric Power Company (TEPCO)	Blockchain-powered distributed energy and water system	City ? (City of Fremantle)	Field test on how cities can effectively use blockchain technologies to moderate energy and water usage.
Conjoule [108]	Germany	2015	ConsenSys	P2P energy trading among rooftop PVs	City (Essen Kettwig and Mülheim)	Purchase energy on local market
Grid+ [109]	U.S.A	2017	Ponton, Enel, E.On	Direct access to wholesale energy markets.	European power market	Hardware 'agent' energy prepaid with either Ether or fiat currencies Distributed marketplace for OTC trading of wholesale energy products (B2B); TSO, DSO and aggregators centric grid management; Blockchain agnostic
Enerchain [91]	Europe	2017	Wien Energie	Trading physical power and gas products, spot and forward for any European delivery zone.	District (Wien Viertel Zwei)	Testing a range of blockchain use-cases in anticipation of rolling out fully-fledged services. Aiming at grid-level service provision (DER aggregation, balancing, wholesale trading)
unknown [110]	Austria	2018	LO3 Energy	P2P energy and gas trading platform: transactiveGrid	District	A shared market place for energy assets to respond to pricing signals; Bilateral trading first test in the middle of 2018; Successful in all 8 test scenarios; The pilot proved that Interbit blockchain can streamline many trading and back office processes across the energy trade life cycle, such as, confirmations, actualizations, invoice generation, settlement, audit, reporting and regulatory compliance.
Brooklyn Microgrid [111]	U.S.A	2016	Electron, National Grid, Siemens, Baringa, Statkraft, Shell, Northern Powergrid, Power Networks, Flexitricity, EDF Energy, Open Energi and Kiwi Power	Meter Registration platform; Flexibility trading platform; Community Energy Projects;	District	
Energy eBay [112]	UK	2017	BTL, BP, Eni Trading & shipping, Wien Energie Eni Trading & Shipping, Total, Gazprom Marketing & Trading Limited, Mercaris, Vattenfall, Petrobras, and Freepoint	European gas trading on BTL's Interbit platform;	City (Perth)	
OneOffice [92]	Europe	2018	Power Ledger	P2P Energy trading; wholesale market settlement; Electric Vehicles and carbon trading P2P energy trading with preference of renewable energy providers and end users	City (Perth)	
Power Ledger [113]	Australia	2016	Open Utility, Good Energy	P2P energy trading with preference of renewable energy providers and end users	City (Perth)	
Piclo [114]	UK	2014	Grid Singularity, Energy Web Foundation	Transaction recording		IoT-enabled P2P energy exchange; AI powered high frequency energy trading; with DLT.
Grid Singularity [115]	International	2016	Drift	Energy purchase		The first retail electricity marketplace in Southeast-Asia addressing the need for transparency and security in the consumption of energy.
Daijie [116]	UK		Electrify.Asia	Energy purchase from retailers or P2P.		
Drift [117]	U.S.A	2014				
Electrify [118]	Southeast Asia	2017				

Yu Q. 2018, *Design, Implementation, and Evaluation of a Blockchain-enabled Multi-Energy Transaction System for District Energy Systems*, Master's Thesis, Chair of Information Management, Swiss Federal Institute of Technology (ETH) Zurich

- Vangulick D., Cornélusse B., Ernst D. 2018, *Blockchain for peer-to-peer energy exchanges: design and recommendations*, Power Systems Computation Conference (PSCC) 2018.
- Mengelkamp E., Gärtner J., Rock K., Kessler S., Orsini L., Weinhardt C. 2017, Designing microgrid energy markets, in *Applied Energy* 210 : 870-880.
- Power Ledger Whitepaper*, 2017.
- E-Cube, *Autoconsommation collective et blockchain - Perspectives sur deux phénomènes émergents et liés*, 2017.
- EY, *Overview for blockchain for energy and commodity trading*, 2017.
- Deloitte, *Blockchain applications in energy trading*, 2017.
- PwC global power and & utilities, *Blockchain – an opportunity for energy producers and consumers?*, 2017.
- PcW, *Use cases for Blockchain Technology in Energy and Commodity Trading*, 2018.

## Les boîtes noires... et la généralisation des solutions *Blockchains* ?

Il existe pour cette nouvelle technologie de nombreuses questions à résoudre dont la liste est encore bien sûr largement à construire. D'abord, trait commun à toutes les innovations disruptives, se pose la question du cadre légal. En cas de conflit, d'erreur, de manipulations frauduleuses des données (personnelles, financières...) qui protégera, compensera et attribuera les responsabilités ? La réponse apportée par les tenants de cette technologie repose dans des *smart contracts* auto-exécutoires. Ici, les théories économiques des contrats et des institutions semblent être convocables. Si, pour des transactions simples, un contrat auto-exécutoire est possible théoriquement, il repose toutefois sur les limites cognitives et informationnelles des contractants à définir des « contrats complets » qui prévoient tous les états possibles de la nature en y associant une réponse contractuelle. Dès que les contrats sont dit « incomplets », le recours à des solutions non écrites — car pas encore identifiables — est nécessaire ; cela passe souvent par la présence et l'intervention d'un tiers (régulateur, juge...) pour compléter le contrat. L'espace économique réel des contrats auto-exécutoires semble donc assez limité.

Enfin, les garanties offertes par les *Blockchains* reposent sur une confiance extrême dans la robustesse de la technologie décentra-

lisée censée garantir mieux que les systèmes centralisés la sécurité et l'efficacité des systèmes mis en place. On est ici dans la croyance d'une pureté technologique hors des sentiers publics. Mais cette vision est à mettre en regard de l'ensemble des acteurs qui concourent à rendre cette technologie « Pure » : qui écrit le code ? Qui surveille la production de code ? Qui résout les inconsistances ? Qui présélectionne les applications ? Qui protège la technologie des cyber-attaques ? Pour être réellement crédible, il conviendrait de comprendre précisément les préférences de tous ces acteurs, d'être certain que les incitations en place soient alignées et qu'il n'y ait jamais de situations où sortir du jeu coopératif soit plus profitable que d'y rester. En d'autres termes, pour reprendre la question principale d'Arrunada<sup>9</sup>, les *Blockchains* sont-elles réellement la solution ultime pour lutter contre l'opportunisme des acteurs économiques dans leurs échanges ?

contact&info

► Yannick Perez,  
RITM / LGI

yannick.perez@gmail.com

9. Arruñada B. 2017, Blockchain's struggle to deliver impersonal exchange, in *Minnesota Journal of Law, Science & Technology* 19 : 55-105.



© Donaldsonbbb