

BLOCKCHAIN

# COLLABORER EN TOUTE CONFIANCE

TEXTE : FRANÇOIS PLOYE  
PHOTOS ET ILLUSTRATIONS : BIMCHAIN, COURTESY OF L03,  
IRT SYSTEMX, FRANÇOIS PLOYE/AQC, SIEMENS, SUNCHAIN

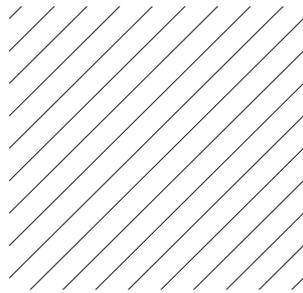
Très médiatisé avec le Bitcoin, l'algorithme de la chaîne de blocs permet de tracer et de sécuriser l'information de manière distribuée. De nouvelles applications sont en voie de développement dans le secteur du bâtiment, qu'il s'agisse du process BIM, de l'autoconsommation collective ou de la transaction immobilière.

Photo © Courtesy of L03

Le cœur technologique du Bitcoin, la cryptomonnaie la plus connue, est la blockchain ou la chaîne de blocs. Ces dernières années, l'arrivée de fonctionnalités innovantes dans de nouvelles implémentations de la blockchain, comme les smart contracts – des transactions qui sont passées automatiquement par le système en fonction de certains critères définis à l'avance –, a considérablement élargi le champ des applications possibles. Ces implémentations comme *Ethereum* ou *Hyperledger Fabric* s'avèrent aussi moins gourmandes en calculs par rapport au Bitcoin. Depuis 2016, les usages potentiels de la blockchain se sont diversifiés, de l'automobile à l'énergie. «*Depuis deux ans, l'intérêt pour la technologie blockchain est vif dans le secteur de la construction et de la ville au sens large. Trois grandes familles d'usages peuvent être distinguées, la traçabilité de l'énergie, la maquette numérique BIM et la contractualisation des opérations de construction. Certes il existe des freins sociaux et sociétaux, mais il est préférable de surfer sur la vague qui s'annonce plutôt que de tenter de l'arrêter*», assure Karim Beddiar, responsable Recherche & innovation Cesi Ouest et auteur de l'ouvrage *Blockchain pour l'énergie* qui paraît chez Dunod en octobre 2018. Décentralisé et sécurisé par cryptage, l'algorithme de la blockchain assure la confiance entre utilisateurs d'un réseau par la traçabilité des informations ajoutées et partagées dans un registre informatique. Les informations sont cryptées et répliquées par blocs sur les nœuds du réseau. Cette architecture redondante assure la résilience du système en cas d'interruption de service d'un des nœuds. Sans nécessiter l'intervention d'un tiers de confiance, le contenu est contrôlé et validé par l'intermédiaire d'un mécanisme de consensus mis en œuvre entre les différents participants qui tiennent ce registre. La blockchain a en commun avec *TCP/IP* d'Internet le fait d'être un protocole sous-jacent à une architecture informatique décentralisée et sécurisée.

## Une floraison d'applications

Les premières applications de la blockchain ont porté sur le volet financier avec les cryptomonnaies, les financements participatifs, l'optimisation du marché de l'énergie et les levées de fonds. À titre d'exemple, la cryptomonnaie Solarcoin créée en 2014 incite à la production solaire photovoltaïque en créant pour les producteurs un complément de revenu. Elle est par exemple utilisée en France par ekWateur, un fournisseur d'énergie alternatif. «*Un autre groupe d'usage porte sur la maquette numérique BIM. Le talon d'Achille du BIM en tant qu'outil collaboratif est le manque de confiance sur les informations échangées entre les intervenants d'un projet et sur leur propriété intellectuelle. Or la blockchain peut servir à garantir la traçabilité et la confidentialité des informations qui sont cryptées et sécurisées*», confie Karim Beddiar. Parmi les autres développements prometteurs figurent la contractualisation des opérations et l'optimisation des factures énergétiques d'un parc immobilier au travers d'un marché de l'énergie. Au CEA-List à Saclay (91) a été créé en janvier dernier



un laboratoire de recherches dirigé par Sara Tucci, pour développer les activités autour de la blockchain destinées aux applications industrielles. Le projet le plus avancé dans l'énergie porte sur des contrats de performance énergétique passés entre un opérateur et son client, la maîtrise d'ouvrage. Suite à des opérations de construction aussi bien en neuf qu'en rénovation, les données de consommation et de suivi climatique (température, pression...) sont collectées et stockées par l'opérateur en phase d'exploitation. Ces données lui servent à établir des factures par comparaison avec les consommations prévisionnelles écrites dans le contrat. Si le gain réel des consommations est plus faible que celui estimé, l'opérateur est pénalisé financièrement, en revanche s'il est meilleur, la plus-value est partagée entre l'opérateur et son client. «*Or il est difficile de gagner la confiance du client car le fournisseur de services est à la fois celui qui collecte les données et établit la facture. Ce problème de confiance peut être levé avec la blockchain. Nous avons créé un premier POC (Proof of concept) avec une blockchain Ethereum. Dans le tableau de bord du logiciel, le client peut naviguer au travers des valeurs qui sont collectées et des résultats du modèle prédictif*», précise Sara Tucci

## MINI-GLOSSAIRE DE LA BLOCKCHAIN

- **Consensus** (mécanisme de) : la confiance entre les utilisateurs du réseau s'obtient par un partage de la gouvernance entre les différents nœuds participants. Le contenu du registre est validé par un mécanisme dit de consensus, comme la preuve de travail ou la preuve de possession.
- **Contrats intelligents** (ou smart contracts) : fonctionnalité présente dans les nouvelles générations d'implémentations de la blockchain, mise au départ en œuvre avec *Ethereum*. Ce programme déclenche automatiquement une transaction lorsque certaines conditions prédéfinies sont remplies comme un prix du marché minimum.
- **Minage** : les mineurs sont les utilisateurs qui mettent à disposition leur puissance de calculs, pour exécuter les mécanismes dits de consensus. Ils forment les nœuds du réseau informatique et le calcul est nommé le minage.
- **Registre** : liste d'enregistrements protégés contre la falsification ou la modification par le cryptage et par la distribution des données sur les nœuds de stockage. La croissance indéfinie de la taille du registre est un verrou technologique. ■

## Tracer la consommation d'énergie

Concernant le bâtiment et la ville, les développements les plus avancés portent sur la traçabilité de la production et de la consommation d'énergie, avec ou sans transactions. À travers le monde, les premières expérimentations se font essentiellement dans le cadre d'opérations locales d'autoconsommation collective d'énergie renouvelable et pour l'instant sans valorisation commerciale. La couche logicielle blockchain assure la liaison entre d'une part les compteurs de production et de consommation d'énergie et d'autre part l'interface utilisateur de type smartphone. L'agent blockchain sécurise les données en générant des preuves cryptographiques de manière à pouvoir prouver leur intégrité à chaque étape, tout en les rendant non visibles pour les autres membres du réseau. La couche blockchain enregistre les preuves de façon distribuée (par un mécanisme dit de consensus) et assure la synchronisation entre toutes les parties prenantes, qui peuvent facilement auditer l'ensemble des transactions passées au sein du réseau. À l'échelle mondiale, une quinzaine de grands fournisseurs d'énergie (Engie, E.ON Group, Shell, etc.) se sont réunis au sein de l'Energy web foundation afin de développer et promouvoir une technologie commune de blockchain basée sur *Ethereum* pour les transactions du secteur de l'énergie. Cette initiative est prometteuse à moyen terme. De manière plus immédiate, la référence sur le terrain est le projet de Microgrid de Brooklyn (États-Unis) piloté par la société L03 Energy en partenariat avec Siemens Digital Grid et next47, une start-up financière issue de Siemens. L'électricité photovoltaïque produite sur les toitures des maisons et immeubles de cette banlieue de New-York non autoconsommée par les producteurs est injectée dans le réseau principal de distribution tout en faisant l'objet d'échanges sous forme de certificats >>>

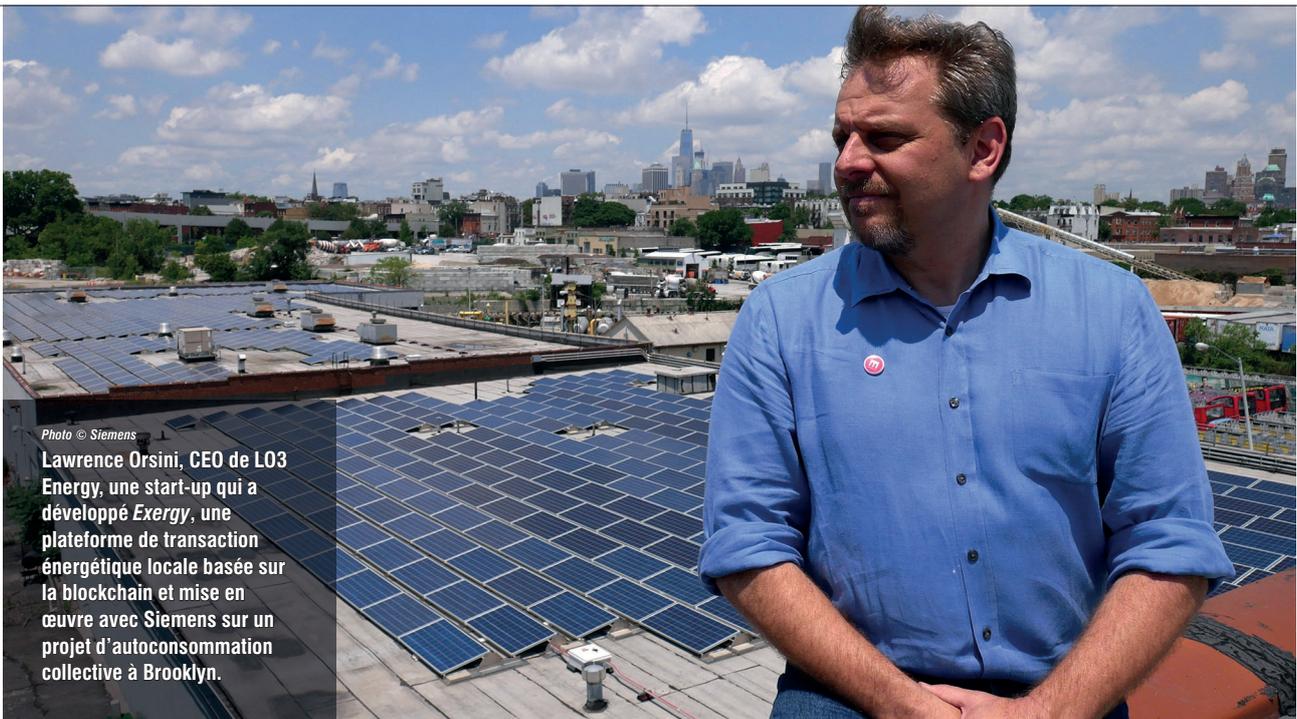


Photo © Siemens

**Lawrence Orsini, CEO de LO3 Energy, une start-up qui a développé Exergy, une plateforme de transaction énergétique locale basée sur la blockchain et mise en œuvre avec Siemens sur un projet d'autoconsommation collective à Brooklyn.**

## BIM ET BLOCKCHAIN, UNE ALLIANCE QUI FAIT SENS POUR BIMCHAIN

Créée fin 2017, la start-up Lutecium a été fondée par l'architecte et BIM manager Maxime Haloche et par l'expert en blockchain Arnaud Gueguen. La jeune structure développe *Bimchain*, une solution logicielle basée sur la blockchain pour valider et certifier les données des process BIM. «*Nous sommes partis du constat qu'il existe un gap entre l'organisation théorique d'un projet BIM où des données de qualité sont partagées et bien synchronisées et la réalité du terrain. Pour faciliter les échanges et les transactions autour de la maquette numérique, une confiance totale en la donnée doit s'instaurer pour tous les intervenants du projet. Actuellement ce sont toujours les plans 2D signés et contresignés qui font foi alors que la donnée numérique BIM pourrait être certifiée par la technologie blockchain*», avance Arnaud Gueguen. L'application *Bimchain* est directement intégrée dans les outils de modélisation comme *Revit* ou *ArchiCAD*, permettant de signer électroniquement les documents extraits de la maquette numérique. Avec ce procédé indépendant et décentralisé de certification qui ne nécessite pas de tiers

de confiance, les preuves sont infalsifiables et indéniables. À titre d'exemple, l'ingénieur structure peut prouver que sa conception a été faite par rapport à un contexte précis, celui des documents fournis par l'architecte à telle date. «*Nous allons faire des tests sur des projets pilotes avec des fonctionnalités avancées comme la validation de la qualité d'un IFC par l'AMO BIM déclenchant automatiquement un paiement. Il est aussi important de savoir certifier les objets 3D paramétrés qui composent la maquette numérique. Ils peuvent être certifiés par le constructeur*

*mais aussi par un bureau de contrôle par exemple pour la labellisation HQE®*», poursuit Arnaud Gueguen. L'implémentation blockchain utilisée est *Ethereum* avec des preuves cryptographiques publiques car la certification des objets doit être disponible pour tout le monde. La traçabilité des transactions sur un projet doit demeurer disponible dans le futur, pour des acteurs pas forcément présents au début du projet. ■

▼ **Console *Bimchain*, avec historique de signatures d'un fichier donné (signé depuis *Kroqi* et *Revit*) et sa visualisation 3D.**

The screenshot shows the BIMCHAIN.io web interface. On the left, there's a user profile for Maxime HH (architect@bimchain.io) with an Ethereum address and a Kroqi sign button. The main area displays a 3D model of a building structure. On the right, there's a 'Drop any file to sign it' button and a 'check its authenticity' button. Below the model, there's a 'Your files' section with a table of documents:

Doc Name	Ether...	Date	Status
Archi-DuolexA.rvt		22/09/2018 17:44	SIGNED
KH-La DA@fense - Bureau		22/09/2018 17:05	SIGNED
AE_2.rvt		22/09/2018 17:04	SIGNED
dvo_test_1.rvt		19/09/2018 23:25	SIGNED
dvo_test_1.rvt		18/09/2018 23:58	SIGNED

Below the table, there are links to 'View' and 'View the 3D mo...' for each document. An 'Export to CSV' button is also visible.



© 2018 - François Ploye - AOC

La production d'électricité sur le site d'Hikari se fait par une chaudière à cogénération fonctionnant à l'huile de colza et par des capteurs photovoltaïques en toiture et en façade.

## FOCUS SUR LE PROJET COINFLUENCE DE BOUYGUES IMMOBILIER À LYON CONFLUENCE

À fin 2015, Bouygues Immobilier a démarré le projet « Coinfluence », une expérimentation grandeur nature dans le quartier de Lyon Confluence (69), dans le cadre d'un Démonstrateur de l'institut de la ville durable (DIVD). Ce site a été retenu pour déployer à l'échelle locale une technologie permettant aux producteurs et consommateurs d'énergie locale de suivre directement et localement les flux d'énergie. Le choix retenu est celui d'un micro-grid privé pour les échanges d'énergie et d'un réseau fermé pour la collecte et l'échange d'informations. « Nous souhaitons réduire le coût du comptage et tracer précisément les échanges, pour améliorer la rentabilité du modèle économique. Pour cela, nous avons testé la blockchain sur un POC (Proof of concept) local pour valider la traçabilité et les transactions, avec l'aide de Microsoft et des start-up Energisme et Stratumn. La blockchain doit permettre de tracer de manière dynamique, en toute transparence et confidentialité, ce que les habitants produisent, partagent et consomment en termes d'énergie renouvelable », met en avant Christian Grellier, directeur R&D et Open innovation chez Bouygues Immobilier. Un premier test réel a été lancé cette année sur Hikari, un îlot à énergie positive de trois bâtiments qui mixte des usages d'habitations, de bureaux et de commerces. Il s'agit de valider le modèle économique avec la blockchain et la robustesse de cette technologie.

Le déploiement sur Hikari est prévu prochainement sur la base de compteurs Schneider Electric et d'un micro-grid piloté par Bouygues. Chaque habitant se verra attribuer une URL (adresse Internet) cryptée et possédera un ordinateur de type Blackberry Pi connecté sur Internet qui servira de nœud pour le calcul blockchain. « Les habitants pourront suivre sur leur smartphone leur taux d'utilisation de l'énergie produite localement et certifié par ce système décentralisé. À l'origine, il était prévu de répartir la consommation entre appartements au prorata des tantièmes de copropriété mais ce n'est pas totalement adapté à l'usage réel. La répartition pourra se faire de manière dynamique en fonction des consommations réelles, grâce à la souplesse et la simplicité d'usage de la blockchain », continue Christian Grellier. En 2020, ce modèle pourrait être concrétisé à plus grande échelle, toujours à Lyon dans le cadre d'Eurêka Confluence, avec un démonstrateur sur un îlot d'une douzaine de bâtiments mixtes (logements, commerce, bureaux et équipements publics) connectés les uns aux autres par un micro-grid et partageant un parking mutualisé. Pour le promoteur immobilier, d'autres usages de la blockchain pourraient se développer pour certifier des transactions comme l'achat de terrain et la vente d'appartements, ou pour la traçabilité de documents dans le cas par exemple d'échanges de plans avec les sous-traitants. ■

d'énergie renouvelable. La plateforme blockchain assure la traçabilité des valeurs de production et de consommation et des certificats. À fin 2017, la communauté revendiquait une soixantaine de membres.

### Des premiers pilotes en France

« Jusqu'en 2016, dans le cas d'une autoproduction décentralisée, le surplus était revendu à EDF à un tarif garanti. Dans le cadre de la promulgation de l'ordonnance de juillet 2016 de la CRE (Commission de régulation de l'énergie) sur l'autoconsommation et la mutualisation de l'énergie, le producteur a acquis la possibilité de revendre dans un certain périmètre et au tarif qu'il souhaite s'il trouve acheteur », détaille Kei-Léo Brousic, responsable de projet à l'IRT SystemX. La publication du décret n° 2017-676 du 28 avril 2017 définit le cadre réglementaire pour l'autoconsommation d'électricité. Le périmètre d'échanges pour un projet collectif est limité à l'aval du transformateur électrique HTA/BT. De plus la réglementation demande la constitution d'une personne morale qui vienne définir les règles de répartition de la production. En France, les premières expérimentations ont eu lieu avec Sunchain, une spin-off de Tecsol. Un autre exemple est celui du quartier de Lyon Confluence où Bouygues Immobilier souhaite expérimenter la blockchain sur l'îlot à énergie positive Hikari avant de l'étendre à l'échelle du quartier. « Bouygues Immobilier est présent sur l'autoconsommation locale depuis plusieurs années. Si, à l'échelle d'un immeuble, la variété d'usage s'avère limitée, en revanche à l'échelle d'un quartier, la complémentarité dans le temps des consommations est meilleure et permet par exemple d'augmenter le taux d'autoconsommation d'un équipement à cogénération », met en avant Christian Grellier, directeur R&D et Open innovation du groupe.

### Automatiser les transactions

Sur un projet local d'autoconsommation collective, les producteurs d'électricité solaire peuvent injecter l'électricité non autoconsommée sur le réseau de distribution soit national, soit local éventuellement privé et le revendre avec un volume et un tarif qui peut être variable. Or les nouvelles implémentations de la blockchain comme Ethereum (ou Hyperledger Fabric) intègrent une fonctionnalité de transaction intelligente (ou smart contract). Cette fonctionnalité permet de déclencher automatiquement une vente en fonction de certains critères fixés à l'avance comme un seuil minimum pour le tarif de vente de l'électricité. Sur cette base, l'IRT SystemX développe une place de marché (marketplace) de l'énergie où un agent trader virtuel vient faire des propositions de vente et d'achat. L'implémentation se fait sous la forme de smart contracts garantis grâce à la blockchain par l'ensemble des nœuds validateurs et une preuve par mécanisme de consensus. « Pour cette place de marché de l'énergie qui gère l'offre, le prix, les volumes, les transactions..., le plus simple est de prendre un prestataire avec un serveur centralisé qui gère les flux financiers et qui est rémunéré pour son rôle. Mais la blockchain permet de décentraliser la gestion et ainsi de baisser les coûts d'un projet d'autoconsommation

**“Au contraire du système fermé des cryptomonnaies, les projets dans le secteur de l'énergie nécessitent l'usage de capteurs et de compteurs qui font l'acquisition de données réelles dont il faut qualifier la fiabilité”**

collective tout en donnant davantage d'autonomie et de pouvoir aux utilisateurs sur le système», confirme Kei-Léo Brousmiche.

Au contraire du système fermé des cryptomonnaies, les projets dans le secteur de l'énergie nécessitent l'usage de capteurs et de compteurs qui font l'acquisition de données réelles dont il faut qualifier la fiabilité. Or une spécificité d'une base de données avec blockchain réside dans le caractère immuable des données enregistrées. Les informations (les transactions) sont transcrites et cryptées dans le registre et ne peuvent être ni enlevées ni modifiées. Dans la réalité, un capteur ou un compteur peut subir une panne, connaître une dérive dans le temps ou indiquer des valeurs aberrantes, ce qui va produire une mauvaise facturation ou une mauvaise prise de décision. Il faut mettre en place des smart contracts dédiés capables de gérer les éventuelles défaillances.

Pour le projet pilote réalisé au CEA-List sur la garantie de performance énergétique, un site réel a été simulé à partir de trois mois de données réelles collectées et fournies par l'industriel. « Les données de température, de pression, d'humidité sont collectées suivant trois sources – les données météo, les capteurs du client et ceux de l'opérateur. Il se pose alors un problème classique d'IoT (Internet of things) qui est le degré de confiance qu'il est possible d'accorder à ces données physiques. Dans ce cas, la blockchain seule ne suffit pas à régler le problème. Nous avons donc développé des programmes qui s'exécutent automatiquement dans la blockchain et qui calculent la fiabilité des données. Le tableau de bord que nous avons mis à disposition du client comprend cette valeur de fiabilité », explique Sara Tucci.

### Des calculs peu gourmands en énergie

Une autre interrogation porte sur l'énergie consommée par l'algorithme de calcul de la blockchain. Dans le cas médiatisé du Bitcoin, la consommation excessivement élevée en énergie nécessaire aux calculs est due au choix d'un mécanisme de consensus public qui fonctionne avec une preuve par le calcul. Pour gérer l'énergie à petite échelle comme celle d'un >>>



Table de démonstration de la place de marché développée par l'IRT SystemX pour EDF dans le cadre du projet « Blockchain for smart transactions ».

## L'IRT SYSTEMX MET EN ŒUVRE UNE PLACE DE MARCHÉ LOCALE DE L'ÉNERGIE

Fondé en 2012 dans le cadre des programmes d'investissement d'avenir, l'IRT SystemX fait de l'ingénierie numérique, de la R&D principalement pour les industriels. Un des projets portés par l'équipe s'intitule « Blockchain for smart transactions » et vise à utiliser la blockchain pour différentes applications dont la décentralisation énergétique et l'autoconsommation collective photovoltaïque.

Il est soutenu par les industriels EDF, PSA, Covea, H-LOG, Ercom, Bull-ATOS, l'IDIT et par Docapost, la filiale numérique de La Poste qui utilise la blockchain pour sécuriser par une signature unique les documents PDF émis. Un des démonstrateurs blockchain développés par l'IRT SystemX est pour leur partenaire EDF. L'objectif est de construire une place de marché virtuelle, une plateforme de trading d'énergie entre producteurs et consommateurs avec un tour d'enchères toutes les 15 minutes, qui tient compte de la production instantanée, de la variation de tarif, etc. « La première phase de développement a consisté en une démonstration virtuelle sur serveurs internes, avec une simulation du comportement

des foyers. Les profils de charges fournis par EDF pour la simulation correspondent à ceux de 200 foyers à Marseille et à Lyon, sur une semaine en été et une en hiver. Nous avons ensuite implémenté la simulation sur Raspberry Pi avec une blockchain Ethereum. En utilisant un mécanisme de consensus par preuve d'enjeu, la consommation obtenue pour les calculs est très faible, de l'ordre de 2 W en instantané par foyer », détaille Kei-Léo Brousmiche, responsable de projet chez IRT SystemX. Ce démonstrateur a été testé cet été pendant une semaine sur sept maisons témoins situées sur le site EDF de la Renardière (77) et qui peuvent être pilotées à distance. Expérimentée avec une vraie production solaire photovoltaïque, la faisabilité technique de la solution retenue a été confirmée. Le programme va passer à une phase d'expérimentations en taille réelle avant d'envisager une industrialisation. Le principe est que les données de consommation relevées et réparties sont transmises à Enedis afin que ce dernier puisse faire facturer par le fournisseur d'énergie à chaque logement, uniquement l'électricité provenant du réseau. ■



Photo © Sunchain

L'autoconsommation collective convergera demain avec la satisfaction des besoins en mobilité, avec la recharge des batteries des véhicules électriques.

## À PRÉMIAN, SUNCHAIN DÉPLOIE LA PREMIÈRE EXPÉRIMENTATION EN TAILLE RÉELLE

Créée en mai 2016, Sunchain est un spin-off du bureau d'études Tecsol. Leur focus porte sur les cas d'usages de la blockchain dans le secteur des énergies renouvelables. «La blockchain peut être adaptée au cas de l'autoconsommation collective à condition que les calculs soient peu énergivores et que le process sache gérer les nombreuses données énergétiques collectées dans le monde physique avec les contraintes que cela engendre. En 2017, nous avons développé la technologie blockchain en partenariat avec l'intégrateur Talium puis en 2018 un premier POC (Proof of concept) avec une simulation reliée à de vrais compteurs physiques. Le choix s'est porté sur une blockchain privée de type Hyperledger Fabric de la Fondation Linux avec un calcul distribué sur les nœuds d'un réseau privé», explique Caroline Plaza, CTO (Chief technical officer) de Sunchain. La jeune société a signé mi-2017 une convention d'expérimentation avec Enedis et le département des Pyrénées-Orientales. Le projet nommé Digisol est lauréat des Programmes d'investissement d'avenir opérés par l'Ademe. Son but est d'expérimenter la répartition dynamique des flux d'énergie autoproduits entre différents consommateurs. Par ailleurs Sunchain va déployer avant la fin 2018 dans l'Hérault une première exploitation de sa plateforme blockchain pour le village de Prémian, qui est maître d'ouvrage du projet. Une centrale photovoltaïque d'une

puissance de 28 kWc a été installée en toiture de l'atelier municipal. La mise en exploitation est imminente avec une répartition de l'énergie entre les six premiers consommateurs prévus (école, agence postale, atelier municipal, centre culturel, boulangerie et logement du boulanger). Cette autoconsommation collective passe par le réseau public mais avec une affectation virtuelle des consommations. L'association «Prémian énergie positive» est la personne morale organisatrice de l'opération requise à l'article L.315-2 du Code de l'énergie. «Le mode de répartition des consommations est effectué dans la blockchain selon les règles convenues au sein de l'association entre les participants, à chaque pas de temps. Les formules appliquées, ainsi que les données de consommation et de production sont inscrites dans la blockchain ce qui permet de les certifier», précise Caroline Plaza. Les valeurs de répartition calculées sont fournies par Sunchain à Enedis, le gestionnaire du réseau public, lui permettant de déduire des factures d'électricité une part d'autoconsommation locale. La part de la facture ainsi affectée via le système d'autoconsommation collective est certifiée sans modifications possibles du registre de données. «Avec un déphasage limité entre la production et les consommations, le taux d'autoconsommation prévu pour le projet Prémian est supérieur à 90 %», complète Caroline Plaza. ■

flot ou d'un quartier, des process moins gourmands en calculs peuvent être utilisés avec une blockchain privée ou semi-privée dite de consortium et l'usage de consensus moins énergivores comme la preuve de possession aussi appelée preuve d'enjeu ou de participation (Proof-of-stake) ou comme la preuve d'autorité (Proof-of-authority). D'autres verrous techniques doivent être levés pour que la technologie s'industrialise, dont l'anonymisation des transactions, la limitation de la taille du registre qui croît indéfiniment.

Une autre question qui se pose dans la mise en œuvre d'une blockchain privée est de savoir où mettre physiquement les nœuds de calculs. Sur les premières expériences pilotes, l'idée est d'équiper chaque habitant d'un BlackBerry Pi, relié à Internet et à l'alimentation électrique et qui sert de nœud pour la blockchain. Enfin se pose la question de la scalabilité (1) d'une technologie contrainte par la fréquence des transactions permise avec la blockchain. Dans l'énergie, avec une transaction toutes les 10 minutes, le système développé par l'IRT SystemX est capable de gérer 200 foyers.

### Quelle voie pour l'autonomie ?

Un des intérêts affichés de la blockchain est de pouvoir remplacer le tiers de confiance par une gouvernance distribuée, faisant évoluer le rôle des intermédiaires comme les fournisseurs et traders énergétiques. «Certes il existe des premiers cas de projets d'autoconsommation collective avec usage de la blockchain pour tracer et sécuriser les transactions d'énergie, mais il faudrait pouvoir juger de l'intérêt de l'approche au-delà de l'effet marketing. La blockchain permet de se passer d'un tiers de confiance comme le fournisseur, mais il faut pourtant un pilote, pour la connexion aux compteurs et aux équipements de production d'énergie. Nos clients nous font confiance pour tracer et compter l'énergie et l'intérêt de la blockchain n'est pas évident», estime Adrien Jeantet, responsable Innovation et R&D d'Enercoop, fournisseur français d'électricité d'origine renouvelable. La blockchain facilite les échanges de l'électricité solaire produite localement et transportée sur un micro-grid privé, sans passer par le réseau de distribution national. «Sauf qu'en étant coupés du réseau, les habitants ne paient pas la Turpe (Tarif d'utilisation des réseaux publics d'électricité) destinée à développer et à maintenir le réseau national. De plus la possibilité de se fournir en partie localement met à mal le principe de la péréquation tarifaire qui dit que deux consommateurs ayant le même profil de consommation avec le même fournisseur et la même offre doivent se voir facturer un tarif identique», met en garde Karim Beddier. La révolution blockchain se fera à condition d'avoir un cadre économique et juridique adapté. ■

(1) En informatique matérielle et logicielle et en télécommunications, la scalabilité désigne la capacité d'un produit à s'adapter à un changement d'ordre de grandeur de la demande (montée en charge), en particulier sa capacité à maintenir ses fonctionnalités et ses performances en cas de forte demande.