

Tendances

de la transition énergétique



SOMMAIRE

Une réponse technologique face aux transformations en cours du secteur de l'énergie	2
Des solutions reposant sur un écosystème technologique plus vaste	4
L'opportunité pour les entreprises de se positionner en pionnières du déploiement industriel de la technologie blockchain	7
Le passage du <i>Proof of Concept</i> à l'industrialisation	8

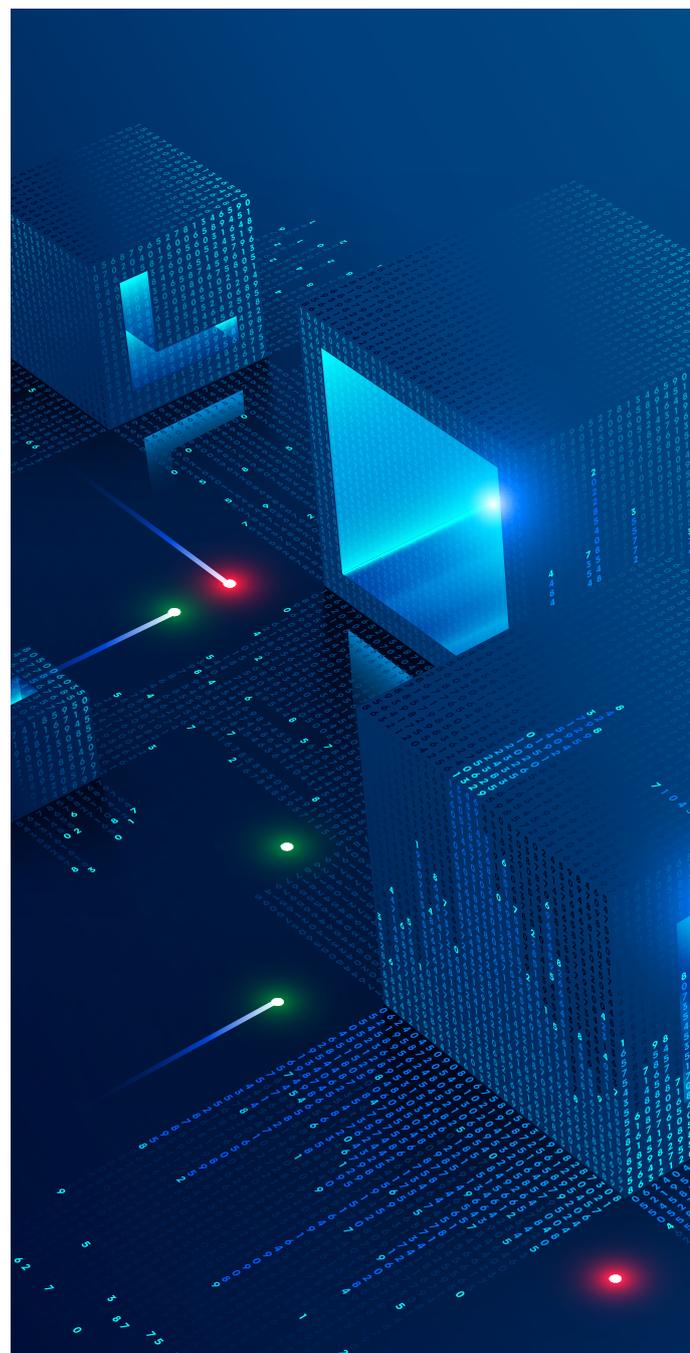
La blockchain dans l'énergie, perspectives de déploiement et d'intégration

Dans son nouvel article sur la technologie blockchain appliquée au secteur de l'énergie, PwC souligne l'importance des combinaisons technologiques au service de la transition énergétique. Face aux enjeux de transformation du marché et à l'arrivée à maturité des *Proofs of Concept* (POC), les acteurs doivent déployer à moyen terme des projets d'industrialisation. Convaincu de la pertinence d'une solution multi-technologique, PwC apporte dans cet article son retour d'expérience sur une mission emblématique réalisée auprès d'un fournisseur d'énergies.

La technologie blockchain a été récemment mise en lumière avec le phénomène des crypto-monnaies. Dans le secteur de l'énergie, les propriétés mêmes de la blockchain, en tant que registre distribué, font écho au phénomène de décentralisation de la production d'électricité.

Potentiellement facilitateur et catalyseur de la transition énergétique, l'outil blockchain représente une source d'opportunités pour tous les acteurs du secteur, notamment par sa combinaison avec d'autres moyens technologiques tels que les objets connectés, les contrats intelligents, ainsi que les techniques de gestion et d'interprétation des données de masse.

La maturité encore limitée des projets du secteur de l'énergie utilisant la blockchain offre aux entreprises du secteur l'opportunité de se positionner en tant que pionnières de cette technologie. Pour cela, la mise en place rapide d'un plan de déploiement à grande échelle permettant le passage du *Proof of Concept* à l'industrialisation est nécessaire.



Une réponse technologique face aux transformations en cours du secteur de l'énergie

De multiples cas d'usages répondant aux enjeux de la transition énergétique

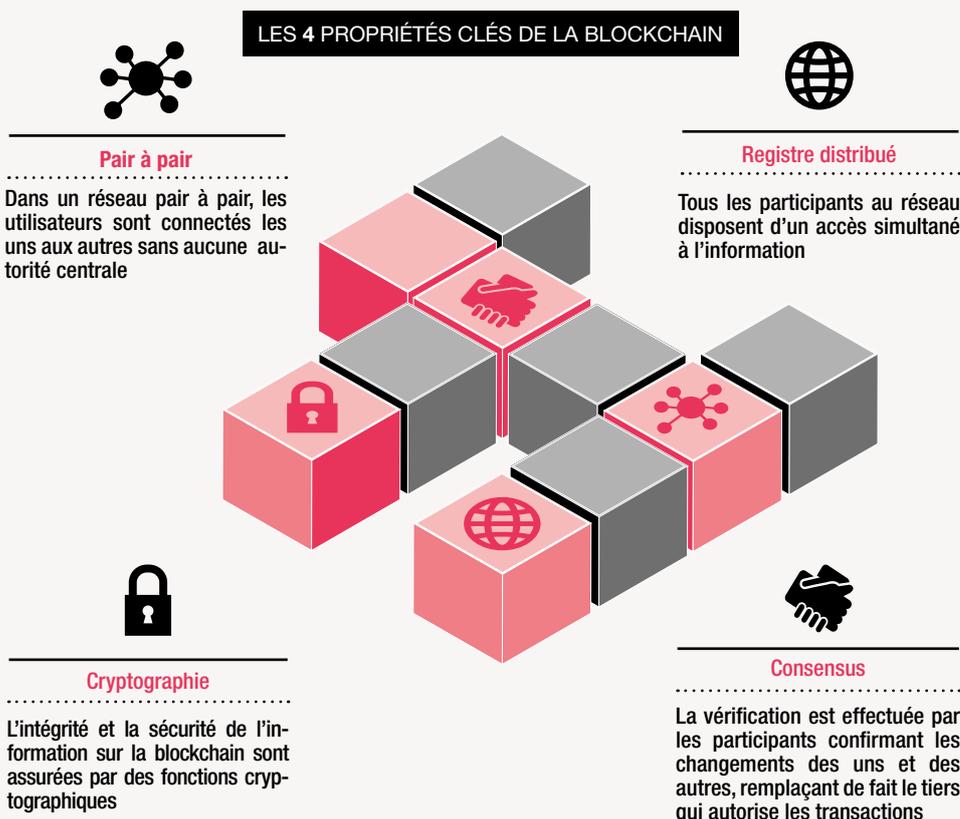
La transition énergétique est synonyme de création et de transformation globale des acteurs du secteur et de leurs comportements. La production se transforme en devenant plus volatile et décentralisée, les consommateurs peuvent devenir producteurs et les fournisseurs agrégateurs, tandis que les autres acteurs intermédiaires doivent s'adapter à ces évolutions. Cette volatilité locale induit un double rôle pour le réseau : un rôle assurantiel (garantir la stabilité face à l'intermittence des nouvelles sources) et un rôle d'équilibrage (avec des équilibres offre/demande toujours plus fluctuants à l'échelle locale nécessitant de réaffecter les surplus inattendus de production là où les déficits se créent par des transports à une échelle au moins nationale).

A moyen terme, le développement de la mobilité électrique pourrait également avoir un impact sur les enjeux d'équilibrage en temps réel du réseau. L'ensemble de ces évolutions pose la question de la structuration du marché la plus pertinente pour le secteur, de telle sorte que les bons signaux soient envoyés aux investisseurs pour apporter stabilité et durabilité au système, tant local que global. L'une des solutions à ces enjeux pourrait être technologique : la blockchain, en tant que technologie décentralisée, dite *Distributed Ledger Technology* (DLT) faciliterait le suivi de la consommation et de la production en temps réel.

Les solutions technologiques DLT, au nombre desquelles la blockchain, peuvent avoir de nombreuses applications plus ou moins étendues et complexes dans le secteur de l'énergie. Ces applications reposent notamment sur les caractéristiques suivantes de la blockchain (et des autres technologies de registres distribués DLT) :

- Les solutions DLT rendent accessibles et transparentes l'ensemble des données enregistrées et stockées. Ces technologies sont généralement *open source*, ce qui permet à l'ensemble des acteurs d'accéder à leur code et de comprendre leur fonctionnement. De ce fait, elles agissent en « tiers de confiance » et le système lui-même apporte une garantie sur la fiabilité de la donnée.
- Une solution intégrée de DLT n'a pas besoin d'instance centrale pour contrôler la plateforme ouverte à l'ensemble des acteurs. Il est possible de connecter toutes sortes de dispositifs de différents opérateurs. Au lieu d'être dédiée à un fournisseur exclusif, cette plateforme permettrait à différents fournisseurs d'exécuter leur logique commerciale.
- L'exécution de transactions de taille plus réduite est rendue possible grâce aux solutions DLT par la baisse des frais de transactions.

Les principaux cas d'application actuellement à l'étude concernent le domaine des transactions, la sécurisation de processus tels que la *supply chain*, la facilitation de *business models* existants ou encore le développement de nouveaux *business models*.



Certification d'informations

L'une des propriétés principales de la blockchain est l'enregistrement et le stockage d'informations sécurisées. Les solutions blockchain permettent donc la certification d'informations telles que la production et la consommation d'énergie ou le suivi des émissions de CO₂. Des processus tels que les systèmes d'échange de droits d'émission, les taxes sur le CO₂ ou les certificats blancs pourraient ainsi être organisés de manière plus efficace et sécurisée contre la fraude.

La blockchain est également utilisable sur l'ensemble des processus industriels à des fins de traçabilité et d'enregistrement. Du point de vue des acteurs producteurs ou consommateurs, la blockchain permet d'avoir une meilleure visibilité en temps réel de leur *supply chain*, de réduire les intermédiaires et de réduire les pertes entre production et consommation. Du point de vue des acteurs du marché (services énergétiques, collectivités, etc.), la blockchain permet de créer un enregistrement fiable de ces données sur la base desquelles pourra être réalisée une facturation.

Amélioration du processus de facturation

En combinant la blockchain avec des solutions d'objets connectés telles que des compteurs intelligents, la blockchain peut constituer une archive de la production et de la consommation d'énergie sur la base de laquelle sera réalisée la facturation par l'instance centrale de marché. La blockchain peut également intégrer un suivi des coûts de gestion du réseau en temps réel, permettant d'ajuster le coût facturé aux acteurs de manière plus flexible.

Enfin, la transparence des informations enregistrées dans la blockchain permet aux acteurs d'obtenir une meilleure connaissance de leurs données et de la charge sur le réseau et ainsi d'optimiser leur consommation et leur production.

Création de nouvelles places de marché

Les caractéristiques de la blockchain (pair-à-pair, registre distribué, cryptographie, consensus) permettent la mise en place d'échanges sans qu'une instance centrale n'ait besoin de garantir la fiabilité des transactions, de manière efficace et à un coût réduit. Chaque transaction d'énergie est enregistrée par la blockchain sur tous les nœuds du réseau. Ainsi, chaque participant est informé en temps réel de l'ensemble des transactions réalisées sur le réseau et l'ensemble des membres assure l'intégrité des informations sur le réseau.

Echanges de pair-à-pair

Appliqué au secteur de l'énergie, ce cas correspond notamment à la production décentralisée d'énergie et au développement d'échanges entre producteurs via une nouvelle place de marché décentralisée sur laquelle les échanges seraient sécurisés grâce à la blockchain. La blockchain permettant des transactions en temps réel, à coût réduit et sécurisées, des transactions de plus petites tailles peuvent être visées, à l'échelle par exemple de foyers individuels.



Pour comprendre les enjeux de la blockchain et visualiser quelques cas d'usage, consultez nos articles

- ➔ Blockchain – an opportunity for energy producers and consumers?
- ➔ Use Cases for Blockchain Technology in Energy & Commodity Trading
- ➔ The Developing Role of Blockchain (en collaboration avec le World Energy Council)
- ➔ Is Blockchain in Energy driving and Evolution or a Revolution? (en collaboration avec le World Energy Council)

Développement de l'E-Mobilité

La blockchain peut contribuer au développement de la mobilité électrique, favorisant par exemple l'accès aux points de recharge des véhicules, l'intégration des points de recharge au sein du réseau, et le paiement et la réalisation de transactions. L'auto-partage et la location directe entre particuliers pourrait s'adosser sur une solution blockchain pour la sécurisation des transactions.

Financement de projets

Des applications utilisant la blockchain se développent également en grand nombre dans le domaine du financement de projets d'énergie renouvelable, sur des actifs de taille insuffisante pour faire l'objet d'un financement classique. Des plateformes utilisant la blockchain proposent de nouvelles sources de capitaux à des coûts compétitifs, de manière transparente et liquide.

Point de vue PwC

Les gains économiques potentiels des solutions blockchain pourraient être importants :

1. L'optimisation locale de l'offre et de la demande aboutit à une réduction des besoins de développement du réseau : celui-ci se limite à un rôle « assurantiel » lors des épisodes de pics de consommation et de dispatching lors de forts déséquilibres régionaux entre production et consommation. Les coûts pourraient ainsi potentiellement baisser à long terme du fait d'une diminution des besoins en investissements après ajustement des infrastructures aux nouveaux besoins.
2. Les consommateurs deviennent acteurs et se sensibilisent à une consommation locale durable, ce qui peut avoir un impact sur l'élasticité, en faveur de tarifs potentiellement plus élevés.
3. Dès que le nombre de véhicules électriques en service sera significatif, une orchestration intelligente via la blockchain permettra de transformer les batteries des véhicules non-utilisés en sources d'énergie potentielles pour les périodes de pic (notamment le soir).
4. L'efficacité opérationnelle de la blockchain augmentera la productivité en limitant les intermédiaires et en automatisant les transactions. Elle permettra ainsi de renforcer le lien de confiance envers tous les acteurs du secteur, politiques ou économiques.

Des solutions reposant sur un écosystème technologique plus vaste

La transition énergétique repose en réalité sur une combinaison technologique permettant notamment l'obtention et la certification d'information ainsi que l'optimisation du marché sur la base d'échanges d'information sécurisés en temps réel. La technologie DLT constitue l'élément clé de cette combinaison technologique qui intègre la blockchain, le *smart contract*, l'internet des objets, dite *Internet of Things* (IoT), et des règles de gestion fondées sur des algorithmes d'optimisation exploitant les données transmises en temps réel.

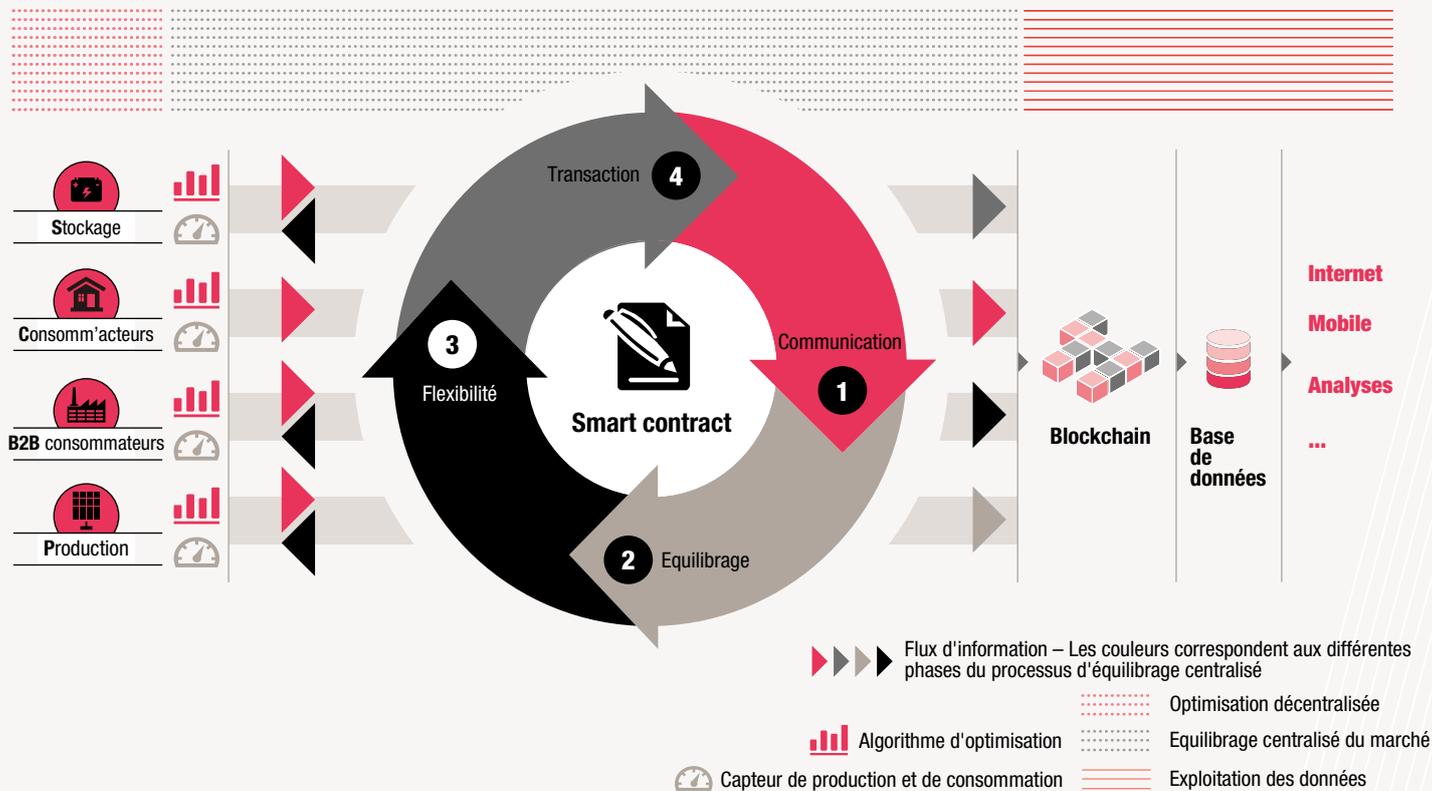
Lorsque certaines conditions définies au préalable sont inscrites dans la blockchain, des programmes autonomes conçus pour exécuter les termes d'un contrat de façon automatique peuvent être déployés : il s'agit des contrats intelligents, dits *smart contracts*. Le caractère numérique et automatique du contrat présente l'avantage de permettre aux deux parties de nouer une relation commerciale sans qu'elles n'aient besoin de se faire confiance au préalable. Sans autorité ni intervention centrale, le système lui-même garantit l'honnêteté de la transaction. La modélisation technique de la logique économique d'un acteur via des contrats intelligents reste cependant comparable à tout autre projet numérique et ne s'affranchit pas des besoins de développement du processus commercial (définition de seuils d'acceptation – par exemple un prix du KWh ou le changement de période), idéalement de façon agile et avec des retours d'expériences permanents pour apporter réactivité et flexibilité.

Afin d'avoir une utilisation dynamique et pertinente de la combinaison blockchain et *smart contract*, il est nécessaire d'être informé en temps réel de l'environnement physique et de le traduire numériquement. Cette traduction est permise par des solutions propres à l'internet des objets. L'intérêt pour les dispositifs basés sur l'IdO est d'ailleurs croissant du fait de l'amélioration permanente du ratio performance/taille du dispositif. Combinés avec la blockchain et les smart contracts, les dispositifs IdO¹ constituent des nœuds individuels et peuvent servir de support de stockage à la blockchain via une mémoire interne. Leur processeur peut également exécuter les *smarts contracts*. Les possibilités sont alors nombreuses, que ce soit par la connectivité (analogique, *Bluetooth*, *Wireless Local Area Network*...) ou par la nature des supports physiques auxquels ils peuvent être raccordés en étant plus ou moins actifs sur leur environnement (éolienne, stockage à volant d'inertie, compteurs...).

Cette combinaison de technologies devient viable dans un système décentralisé où toutes les parties prenantes contribuent individuellement à l'optimum global du système via une somme d'optima locaux et de règles de gestion basées sur des algorithmes plus ou moins complexes. Cette optimisation se positionne alors comme une couche complémentaire au système actuel permettant d'exploiter des gisements de valeurs locaux en fonction de la lecture de tous les paramètres physiques. A terme, les nouvelles solutions d'intelligence rendues possibles par les réseaux de neurones pourraient permettre un ajustement économiquement optimal en temps réel.

1 – Cette solution se traduit, lorsque le système est complet et connecté au réseau, par un module émetteur constitué d'une combinaison de capteurs et d'un logiciel de traitement voire d'interprétation, et par un module récepteur permettant de traiter des requêtes à distance et de les interpréter jusqu'à avoir une action sur son environnement physique direct.

Principes de fonctionnement de la solution répondant aux enjeux énergétiques



L'autoconsommation collective pourrait par exemple utiliser des combinaisons de technologies fondées sur la blockchain. L'une des caractéristiques propres à l'autoconsommation collective s'illustre par le besoin de réaliser des transactions d'électricité entre un groupement de consommateurs et/ou producteurs à une échelle locale. En permettant la coordination des opérations de comptage sans besoin de tiers de confiance via une solution transparente et sécurisée de la gestion des données (via son immuabilité), la blockchain pourrait permettre à certains consommateurs et producteurs de s'affranchir des contraintes du système grâce à un dispositif simple d'utilisation.

Cette solution comporte toutefois quelques limites : la confidentialité des transactions reste problématique, tout comme la gestion des contentieux du fait de l'absence de tierce partie. Enfin, le coût économisé par la désintermédiation ne pourra être capté que si la technologie se base sur des preuves d'enjeux (et non de travail, technologie utilisée par les crypto-monnaies usuelles et bien plus énergivore qu'une transaction classique).



Pour comprendre les enjeux de l'autoconsommation aujourd'hui, consultez notre article

→ Perspectives de l'autoconsommation collective, vue par le prisme allemand



Retour d'expérience PwC

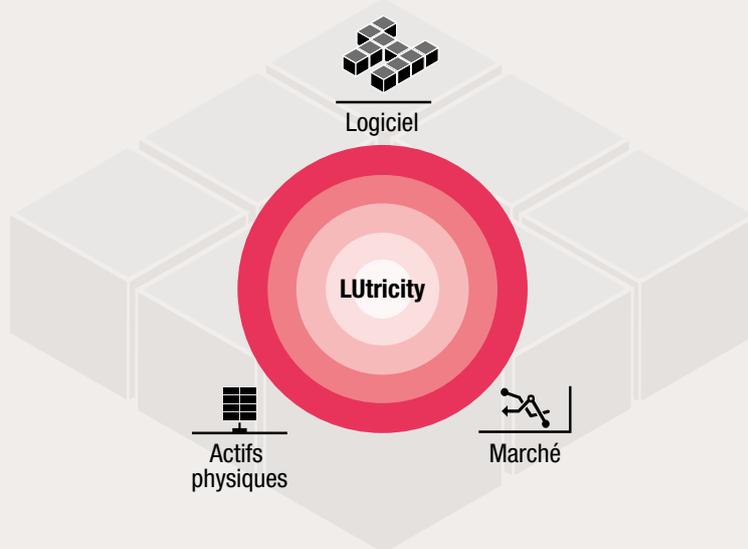
Cas d'application d'une combinaison technologique intégrant la technologie blockchain.

PwC a accompagné TWL dans la conception d'un projet pilote permettant de tester la faisabilité d'une vaste gamme de cas pratiques.

Conjointement avec PwC et l'Energy Web Foundation (EWF), Technische Werke Ludwigshafen (TWL) a lancé un projet pilote de contrôle décentralisé d'un réseau électrique local.

Dans le projet LUtricity, les consommateurs volontaires et les producteurs du réseau public régional de distribution, ainsi que les gestionnaires de stockage, ont pu optimiser la production et la consommation à distance via la blockchain. L'objectif a été de se servir des charges flexibles des gros consommateurs et de leur capacité de stockage pour aboutir à un réseau local équilibré et autosuffisant.

Le projet *LUtricity* repose sur la combinaison de la technologie, d'un marché et d'actifs physiques



Le smart contract du projet LUtricity équilibre automatiquement les flux électriques des participants en quelques secondes. Dans le meilleur des cas, les participants peuvent coordonner automatiquement leurs flux d'énergie entre eux, de telle sorte qu'ils soient autosuffisants vis-à-vis du réseau haute tension et, par conséquent, de l'approvisionnement général des centrales électriques à grande échelle. Le contrat intelligent est finalisé et son déploiement est en cours sur des dispositifs IdO et la blockchain Tobalaba.

La technologie de la blockchain varie en fonction du niveau de décentralisation, de flexibilité et de confidentialité. D'autres solutions de blockchain pour le secteur de l'énergie sont déployées sur *Ethereum* (share & charge), sur *Tendermint* (Enerchain), sur *Hyperledger* (Tennet/Sonnen) et sur *Transactivegrid* (LO3/Siemens).

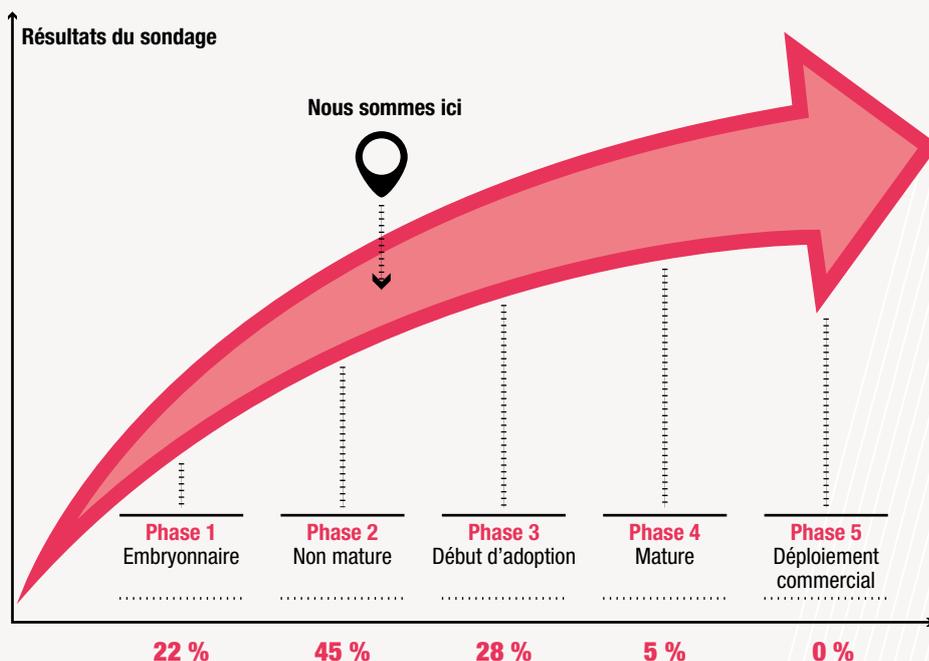
L'opportunité pour les entreprises de se positionner en pionnières du déploiement industriel de la technologie blockchain

Se positionner pendant la phase d'adoption technologique, avant le déploiement de projets matures

De nombreux travaux de recherche et pilotes ont été mis en place autour de projets utilisant la blockchain. Toutefois, la démarche des entreprises reste largement cantonnée à de la recherche et à des *Proofs of Concept* (PoC) mais n'atteint pas encore une phase de développement commercial. Selon un sondage réalisé par le World Energy Council et PwC dans leur étude Blockchain Insights 2018, 67 % des entreprises interrogées estiment que la blockchain se situe à un stade embryonnaire à non mature dans le secteur de l'énergie. 28 % des entreprises interrogées considèrent en revanche que la blockchain atteint une phase d'adoption, marquant le passage d'une démarche de recherche et de PoC à une démarche opérationnelle industrialisée.

Courbe de maturité des projets blockchain

Comment décriez-vous la maturité de la blockchain dans le secteur de l'énergie ?



Le passage d'un stade de recherche et de projets non matures à l'adoption et le déploiement à l'échelle commerciale de solutions utilisant la blockchain constitue un contexte clé pour les entreprises du secteur. L'opportunité de se positionner en pionnières de la technologie par le déploiement à court terme d'une solution industrialisée leur est encore offerte, mais certaines entreprises ont déjà lancé une démarche vers un déploiement à grande échelle.

Point de vue PwC

Pour pouvoir se positionner en pionnières de la technologie dans le secteur de l'énergie, les entreprises devront donc mettre en place rapidement un plan d'actions.

La mise à l'échelle des solutions ainsi que la construction de business models économiquement et réglementairement viables demeurent des questions centrales sur lesquelles les entreprises doivent rapidement se concentrer. Une réflexion sur le mode de travail de l'entreprise, son organisation et les compétences sera également nécessaire pour pouvoir saisir l'opportunité offerte par cette nouvelle technologie dans le secteur de l'énergie.

Contribuer à l'ouverture progressive du cadre réglementaire

Le secteur de l'énergie étant fortement réglementé et régulé, la prise en compte rigoureuse de la situation juridique constitue un aspect essentiel de l'éligibilité d'une solution technologique établie sur la blockchain. L'environnement réglementaire constitue un enjeu fort à l'évolution duquel les entreprises se doivent donc de prendre part. Des réglementations telles que REMIT² ou MiFiD³ pourraient représenter des obstacles à surmonter, notamment pour des autoconsommateurs indépendants ou des opérateurs de petites capacités de production.

Par exemple, les appareils basés sur l'IdO qui exécutent les tâches du compteur intelligent pour la lecture de la consommation électrique au niveau d'un nœud de la blockchain (lecture, communication et contrôle des flux d'énergie...) doivent être conformes aux normes associées aux compteurs intelligents. De même, les données communiquées par les consommateurs eux-mêmes sont fortement réglementées en Europe. Il existe également des obstacles juridiques à l'application d'une plateforme commerciale régionale sur laquelle les consommateurs finaux et les petits producteurs pourraient échanger de l'énergie. La flexibilité d'une solution blockchain implique que le consommateur final puisse faire appel à différents partenaires commerciaux, ce qui s'apparenterait à un changement de fournisseur d'énergie. Le consommateur final pourrait alors changer de fournisseur d'électricité plusieurs fois par jour voire toutes les heures, ce qui n'est pas anticipé à ce jour par le marché. La définition du responsable d'équilibre devrait alors être totalement repensée.

Le cadre réglementaire, encore peu adapté à ces nouvelles solutions technologiques, s'ouvre progressivement à l'émergence de ces *business models*. A titre d'exemple, l'autoconsommation collective a été rendue possible par la définition d'un cadre réglementaire et législatif tenant compte d'une progression technologique.

Point de vue PwC

La blockchain pourrait ainsi être à l'origine d'évolutions réglementaires.

Inversement, une base juridique claire est nécessaire pour des investissements de long-terme sur ce type de solutions à grande échelle. Les évolutions attendues suivent ainsi un ordre logique induit par les opportunités offertes par la blockchain et les incertitudes plus ou moins complexes qu'elle soulève. Les entreprises ont vocation à nourrir le débat juridique autour de ces nouvelles technologies et apporter leur soutien aux instances de réglementation pour permettre l'évolution et l'ouverture du cadre réglementaire.

Le passage du Proof of Concept à l'industrialisation

Adapter le mode de travail de l'entreprise

Les solutions blockchain nécessitent de la part des entreprises le développement de nouveaux modes de travail. En effet, la solution technique développée dans la plupart des projets repose sur de nombreux composants et fournisseurs (IdO, infrastructure, middleware, applications, etc.) qui correspondent à autant d'interlocuteurs pour l'entreprise.

L'enrichissement de l'écosystème de partenaires de l'entreprise nécessite donc sa collaboration avec plusieurs typologies d'acteurs tels que des start-up, de grands acteurs cloud, industriels etc. Des consortiums tels qu'Enerchain ont développé des accélérateurs technologiques et des principes de fonctionnement qui doivent ensuite être déclinés opérationnellement au sein des entreprises.

De plus, la plupart des solutions blockchain sont développées en *open source*. Non plus seulement consommatrices de logiciels, les entreprises devront définir une gouvernance claire concernant l'utilisation des solutions open source incluant une réflexion sur les modes et l'étendue de la contribution au sein d'une communauté, la maîtrise du cadre juridique de la solution open-source... Dans le secteur de l'énergie, l'Energy Web Foundation offre par exemple la possibilité aux entreprises d'échanger autour d'une plateforme basée sur une solution blockchain.

Point de vue PwC

Une gouvernance technique claire devra être définie concernant les choix technologiques structurants.

Le rôle de la veille technologique sera clé pour être en mesure d'identifier les évolutions technologiques et être en mesure de les intégrer quand cela apporte de la valeur par rapport au besoin de l'entreprise. Par exemple, le code des solutions blockchain étant public, toute faille est publiquement communiquée de manière à ce que les utilisateurs concernés par la technologie mettent à jour le code de leur solution et toute contribution sur le code peut amener une mise à jour.

2- **REMIT** : règlement européen relatif à l'intégrité et à la transparence des marchés de gros de l'énergie dont la mission de surveillance est effectuée principalement par le régulateur

3- **MiFiD** : pour Markets in Financial Instruments Directive, concernant la directive européenne relative aux marchés d'instruments financiers

Repenser l'organisation et la gestion des compétences

Les initiatives utilisant la blockchain se sont multipliées au cours des dernières années générant des *proofs of concept* validant le bien-fondé de la solution. Afin de développer un modèle d'affaires viable et de passer à l'échelle, les entreprises devront changer de paradigme : sortir d'une dynamique d'expérimentation à une démarche opérationnelle et industrielle. La mise en place d'une organisation projet et d'une gouvernance adaptée seront autant d'éléments clés à la stratégie opérationnelle de l'entreprise pour la mise en place d'une solution intégrant la blockchain.

La gestion des compétences sera également un enjeu au sein des entreprises car les solutions technologiques nécessitent de nouvelles compétences techniques en interne de façon à pouvoir comprendre, adapter et maintenir la solution, assurer la collaboration au sein d'une communauté d'experts et animer un réseau de partenaires. Les entreprises devront s'entourer des compétences techniques nécessaires non seulement au développement mais aussi à la gestion et au suivi de la solution technique retenue afin de se prémunir contre l'obsolescence du code de leur solution ou la vulnérabilité de leur logiciel.



Retour d'expérience PwC

Accompagnement clients dans des projets de transformation et de passage à l'échelle

Plusieurs entreprises du secteur de l'énergie ont lancé des projets de transformation digitale et technologique avec le support de PwC. Les principaux objectifs étaient la construction et la priorisation des cas d'usage en articulant les besoins métier et la vision R&D, l'industrialisation des solutions évolutives et modulaires au service des besoins métier en conformité avec les standards SI de l'entreprise, la réorganisation des équipes et le développement de nouvelles compétences ainsi que la mise en place de méthodologies adaptées aux évolutions métiers.

Afin d'assurer le déploiement à grande échelle de ces projets, quelques principes clés sont structurants :

1/ Définir une solution basée sur un besoin métier

- cartographier les processus
- identifier les besoins métiers

2/ Construire une solution industrialisable perfectionnée par une approche itérative

- identifier des solutions technologiques
- développer un business case économiquement, technologiquement et réglementairement viable

3/ Proposer une organisation cible

- identifier des compétences fonctionnelles et techniques à renforcer
- réorganiser et redimensionner les équipes

4/ Mettre en place une gouvernance adaptée

- mettre en place une gouvernance métier et technique
- définir une méthodologie projet adaptée

5/ Définir une stratégie industrielle innovante et différenciée

- partager une trajectoire itérative court et long terme délivrant une valeur métier régulière
- proposer une stratégie industrielle pragmatique et réaliste tenant compte des spécificités du client et des choix technologiques faits

Contacts

ÉNERGIES & UTILITIES

Pascale Jean

Partner

pascale.jean@pwc.com

+33 1 56 57 11 59

Céline Baudet

Marketing & Business Development

celine.baudet@pwc.com

+33 1 56 57 13 57

ÉQUIPE DE RÉDACTION

Julien Gallice

Director

julien.gallice@pwc.com

+33 1 56 57 70 63

Neon Steinecke

Manager

neon.steinecke@pwc.com

+33 1 56 57 82 00

Claire Décamp

Senior Associate

claire.decamp@pwc.com

+33 1 56 57 65 73

Thomas Bel

Senior Associate

thomas.bel@pwc.com

+33 1 56 57 57 92