

Les enjeux technologiques et industriels du numérique dans les réseaux électriques

Par Michel MORVAN

Cofondateur et président exécutif de Cosmo Tech

Les défis systémiques de l'énergie dans un monde incertain

Le 15 février 2021, les conditions météorologiques extrêmes au Texas (États-Unis) ont démontré l'impact croissant du changement climatique sur les réseaux. Confronté à des températures en chute libre, à des tempêtes de neige et à une cascade de pannes de centrales électriques, le Texas a failli perdre une grande partie de son réseau électrique pendant des semaines. Cette crise énergétique a aussi mis en lumière les conséquences de l'absence de connexion du réseau électrique texan au reste du réseau américain.

Cet événement souligne concrètement la dimension des défis systémiques et le niveau d'incertitude auxquels sont confrontés les dirigeants du secteur de l'énergie. Les événements climatiques augmentent le niveau de risque financier des entreprises de réseau, alors que celles-ci font face à trois autres défis majeurs :

- Le premier est le « mur d'investissement » que représente le renouvellement des réseaux de transport construits après la Seconde Guerre mondiale, et qui arrivent maintenant à la fin de leur vie utile. Il est donc crucial de savoir où investir en premier et quels seront les effets en cascade de ces choix, qui auront un impact pendant des décennies sur l'ensemble du réseau.
- Le deuxième défi, qui rend chaque décision encore plus complexe, est l'influence de la transition actuelle du marché de l'énergie : les énergies renouvelables, les réseaux intelligents, le déploiement plus important de véhicules électriques auront tous une influence sur la dimension des futurs réseaux, et doivent être pris en compte dans les décisions d'investissement ou de maintenance. L'intégration des énergies renouvelables induit également un système plus dynamique, plus instable, qui demande aux opérateurs de réagir beaucoup plus vite pour le contrôler.
- Le troisième défi est de savoir comment faire face au vieillissement des équipes. Saisir et conserver la valeur des connaissances et l'expertise des équipes est essentiel.

La complexité, le risque systémique et l'incertitude sont la nouvelle norme. Gagner en visibilité, anticiper l'avenir et permettre une réponse plus rapide et plus agile est une nécessité absolue afin de gérer cette nouvelle donne. Cet état de fait peut être inquiétant, mais il est aussi source d'immenses possibilités de création de valeur. Les technologies sont aujourd'hui prêtes et ont un grand rôle à jouer dans le pilotage des organisations, pour décider de façon plus confiante et efficace, ainsi que dans le renforcement de leur capacité d'adaptation en temps réel. Ce sont des pourvoyeurs de résilience.

L'évolution des technologies pour relever ces défis

De nombreux acteurs ont investi dans le *big data* et l'Internet des objets (*Internet of Things* ou IoT). Les données des consommateurs sont disponibles grâce aux compteurs intelligents, et les données du réseau sont également plus accessibles.

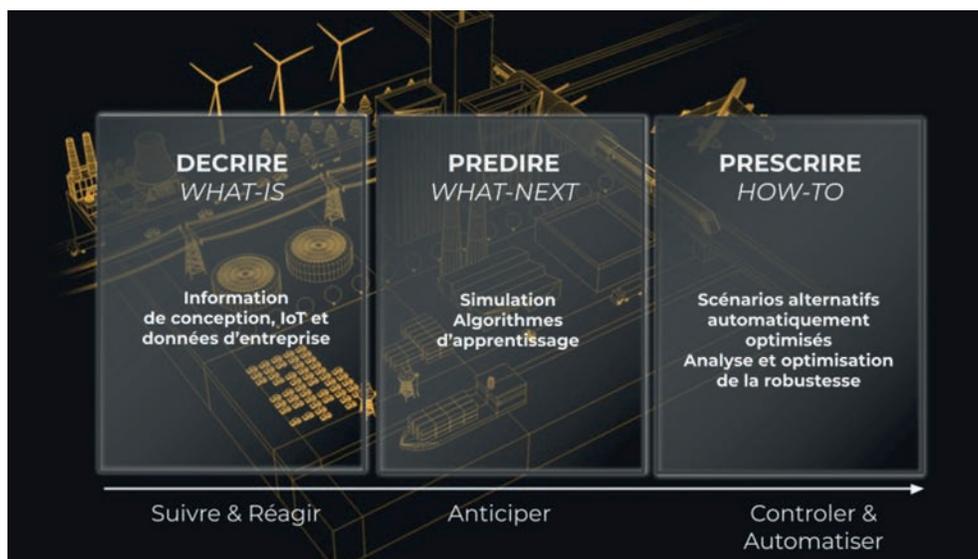
L'usage de l'intelligence artificielle progresse de même pour la conduite du système électrique, avec le développement d'assistants pour simplifier la tâche des opérateurs sur des milliers de tâches répétitives, telles que par exemple l'ouverture d'un sélecteur en automatisant des envois d'ordre et de récupération des informations.

L'écosystème des jumeaux numériques est en forte croissance dans le secteur de l'énergie. La nouvelle génération de jumeaux numériques simulables intègre trois avancées fondamentales pour relever les défis systémiques des réseaux électriques :

- initialement développés pour répliquer virtuellement un actif, ou un *process*, les jumeaux numériques peuvent à présent répliquer virtuellement un écosystème, réconciliant les différentes vues nécessaires à la prise de décision pour répondre à la multiplication d'injonctions souvent contradictoires (réduction des coûts, robustesse...);
- intégrant des capacités de simulation, les jumeaux numériques permettent de projeter l'évolution du réseau électrique à court et à long terme ;
- ces écosystèmes numériques peuvent être connectés et synchronisés en temps réel.

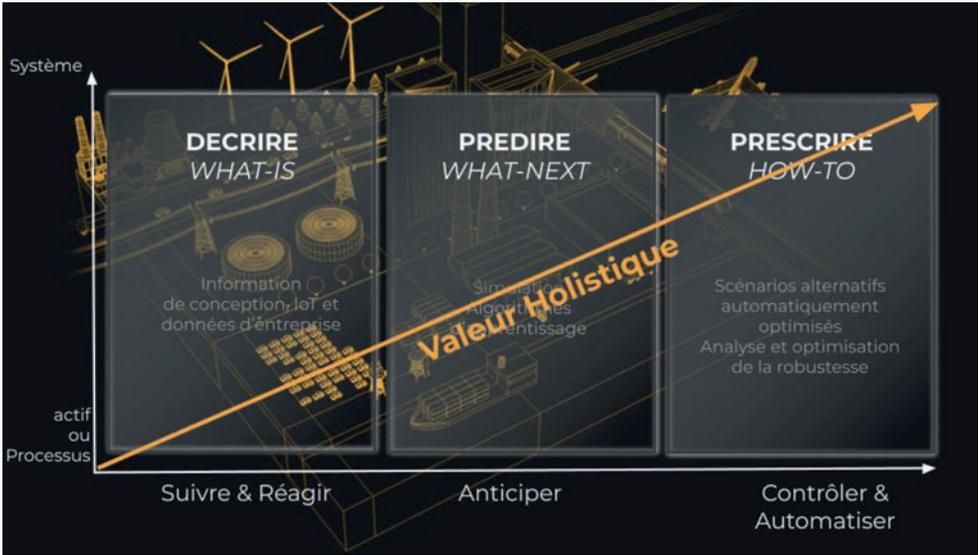
Les jumeaux numériques simulables apportent aujourd'hui trois niveaux de compréhension, décrits dans le schéma ci-dessous : la description de ce qui existe et de ce qui se passe, la prédiction des futurs possibles, et enfin la prescription des voies d'optimisation et d'action.

En combinant ces niveaux, les jumeaux numériques simulables aident l'industrie à passer de la réaction à l'anticipation, puis à un meilleur contrôle, voire à une certaine automatisation de ses performances.



© Cosmo Tech

Les jumeaux numériques simulables ont une approche holistique du réseau et prennent en compte toute la diversité et l'hétérogénéité de la réalité considérée telles que les actifs, les équipes, les politiques environnementales et réglementaires, les contraintes budgétaires d'investissement, ainsi que des événements externes tels que les conditions climatiques, les contraintes des fournisseurs externes ou encore l'évolution des demandes des « prosommateurs » (un prosommateur désigne un utilisateur du réseau disposant d'une installation de production d'électricité décentralisée qui est susceptible d'injecter et de prélever de l'électricité au réseau).



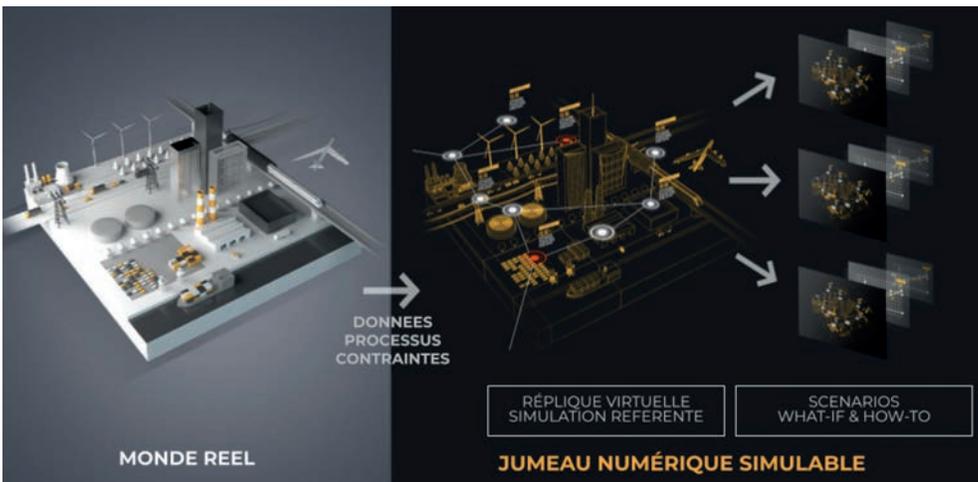
© Cosmo Tech

Plus le jumeau numérique permet de comprendre et d’optimiser la prise de décision (axe horizontal) de manière systémique, en tenant compte de toute la complexité de la réalité considérée et de ses contraintes (axe vertical), plus la compréhension et la valeur holistique fournies seront importantes.

Jumeaux numériques simulables en action et applications

Simuler et optimiser le futur

Les jumeaux numériques simulables ont une approche différente des solutions d’intelligence artificielle existantes. La modélisation du monde réel, symbolisée dans le schéma ci-après, ne s’appuie pas uniquement sur des données historiques, mais également sur les processus et les contraintes du réseau déterminant les interdépendances et les règles de causalité entre les éléments du système simulé. La structure et la dynamique de l’organisation est donc répliquée dans toute sa complexité, pour donner une vision à 360° de l’organisation et simuler son comportement futur, même dans des conditions qui n’ont jamais eu lieu.



© Cosmo Tech

Sur le jumeau numérique ci-avant, en bas de la page 21, les décideurs stratégiques et opérationnels du réseau peuvent exécuter des milliers de simulations, afin de prédire l'état futur du système et tester des scénarios “*What-if*” ou “*How-to*” :

- les scénarios “*What-if*” représentent des variations du futur, prédisant l'effet d'une décision (les conséquences d'une réduction budgétaire en OPEX – dépenses d'exploitation – ou en CAPEX – dépenses d'investissement), d'un événement attendu (le raccordement à une nouvelle source d'énergie renouvelable) ou redouté (incendie ou rupture d'approvisionnement en matières premières) ;
- les scénarios “*How-to*” fournissent un plan d'action optimisé et exécutable, calculé spécifiquement pour les indicateurs-clés de performance choisis, et décrivant chaque étape du plan.

Ces simulations peuvent projeter l'évolution du système pour les trente prochaines minutes ou les trente prochaines années, selon les besoins et le cas d'utilisation.

Les capacités holistiques de simulation et d'optimisation des jumeaux numériques simulables représentent une avancée considérable pour les gestionnaires de réseaux par rapport aux outils traditionnels, pour déterminer les plans optimaux de gestion et de transformation du réseau, en tenant compte de leur faisabilité et de leur robustesse face aux changements de conditions.

Les outils d'optimisation classiques permettent de déterminer des politiques optimales de gestion du réseau électrique, mais sans donner l'assurance qu'elles soient réalisables. Une politique optimale pourrait être de remplacer tous les actifs vieillissants la même année, bien que ceci soit impossible concrètement lorsque l'on tient compte des contraintes du réseau.

Ces jumeaux numériques prédisent aussi des résultats d'une plus grande fiabilité que les outils d'apprentissage automatique (*Machine Learning*) basés exclusivement sur les données du passé, et ce particulièrement à mesure que la ligne de temps est étendue dans le futur.

TenneT, le gestionnaire de réseau de transport d'électricité (GRT) néerlandais et allemand, s'est par exemple appuyé sur les jumeaux numériques simulables de Cosmo Tech, pour explorer comment optimiser la maintenance et le cycle de vie de ses pylônes. La modélisation intégrait dans ce cas l'état des cycles de vie des tours, y compris les facteurs de développement de la corrosion et de tous les éléments essentiels à la mission (calendriers de travail, projections financières, interruptions de service planifiées...). Les simulations ont ainsi démontré au GRT un potentiel de réduction des risques opérationnels du réseau de 12 %, en gardant la même allocation de ressources.

Augmenter la robustesse du réseau face à l'incertitude

Puisqu'ils reproduisent le comportement du réseau, ces outils offrent tout l'avantage de tester les évolutions possibles du réseau et d'optimiser sa robustesse face aux changements.

RTE, le GRT d'électricité français, utilise ainsi depuis plusieurs années les logiciels de jumeaux numériques simulables de Cosmo Tech, pour simuler et optimiser sa stratégie de gestion d'actifs sur plusieurs cas d'usage. RTE teste ainsi l'effet de ses politiques de maintenance et d'investissement à différentes échelles de temps en fonction des scénarios envisagés, notamment sur l'état de santé du réseau, la qualité de service ou la performance environnementale. Les résultats de ces simulations ont éclairé les équipes de RTE sur leur capacité à investir et à maintenir leurs actifs de façon optimale pour les années à venir, et à évaluer la robustesse et la résilience du système électrique en fonction de différents scénarios de risques encourus.

RTE s'est appuyé sur cette technologie pour la justification de son *business plan* auprès de la Commission de régulation de l'énergie (CRE). En partageant des données objectives et en montrant qu'augmenter le budget de maintenance permettrait de réaliser une économie substantielle sur le

budget global à moyen terme, RTE a pu obtenir de la CRE une hausse budgétaire de 15 % pour la gestion de ses actifs. Dans son rapport public, la CRE incite à la diffusion de cette approche.

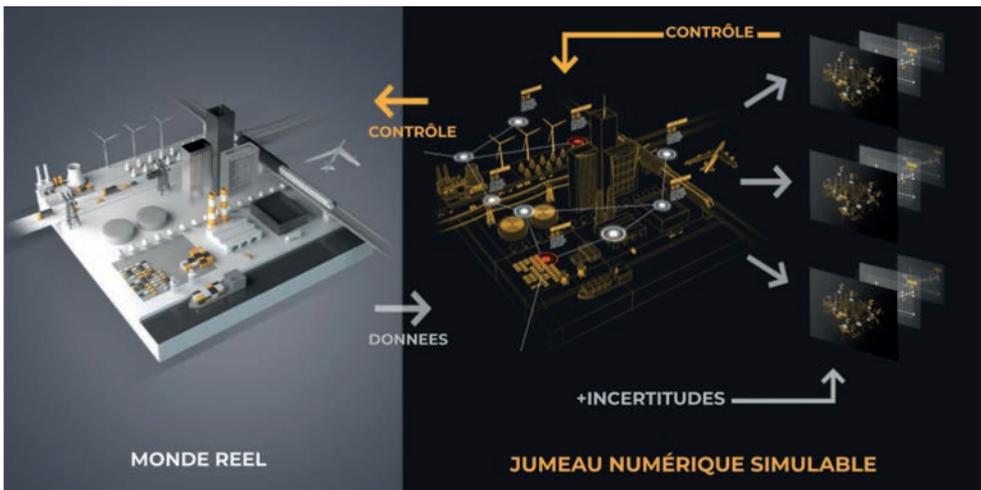


© Cosmo Tech

L'incertitude peut être contrôlée et la robustesse optimisée en quantifiant ses conséquences. Les impacts des conditions climatiques maritimes sur le vieillissement des pylônes tout comme l'augmentation des tempêtes peuvent par exemple être considérés dans les simulations. La robustesse des stratégies de maintenance et de renouvellement des actifs peut également être optimisée selon les variations potentiellement importantes de l'évolution du parc de production. Selon la transformation du réseau, les flux d'électricité peuvent changer considérablement. Une ligne électrique aujourd'hui secondaire peut être indispensable dans quinze ans pour alimenter trois ou quatre fermes éoliennes, ou pour assurer la stabilité de l'alimentation d'une ville alors que la centrale nucléaire aura fermé.

Donner une vision à 360° du présent et du futur du réseau

Les jumeaux numériques simulables peuvent être connectés à l'écosystème qu'ils représentent afin de retracer le passé, surveiller le présent, prédire l'avenir et indiquer la voie à suivre.



© Cosmo Tech

Cette connexion au monde réel est effective de manière bidirectionnelle.

D'une part, les jumeaux numériques sont à jour avec la réalité, de façon à donner une représentation exacte de l'état opérationnel actuel. L'organisation est ainsi assurée que les décisions prises pour l'avenir correspondent aux réalités du moment.

D'autre part, une boucle de rétroaction, symbolisée par les flèches de contrôle du schéma ci-avant, voir en bas de la page 23, renvoie les résultats d'optimisation obtenus au système du « monde réel ». Cette connexion permet d'automatiser certaines décisions ou de fournir des recommandations d'actions pour validation, accélérant ainsi l'agilité de l'organisation et permettant aux équipes de se concentrer sur des tâches à forte valeur ajoutée.

Cette double connexion augmente encore les capacités déjà à l'œuvre des jumeaux numériques simulables à briser les silos organisationnels, et à fusionner les données provenant d'appareils et de systèmes auparavant disparates, capturant toute la valeur des solutions d'IoT et d'intelligence artificielle mises en place.

Conclusion

Les jumeaux numériques simulables apportent une nouvelle façon de comprendre et de gérer les organisations et les réseaux électriques. Ils donnent une visibilité unique sur les effets des décisions, qu'elles s'appliquent aux opérations quotidiennes ou aux considérations stratégiques, en tenant compte des conséquences en cascade d'événements imprévus.

Avec la digitalisation de l'énergie, l'accélération nécessaire de la transition énergétique et la montée en puissance de l'incertitude, les acteurs de l'énergie auront ainsi de plus en plus besoin de simuler leur système, comme leur écosystème, dans toute leur complexité.

Les jumeaux numériques joueront de plus en plus un rôle-clé en leur permettant de réagir de manière plus rapide et plus agile, et en fournissant la visibilité et la compréhension pour faire des choix optimisés à chaque étape de la transformation du réseau.

Ces technologies n'ont pas vocation à remplacer l'expertise des opérateurs. Elles vont au contraire l'augmenter, leur donnant un champ d'action supplémentaire pour réorienter plus facilement leurs actions ou innover en fonction de l'évolution des besoins. Elles soutiendront considérablement les dirigeants des services publics ou privés de l'énergie à être les conducteurs agiles du changement, pour gérer la complexité, les risques systémiques et l'incertitude qui nous attendent.