



# L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE AU SERVICE DES RÉSEAUX ÉLECTRIQUES



# L'ASSOCIATION THINK SMARTGRIDS

L'association Think Smartgrids fédère un écosystème d'acteurs qui contribuent à la décarbonation des réseaux : les opérateurs de réseau RTE et Enedis, les principaux industriels et équipementiers français du secteur de l'énergie, de nombreuses ETI, PME et startups françaises à la pointe dans les domaines des industries technologiques de l'énergie et du numérique, sans oublier le monde universitaire et de la recherche.

## MEMBRES ASSOCIÉS



## MEMBRES OBSERVATEURS



## MEMBRES PARTENAIRES



## Écoles, centres de recherches et laboratoires



# L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE AU SERVICE DES RÉSEAUX ÉLECTRIQUES

Ce document du Conseil scientifique de Think Smartgrids présente la vision de l'association sur les applications de l'intelligence artificielle (IA) au bénéfice des réseaux électriques et les grands défis associés à leur déploiement.

Un focus est fait sur les données puis sur les différentes caractéristiques attendues d'une IA pour l'industrie.

Afin d'illustrer l'étendue des possibilités de l'IA, le texte décrit une sélection de cas d'usage. Pour la plupart d'entre eux, les gestionnaires français de réseaux de transport et de distribution RTE et Enedis ont déjà développé voire déployé à l'échelle industrielle de nombreuses solutions.

Deux entretiens avec un mathématicien et un philosophe de renom apportent enfin un éclairage sur certaines problématiques liées au développement de l'IA pour les réseaux : le premier porte sur les perspectives stratégiques concernant l'IA en France ; le second est une ouverture sur les questionnements éthiques indissociables de la généralisation du recours aux technologies d'IA.

## LES AUTEURS :

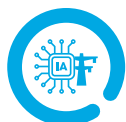
Vincent DEBUSSCHERE, Université Grenoble Alpes, MIAI

Vincent LEFIEUX, RTE

Pierre MALLET, Enedis

Nicolas ROCHE, Enedis

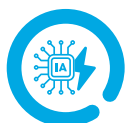
## LES POINTS CLÉS DU DOCUMENT :



Les applications de l'IA pour les réseaux électriques



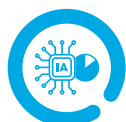
Des illustrations de solutions IA pour les réseaux



Les verrous techniques et sociétaux



Les enjeux d'une IA industrielle



Les enjeux liés aux données



Des recommandations pour développer l'IA pour les réseaux

### Quelle stratégie IA pour le secteur de l'énergie en France ?

Entretien avec Cédric Villani,  
Mathématicien, médaille Fields 2010,  
et ancien député de l'Essonne

### Pour une éthique de l'intelligence artificielle

Entretien avec Thierry Menissier,  
Philosophe, Professeur à l'Université Grenoble Alpes et titulaire de la chaire « éthique & IA » au Multidisciplinary Institute in Artificial Intelligence de Grenoble (MIAI)

## NEUF RECOMMANDATIONS SONT FORMULÉES POUR LE DÉVELOPPEMENT DE L'IA POUR LES RÉSEAUX :



Mettre les données au cœur de la démarche



Viser la frugalité



Hybrider les techniques et mettre en œuvre des approches pluridisciplinaires



Faciliter l'acceptabilité



Favoriser la transversalité



Garantir l'inclusion



Développer les compétences



Laisser la responsabilité de dernier recours à l'humain



Étendre la normalisation

# SOMMAIRE

- p.6 L'IA, UN LARGE CHAMP D'APPLICATIONS POUR LES RÉSEAUX ÉLECTRIQUES**
- p.7 DES VEROUS AUSSI BIEN SOCIÉTAUX QUE TECHNIQUES**
- p.8 LES DONNÉES, PLUS QUE JAMAIS LE NERF DE LA GUERRE**
- p.9 QUELLE STRATÉGIE IA POUR LE SECTEUR DE L'ÉNERGIE EN FRANCE ?  
ENTRETIEN AVEC CÉDRIC VILLANI**
- p.10 QUELQUES ILLUSTRATIONS DE SOLUTIONS IA POUR LES RÉSEAUX**
  - Conduite, exploitation et planification du réseau
    - Gestion de la tension
    - Anticiper l'impact des nouveaux usages sur la qualité d'alimentation
    - Études de développement de réseau
  - De la maintenance préventive à la maintenance prédictive
  - Expérience clients et appui aux salariés
- p.13 LES ENJEUX D'UNE IA INDUSTRIELLE**
  - Intégration dans les SI et les processus
  - Impact sur les moyens de calcul
  - Besoin de nouvelles compétences
  - Un cadre réglementaire en préparation
- p.14 POUR UNE ÉTHIQUE DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE  
ENTRETIEN AVEC THIERRY MENISSIER**
- p.15 DES RECOMMANDATIONS POUR DÉVELOPPER L'IA POUR LES RÉSEAUX**
- p.17 ENTRE RISQUES ET OPPORTUNITÉS, LES PERSPECTIVES DU DÉVELOPPEMENT  
DE L'IA POUR LES RÉSEAUX**



## L'IA, UN LARGE CHAMP D'APPLICATIONS POUR LES RÉSEAUX ÉLECTRIQUES

Les réseaux électriques génèrent un volume croissant de données, du fait du déploiement des compteurs communicants et de capacités de mesure et de communication accrues. Soutenues par des capacités de calcul en expansion, **les techniques de gestion des données ouvrent des perspectives considérables, mais aussi de grands défis.**

Le traitement de ces larges volumes de données, a priori inhomogènes, va nécessiter des capacités qui défient celles d'opérateurs humains. Il semble intéressant, dans ce contexte, de se tourner vers des techniques conçues pour prendre en charge de tels niveaux de complexité et bénéficiant plutôt que pâtissant de cette volumétrie de données. Nous parlons ici des techniques d'intelligence artificielle (IA).

Celles-ci sont notamment capables de s'adapter à l'incertitude, de relier des informations éparses, de détecter des anomalies et de simplifier la modélisation de systèmes complexes, ou encore d'anticiper leur état futur. Souvent basées sur des réseaux de neurones artificiels, elles sont capables de quantifier et de classifier les données. **L'obtention de résultats pertinents dépend de la disponibilité d'une grande quantité de données de qualité, d'une grande capacité de calcul à coût réduit et d'algorithmes d'apprentissage adéquats.**

L'IA représente un champ interdisciplinaire qui allie théorie et pratique. Il s'agit d'assister des activités humaines, principalement via un logiciel, et même dans certains cas de s'y substituer. **L'IA met en œuvre des systèmes d'information, des données avec leurs systèmes de gestion et des algorithmes dédiés.** Il existe bien sûr des solutions adaptées aux différents types de données et de problèmes. Les algorithmes disponibles offrent un large spectre de possibilités techniques, allant jusqu'à des implémentations où la compréhension des résultats peut être limitée. On peut ainsi citer l'exemple des réseaux de neurones profonds.

Outre l'usage final, **plusieurs critères déterminent la sélection des méthodes d'IA** (type de données disponibles, résultats attendus, compétences disponibles, etc.). Du fait de leur puissance potentielle (capacité à maximiser l'usage fait des données disponibles si variées soient-elles) et de leur automaticité, d'autres aspects non techniques entrent en jeu s'agissant de ces méthodes, comme l'acceptabilité des usagers.



## DES VEROUS AUSSI BIEN SOCIÉTAUX QUE TECHNIQUES

Au-delà de l'enthousiasme lié à des réussites parfois spectaculaires dans certains domaines, **l'IA fait face à un certain nombre de verrous**, qui s'inscrivent dans des enjeux plus larges et généralement transdisciplinaires.

Le cœur de l'IA étant la donnée, sa collecte et sa qualité représentent à la fois un enjeu fort mais également **un ensemble de verrous sociotechniques**. S'y retrouvent les problématiques de big data et de cybersécurité, mais également de l'usage fait de l'information récoltée ainsi que du rôle des intermédiaires, du stockage de données, des coûts associés, du consentement à son traitement, etc.

L'usage de l'IA et les prises de décision afférentes soulèvent également **des enjeux importants concernant l'explicabilité** (et donc indirectement l'acceptabilité), **mais également l'éthique**, en lien avec la vérification et la validation des résultats (non biaisés, non intrusifs, etc.).

Enfin, l'empreinte environnementale de l'IA figure également en bonne place parmi les débats qu'elle soulève. Les verrous techniques associés sont sévères, notamment concernant **la capacité à rester pertinente tout en étant sobre énergétiquement**. Pour exemple, l'augmentation du volume de données et les calculs d'entraînement liés à la mise à jour régulière des objectifs techniques sont difficilement compatibles avec des objectifs de sobriété.



## LES DONNÉES, PLUS QUE JAMAIS LE NERF DE LA GUERRE

Collectées, stockées, exploitées, transformées, les données sont présentes partout, notamment dans le domaine des réseaux électriques. Une erreur dans le traitement de ces dernières peut avoir de lourdes conséquences sur les performances industrielles, de sécurité ou encore d'image et de réputation.

Selon une étude du MIT<sup>1</sup>, **la non-qualité des données occasionne une perte d'argent estimée entre 15% et 25% du chiffre d'affaires total d'une entreprise**. La notion de qualité décrit ici à la fois leurs caractéristiques (accessibles, complètes, fiables, pertinentes, à jour, cohérentes, etc.) mais aussi l'ensemble des processus qui permettent de les garantir.

Les algorithmes d'IA sont programmés pour apprendre des règles et générer un modèle qui peut résoudre un problème à partir d'un volume de données conséquent et varié. **Leur pertinence et leur performance dépendent donc directement de la disponibilité et de la qualité des données**, aussi bien en phase d'apprentissage que lors de leur exploitation.

Ainsi, les deux premiers défis à relever sont l'inventaire et la collecte des données, qui nécessitent la disponibilité, la persistance et l'intégration de celles-ci, mais aussi le respect de la gouvernance des diverses sources et du règlement général sur la protection des données (RGPD). Les problématiques associées sont larges, passant par **l'anonymisation**, pour garantir l'acceptabilité et la confiance, mais aussi par **l'interopérabilité ou la généricité des outils de gestion** qui permettront la collecte de données de provenances diverses, et enfin, **la question de la maintenance de tels outils**.

Viennent ensuite l'analyse et l'exploitation des données, qui doivent être adaptées à la problématique posée. Il s'agit alors de **détecter les éventuels problèmes de qualité de données et de vérifier leur représentativité** : sont-elles fausses, biaisées, déséquilibrées, incohérentes ou incomplètes, y en a-t-il trop ou trop peu, leur étiquetage est-il adapté, etc. ? En pleine expansion du fait des usages croissants de l'IA, **le marché des outils de qualité des données était ainsi évalué à plus de 850 millions USD en 2019 et devrait atteindre 3600 millions USD d'ici 2028<sup>2</sup>**.

Les données constituent un enjeu majeur de l'IA, avec des verrous techniques, sociologiques, environnementaux et économiques. Il serait souhaitable que des discussions entre les différents domaines concernés soient systématiquement organisées afin d'harmoniser les réponses apportées aux problématiques industrielles et sociétales. Cet effort d'harmonisation devrait se dérouler en amont même de la définition des limites réglementaires encadrant l'IA et ses usages.

1. Thomas C. Redman, « Seizing Opportunity in Data Quality », MIT Sloan, Novembre 2017.

2. *Verified Market Research*, « Global Data Quality Tools Market Size By Data Type (Customer Data, Product Data), By Deployment Model (On-Premises, On-Demand), By Organization Size (SMEs, Large Enterprises), By End-User (Telecommunications And IT, Retail And eCommerce), By Geographic Scope And Forecast », Novembre 2021



# Quelle stratégie IA pour le secteur de l'énergie en France ?

ENTRETIEN AVEC CÉDRIC VILLANI,  
Mathématicien, médaille Fields 2010 et ancien député de l'Essonne.

## Quel est l'impact de l'IA sur les enjeux du secteur électrique ?

De manière générale, la mise en données (datafication) du monde offre à l'IA un terreau favorable, et c'est aussi un préliminaire indispensable. Le monde de l'électricité ne fait pas exception. Dans ce domaine au carrefour des transitions numérique et énergétique, **les enjeux globaux de l'IA que sont mieux prévoir et mieux analyser concourent aux objectifs de performance du secteur**. La transition énergétique pose à notre société un défi phénoménal ! Certes, l'électricité française est déjà décarbonée, mais cela reste une petite minorité de notre consommation énergétique, et la décarbonation demandera des efforts gigantesques : dans ce contexte, avec un rôle grandissant des réseaux locaux, la facilitation par l'IA sera plus que bienvenue pour aider à l'économie et à l'efficacité. Néanmoins, la relation IA et énergie est plus ambiguë qu'il n'y paraît. Si l'IA est source d'opportunités et de solutions, elle génère également des risques environnementaux liés à la disponibilité des ressources nécessaires à la conception des moyens de calculs ainsi qu'à la consommation d'énergie de ces derniers. **Il est donc capital de concevoir des solutions IA plus économes en énergie et en ressources.**

## Quelle est la place de l'IA dans le secteur électrique de demain ?

Le système électrique de demain sera caractérisé par des moyens de production plus diffus et souvent intermittents mais également par des utilisateurs plus engagés souhaitant se réapproprier l'énergie dans une démarche collaborative. En conséquence, il devra bénéficier **d'une intelligence temps réel adaptée à cette complexité croissante**.

Sur ce point, la profusion des données, l'accroissement des puissances de calcul et son caractère pragmatique impose l'IA. Les modèles d'IA, pilotés par les données, permettent d'embrasser une grande complexité en incluant de nombreuses données de sources diversifiées et ne sont pas contraints par la compréhension humaine du système physique.

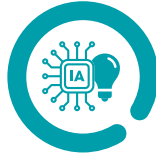
Pour envisager de nouveaux usages et optimisations innovantes du système électrique, **l'apprentissage par renforcement** pourrait s'avérer opportun. À l'image de ce qui a été opéré dans AlphaGo<sup>1</sup>, des solutions non envisagées jusque-là pourraient émerger pour la gestion à court-moyen terme du système électrique.

Cependant, toute médaille a son revers. Les modèles d'IA peuvent ainsi violer les lois physiques et l'absence de causalité dans leurs mécanismes les rend difficilement interprétables. Ces limitations font que **l'IA est un outil d'analyse d'information et d'aide à la décision certes performant, mais un outil de deuxième ligne pour les problématiques de moyen et long termes** (gestion prévisionnelle, planification, etc.). En clair, il ne faut pas croire que l'IA nous dédouanera de choix lourds basés avant tout sur la physique et engageant tout le modèle de société.

## Quels sont les freins au déploiement de l'IA dans le secteur électrique ?

Les développements de ces dix dernières années ont permis de mettre en œuvre des techniques d'IA de plus en plus complexes et exploitant de plus en plus de données. Paradoxalement, la profusion actuelle, et a fortiori future, des données soulève des problèmes délicats. Au-delà des problématiques de la taille, de l'accessibilité et de la qualité des données, le point dur est **le partage de ces dernières et la confiance mutuelle nécessaire que les différentes parties prenantes doivent s'accorder**. Dans le domaine de la santé, cela est très marquant, dans le domaine de l'électricité il faut anticiper des effets similaires. Si les acteurs du système électrique jouissent d'une situation enviable quant à la disponibilité des données, ils devront s'entendre pour exploiter au mieux des corpus de données partagées.

1. <https://deepmind.com/research/case-studies/alphago-the-story-so-far>



# QUELQUES ILLUSTRATIONS DE SOLUTIONS IA POUR LES RÉSEAUX

De par la quantité de données disponible ainsi que l'abondance des cas d'application, le secteur énergétique offre de nombreuses opportunités à l'IA : exploitation temps réel, maintenance, planification, optimisation, etc. Les solutions à base d'IA concourent déjà efficacement à la performance des réseaux électriques, tout en conservant de larges perspectives de développement.

## CONDUITE, EXPLOITATION ET PLANIFICATION DU RÉSEAU

La transition énergétique se caractérise notamment par des systèmes de production énergétiques de plus en plus diffus et intermittents. La loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte a fixé l'objectif de 40 % d'énergies renouvelables électriques dans la production nationale en 2030. **La gestion de ces éléments de variabilité supplémentaire augmente la complexité de la conduite et de l'exploitation des réseaux de distribution et de transport.** De nouvelles techniques sont requises pour y faire face, notamment des techniques s'appuyant sur l'IA.

### Gestion de la tension

Sur le réseau, la tension varie continuellement. Elle est d'abord affectée par des variations lentes liées aux cycles d'évolution saisonniers, hebdomadaires et quotidiens de la consommation. Elle subit également des variations rapides liées à de multiples aléas : fluctuations aléatoires des charges, changements de topologie du réseau, déclenchements de groupes de production thermique, variations des productions ENR, etc.

Cependant, la tension doit être maintenue dans une plage assurant le bon fonctionnement du système électrique en garantissant la sûreté de ce dernier, ainsi que des matériels le constituant et de ses usagers. Pour cela, **des moyens de réglage adaptés et coordonnés sont nécessaires.** À l'interface entre les réseaux de transport et de distribution en France, 2300 postes sources imposent une tension de consigne qui permet de garantir le bon fonctionnement du système.

À ce jour, cette tension de consigne est fixée pour chaque poste source et ne doit être modifiée qu'en cas de travaux importants dans le secteur. Face à l'augmentation de la production ENR, il n'est plus possible de trouver une tension de consigne fixe applicable toute l'année. **La solution est de passer à une tension dynamique qui s'adapterait plusieurs fois par jour à l'état réel de la consommation et de la production.** Pour cela il faut disposer en temps réel d'une image de la tension sur le réseau. Cette dernière est fournie par un échantillon des 800 000 postes HTA-BT qui couvrent le territoire.

**La connaissance de la tension sur ces postes est la clé d'une gestion dynamique du réseau.** Sitôt qu'une anomalie en tension est détectée quelque part, par exemple un apport d'énergie dû à des panneaux photovoltaïques, un second algorithme se met en route pour recalculer instantanément la nouvelle tension de consigne à appliquer au poste source. Considérant le volume de données à traiter, les algorithmes d'optimisation classiques ne sont plus adaptés à cette tâche. **Les algorithmes de deep learning par apprentissage renforcé ont démontré des gains de performance significatifs dans ce domaine,** tant en rapidité qu'en précision. Après la phase d'entraînement, ce type d'algorithme permet de prendre en compte les données temps réel et adapte ses variables aux changements constatés sur le réseau. Cet outil sera déployé progressivement.

### Anticiper l'impact des nouveaux usages sur la qualité d'alimentation

Le développement des usages contenant de l'électronique de puissance génère des courants parasites qui peuvent impacter la qualité de l'électricité fournie. C'est en particulier le cas pour les véhicules électriques, les panneaux photovoltaïques et les pompes à chaleur. **Estimer le risque de perturbations harmoniques sur le réseau par des approches classiques demanderait des dizaines d'années de simulations.** En effet, pour chacun des 800 000 postes de distribution, il existe une trentaine de paramètres à considérer, qu'il faut ensuite mettre en regard avec des hypothèses de progression du déploiement de ces différents équipements jusqu'en 2035.

Après avoir élaboré une base d'apprentissage représentative des typologies de poste de distribution et réduit la liste des paramètres à ceux ayant une réelle incidence sur les harmoniques, **le recours aux algorithmes de Machine Learning permet de modéliser le comportement du réseau en fonction du taux de pénétration des équipements**. Le résultat se présente sous la forme d'une « carte de France du risque harmonique » où l'état de chaque point du réseau apparaît selon un code couleur caractérisant ledit risque. Cette dernière reste perfectible et des travaux sont en cours pour améliorer la modélisation du comportement des nouveaux usages, en particulier des véhicules électriques. **À terme, cette carte permettra d'ajuster la localisation et l'échéance des investissements pour renforcer le réseau.**

### Études de développement de réseau

La digitalisation et la complexification du système électrique constituent un enjeu majeur. Il en découle un besoin croissant d'études de stabilité, une évolution des métiers, de nouvelles politiques de gestion des actifs à mener, etc. Ce besoin toujours plus important d'analyses trouve sa source dans la multiplication des incertitudes et des critères de décisions à prendre en compte (raccordement des ENR, contraintes patrimoniales, empreinte environnementale, etc.).

L'IA présente les qualités requises pour **faciliter la réalisation des études de développement du réseau** tout en offrant aux chargés d'études **la possibilité d'intégrer davantage de contraintes** comme l'usure du matériel ou des contraintes environnementales liées à une zone géographique spécifique, garantissant ainsi une planification plus robuste des évolutions du réseau électrique.

Pour leur conception, analyse et compréhension des études de planification du réseau électrique multi-situations, les chargés d'études réseau peuvent par ailleurs s'appuyer sur les données d'un outil de simulation du fonctionnement du système électrique et sur l'IA. En amont de la réalisation d'une étude de planification de développement du réseau, une brique basée sur le traitement du langage naturel permet aux chargés d'études non seulement **d'analyser le contexte économique ou environnemental** d'un territoire donné, mais aussi **de connaître les projets en cours sur cette zone géographique** par l'intermédiaire d'une base de données unifiée et de capitaliser sur les études antérieures. Une autre brique **facilitera la compréhension des données de simulation**, de plus en plus volumineuses, en aidant à leur exploration et en utilisant des algorithmes d'analyse de données avancés, afin de **permettre la réévaluation des décisions prises pour adapter les infrastructures**.

## DE LA MAINTENANCE PRÉVENTIVE À LA MAINTENANCE PRÉDICTIVE

La capacité d'apprentissage de l'IA et plus particulièrement du **data mining** nous permettent dans certains cas de passer d'une logique de maintenance préventive, basée sur le respect des préconisations des constructeurs et/ou sur le retour d'expérience des exploitants, à une logique de maintenance prédictive prenant en compte un grand nombre d'informations ou de mesures disponibles relatives notamment aux équipements installés sur le réseau.

Dans ce contexte, l'automatisation des tâches permet une gestion des actifs qui, couplée aux techniques d'IA, **augmente de manière significative la disponibilité du matériel et ouvre des perspectives de réduction de coûts**, qu'ils soient économiques ou environnementaux.

En basse tension par exemple, la France compte deux millions de départs. En se basant sur l'historique des remplacements, mais aussi sur quantité de variables exogènes (humidité, travaux à proximité, etc.), **un algorithme d'apprentissage automatique permet de calculer la probabilité de défaillance d'un câble en fonction de ses caractéristiques et de son environnement**. Des applications similaires sont développées pour les câbles moyenne tension et les transformateurs des postes source.

Des techniques d'IA d'un autre ordre sont également utilisées sur les câbles aériens. C'est le cas par exemple des lignes aériennes inspectées chaque année par hélicoptère ou par drone. **La reconnaissance d'image permet ici d'optimiser la programmation de la rénovation des matériels techniques**. En effet, plutôt que de repérer les défauts à l'œil nu, en se basant sur l'expertise des agents de terrain, la rénovation programmée des réseaux est désormais déclenchée par des diagnostics automatiques sur la base de l'analyse des clichés. Ces travaux sont effectués en France par une IA se basant sur près d'un demi-million de photographies intégrées.

## EXPÉRIENCE CLIENTS ET APPUI AUX SALARIÉS

L'IA transforme les opérations et tâches quotidiennes effectuées sur le réseau électrique. Elle augmente certaines capacités et est désormais **capable de porter assistance aux techniciens en charge de l'exploitation et de la maintenance, aux conseillers clientèle, aux employés des fonctions support et même aux clients**.

Sur le terrain par exemple, les outils d'apprentissage profond (deep learning), combinés à l'analyse d'images, sont capables de **reconnaitre des matériels** et de **mettre à disposition des techniciens l'ensemble des caractéristiques nécessaires à leur intervention**.

Associées à d'autres outils informatiques, tels que la géolocalisation, ces solutions permettent de **faciliter et de fiabiliser la collecte et la qualification des données patrimoniales** lors des visites des 2 300 postes source et des 800 000 postes HTA-BT. À terme, elles pourraient même détecter des défauts et proposer une première analyse afin d'aider le technicien dans ses choix d'action. Les plus récents développements ont permis de pousser l'ergonomie de ces outils un cran plus loin en réduisant leur empreinte informatique, permettant ainsi d'en disposer en mode edge sur un téléphone ou une tablette.

De l'autre côté du réseau, pour les conseillers clientèle, les technologies de l'IA permettent d'**améliorer l'accueil des clients et le traitement des réclamations**. En se basant sur l'analyse sémantique fine des verbatims, les solutions IA permettent de catégoriser et synthétiser automatiquement les réclamations. Ces dernières peuvent ainsi être dirigées vers les services compétents qui peuvent également être appuyés par une IA capable de proposer des éléments de réponse. Ainsi, la durée moyenne de traitement des réclamations diminue et permet aux collaborateurs de se consacrer davantage à la relation avec le client. Des méthodes innovantes d'apprentissage profond pourraient également **permettre d'analyser le contenu des réclamations et de détecter de manière précoce l'émergence de nouvelles sources d'insatisfaction**. Cette détection permettrait alors de mettre en place très rapidement une politique de réponse adaptée à des situations inédites.

En matière d'expérience client, n'oublions pas de citer les **chatbots** qui permettent de **personnaliser la relation client en améliorant considérablement l'accessibilité aux informations**. Les progrès du text mining, du machine learning et la puissance des machines ont permis aux chatbots d'énormément progresser dans **la reconnaissance du langage naturel**. Ils sont capables de gérer les digressions et le manque d'information. Ils peuvent notamment poser des questions pour obtenir des détails. Les clients peuvent alors « converser » avec les chatbots, véritables moteurs de recherche améliorés, et ainsi devenir autonomes dans la résolution de problèmes et de demandes simples ou fréquentes<sup>1</sup>.

1. « Les humains derrière l'Intelligence Artificielle - Innovations & besoins de compétences », Livre Blanc Michael Page, Technology, 2021



# LES ENJEUX D'UNE IA INDUSTRIELLE

## INTÉGRATION DANS LES SI ET LES PROCESSUS

L'industrialisation des solutions IA se confronte à des problématiques classiques dans le système d'information (SI), comme la disponibilité des données, la performance, l'absence d'instabilité, la sécurité ou encore la maintenance, en les exacerbant parfois.

Les entreprises dans lesquelles l'IA est intégrée sont souvent confrontées à un **foisonnement d'expérimentations** et opèrent difficilement la transition de l'expérimentation, ou preuve de concept, à un outil IA intégré dans les SI métiers de l'entreprise, autrement dit, le passage à l'échelle. Les travaux d'accélération de l'industrialisation des traitements IA et de leur intégration dans les SI cœur sont aujourd'hui devenus l'un des enjeux majeurs des entreprises, notamment dans le système électrique.

De plus, l'inclusion de solutions d'IA influe nécessairement sur la gouvernance des processus métiers qui doit s'adapter pour prendre en compte le cycle de vie de telles solutions. **Les fonctions de validation initiales doivent souvent être repensées et le contrôle des performances des algorithmes d'IA nécessite une attention particulière et un outillage dédié au monitoring.**

## IMPACT SUR LES MOYENS DE CALCUL

Par ailleurs, un des enjeux de l'IA est de parvenir à capter puis à **traiter de larges volumes de données hétérogènes, certaines de nature technique, d'autres d'ordre fonctionnel**. La volumétrie considérée et la complexité des algorithmes en jeu **poussent les systèmes informatiques jusqu'à leurs limites**, que ce soit en termes de stockage et d'accès aux données ou en termes de puissance de calcul. Pour illustration, l'exécution de certains algorithmes est facilitée par l'utilisation de processeurs spécifiques tels que les GPU, ou unités de traitement graphique, optimisés pour le calcul parallèle. La vitesse d'évolution de ces nouvelles technologies est particulièrement rapide, ce qui conduit à des niveaux d'investissement récurrents et importants.

## BESOIN DE NOUVELLES COMPÉTENCES

Enfin, les technologies IA sont complexes et **nécessitent des compétences spécifiques et rares**. L'explosion du déploiement de ce type de technologies dans les entreprises a créé un appel d'air en termes de recrutement qui ne trouve pas suffisamment de candidats et, par conséquent, freine l'adoption de l'IA. En 2021, **57 % des entreprises européennes citent la difficulté à recruter des profils ayant les compétences adaptées, 45 % citent le manque de compétences en interne.**

## UN CADRE RÉGLEMENTAIRE EN PRÉPARATION

Les techniques d'IA recouvrent des enjeux qui dépassent de loin le cadre technique conventionnel. Ses développements devront être soumis à terme à des normalisations et contraintes opérationnelles précises, à une échelle dépassant le cadre national. La Commission européenne a ainsi publié début 2020 un livre blanc afin de définir des axes prioritaires pour l'encadrement à venir de l'intelligence artificielle<sup>1</sup>. Celui-ci a conduit à l'élaboration d'un projet de **règlement dit « pour une IA de confiance »<sup>2</sup> dont l'entrée en vigueur est attendue en 2023**. Ce nouveau cadre juridique visera à **protéger les droits fondamentaux des usagers, à définir la sécurité de l'usage de l'IA et la responsabilité des parties prenantes**, avec un certain nombre d'exigences en matière de transparence, de robustesse, d'équité et d'impact environnemental. La production et la distribution d'énergie font partie des cas d'usages identifiés comme critiques par la Commission et des sanctions financières fortes s'appliqueront en cas de non-respect de ces exigences. En parallèle, **les instances de normalisation, ISO et IEC, préparent également un cadre spécifique.**

1. COMMISSION EUROPÉENNE, LIVRE BLANC Intelligence artificielle Une approche européenne axée sur l'excellence et la confiance, 19.2.2020  
2. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1623335154975&uri=CELEX%3A52021PC0206>

# Pour une éthique de l'intelligence artificielle

ENTRETIEN AVEC THIERRY MENISSIER

Philosophe et enseignant-chercheur à l'université Grenoble-Alpes

## Est-ce que l'IA soulève de nouvelles questions éthiques ou est-ce juste une nouvelle manière de réenvisager des problématiques déjà soulevées par d'autres systèmes techniques ?

Il faut effectivement considérer la persistance des questions éthiques soulevées par les systèmes techniques au fil de leur développement. L'IA, comme d'autres systèmes techniques avant elle, **redéfinit les frontières d'intervention exclusive de l'Humain**. Cependant, la forte intrication de l'informatique dans tous les secteurs de notre société et sa capacité à traiter des problèmes que la taille et la complexité rendent inappréhendables par l'Humain (même expert) accentuent significativement les questions éthiques autour de l'IA.

## Quelles craintes liées à l'IA ?

La principale crainte liée à l'IA découle de sa capacité à imiter, dans une certaine limite, le comportement humain d'une part, et d'autre part **à s'approprier des connaissances implicites** dans les jeux de données qu'elle traite.

Le terme « intelligence artificielle » est d'ailleurs un symptôme de la crainte qu'elle génère. Il véhicule l'idée d'une entité autonome, qui pourrait potentiellement devenir supérieure à l'Homme, tandis que **« qu'informatique augmentée » ou « systèmes experts » eurent été à la fois plus proches de la réalité et moins anxiogènes**.

Aussi, naturellement, cette crainte se cristallise autour de l'emploi. Que se passerait-il si, pour des questions de rentabilité, les humains étaient remplacés par des machines sur des tâches de plus en plus complexes. **Se projeter dans un monde post-emploi est anxiogène de fait, car nous n'avons pas de schéma de pensée prêt à accueillir cet état de fait**. Le travail vectorise une bonne part de l'agressivité humaine tout en permettant une classification au mérite entre autres choses.

## Quelle place pour l'intelligence artificielle dans un binôme Homme/Machine ?

Lorsqu'on parle d'humain, on pense liberté, libre arbitre. L'IA commence à toucher la conduite de nos sociétés amenant des considérations relevant de l'éthique des usages. En effet, beaucoup d'applications cherchent à se substituer à « l'organisateur » (comme c'est le cas dans les smart cities). **Le socio-politique est donc remplacé par une gestion pragmatique au sens organisationnelle**. Or c'est la confrontation libre - a priori - des idées qui, d'après certains, est vectrice de liberté. Seulement, ce n'est pas le paradigme d'une IA, qui va rechercher un optimum selon des règles définies.

**La liberté évoluerait donc suite à l'intégration des techniques d'IA** au même titre que cela s'est produit lors de la renaissance avec l'invention de l'imprimerie et une première généralisation de l'accès à de la connaissance synthétique qui a tout simplement révolutionné la société de l'époque.

Finalement, si l'IA peut imiter, dans une certaine mesure, le comportement humain et dépasser certaines de nos capacités cérébrales, celle-ci n'est pour autant pas en mesure de créer. **L'intelligence humaine reste l'intelligence créatrice originelle et en ce sens garde le contrôle**.

L'enjeu est donc de se rappeler ce qui fonde notre éthique et **d'appliquer à l'IA les principes que l'Homme a déjà établis par le passé**. Au même titre que la loi définit un cadre à l'intelligence humaine, cette dernière définit un cadre d'application à l'intelligence artificielle.



# DES RECOMMANDATIONS POUR DÉVELOPPER L'IA POUR LES RÉSEAUX

## METTRE LES DONNÉES AU CŒUR DE LA DÉMARCHÉ

Pour chaque outil utilisant des technologies d'IA, un travail de fond doit être mené concernant les données et leur qualité. Plusieurs questions, relatives à l'organisation comme aux solutions techniques à retenir, doivent être posées en amont des projets. Faut-il une gouvernance dédiée ? Comment gérer la propriété des données, au-delà de leur collecte ? **Une définition claire des rôles et responsabilités est indispensable.** Des architectures de données type Data Lake ou Data Warehouse peuvent être des solutions pertinentes, mais ne conviendront pas à tous les acteurs ni à tous les cas d'usage. En outre, **des retours d'expérience et des évaluations restent nécessaires pour les approches plus récentes comme les Data Mesh.**

## HYBRIDER LES TECHNIQUES ET METTRE EN ŒUVRE DES APPROCHES PLURIDISCIPLINAIRES

Tirer des connaissances intelligibles à partir de données hétérogènes et non-structurées nécessite **d'hybrider des techniques d'IA entre elles** ou avec des méthodes plus traditionnelles. La mise en œuvre d'approches multidisciplinaires doit par ailleurs **permettre de progresser sur le plan de la performance comme sur ceux de l'acceptabilité et de l'inclusivité.**

## FAVORISER LA TRANSVERSALITÉ

**Les collaborations entre les acteurs des smart grids sont indispensables pour lever les verrous scientifiques actuels,** aussi bien sur les sujets techniques que sur les sujets sociétaux et éthiques.

## DÉVELOPPER LES COMPÉTENCES

Une montée en compétence de l'ensemble des acteurs de la filière doit être organisée **en adaptant les cursus de formation** dans les écoles et les universités ainsi qu'en déployant un **dispositif d'acculturation** à tous les niveaux des entreprises sur ces sujets.

## ÉTENDRE LA NORMALISATION

**Le développement de normes faciliterait la conception et le déploiement industriel de solutions à base d'IA.** La normalisation devrait couvrir aussi bien le champ des données que ceux des modèles d'IA ou des références de contrôle. Cette normalisation devrait s'étendre aux processus de stockage de données, d'échange d'information (en particulier entre l'ensemble des parties prenantes des systèmes électriques – opérateurs de réseaux, producteurs, consommateurs, acteurs du marché de l'énergie, fournisseurs de services), mais aussi à l'analyse et à la pérennisation des données. **La gestion du consentement des usagers devrait enfin faire l'objet d'un traitement spécifique.**

## VISER LA FRUGALITÉ

Le recours aux techniques d'IA peut engendrer une empreinte environnementale non négligeable. **Optimiser la complexité des modèles** (ou les hybrider), ainsi que **la fréquence de leur réentraînement** et **le volume de données collecté** est désormais une nécessité, à prendre en compte en amont des projets. Le choix des infrastructures d'hébergement en fonction de critères environnementaux est également fondamental.

## FACILITER L'ACCEPTABILITÉ

Le niveau d'explicabilité, qui permet de comprendre quels éléments ont été pris en compte par le système d'IA pour obtenir des résultats, doit être amélioré pour contribuer à **traiter les biais d'entraînement**, permettre une plus grande objectivité et donc, **faciliter l'acceptabilité**.

## GARANTIR L'INCLUSION

Il faut veiller à ce que l'IA ne conduise pas à **un accroissement de la fracture numérique** au sein de la population.

## LAISSER LA RESPONSABILITÉ DE DERNIER RECOURS À L'HUMAIN

Il est indispensable de s'assurer que l'IA **reste au service de l'humain**, en garantissant le respect de valeurs et principes éthiques, mais aussi la robustesse des techniques d'IA utilisées. Et aussi efficace et fiable soit l'outil d'aide à la décision, la responsabilité doit rester en dernier recours humaine.



# ENTRE RISQUES ET OPPORTUNITÉS, LES PERSPECTIVES DU DÉVELOPPEMENT DE L'IA POUR LES RÉSEAUX

Les techniques d'IA sont déjà utilisées régulièrement dans les réseaux électriques français, que ce soit pour le transport ou la distribution. Associées aux connaissances métiers historiques, **elles ont fait la preuve de leur efficacité et complètent avantageusement les outils des gestionnaires de réseaux**. Les problématiques couvertes sont variées, parcourant tout le spectre de l'opérationnel à la planification long-terme, en passant par la gestion d'actifs et l'expérience utilisateur. Pour aller encore plus loin, **un nombre croissant de projets de recherche tentent de lever les verrous scientifiques et techniques identifiés** et les perspectives de développement sont significatives.

## RISQUES ET POINTS DE VIGILANCE

Comme pour tout système technique, les perspectives de l'IA sont liées à des enjeux scientifiques mais aussi sociétaux.

La collecte, la qualité et la propriété des données restent des enjeux forts situés au cœur de tout développement lié à l'IA. Sur ces aspects, **il existe des verrous techniques sur la mesure, l'échange, le stockage, l'analyse et la pérennité des données, mais également plus socio-économiques** sur la propriété, le consentement à la diffusion et les éventuelles rémunérations.

Du fait de sa complexité, **l'IA reste par ailleurs difficile à appréhender et à expliquer**. Souvent perçue comme une « boîte noire », elle suscite parfois une certaine méfiance. Dans ce contexte, les prises de décisions, qui pourraient être biaisées par construction ou même inacceptables en fonction des cultures, représentent un enjeu considérable aux implications éthiques.

Sur un volet connexe, **l'IA soulève des problèmes d'inclusivité**, mettant à jour de façon directe l'existence de fractures numériques au sein de la population. Pour tirer parti de l'IA, il faut en effet avoir accès aux outils numériques et être à même d'en comprendre l'usage et le fonctionnement.

**Enfin, il existe des enjeux écologiques**. Les calculs liés à l'analyse des données sont coûteux en énergie, mais également en matières premières, de par la nécessité de disposer de moyens de calculs puissants et de grandes capacités de stockage de données. Dans ce contexte, les problématiques de centralisation/décentralisation de l'intelligence prennent tout leur sens. La fin de vie de ces équipements pose également question. Il reste de fait à trouver un compromis entre l'usage, la sécurité, les coûts et les impacts environnementaux des techniques d'IA.

## BÉNÉFICES DE L'IA POUR LES RÉSEAUX

Les défis de l'IA se mesurent à l'aune des opportunités qu'elle offre.

L'intérêt majeur des techniques d'IA est **d'embrasser la complexité de systèmes qui ne sauraient être appréhendés autrement**. Cette capacité à opérer des regroupements au sein d'un large volume de données peut faciliter la prise de décisions, que ce soit en phase de planification ou pour la gestion opérationnelle, mais aussi de mieux gérer l'expérience utilisateur pour les clients ou les salariés.

La capacité de l'IA à agréger des données historisées permet également de **créer des liens entre des informations éparses, exogènes et endogènes**, afin de mieux se projeter sur les évolutions d'un système. **La prédiction** est une des capacités majeures de l'IA pour les réseaux, que ce soit pour la production renouvelable ou pour la consommation. La capacité de classification de l'IA permet en outre de grandement **faciliter la détection d'anomalies**, en détectant tout ce qui sort de l'ordinaire.

## PERSPECTIVES

À plus long terme, les techniques d'IA pourraient se banaliser dans la modélisation de systèmes complexes et dépasser l'analyse de données historisées. Couplés à des modèles numériques, l'apprentissage par renforcement pourra **effectuer des millions de simulations d'un système**, et ainsi potentiellement **faire émerger des solutions nouvelles**. La part des systèmes experts dans les techniques d'IA devrait également croître, permettant ainsi de mieux **combinaison la bonne connaissance du système et son apprentissage automatisé**.

À l'heure actuelle, la majorité des traitements de données se fait de manière centralisée dans des datacenters. L'augmentation des cas d'usages et du nombre de données traitées par les techniques d'IA génère un risque de saturation de la bande passante. « **L'edge IA** », intégrant les traitements au plus près des capteurs ou des objets connectés, permet de lever ce risque et devrait se développer largement dans une industrie dont l'empreinte territoriale, recouvrant celle des réseaux électriques, est particulièrement étendue.

**La robotique industrielle pourra également bientôt bénéficier des progrès de l'IA.** En particulier la cobotique, ou robotique collaborative, qui vise à développer des technologies robotiques en interaction continue avec l'homme. Doté d'une IA, le cobot serait alors capable d'analyser son environnement et de s'adapter en temps réel à la situation.

Grâce à la puissance fournie par **l'informatique quantique**, il va devenir envisageable d'entraîner des modèles d'apprentissage automatique sur des bases de données gigantesques et ce beaucoup plus rapidement. Aujourd'hui, certains algorithmes de traitement du langage comptent près de 200 milliards de paramètres<sup>1</sup>. Grâce à l'informatique quantique, nous pourrions aller encore plus loin, ce qui permettrait **d'identifier des corrélations** (si elles existent) **autrefois impossibles à discerner dans des données trop bruitées** par exemple.

Toutes ces perspectives nécessitent encore de nombreux travaux de recherche et leur généralisation ne sera pas sans difficultés. De plus, quelles que soient les évolutions envisagées, conserver une part d'intervention humaine dans les processus est essentiel. L'IA permet d'intégrer davantage de variables aux simulations et d'élargir les possibilités mais reste un outil et vient en complément de l'intelligence humaine plutôt qu'en compétition. Dans cette configuration **le travail humain** aura moins de valeur dans l'exécution mais **gardera une place privilégiée dans l'idéation, la vérification et la validation**. Les salariés devront être formés pour leur permettre de se familiariser avec ces nouvelles exigences techniques et de développer de nouvelles compétences.

1. GPT-3, l'intelligence artificielle qui écrit des articles (presque) seule - Les Numériques ([lesnumeriques.com](https://lesnumeriques.com))



**Think Smartgrids** – Tél : +33 1 42 06 52 50 – [contact@thinksmartgrids.com](mailto:contact@thinksmartgrids.com).  
[www.thinksmartgrids.fr](http://www.thinksmartgrids.fr) - @ThinkSmartgrids