

# l'ingénierie nucléaire

en quête de  
compétences



# SOMMAIRE

|              |   |           |
|--------------|---|-----------|
| INTRODUCTION | <b>UNE INDUSTRIE EN EFFERVESCENCE</b>                             | <b>3</b>  |
| <b>1</b>     | <b>RENDRE LA FILIÈRE PLUS ATTRACTIVE</b>                          | <b>4</b>  |
|              | Diffuser des messages porteurs                                    | 4         |
|              | Agir auprès de tous les publics                                   | 6         |
|              | Réinventer l'expérience candidat                                  | 7         |
|              | Une tâche collective  | 7         |
| <b>2</b>     | <b>FORMER LES PROFILS NÉCESSAIRES</b>                             | <b>8</b>  |
|              | Adapter et renforcer la formation initiale                        | 8         |
|              | Développer le reskilling et la reconversion                       | 9         |
|              | Renforcer la formation continue                                   | 9         |
|              | Accélérer et passer à l'échelle grâce au digital learning         | 10        |
| <b>3</b>     | <b>RÉORGANISER LA FILIÈRE AVEC L'INGÉNIERIE DISTRIBUÉE</b>        | <b>11</b> |
|              | De l'engagement de moyen vers l'engagement de résultat            | 11        |
|              | Les conditions de réussite de la transformation                   | 11        |
|              | Les étapes clés du déploiement                                    | 12        |
|              | Un modèle pour lever les freins du passage à l'échelle            | 12        |
| <b>4</b>     | <b>OUVRIR LA FILIÈRE À L'INTERNATIONAL</b>                        | <b>13</b> |
|              | Le retour d'expérience de l'aéronautique et de l'automobile       | 13        |
|              | La compétence, l'atout de l'international                         | 14        |
|              | Un investissement fort dans la formation continue et la recherche | 14        |
|              | La diversité, catalyseur d'innovation                             | 14        |
|              | L'échelle monde, à plusieurs niveaux                              | 15        |
|              | De nouvelles opportunités pour l'industrie nucléaire française    | 15        |
| CONCLUSION   | <b>DES CHANTIERS URGENTS ET PARALLÈLES</b>                        | <b>16</b> |

# INTRODUCTION

## UNE INDUSTRIE EN EFFERVESCENCE

**Sans doute n’y a-t-il jamais eu de meilleur moment pour devenir ingénieur dans le nucléaire.**

Après avoir longtemps souffert d’une mauvaise image, le nucléaire revient en grâce dans l’opinion car il se trouve à la croisée des grands enjeux contemporains. Ce sont d’abord les tensions géopolitiques, la guerre en Ukraine notamment, qui poussent la France à réduire sa dépendance aux énergies fossiles importées, à chercher les moyens d’une plus grande autonomie énergétique et à reconquérir sa souveraineté technologique en relocalisant les industries critiques. C’est ensuite la crise énergétique, avec l’envolée des prix pour les ménages et pour les entreprises, et le coût important pour l’État des mesures de soutien, qui incite à se tourner vers des sources d’énergie moins soumises aux aléas des marchés et à sécuriser les approvisionnements pour écarter les risques de black-out. C’est enfin la crise climatique, qui, en dépit d’une volonté de sobriété, va considérablement accroître les besoins en électricité et nécessitera, pour les satisfaire, de développer des sources d’énergie décarbonées.

Réponse commune à ces trois grands défis, le nucléaire s’apprête à connaître en France une expansion sans précédent depuis 40 ans avec le lancement ou la poursuite de nombreux grands projets : prolongement de la durée de vie du parc existant (programme du grand carénage) ; conception de trois nouvelles paires de réacteurs de type EPR2 et étude de faisabilité pour huit réacteurs supplémentaires ; poursuite et développement des projets internationaux tels que Hinkley Point C et Sizewell C au Royaume-Uni, Jaitapur en Inde, et d’autres à l’étude en Europe (République tchèque, Pays-Bas...) ; accélération des projets d’innovation, notamment ceux de Nuward, Naarea et Newcleo autour des SMR (Small Modular Reactors) ; sans oublier l’amont et l’aval du cycle avec l’extension GBII à Tricastin, la relance de Melox, la pérennisation des capacités de recyclage dans le Cotentin...

Pour mener tous ces chantiers de front, la filière nucléaire française doit se mettre en ordre de bataille. En particulier, elle doit se préparer à pourvoir les innombrables compétences dont elle aura besoin. À cette fin, elle a conclu un Engagement de Développement de l’Emploi et des Compétences (EDEC) avec l’État afin d’analyser l’offre de formation sur la base d’une cartographie prévisionnelles des emplois, des métiers et des compétences. Par ailleurs, le Groupement des Industriels Français de l’Energie Nucléaire (GIFEN) a lancé le programme MATCH, un outil de pilotage dynamique qui vise à assurer l’adéquation entre les capacités de la filière et ses besoins futurs. Les conclusions de cette étude sont sans appel : en tenant compte des ressources actuelles, des départs à la retraite prévus et des projets envisagés, la filière va devoir recruter 10 000 personnes (ETP) par an pendant les dix prochaines années ! À l’horizon 2050, cela ne représente pas moins de 450 000 recrutements dans l’Union européenne.

Avant même tous les défis techniques de son expansion, le nucléaire français devra relever celui de ses ressources humaines. Pour ne pas manquer de bras et de cerveaux alors que d’autres secteurs tentent eux aussi de les attirer, la filière devra, selon nous, actionner simultanément quatre leviers :

- Rendre la filière plus attractive auprès des jeunes ;
- Spécialiser et réorienter certains profils vers le nucléaire ;
- Réorganiser la filière pour déployer un mode d’ingénierie distribuée ;
- Développer de nouvelles capacités à l’international.

Nous vous proposons, dans ce document, quelques pistes de réflexion et d’action sur chacun d’entre eux.

# 1

## RENDRE LA FILIÈRE PLUS ATTRACTIVE

Trop méconnu, le nucléaire peut parfois apparaître comme un monde opaque et difficile d'accès. Pour attirer les candidats, notamment les plus jeunes, il est essentiel de casser les idées reçues et de mettre au contraire en avant les perspectives de carrière passionnantes qu'offre cette filière dynamique et en plein renouveau.

Cet effort de communication est d'autant plus prioritaire que d'autres secteurs industriels appelés à recruter massivement au cours des prochaines années, comme l'aéronautique, l'industrie pharmaceutique et celle, nouvelle en France, des batteries (gigafactories, retraitement, cathodes), chercheront eux aussi à plaire aux mêmes types de profils.

### DIFFUSER DES MESSAGES PORTEURS

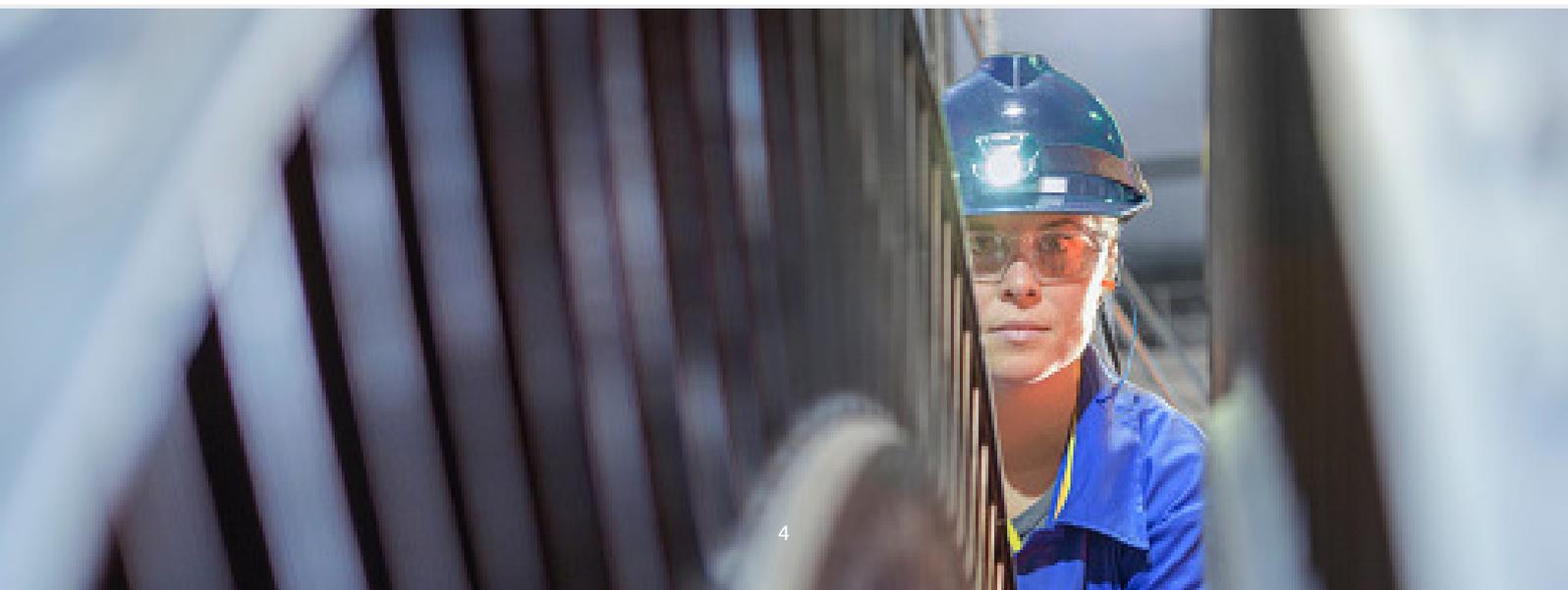
Pour changer son image et séduire les candidats, la filière nucléaire a des arguments qu'elle doit faire entendre. Elle peut plus particulièrement insister sur six messages clés :

« TRAVAILLER DANS LE NUCLÉAIRE, C'EST CONTRIBUER À LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE. »

Avec le nucléaire, on produit une électricité décarbonée, qui va permettre d'électrifier massivement l'industrie, la mobilité et l'habitat, de manière à réduire drastiquement l'impact de ces domaines gros émetteurs de carbone.

« TRAVAILLER DANS LE NUCLÉAIRE C'EST CONTRIBUER À DE GRANDS PROJETS ICONIQUES »

Les centrales conçues aujourd'hui auront une durée de vie d'au moins soixante ans. Chaque salarié de la filière nucléaire, quel que soit son métier, contribue ainsi à un des fleurons du savoir-faire français, que ce soit aussi bien sur des activités de conception, d'exploitation de centrale, ou encore sur l'amont et l'aval du cycle.



## « TRAVAILLER DANS LE NUCLÉAIRE, C'EST ÊTRE À LA POINTE DES TECHNOLOGIES NUMÉRIQUES. »

Pour relever les défis qui l'attendent, la filière se réinvente et se transforme grâce aux nouvelles technologies, au numérique et à l'ingénierie. De nombreux projets s'appuyant sur des technologies de pointe sont d'ores et déjà lancés :

- la transformation digitale de l'ingénierie du nouveau nucléaire ;
- le développement des jumeaux numériques des tranches et des SMR ;
- la digitalisation des processus de certifications des équipements sous pression nucléaires (ESPN) ;
- la digitalisation de la quantité colossale de connaissances acquises depuis les phases de conception jusqu'à la pré-mise en service du projet ITER ;
- la transformation digitale des processus de formation pour améliorer la performance opérationnelle de la filière MOX chez Orano Mélox ;
- de nombreuses initiatives autour de la data pour analyser et améliorer les processus de production .

Ces projets digitaux nécessiteront en outre un très haut niveau d'expertise en matière de cybersécurité pour garantir la sûreté et la sécurité des systèmes, des données et des installations.

Parallèlement aux évolutions technologiques, la filière opère une transformation en profondeur pour permettre l'industrialisation de ses projets et le fonctionnement en ingénierie distribuée. Certains chantiers visent notamment à définir des référentiels communs d'ingénierie, faire évoluer les compétences au travers des méthodes d'ingénierie système basée sur les modèles (MBSE), changer la culture pour une orientation résultat et data, le bien du premier coup, le « design to cost », l'agilité...

Enfin, l'intelligence artificielle (IA) aura de nombreuses applications dans le nucléaire et laisse entrevoir d'autres projets tout aussi innovants et passionnants.

### *LE NUMÉRIQUE AU SERVICE DE LA SÛRETÉ*

Dans le nucléaire plus qu'ailleurs, il est vital que les opérateurs accomplissent en toutes circonstances le geste juste. Pour les y aider, Capgemini a accompagné EDF dans la conception et le déploiement dans chacune de ses centrales de salles de formation (les salles de commande numérique) qui permettent d'inculquer les bons réflexes en cas d'incident. Capgemini a également développé le poste de supervision et de prévention des risques, avec une valise qui équipe les agents intervenant dans le bâtiment du réacteur en période de maintenance et qui relève leurs constantes vitales, mesure les doses de radiation en temps réel et communique ces données à la salle de commande à distance. Ces innovations technologiques sont clés pour garantir la sûreté et l'efficacité de la filière.

## « TRAVAILLER DANS LE NUCLÉAIRE, C'EST CONTRIBUER À UNE FILIÈRE D'EXCELLENCE. »

Le nucléaire, ce sont des technologies de pointe, mais c'est aussi une culture d'exigence absolue, avec des pratiques et des processus qui placent la sûreté des systèmes et la sécurité des personnes et de l'environnement au-dessus du reste. C'est pourquoi la filière va bien au-delà des standards ordinaires de qualité en visant l'excellence à tous les niveaux, tout au long du cycle de vie d'une centrale ou d'une installation de retraitement. Cette sûreté s'appuie sur la compétence et la rigueur de chaque intervenant et intervenante, sur une organisation sans faille des activités et sur un ensemble de dispositifs technologiques. Le plan « Excell » lancé par EDF, « Boost » par Orano et les initiatives du Gifen, visant à redonner à la filière le plus haut niveau de rigueur, de qualité et d'excellence, en sont les témoins.



« TRAVAILLER DANS LE NUCLÉAIRE, C'EST S'OUVRIRE DE FORMIDABLES OPPORTUNITÉS DE CARRIÈRE. »

Avec le foisonnement et la diversité des projets d'ores et déjà lancés, ou en passe de l'être, la filière nucléaire offre des opportunités dans d'innombrables métiers de l'ingénierie. Les jeunes qui choisissent maintenant de s'orienter vers le nucléaire ne manqueront pas de projets passionnants jusqu'à la fin de leur carrière professionnelle.

« TRAVAILLER DANS LE NUCLÉAIRE, C'EST CONSTRUIRE LE FUTUR. »

Le nucléaire répond tout particulièrement à l'attente qu'expriment de nombreux jeunes de trouver davantage de sens dans leur travail. En dotant la France d'une filière nucléaire forte, ils aident le pays à maintenir son rang, son indépendance et sa souveraineté dans le monde, et ils participent à sa transition énergétique pour limiter l'ampleur du changement climatique et garantir un environnement viable aux générations futures.

## AGIR AUPRÈS DE TOUS LES PUBLICS

La filière doit avant tout présenter son rôle, ses activités et la diversité de ses métiers aux plus jeunes, pour qu'ils puissent choisir les bonnes orientations dès le collège et le lycée, et aux étudiants qui sont en passe de se spécialiser. Mais ce ne sont pas les seuls publics auxquels il faut s'adresser. Il faut aussi sensibiliser leurs parents et leurs enseignants, à l'influence prépondérante sur les décisions d'orientation.

Sous-représentées dans les métiers de l'ingénierie nucléaire, dont elles ne constituent que 25 % des effectifs, les femmes sont une autre cible de ces nécessaires efforts de communication. Pour cela, la filière doit mettre davantage en valeur ses collaboratrices, illustrer par leurs exemples toutes les possibilités qui s'offrent aux jeunes filles, mettre en avant des rôles modèles, et donner à ces dernières l'envie de suivre des études scientifiques et techniques.

Il faut aussi faciliter l'intégration et l'inclusion de collaborateurs en situation de handicap en poursuivant et en amplifiant les politiques engagées par les acteurs de la filière en matière d'accès à l'emploi, d'adaptation des postes de travail, de formation et d'accessibilité.

Enfin, tout en cultivant les bassins d'emplois historiques à proximité des centrales existantes ou en construction (Lyon, Penly, Gravelines...), ainsi que les autres Installations Nucléaires de Base (La Hague, Tricastin, Cadarache, Marcoule) il faut aussi élargir les actions à l'ensemble du territoire pour toucher des publics aujourd'hui peu familiers du nucléaire.

Sur tous ces aspects, il faut souligner le travail remarquable de l'Université des métiers du nucléaire (UMN), du Gifen, ou encore de l'association WiN France.

# RÉINVENTER L'EXPÉRIENCE CANDIDAT

Capter l'attention des candidats et les disposer favorablement à l'égard du nucléaire n'est qu'une première étape. Pour finalement les embaucher, il est nécessaire de réinventer l'ensemble du parcours de recrutement en tirant notamment parti des possibilités du digital. Pour alimenter leur intérêt et répondre à leurs questions, on pourra par exemple créer et animer des communautés sur les réseaux sociaux et dans le métaverse, et mettre en place des chatbots pour informer sur la filière et ses métiers. L'IA pourra permettre de mieux assortir les profils et les offres d'emploi. Enfin, chez la plupart des acteurs amenés à recruter massivement dans les prochaines années, il sera nécessaire de déployer un véritable CRM candidat pour faciliter le dépôt de CV, fluidifier la prise de RDV et suivre les candidatures.

## LE NUMÉRIQUE AU SERVICE DE L'ENGAGEMENT DU CANDIDAT

Les nouvelles technologies digitales s'invitent également dans les process de recrutement. Caggemini a expérimenté l'utilisation du métaverse pour faire découvrir à ses candidats la diversité de ses métiers, les nombreuses opportunités d'emploi et les process de recrutement, d'une manière qui était autant inédite qu'inspirante. Les candidats ont ainsi pu s'immerger dans les réalités du métier de consultant au sein de Caggemini et profiter d'échanges riches de manières individuelle avec les recruteurs et collective avec les autres candidats.



## UNE TÂCHE COLLECTIVE

Enjeu national, ce travail sur l'attractivité du nucléaire est une tâche collective qui doit mobiliser tout l'écosystème de la filière ainsi que tous les acteurs de l'emploi-formation : le Gifen, l'UMN, les entreprises (grands donneurs d'ordre, fournisseurs, prestataires de services...), les opérateurs de compétences (OPCO), l'enseignement (collèges, lycées, écoles d'ingénieurs, universités, campus des métiers...), l'État (ministères, agences pour l'emploi...) et les collectivités territoriales.

## 2

# FORMER LES PROFILS NÉCESSAIRES

Pour la filière nucléaire, recruter 10 000 personnes par an pendant dix ans sera une véritable gageure, car pourvoir ces postes nécessitera à la fois la quantité et la qualité des profils. Pour cela, il est impératif d'adapter au plus vite l'offre de formation, initiale et continue, aux besoins qui s'annoncent.

Pour relever ce défi de la transformation et de la montée en charge de la formation, l'un des enjeux pour la filière sera de parvenir à coordonner et mutualiser les initiatives de ses nombreux acteurs afin de créer des synergies et des économies d'échelle qui bénéficieront à tous.

Les efforts en matière de formation devront porter sur quatre axes :

## ADAPTER ET RENFORCER LA FORMATION INITIALE

Pour que les jeunes s'orientent vers des formations adéquates et qu'ils y acquièrent le socle de compétences nécessaires, il est impératif de renforcer la collaboration entre les acteurs de la filière et ceux de la sphère éducative.

Ceci permettra en particulier de donner aux cursus généralistes une coloration nucléaire, par le biais d'options, de modules thématiques, de travaux pratiques, de stages... Tel est notamment l'objectif du Passeport nucléaire qu'a lancé l'UMN et dont vont bénéficier plus de 2 000 étudiants et étudiantes, du CAP à Bac+5, dès la rentrée 2023.

Cette proximité accrue favorisera aussi les interventions de professionnels du nucléaire auprès des élèves pour animer des cours, présenter leurs métiers, partager leurs expériences... Multiplier ces échanges est essentiel car ils permettent aux jeunes de relier leurs apprentissages théoriques à des situations professionnelles réelles, et de se projeter sur les métiers que pourra leur proposer la filière.



# DÉVELOPPER LE RESKILLING ET LA RECONVERSION

Les professionnels en activité dans d'autres secteurs constituent un autre vivier à ne pas négliger. Il est en effet possible, au moyen de parcours de reskilling adaptés, de réorienter des techniciens, des ingénieurs et des consultants d'expérience vers les besoins du nucléaire, et de les aider à se reconvertir avec succès.

Du fait de la pénurie généralisée de talents, l'enjeu principal est surtout de trouver les bons candidats, à la fois désireux et capables de transposer leurs compétences dans l'industrie nucléaire. Pour cela, on pourra chercher à anticiper l'évolution des besoins des autres secteurs, de manière à construire en priorité des passerelles avec ceux qui ralentissent.

## *UN PARCOURS DE RESKILLING DE L'AÉRONAUTIQUE VERS LE NUCLÉAIRE*

En 2021, alors que l'industrie aéronautique était frappée de plein fouet par la crise, Capgemini a fait le pari de reskinner ses ingénieurs aéronautiques vers le nucléaire. Même si un réacteur à eau sous pression et un avion n'ont pas grand-chose à voir, ces deux filières partagent de nombreux points communs, notamment une culture très forte de la sûreté.

Cette expérience nous a permis d'identifier les étapes clés d'un parcours de reskilling réussi :

- **Découverte de la filière** : grands donneurs d'ordre, organisation de la filière, socle de connaissances de base (principes physiques, technologies de production d'électricité, fonctionnement d'un réacteur à eau sous pression...), sensibilisation à la culture de sûreté ;
- **Formation approfondie sur les installations** : fonctionnement général, architecture des centrales, fonctions et caractéristiques des différents systèmes et équipements... ;
- **Formation à l'environnement normatif** : réglementations, codes, normes, et leur cascade d'exigences ;
- **Formations à l'ingénierie** : processus et disciplines mises en œuvre, en insistant sur les différences de pratiques d'une industrie à une autre ;
- **Prise en main des logiciels** utilisés dans le secteur et par les principaux donneurs d'ordre.

## RENFORCER LA FORMATION CONTINUE

Pour anticiper les évolutions des métiers, soutenir la performance, intégrer de nouveaux talents, mais aussi fidéliser les collaborateurs, les entreprises de la filière doivent également renforcer la formation continue en s'appuyant sur leurs académies internes.

Les académies jouent un rôle essentiel dans l'évolution professionnelle en accompagnant le développement de filière expertise au sein des organisations, en créant des passerelles entre les métiers et en valorisant les compétences au travers de la certification. Elles ont également un rôle clé à jouer dans l'anticipation des compétences de demain. Selon une étude Pôle Emploi, « 85% des métiers de 2030 n'existent pas encore ». Afin d'être agiles et de s'adapter aux constantes évolutions des métiers, les académies doivent adopter une approche par compétence – et non plus une approche par métier.

En plus de contribuer à préparer le futur, les académies ont une mission ancrée dans le présent et les opérations au quotidien, en industrialisant la montée en compétences des équipes et en répondant aux besoins spécifiques des projets. Mettre en place une analyse fine des compétences nécessaires ainsi qu'un monitoring permanent des ressources disponibles permettront d'établir des plans de formation individualisés afin que chaque collaborateur ait toujours les compétences adaptées pour réaliser ses activités.

# ACCÉLÉRER ET PASSER À L'ÉCHELLE GRÂCE AU DIGITAL LEARNING

On insiste beaucoup, et à juste titre, sur la pénurie de candidats, mais cette pénurie s'étend aussi aux formateurs. Dans le secteur nucléaire, ces derniers sont souvent des professionnels qui exercent par ailleurs leur métier d'ingénieur ou de consultant, et qui n'ont qu'une disponibilité limitée. Face à l'explosion à venir des besoins de formation, le digital sera un outil incontournable pour accroître l'offre, la rendre plus efficace, accessible et attractive, et soulager la pression sur les équipes pédagogiques.

L'une des priorités va consister à transformer en e-learning les formations nucléaires de base car ceci permettra aux formateurs de se concentrer sur les formations plus avancées, pour lesquelles les manipulations et l'expérience qu'ils peuvent partager sont indispensables. Le digital permettra aussi de proposer des parcours de formation de haute qualité à tous les apprenants, où qu'ils se trouvent, en France comme à l'international.

Toutefois, il n'y a rien de plus inefficace qu'un formateur qui déroule son cours en ligne sans tenir compte de son public. C'est pourquoi les centres de formation repensent l'ingénierie pédagogique de leurs formations pour créer une nouvelle dynamique d'animation en améliorant l'interactivité et l'engagement des élèves derrière leurs écrans. Adopter ces bonnes pratiques des classes virtuelles sera essentiel pour que les organismes de formation et les académies internes de la filière puissent dispenser efficacement leurs cours en distanciel et ainsi faciliter l'accès à leurs formations.

En complément, les nouvelles pédagogies immersives, basées sur la réalité virtuelle (VR), permettront aux apprenants de s'exercer aux gestes de leurs futurs métiers ou de se familiariser avec des milieux contraignants dans un environnement d'apprentissage sécurisé et autonome. Ces outils d'apprentissage favorisent également la répétition, la mémorisation et la confiance en soi. La réalité augmentée (AR), qui peut être déployée dans le cadre d'un chantier-école ou directement sur les installations, permet elle aussi d'apprendre ou de rappeler les procédures à suivre et les gestes à exécuter. Ce sont des outils formidables pour former massivement aux métiers du nucléaire.

Enfin l'IA et le métaverse devraient également bouleverser la formation aux métiers du nucléaire dans les prochaines années, en individualisant davantage les apprentissages au travers des technologies d'adaptive learning, en renforçant l'ancrage mémoriel avec un accompagnement post formation en situation de travail, en favorisant l'animation de communauté d'apprentissage et en ré-enchantant l'expérience apprenant avec davantage de gamification, d'interaction et d'immersion.



## *L'ÉCOLE DES MÉTIERS D'ORANO MELOX, L'INNOVATION PÉDAGOGIQUE AU SERVICE DE LA PROFESSIONNALISATION DES TALENTS*

Pour accompagner le recrutement de nombreux jeunes et personnes en reconversion, certaines entreprises de la filière ont d'ores et déjà pris le virage du digital learning. Ainsi Orano Melox met en place son Ecole des métiers, avec l'aide de Capgemini. Les enjeux sont multiples pour Orano Melox : il s'agit de développer l'excellence du geste manuel et des compétences dans un contexte d'évolution numérique et technologique permanente.

Au regard de la spécificité de ses métiers, Orano Melox s'appuie sur des solutions pédagogiques digitales à la fois interactives et immersives, telles que l'AR/VR, des serious game, des maquettes et simulateurs, des e-learning, des tutoriels digitaux ainsi que des dispositifs d'évaluation et de validation des compétences.

# 3

## RÉORGANISER LA FILIÈRE AVEC L'INGÉNIERIE DISTRIBUÉE

Les grands chantiers à venir et les enjeux massifs de recrutement impliquent de repenser l'organisation de la filière dans une logique d'ingénierie distribuée.

### DE L'ENGAGEMENT DE MOYEN VERS L'ENGAGEMENT DE RÉSULTAT

L'histoire de cette industrie a conduit à développer des modes de collaboration basés sur des équipes centralisées, souvent proches géographiquement du site industriel concerné. Ceci s'est naturellement matérialisé par des plateaux techniques d'ingénierie regroupant des ressources de multiples origines, sous pilotage des donneurs d'ordre, avec des modes de contractualisation basés largement sur de l'assistance technique en engagement de moyens.

Ces modalités efficaces se heurtent à une difficulté régulière de passage à l'échelle, et de confrontation à des bassins d'emploi saturés autour des grands sites d'implantation de la filière.

Pour dépasser ces limites et passer à l'échelle, la filière doit s'orienter vers des approches d'ingénierie distribuée qui ont fait leurs preuves dans d'autres secteurs, comme l'automobile et l'aéronautique par exemple. Ce mode de collaboration se traduit par le partage d'un objet complexe au travers de lots de travaux entre différents acteurs. Ces derniers travaillent en engagement de résultat (forfait ou centre de services), dans une collaboration renforcée, pour atteindre un objectif commun, et ceci en partageant des méthodes et des outils.

### LES CONDITIONS DE RÉUSSITE DE LA TRANSFORMATION

Ce changement de paradigme implique plusieurs évolutions majeures pour basculer vers un mode de prestation engageant et externalisé, notamment avec une organisation et un management robuste des activités.

Une condition préalable consiste en la mise en place d'un système de management de la qualité performant au travers, entre autres, du déploiement de la norme ISO 19443, afin de garantir la conformité des services aux exigences des clients et de la réglementation nucléaire. L'identification et la maîtrise des risques liés à la sûreté est ainsi partagée entre le donneur d'ordre et son partenaire d'ingénierie.

En complément, le développement d'une Direction Technique (ou centre d'excellence), à la jonction entre les projets, permettra d'apporter son expertise, de fluidifier le partage de connaissances et de REX, et d'animer la communauté professionnelle.

Une autre condition essentielle est le partage d'une vision commune entre les donneurs d'ordre et l'écosystème, à minima à moyen terme, permettant à chaque acteur de se créer de capacités cohérentes au regard des enjeux, et d'avoir une conviction suffisante pour déclencher les investissements nécessaires à cette montée en capacité.

# LES ÉTAPES CLÉS DU DÉPLOIEMENT

La première étape de la transformation consistera à définir le périmètre et évaluer la faisabilité des activités. Cela comprend notamment l'identification des moyens et outils, l'analyse des risques et des manières de les mitiger ainsi que l'interfaçage des systèmes d'information pour un partage de données simplifié. Les activités sont ensuite transformées en catalogue de service (liste de livrables), sous forme de work package nécessitant une évaluation des charges de travail et des volumes à produire associés. Les prestations sont ainsi dimensionnées non plus en engagement de moyens, mais sur des modalités d'engagement de résultat.

Le pilotage du projet est primordial et nécessite une phase d'initialisation rigoureuse. Elle permet tout d'abord de définir une organisation et une gouvernance claires, précisant les rôles et responsabilités de chacun, les modes de communication privilégiés, la périodicité des réunions de pilotage pour résoudre les problèmes et ajuster les activités si nécessaire, ainsi que les process et les indicateurs de performance. La planification des activités est clé pour anticiper les besoins et les prioriser. Le management des compétences prend ainsi toute son importance dans ce type d'organisation, avec un pilotage dynamique au regard des work packages en cours et à venir, la mise en place de démarches de knowledge management et d'amélioration continue.

Enfin, le passage en mode « run » comprend le pilotage des plannings, des plans de charge, des livrables, de la qualité, des interfaces et des équipes, ainsi que l'amélioration de la production pour une livraison en temps et en qualité des différentes work units. La gestion des interfaces avec le reste du projet Client est également un facteur clé de succès, faisant partie intégrante du pilotage projet et technique.

## UN MODÈLE POUR LEVER LES FREINS DU PASSAGE À L'ÉCHELLE

La transformation des activités en centre de services est souvent une étape pour amorcer un déploiement sous forme d'ingénierie distribuée. Dans ce modèle avancé, plusieurs centres d'ingénierie, basés en France et/ou à l'international, collaborent pour co-produire ensemble un projet ou un objet, avec une chaîne de responsabilité répartie et un engagement unique.

Une telle transformation des modes de delivery a un impact fort sur les emplois et les compétences au sein de la filière. Elle facilite le passage à l'échelle des ressources en répartissant l'effort d'intégration et de montée en compétences entre les donneurs d'ordre et leurs prestataires en ingénierie. Elle permet également de ne pas concentrer le recrutement sur les bassins d'emplois traditionnels autour des implantations du donneur d'ordre, et de pouvoir toucher les talents où qu'ils résident. Enfin, elle favorise l'innovation et la performance en permettant aux différents acteurs d'investir conjointement dans le développement de méthodes, d'outils ou de formations.



# 4

## OUVRIR LA FILIÈRE À L'INTERNATIONAL

Outre le développement programmé du parc national, la filière nucléaire française nourrit de grandes ambitions pour faire rayonner son savoir-faire et l'exporter dans les nombreux pays qui envisagent eux aussi de se tourner davantage vers l'atome. Mais l'international n'est pas qu'un débouché commercial : c'est aussi un vivier de talents qui permettront de compléter, d'enrichir et de sécuriser les compétences dont la filière aura besoin.

Développer la filière de talents à l'international permet donc de répondre simultanément à deux objectifs : sécuriser une capacité pour les besoins Français, et développer une filière de compétence forte dans autant de pays qui accueilleront des chantiers nucléaires dans les prochaines décennies et pour lesquels nos opérateurs nationaux auront la sécurité de pouvoir s'appuyer sur des compétences locales éprouvées.

### LE RETOUR D'EXPÉRIENCE DE L'AÉRONAUTIQUE ET DE L'AUTOMOBILE

D'autres industries, comme l'aéronautique et l'automobile, marquent une dizaine d'années d'avance sur ce mode de collaboration. Le contexte qui a amené l'industrie aéronautique à expérimenter l'offshore fait écho avec les enjeux nucléaires actuels : lancement de nouveaux programmes, pénuries des talents, volonté d'agrandir l'empreinte du secteur à l'échelle monde... avec toutefois la nécessité de réduire les coûts d'ingénierie pour gagner en compétitivité dans un contexte concurrentiel accru. Même si la transformation était déjà bien entamée dans ces industries, le recours massif au télétravail pendant la crise covid et les nouvelles solutions digitales sécurisées ont permis d'accélérer le développement vers l'offshore ces dernières années.

#### *BÉNÉFICIER DU RETOUR D'EXPÉRIENCE DES AUTRES INDUSTRIES*

Parmi les conditions devant être réunies pour déployer un tel projet (comme l'analyse du contexte et des activités, l'anticipation des enjeux de cybersécurité, d'export contrôle et les systèmes d'information, le management rigoureux du projet et des compétences, une organisation front et back office ainsi que la prise en compte de la dimension multiculturelle), l'investissement est déterminant pour décupler le potentiel de l'offshore.

- **Un investissement dans la collaboration** : la réussite d'un projet à l'international est avant tout le résultat d'une relation partenariale solide, construite autour d'une vision partagée et visant un objectif commun. Il est nécessaire d'investir sur le long terme pour que la collaboration puisse perdurer ;
- **Un investissement dans la relation entre les équipes** : si l'offshore est avant tout une affaire de business et d'organisation, elle devient rapidement une histoire d'hommes et de femmes. Favoriser des rencontres (entre le front/back office et le client) permet aux équipes d'apprendre à se connaître, de créer de l'intimité, de s'approprier les process, produits et enjeux et d'établir la relation de confiance nécessaire à une collaboration efficiente.

# LA COMPÉTENCE, L'ATOUT DE L'INTERNATIONAL

Pour les entreprises n'ayant pas franchi le pas, la question de la compétence à l'international fait souvent débat et pose des doutes. Force est de constater que les entreprises ayant déployé ces modes d'ingénierie distribuée en offshore sont souvent impressionnées et rapidement convaincues par la qualité des enseignements et des compétences à l'international.

Ainsi, beaucoup d'industriels et de grandes entreprises de service comme Capgemini, ont développé des partenariats privilégiés avec les universités en Inde afin de préparer les montées en charge et en compétences sur les métiers et challenges de demain.

D'autres pays en Union Européenne, ou encore au Maroc, utilise le système LMD (licence, master, doctorat) permettant une grille de lecture simplifiée sur les niveaux d'études des talents.

Pour autant, l'international offre des perspectives au-delà des ressources que représentent les jeunes diplômés. Il permet également d'accéder à un haut niveau d'expertise, avec des ingénieurs spécialistes de leurs domaines d'ingénierie, que ce soit autour des activités de développement et de conception des produits, du management industriel, des produits connectés, de la digitalisation des opérations...

## UN INVESTISSEMENT FORT DANS LA FORMATION CONTINUE ET LA RECHERCHE

Pour convaincre leurs clients, accompagner leurs croissances fortes tout en maintenant leur compétitivité, ces centres d'ingénierie mondiaux ont investi très tôt dans les compétences de leurs talents en développant leurs académies. Celles-ci offrent des parcours d'onboarding structurés, des parcours d'upskilling et de reskilling, développent des partenariats académiques ou avec des éditeurs de logiciel.

L'investissement dans les compétences s'apprécie aussi dans les laboratoires de recherche. Comme en France, les enjeux de soutenabilité et l'innovation sont des moteurs qui animent les ingénieurs à l'international. Ces labs permettent aux équipes de co-développer les solutions technologiques et durables de demain, souvent en lien avec des clients, tout en développant de nouvelles compétences.

## LA DIVERSITÉ, CATALYSEUR D'INNOVATION

En dehors des labs et au sein même des projets, le retour d'expérience des autres industries permet de constater que l'international est également une source d'innovation. S'imprégner de la diversité des cultures, partager des éclairages et angles de vue différents, essayer de nouvelles façons de produire, faire évoluer les process ... permettent de repenser la manière dont nous réalisons notre métier d'ingénieur, d'apporter des pistes d'amélioration de la productivité et enfin d'innover.

## L'ÉCHELLE MONDE, À PLUSIEURS NIVEAUX

L'international peut s'apprécier à plusieurs échelles. Le globalshore permet l'accès à une plateforme d'ingénierie et d'expertise mondiale, multi disciplinaires avec des spécialisations industrielles fortes, permettant de répondre à un besoin d'agilité, de couverture géographique, d'accès à un pool d'expertise ou encore de ramp-up rapide. Le nearshore, quant-à-lui, répond à une problématique de proximité avec des ressources essentiellement localisées en Europe de l'Est, au Portugal ou encore en Afrique du Nord.

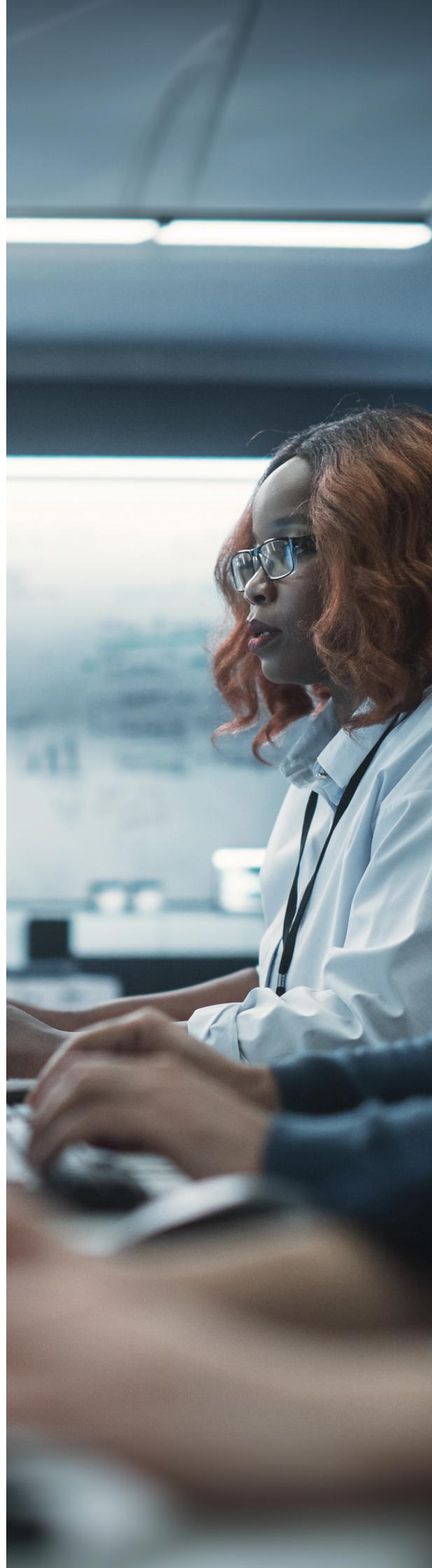
Dans ce contexte, le rightshore® visant à faire appel aux bonnes ressources, ayant les bonnes compétences, au bon moment, est un réel levier pour permettre aux acteurs nationaux de faire face à une montée en charge rapide. Même si cette approche permet également de gagner en compétitivité, elle élargit avant tout le périmètre d'accès à la compétence, tout en favorisant l'industrialisation des projets, où qu'ils se déroulent.

## DE NOUVELLES OPPORTUNITÉS POUR L'INDUSTRIE NUCLÉAIRE FRANÇAISE

Si l'industrie nucléaire est en retard par rapport à d'autres industries, soumises à d'autres exigences dans des contextes socio-économiques et technologiques différents, le renouveau du nucléaire permet d'ouvrir de nouvelles opportunités et d'envisager de nouvelles perspectives à l'international. Le nucléaire pourra ainsi bénéficier du retour d'expérience des autres secteurs industriels qui ont démarré leur transformation plus tôt, pour un passage à l'échelle rapide. Il ne lui reste plus qu'à tester pour apprendre sur un premier projet, se forger une conviction pour engager et fédérer les équipes autour de cette solution.

L'expérimentation autour d'un projet monodisciplinaire simple dans un premier temps pourra ainsi servir de Proof of Value, avant d'envisager des work packages plus importants, pluridisciplinaires et complexes.

Ces nouvelles capacités d'ingénierie nucléaires mondiales permettront ainsi d'accélérer les transformations de l'industrie nucléaire et de soulager la pénurie de talents en France. Par ailleurs, le développement de pôle d'expertise en Europe de l'Est ou encore en Inde, seront autant d'arguments et de facteurs clés de succès pour accompagner les ambitions de la France à l'international.



# CONCLUSION DES CHANTIERS URGENTS ET PARALLÈLES

Alors que la France entend faire du nucléaire l'un des principaux piliers de sa souveraineté industrielle et énergétique et de sa transition bas-carbone, la filière nucléaire française devra recruter massivement au cours des prochaines années pour réaliser ses ambitions.

L'ampleur et l'urgence de ce défi humain lui imposent d'engager sans plus tarder quatre grands chantiers : un effort de communication pour accroître son attractivité, un effort de formation pour développer toutes les compétences nécessaires, un effort de transformation pour intégrer les principes de l'ingénierie distribuée, et un effort d'ouverture à l'international pour étendre le réservoir de talents.

Complémentaires et interdépendants, ces quatre leviers ne porteront pleinement leurs fruits que s'ils sont actionnés simultanément. Les chantiers de leur mise en œuvre devront donc être menés en parallèle et, chaque fois que c'est possible, de façon coordonnée et mutualisée entre tous les acteurs de la filière. Ce défi des compétences leur est commun ; ce n'est qu'ensemble qu'ils pourront le relever.



## AUTEURS

### **Emmanuel FOURNIER**

VP France Industry, Capgemini Engineering  
[emmanuel.fournier@capgemini.com](mailto:emmanuel.fournier@capgemini.com)

### **Marion LE ROY**

Nuclear academy Leader & Digital Learning Expert, Capgemini Engineering  
[marion.leroy@capgemini.com](mailto:marion.leroy@capgemini.com)

## CONTRIBUTEURS

### **José ARMIJOS CABRERA**

Global account director and segment head, Capgemini Engineering

### **Denis BOURGUIGNON**

Nuclear technical director, Capgemini Engineering

### **Olivier CANNONGE**

Head of energy industry France, Capgemini Engineering

### **Frédéric DABE**

VP energy & utilities center of excellence, Capgemini Engineering

### **Alexandre EMBRY**

VP CTIO Head of metaverse-lab and immersive technology, Capgemini

### **Stéphane GARD**

Architect scope installed base, Capgemini Engineering

### **Jessica GAYRAUD**

Digital learning architect, Capgemini Engineering

### **Deepak GUPTA**

Head of offshore transformation, Capgemini Engineering

### **François HAINSELIN**

Nuclear safety leader, Capgemini Engineering

### **Bark NACIRI**

VP energy transition & utilities, Capgemini Invent

### **Damien PLOMBAS**

Delivery head energy, Capgemini Engineering

Nous tenons également à remercier Regis FAURE et Pascal FOUCHARD d'ORANO pour le temps qu'ils nous ont consacré et les informations qu'ils nous ont fournies.

# GET THE FUTURE YOU WANT

## À propos de Capgemini

Capgemini est un leader mondial, responsable et multiculturel, regroupant près de 360 000 personnes dans plus de 50 pays. Partenaire stratégique des entreprises pour la transformation de leurs activités en tirant profit de toute la puissance de la technologie, le Groupe est guidé au quotidien par sa raison d'être : libérer les énergies humaines par la technologie pour un avenir inclusif et durable. Fort de 55 ans d'expérience et d'une grande expertise des différents secteurs d'activité, Capgemini est reconnu par ses clients pour répondre à l'ensemble de leurs besoins, de la stratégie et du design jusqu'au management des opérations, en tirant parti des innovations dans les domaines en perpétuelle évolution du cloud, de la data, de l'Intelligence Artificielle, de la connectivité, des logiciels, de l'ingénierie digitale et des plateformes. Le Groupe a réalisé un chiffre d'affaires de 22 milliards d'euros en 2022.

Get The Future You Want\* | <http://www.capgemini.com/>

\*Capgemini, le futur que vous voulez