

Une énergie décarbonée et décentralisée

Septembre 2025



SOMMAIRE

ÉDITO	4
NOS CONSTATS	5
Des défis énergétiques croissants et des enjeux climatiques pressants	5
Un regain d'intérêt pour le nucléaire	5
LE MICRO-GENERATEUR XAMR® DE NAAREA	6
Une combinaison de technologies éprouvées	6
Le plus haut niveau de garanties de sûreté et de sécurité	6
Maîtriser l'ensemble de la structure des coûts	7
Une solution totalement intégrable dans le mix-énergétique	7
NAAREA premier lauréat français de l'appel à projets « réacteurs nucléaires innovants » du plan d'investissement France 2030	8
NAAREA et Assystem remportent le Grand Prix National de l'Ingénierie 2024 pour le déploiement du jumeau numérique du Réacteur Nucléaire XAMR®	8
PHASES DE DEVELOPPEMENT	9
De la conception à la matérialisation	9
Des premières avancées significatives	9
Les prochaines étapes	11
FONDATEURS	12
LOGO NAAREA	13
EQUIPE	14
CONTACTS	15



NAAREA est une entreprise européenne de la transition énergétique et du nucléaire durable qui développe un réacteur nucléaire de 4e génération afin de produire et vendre à des conditions économiques compétitives une énergie décarbonée, décentralisée au plus près des consommateurs industriels et des collectivités.



**Jean-Luc
ALEXANDRE**
Président Fondateur

« Notre planète surchauffe. Amplitude et fréquence des vagues de chaleur, multiplication de précipitations extrêmes, apparition de nouvelles sécheresses, fonte de la cryosphère, changement du comportement de nombreuses espèces, autant de phénomènes que nous pouvons tous observer, à des degrés divers dans des lieux différents. Il ne s'agit plus d'une peur millénariste mais de constats factuels. Que cette situation engendre de l'éco-anxiété ne doit donc pas surprendre. « L'ère de l'ébullition mondiale a commencé », déclarait le secrétaire général de l'ONU, Antonio Guterres, au terme du mois de juillet 2023, le plus chaud de toute « l'histoire de l'humanité ».

Déjà en mars de cette même année, le 6e rapport d'évaluation du GIEC avait alerté, une fois supplémentaire, sur l'augmentation des risques que court la Terre, et nous avec elle, compte tenu d'un niveau de réchauffement qui ne ralentit pas depuis 2014 – date du dernier rapport d'évaluation de cet organisme. Les experts prévoient que la hausse de température à la surface du sol atteindra 1,5 °C dès le début des années 2030. La limiter en dessous de 2 °C imposerait dès à présent de réduire à zéro les émissions mondiales nettes de CO₂ ainsi que toutes les autres émissions de gaz à effet de serre (vapeur d'eau, méthane, protoxyde d'azote, tétrafluorure de carbone, etc.).

En un mot, sans la moindre tendance au catastrophisme, nous allons droit dans le mur. Devant une telle urgence climatique, si nous ne trouvons pas un moyen pour changer de trajectoire, notre planète ne sera plus vivable pour nombre d'espèces, y compris la nôtre. D'où l'expression de transition énergétique qui résume, à juste titre, le nouvel impératif mondial : la question de l'énergie se trouve au cœur de toutes les problématiques.

L'énergie, c'est la vie

Avant de voir pourquoi nous disposons d'un remède possible, qui n'en est plus au stade de la recherche mais de la toute prochaine mise sur le marché, il est essentiel de saisir pourquoi tout ou presque dépend de l'énergie.

Ce mot vient du grec, *energeia*. Il signifie « force en action ». C'est la capacité qui conditionne le plus petit geste, que ce soit pour cueillir une pomme ou pour faire décoller une fusée. Longtemps avant l'invention du mot, elle opérait déjà : Ève dut bien tendre la main pour cueillir ou pour ramasser un fruit, fût-il défendu !

La langue française fournit comme premiers sens du terme

« le pouvoir », « l'efficacité », « la vigueur » – y compris morale – permettant d'atteindre un objectif. Les hommes ne s'y sont pas trompés : ne comptant pas seulement sur leurs propres forces, longtemps fournies par des esclaves, ils les ont multipliées grâce à la domestication d'animaux avant d'inventer des outils, des instruments, des machines dont la complexité a régulièrement crû au cours du temps.

Quand l'humanité a découvert la puissance potentielle de l'énergie, elle n'a cessé de mettre au point de nouveaux dispositifs augmentant ses effets.

Cette notion déborde largement la classification en termes de secteur ou de branche industriels. Non seulement elle est transversale, servant à tout, mais son absence coupe court à un quelconque espoir d'envergure. Avec elle, rien d'impossible. Sans elle, rien d'envisageable. C'est un levier archimédien. Toute la question est de savoir quelle énergie nous employons.

Depuis la nuit des temps, il a toujours fallu en dépenser pour obtenir le moindre résultat. De la vigueur animale à la puissance nucléaire, l'être humain a modifié son rapport à la nature. D'abord dominé par elle, dépendant, soumis à ses aléas, il a progressivement inversé la relation à son avantage : comprendre les lois de la pesanteur, par exemple, lui a permis de voler, puis de découvrir l'espace interplanétaire. Il est donc compréhensible que les hommes se soient lancés à l'assaut de la production d'énergie sans trop se soucier de ses conséquences. Or, depuis au moins la première révolution industrielle, cette course effrénée a montré ses effets dévastateurs : ne pas maîtriser les rejets nécessaires à la production énergétique comporte des risques, mais surtout les transforme en déchets polluants, nocifs pour la santé, dangereux pour l'environnement. Et pour la vie en général.

Suivant l'énergie employée, nous pouvons transformer notre planète en poubelle ou en respecter les équilibres biologiques et climatiques : tel est l'enjeu planétaire du XXI^e siècle. »

« Le nucléaire nouvelle génération »,
Jean-Luc Alexandre, Préface, éditions Hermann, 2024.

NOS CONSTATS

Des défis énergétiques croissants et des enjeux climatiques pressants

Dans un contexte mondial marqué par des défis énergétiques croissants et des enjeux climatiques pressants, la quête de solutions durables et décarbonées est devenue une priorité absolue.

NAAREA estime que la demande électrique pourrait être multipliée par quatre d'ici 2050, atteignant 100 000 TWh par an. Cette augmentation résulte de l'hyper-croissance numérique et de la démographie croissante. Bientôt, huit milliards de personnes aspirent à adopter le mode de vie de la classe moyenne occidentale actuelle.

Au-delà des défis énergétiques croissants, le contexte mondial est également marqué par des enjeux climatiques pressants. La durabilité de notre planète Terre exige aujourd'hui que la production de cette énergie soit décarbonée et qu'un terme soit mis au prélèvement intense des ressources naturelles.

Des solutions d'énergie propre existent mais leur grande taille (nucléaire conventionnel), leur dépendance à l'égard des réseaux de transport d'énergie ou leur intermittence (énergies renouvelables), n'en font qu'une réponse partielle et insuffisante au regard de la demande immense qui ne cesse de croître.

Un regain d'intérêt pour le nucléaire

Dans ce contexte, le nucléaire connaît un regain d'intérêt car il répond aux besoins de l'Europe et du monde pour réduire les émissions de gaz à effet de serre des activités humaines, en apportant une solution de production d'énergie verte et stable pour pallier l'intermittence des énergies renouvelables. Les évolutions technologiques permettent aujourd'hui une maîtrise sécurisée de la filière nucléaire dans son ensemble. Les grands pays, conscients des besoins exponentiels en matière de production d'électricité, se sont très vite positionnés.

En France, le rapport de la commission d'enquête sur la perte de souveraineté énergétique de la France, dirigée en 2023 par Antoine Armand, insiste sur le rôle crucial du secteur nucléaire dans le mix énergétique français et appelle à des efforts pour accélérer les projets nucléaires et moderniser les installations existantes. Les investissements du plan France 2030 contribuent également à la relance la filière nucléaire en accélérant sur l'innovation et la formation aux métiers du nucléaire. En février 2023, Agnès Pannier-Runacher, alors ministre de la Transition énergétique a lancé une alliance nucléaire en Europe aux cotés de 12 pays de la Commission européenne afin d'améliorer les collaborations en matière de compétences, d'innovation ou encore de sûreté.

Sur le plan international, lors de la COP28 de décembre 2023, le nucléaire a été explicitement reconnu, pour la première fois, comme une des solutions indispensables pour ralentir le rythme de réchauffement climatique.

Enfin, en mars 2024 la Commission européenne a lancé l'Alliance industrielle européenne sur les petits réacteurs modulaires (SMR) qui vise à renforcer la compétitivité industrielle et à garantir une chaîne d'approvisionnement solide et une main-d'œuvre qualifiée dans l'UE.



Une dynamique de reconnaissance forte des réacteurs modulaires

Les AMR, tout comme les SMR, appartiennent à la catégorie des petits réacteurs nucléaires modulaires. Le terme "modulaire" signifie que ces réacteurs sont conçus pour une industrialisation à grande échelle, représentant ainsi une première révolution par rapport au nucléaire traditionnel.

Ces petits réacteurs modulaires sont spécifiquement destinés à des contextes d'utilisation très particuliers, répondant à des besoins énergétiques locaux tels que la production de chaleur, de vapeur ou d'électricité.

Ils peuvent être déployés sur des sites industriels énergivores opérant dans des secteurs comme la sidérurgie, la chimie, ou l'aciérie, par exemple. De même, ils peuvent être adaptés à des regroupements d'industriels ou de bâtiments publics situés dans une même zone géographique, ayant des besoins énergétiques susceptibles d'être satisfaits par un ou plusieurs réacteurs de petite taille.

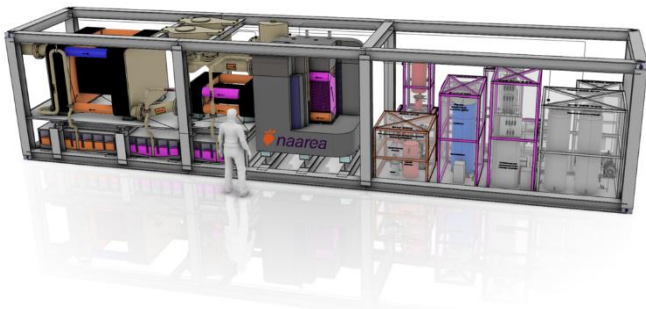
Il est important de noter que les AMR et SMR délivrent une puissance inférieure à celle des réacteurs nucléaires conventionnels, et sont destinés à être fabriqués en série pour une utilisation à grande échelle. Cette approche vise à décarboner des secteurs industriels qui sont actuellement des sources importantes d'émissions de CO₂.

Ils pourraient ainsi jouer un rôle crucial dans l'alimentation de processus de production d'hydrogène ou de carburants verts, contribuant ainsi à des solutions durables.

LE MICRO-GENERATEUR XAMR® DE NAAREA

NAAREA développe le réacteur XAMR®, un micro-générateur nucléaire capable de produire de l'électricité (40 mégawatts) et de la chaleur haute température (80 mégawatts), en brûlant la fraction des déchets nucléaires de très longues vies issus des combustibles usagés sortant des centrales nucléaires. Les micro-générateurs XAMR® seront produits industriellement en série, pour être installés au plus près des industries électro-intensives.

En s'appuyant sur un savoir-faire français (neutrons rapides, sels fondus, gestion du combustible usagé de très longue vie), NAAREA ouvre la voie à un nucléaire durable et innovant contribuant à l'indépendance énergétique, à plus de résilience et en faveur d'une économie circulaire. NAAREA développe ainsi une solution complémentaire aux énergies renouvelables intermittentes et rendra l'ensemble du parc nucléaire durable en proposant une solution de retraitement aux combustibles usés.



Une combinaison de technologies éprouvées

Le micro-générateur XAMR® combine, pour la première fois, des technologies éprouvées depuis des décennies. Tout d'abord, il utilise un fonctionnement à neutrons rapides, similaire aux réacteurs Phénix et Superphénix, ainsi qu'au projet Astrid. Ce mode de fonctionnement efficace permet de brûler le combustible usagé de longue durée de vie de manière optimale, pour atteindre une utilisation du combustible de près de 98%, en comparaison aux 0,5% des réacteurs actuels. Le réacteur à neutrons rapides peut également générer de l'énergie à partir de matières radioactives telles que le plutonium et les actinides mineurs, contribuant ainsi à une gestion responsable des déchets nucléaires.

Ensuite, le micro-générateur NAAREA est doté d'un réacteur unique à sels fondus fonctionnant sous pression atmosphérique, non refroidi à l'eau, avec une réaction de fission auto-régulée à haute température (environ 700°C), assurant une sûreté intrinsèque à l'ensemble du système.

Enfin, la conception compacte du générateur, de la taille d'un conteneur de 40 pieds, facilite une production en série à grande échelle et permet un transport aisé grâce à des dimensions standardisées. Les réacteurs

modulaires réduisent les travaux sur site, améliorant l'efficacité du confinement et la sûreté des matériaux nucléaires. Ce micro-générateur représente ainsi une solution novatrice pour répondre aux besoins énergétiques tout en contribuant à une gestion durable des déchets radioactifs.

Le plus haut niveau de garanties de sûreté et de sécurité

Depuis les années 1950, l'évolution des réacteurs nucléaires a suivi quatre générations distinctes. La première génération, née dans les années 1950-1960, englobe prototypes et premiers réacteurs commerciaux. Les réacteurs de deuxième génération, apparus dans les années 1970, demeurent prédominants dans la production actuelle d'électricité nucléaire. La troisième génération, conçue avec des normes de sécurité renforcées, tient compte des enseignements tirés des accidents majeurs et des menaces terroristes.

Actuellement, la quatrième génération, en cours de développement, représente une avancée technologique majeure. Elle intègre des progrès pour répondre à des critères tels que la durabilité, la sûreté, la compétitivité économique et la non-prolifération nucléaire. La quatrième génération englobe plusieurs technologies, dont les réacteurs à neutrons rapides et sels fondus développés par NAAREA, faisant partie des six technologies de cette nouvelle génération.

Le micro-générateur nucléaire à neutrons rapides et à sels fondus présente une sûreté intrinsèque, reposant sur une conception utilisant un haut coefficient de contre réaction thermique négatif (lorsque la température augmente, la réactivité diminue) : la réaction s'autorégule, garantissant une sûreté passive contre les excursions de réactivité. À l'inverse, lorsqu'il refroidit, la densité au cœur du micro-générateur s'accroît : la probabilité de fission augmente, tout comme sa capacité à générer de la chaleur.

Ces deux effets confèrent au réacteur son caractère de stabilité inhérente. La température d'équilibre est aux environs de 700°C. Ces effets confèrent également au réacteur sa flexibilité en puissance qui se pilote par l'intermédiaire du débit du sel caloporteur dans l'échangeur.

Un autre avantage réside dans l'absence de pression dans les circuits. En effet, le réacteur sels fondus fonctionne à une pression proche de la pression atmosphérique car les sels combustibles et caloporteurs demeurent en phase liquide à haute température.

En outre, les sels fondus utilisés ont des points d'ébullition très élevés (1300°C), ce qui signifie que même une élévation de température transitoire de quelques centaines de degrés n'entraîne pas d'augmentation sensible de pression. Enfin, le micro-générateur XAMR n'utilise pas d'eau ce qui annihile le risque de dégagement d'hydrogène dans le réacteur ce qui limite également le risque d'explosion.

Maîtriser l'ensemble de la structure des coûts

Le modèle économique de NAAREA est celui d'un fournisseur d'énergie avec contrat de performance. NAAREA restera propriétaire des micro-générateurs en toutes circonstances afin de garantir leur sécurité, leur sûreté, leur maintenance et leur parfaite exploitation.

L'ensemble des activités couvertes par NAAREA comprendra la fabrication, le transport et la livraison sur site, la mise en œuvre, le raccordement, la sécurité, les assurances, les opérations et la maintenance, les interventions d'urgence y compris pour neutraliser ou désactiver les micro-générateurs et la gestion de leur fin de vie. L'électricité et la chaleur produites par les micro-générateurs XAMR® seront soit consommées par les utilisateurs locaux, soit réinjectées sur le réseau de distribution. L'ensemble des coûts fixes et variables, de fabrication, de maintenance, d'exploitation et de combustible sera porté par NAAREA. Seul l'usage sera facturé aux clients.

En faisant le choix d'être exploitant, fournisseur d'énergie, et concepteur, NAAREA sécurise la totalité de la chaîne de la valeur, ce qui garantit la prévisibilité sur les prix et les coûts et en fait un acteur compétitif.

Une solution totalement intégrable dans le mix-énergétique

La technologie innovante développée par NAAREA lui permet de jouer un rôle complémentaire au sein du paysage énergétique, agissant en tandem avec le nucléaire conventionnel et les énergies renouvelables (ENR). En contribuant à la fermeture du cycle du combustible nucléaire, NAAREA vise à générer une énergie destinée aux industries réparties sur l'ensemble des territoires français et européen.

NAAREA s'inscrit également en complémentarité avec les énergies renouvelables, enrichissant ainsi le mix énergétique français et européen. L'objectif fondamental est de réduire la facture énergétique des industries et des consommateurs. La solution proposée par NAAREA se distingue par son efficacité à pallier l'intermittence des énergies renouvelables, en offrant une source d'énergie stable, géographiquement proche des utilisateurs et adaptable à la demande.

En 1 an, 40 MWe permettent de (au choix) :



alimenter en continu
2 700 bus ou poids lourds



alimenter en énergie
les plus gros bateaux du monde
(tankers) chargés



décarbonner
5 700 tonnes
d'hydrogène



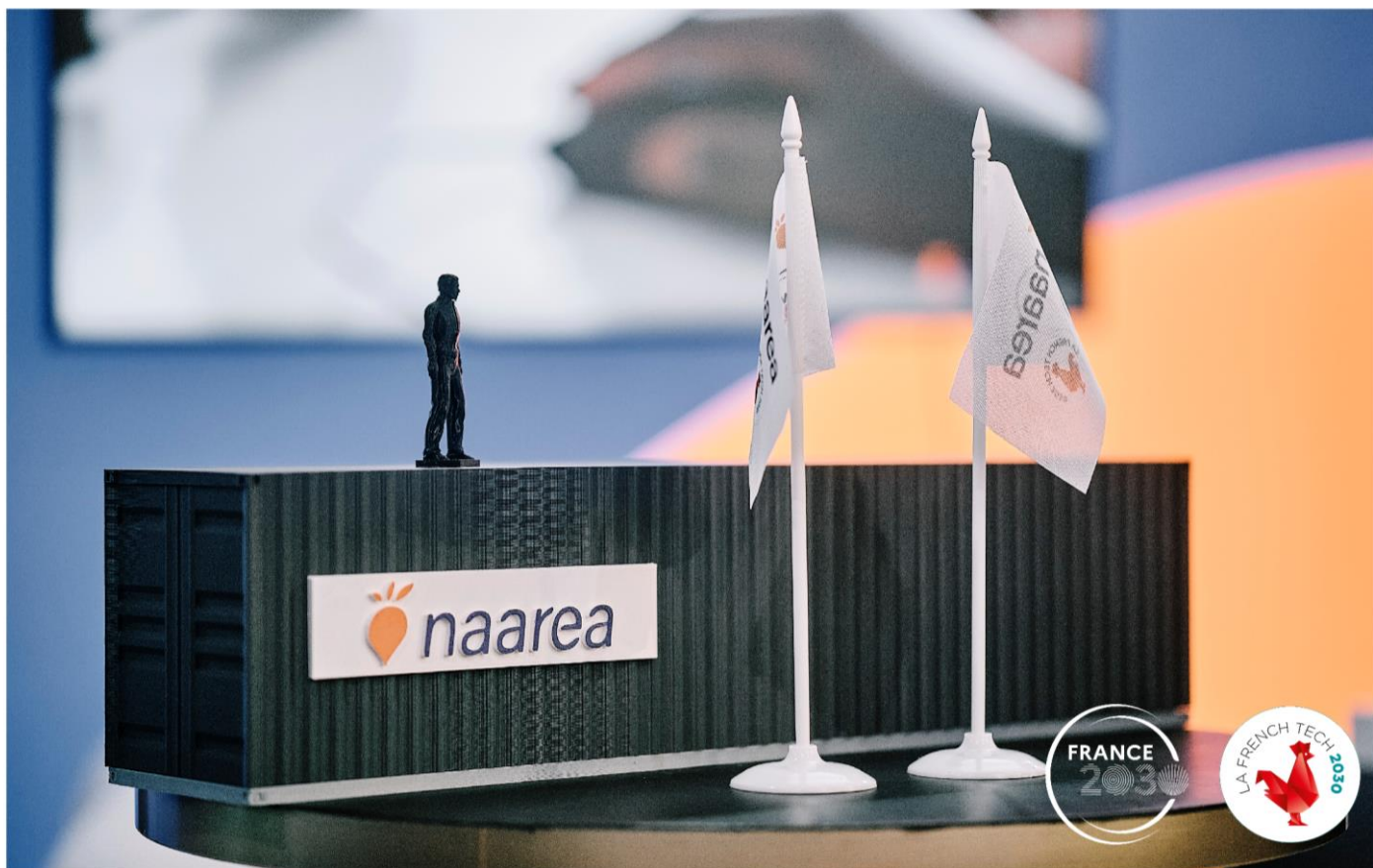
alimenter en électricité
environ 100 000 foyers
occidentaux



dessaler 110 000 000 m³
d'eau de mer, ce qui
correspond à la
consommation de
2 millions d'habitants



alimenter en énergie les plus
grandes usines industrielles



NAAREA premier lauréat français de l'appel à projets « réacteurs nucléaires innovants » du plan d'investissement France 2030

NAAREA est lauréate de l'appel à projets « Réacteurs Nucléaires Innovants » du plan d'investissement France 2030. Cette participation de l'État fondamentale s'inscrit dans une dynamique de reconnaissance forte des réacteurs de génération IV à sels fondus et neutrons rapides de la part des autorités françaises.

Ce label est obtenu à la suite d'un processus indépendant d'évaluation et de sélection qui témoigne de la confiance des pouvoirs publics dans la solution NAAREA pour répondre aux objectifs de souveraineté énergétique, de décarbonation et de mix énergétique de la France d'ici 2050. La somme allouée pour cette première phase d'appel à projets, qui vient compléter des capitaux privés préalablement levés par NAAREA, permettra d'accélérer la mise en œuvre de la conception et des essais associés, et de conforter la hausse des effectifs, qui passeront de 140 en mai 2023, à 250 collaborateurs en fin d'année 2024.

NAAREA labellisée « French tech 2030 »

Après avoir été distinguée comme lauréate de l'appel à projet « Réacteurs Nucléaires Innovants » du plan d'investissement France 2030, NAAREA a également été labellisée « French Tech 2030 », programme d'accompagnement créé par la mission French Tech, le Secrétariat Général pour l'investissement et Bpifrance.

Ce label, axé sur le soutien à l'émergence d'innovations dans des secteurs stratégiques clés, permet à NAAREA de bénéficier d'un accompagnement spécifique (enjeux réglementaires, douaniers ou de propriété industrielle, veille, cybersécurité, autorisations administratives, visibilité, délégations internationales) de la part de tous les services de l'État et des territoires, coordonné par la Mission French Tech.

NAAREA et Assystem remportent le Grand Prix National de l'Ingénierie 2024 pour le déploiement du jumeau numérique du Réacteur Nucléaire XAMR®

Organisé par le ministère de la Transition écologique, de l'Énergie, du Climat et de la Prévention des risques et le ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, en partenariat avec Syntec-Ingénierie, le Grand Prix National de l'Ingénierie récompense chaque année les projets d'ingénierie les plus remarquables.

PHASES DE DEVELOPPEMENT

De la conception à la matérialisation

NAAREA développera, concevra, construira, installera, exploitera, maintiendra, et assurera le recyclage, le retraitement et la déconstruction de ses micro-générateurs. Pour ce faire, NAAREA suit un planning de développement ambitieux pour lui permettre d'envisager une production en série à l'horizon 2030. Deux étapes majeures de ce plan de développement sont d'ores et déjà mises en œuvre : le jumeau numérique et les premiers essais techniques en vue de la qualification des matériaux du futur micro-générateur XAMR®.

Des premières avancées significatives

Sur le plan technologique

NAAREA a franchi une première étape cruciale de son plan de développement en créant le premier jalon du jumeau numérique de son micro-réacteur grâce à la technologie et à l'expertise de Dassault Systèmes et Assystem. Cette représentation en 3D du réacteur, soumise aux lois de la physique, permet de visualiser le chaînage de l'ensemble des domaines physiques impactant le fonctionnement du système du réacteur (mécanique, neutronique, thermodynamique, etc.). Le jumeau numérique sert également d'outil de démonstration en matière de sûreté et de sécurité. Il permet d'anticiper des phénomènes tels que le vieillissement des matériaux, leur résistance à la corrosion et la fatigue du système global. Réalisé en 18 mois, il s'agit d'un outil indispensable pour faciliter la conception et accélérer le développement du micro-générateur.

Pour répondre aux besoins spécifiques des réacteurs de 4^e génération en cours de développement, NAAREA a noué deux partenariats stratégiques et industriels avec des acteurs de la 4^e génération afin de mutualiser la recherche et le développement dans les domaines spécifiques des micro-générateurs à neutrons rapides et des sels fondus. Ces partenariats s'inscrivent dans une démarche complémentaire à l'indispensable alliance industrielle pour les SMR lancée par la Commission Européenne.

Le premier partenariat noué avec newcleo a vocation à s'ouvrir à tous les acteurs impliqués dans la conception et le déploiement industriels de réacteurs à neutrons rapides de 4^e génération, dans les domaines de coopération suivants :

1. Le Cycle du Combustible : l'accès aux combustibles nucléaires usagés (notamment la séparation des transuraniens (Pu-Actinides mineurs)), le développement et la mise en œuvre d'une chaîne d'approvisionnement pour le retraitement des combustibles usés.
2. Le Financement des Infrastructures liées au Cycle du Combustible : au travers du développement de partenariats publics-privés.
3. La Recherche : le développement d'une plateforme commune de recherche et développement (échangeurs thermiques, matériaux, etc.) et la facilitation du financement au niveau européen.

4. Le Développement Industriel : par l'optimisation et l'accompagnement des procédures auprès des autorités de sûreté et de sécurité, l'accès aux outils de calcul scientifique notamment pour les démonstrations de sûreté, la mise à disposition des sites des centres d'essais pour les futurs prototypes (y compris les laboratoires associés), le développement et la mise en œuvre des installations d'essais mutualisés.

Une seconde alliance a été créée avec Thorizon, une start-up néerlandaise qui développe des cœurs de réacteurs auxquels elle ajoute des capsules contenant des sels fondus. Les deux sociétés uniront leurs ressources en matière de connaissances en développement technologique pour élaborer une feuille de route dédiée à la recherche et au développement de centres d'essais partagés.

L'alliance entre NAAREA et Thorizon vise à créer les meilleures conditions pour :

1. Mutualiser les ressources pour les démonstrations de sûreté et de sécurité et les connaissances chimiques, industrielles et stratégiques dans la technologie des sels fondus.
2. Développer des laboratoires et des centres d'essais partagés.
3. Sécuriser l'accès aux combustibles retraités nécessaires à la synthèse des sels fondus.
4. Proposer au marché une gamme de solutions complémentaires avec une base technologique commune.
5. Accroître la base de soutiens politiques et publics en faveur de la technologie des réacteurs à sels fondus.

Les technologies numériques étant en constantes évolution, NAAREA et Assystem ont décidé de créer en octobre 2024 un laboratoire commun qui permettra d'évaluer, analyser et d'intégrer toutes les nouvelles technologies émergentes qui permettraient le déploiement, l'optimisation et l'amélioration continue du Jumeau Numérique du micro-générateur XAMR® de NAAREA : les Large Language Models (LLM), les modèles substitutifs, la fiabilité dynamique des systèmes de sûreté passifs, et l'Internet des objets (IoT), etc.

Pour ce faire, NAAREA et Assystem se sont dotés d'une feuille de route stratégique à 5 ans dans trois domaines :

- Les jalons d'intégration des nœuds principaux des arborescences systèmes ;
- Les principales familles de processus à intégrer au Jumeau numérique ;
- Les principales briques technologiques susceptibles d'être intégrées au Jumeau Numérique.

Les équipes d'ingénierie de NAAREA et Assystem, ainsi que les organismes de recherche publics et privés souhaitant rejoindre le laboratoire commun, apporteront leur

expertise, leurs ressources et leurs compétences spécifiques pour contribuer à ce projet collaboratif. Le laboratoire fonctionnera sur le principe du partage des ressources, qu'elles soient matérielles ou immatérielles, permettant ainsi à chaque partenaire d'accéder collectivement à des connaissances et des moyens auxquels ils n'auraient pas forcément accès individuellement.

En vue d'avancer dans l'instruction de son dossier d'homologation, NAAREA a initié des échanges avec l'Autorité de sûreté nucléaire (ASNR), en s'appuyant sur l'évolution récente de la méthode de licensing en France. En effet, le licensing conventionnel par étapes (DOS, DAC, études environnementales, demande de mise en service, etc) a évolué pour les nouveaux porteurs de projet vers un échange au fil de l'eau avec l'ASNR. Cette méthode est parfaitement adaptée aux projets innovants dont le retour d'expérience faible nécessite une redéfinition par l'ASNR d'une démonstration de sûreté. Ces échanges ont débuté dès 2022, et se sont intensifiés en 2024 avec le lancement d'un cycle de réunions de revue préparatoire.

A l'issue de cette revue préparatoire, un séminaire de synthèse s'est tenu du 14 au 16 octobre, avec l'ASNR et le Groupe Transverse d'Experts – Réacteurs Innovants (GT-RI). Au cours de ces trois jours, la conception et l'approche de sûreté du prototype XAMR® ont été présentés. Ce séminaire marque la transition de la phase préparatoire vers la pré-instruction du projet de prototype de NAAREA.

Sur le plan scientifique

En parallèle, NAAREA a également initié les premiers tests de matériaux, franchissant ainsi une deuxième étape clé dans le développement du micro-réacteur. NAAREA s'est notamment rapproché du groupe Mersen, expert mondial des matériaux avancés pour les industries High-Tech. Cette collaboration a déjà permis de concevoir une première boucle à sels fondus en carbure de silicium. Cette boucle d'essais en sels chlorures, qui fonctionne depuis août 2023 en convection naturelle et à une température de 600 °C sous atmosphère inerte, permettra d'étudier les phénomènes de corrosion dynamique du carbure de silicium ainsi que les phénomènes d'interaction sel-gaz.

Ces tests contribueront à analyser l'impact des sels à base de chlore sur le carbure de silicium et à confirmer la capacité de ce matériau à résister à la corrosion tout en répondant aux exigences de sûreté et de sécurité propres aux réacteurs de 4e génération.

Opérationnelle depuis août 2023 au sein du laboratoire français d'ingénierie matière ICAR-CM2T, spécialisé dans la caractérisation thermomécanique des matériaux à haute température, cette boucle constitue le premier jalon d'un programme d'essais ambitieux s'étendant sur plusieurs années en vue de la qualification des matériaux destinés au futur micro-générateur XAMR®. L'objectif principal est de garantir la conformité aux normes de sûreté et de sécurité actuelles.

En mars 2024, NAAREA a annoncé développer des outils d'analyse en ligne pour connaître à tout instant la composition des sels fondus et du gaz d'inertage présent dans son futur réacteur. Baptisé ALIS, le projet mené par NAAREA, le CNRS-IJCLab et iUMTEK vise à développer des outils d'analyse en ligne de la composition des sels fondus radioactifs et des gaz d'inertage. L'analyse en ligne de ces

éléments permettra notamment de garantir une sûreté optimale et un pilotage optimisé de son futur microréacteur.

En juin 2024, NAAREA, le CNRS et l'Université Paris-Saclay ont lancé un laboratoire commun dédié à la recherche dans la chimie des sels fondus. Baptisé Innovation Molten Salt Lab (IMS Lab), ce laboratoire s'appuiera sur les savoir-faire de NAAREA et du Laboratoire de physique des 2 infinis - Irène Joliot-Curie (IJCLab1). Il a pour objectif de devenir la référence européenne en matière de R&D sur le domaine des sels fondus pour des applications nucléaires (réacteur à sels fondus) et non nucléaires.

Sous une gouvernance commune, Innovation Molten Salt Lab (IMS Lab) suivra une feuille de route de recherche et d'innovation. Celle-ci permettra de favoriser le travail collaboratif et d'assurer la valorisation des concepts et innovations développés chez NAAREA et au service de la filière européenne des réacteurs à sels fondus, notamment dans le cadre de ses alliances stratégiques récemment conclues.

En octobre 2024, Orano a signé deux chartes de collaboration, instituant ainsi deux « sharing groups » permettant de mutualiser les besoins des start-up en termes de développement de combustibles. Le sharing group RSF, associe Orano, Naarea, Stellaria et Thorizon. Il vise à travailler sur les développements nécessaires à la fabrication du combustible liquide utilisé par ces réacteurs à neutrons rapides à sels fondus (RSF), sur les solutions logistiques associées et sur les perspectives de traitement de ces sels sur le site d'Orano La Hague.

Sur le plan industriel

En 2023, NAAREA a également franchi plusieurs étapes clés dans la poursuite de son développement stratégique. Dans le cadre du World Nuclear Exhibition 2023, NAAREA a signé une convention de partenariat avec ACC (Automotive Cells Company) entreprise européenne high-tech leader dans le développement et la fabrication de batteries pour véhicules électriques. Cette dernière vise à étudier comment le micro-générateur XAMR® de NAAREA peut répondre à l'atteinte des objectifs de neutralité carbone et aux besoins en approvisionnement énergétique des futures gigafactories d'ACC.

NAAREA et Pôl'énergie, pôle d'excellence situé dans les Hauts-de-France spécialisé dans la transition énergétique et la décarbonation, ont aussi signé un partenariat afin d'identifier et de préqualifier des territoires et des industries propices au déploiement du micro-générateur XAMR® pour la fourniture d'électricité et/ou de chaleur. Cette convention de partenariat se traduit concrètement par l'identification de territoires dont les besoins sont en adéquation avec la solution NAAREA, la réalisation d'études de faisabilité des besoins en énergie électrique et/ou thermique et par le partage de données d'entrée nécessaires à la qualification des projets d'implantation d'un micro-générateur XAMR®.

En janvier 2025, NAAREA a annoncé un partenariat stratégique avec QGEMS, fournisseur mondial de plateformes de management énergétique. Cette collaboration vise à intégrer le système avancé de gestion de l'énergie de QGEMS afin d'optimiser la production et la distribution d'énergie (électricité et chaleur) de NAAREA,

tout en élargissant ses applications aux data centers, aux sites commerciaux, aux installations industrielles et aux territoires isolés. Ce partenariat marque une étape importante dans les activités de NAAREA. En exploitant la plateforme de pointe de QGEMS, NAAREA améliorera l'efficacité et la fiabilité de ses opérations énergétiques, tout en garantissant une intégration fluide aux réseaux énergétiques, et ce dans divers secteurs.

En janvier 2025, NAAREA poursuit son développement industriel en établissant un partenariat avec Phoenix Manufacture, une société basée à Niort, spécialisée dans la mécanique industrielle de précision et la conception et fabrication de systèmes mécaniques pour les secteurs de l'industrie et de la défense. Ce partenariat vise à mettre en œuvre des solutions industrielles pour les différentes phases de développement du micro-générateur nucléaire XAMR® de NAAREA, notamment pour le prototypage, le premier de série (FOAK) et la production en série.

La collaboration entre NAAREA et Phoenix Manufacture repose sur cinq axes principaux qui s'échelonneront jusqu'en 2032 :

1. Etude de fabricabilité de pièces conçues par NAAREA pour la fabrication additive.
2. Prototypage de composants constitutifs du micro-générateur XAMR®.
3. Fabrication en série : fourniture de pièces nécessaires au FOAK et à la production en série.
4. Montée en capacité de production : étude de la création d'une usine commune de composants constitutifs du micro-générateur XAMR®, mutualisation des ressources et montée en compétence réciproque.
5. Filière de retraitement : évaluation de solutions pour recycler et valoriser les rebuts matières, issus de la production et du recyclage des composants usagés.

En janvier 2025, NAAREA franchit une nouvelle étape avec la mise en service de son I-Lab (hall d'essais industriels et laboratoire). Ce site de 2 400 m² situé à Corneilles-en-Parisis, conçu pour accélérer l'innovation, accueillera une vingtaine d'ingénieurs de NAAREA ainsi que des plateformes expérimentales pour valider en environnement non nucléaire les technologies qui seront utilisées dans ses micro-générateurs (pompes, systèmes gaz, matériaux, vannes, procédés chimiques, capteurs, actionneurs) et leurs modes de fonctionnement.

Le I-Lab sera organisé en trois zones essentielles :

1/ Une zone industrie dédiée à la fabrication des sels caloporteurs, au prototypage, aux essais d'assemblages et tests automatisés et à la validation de la future architecture digitale des usines de NAAREA.

2/ Une zone d'essais dédiée à l'exploitation de plateformes expérimentales, conçues pour valider les composants thermohydrauliques destinés au micro-générateur XAMR®. Ces plateformes incluront principalement des boucles d'essais et des plateformes de tests à différentes échelles.

Cet espace jouera un rôle clé dans le test et la validation de l'instrumentation du projet ALIS. Soutenu dans sa phase 1 par France 2030 et la Région Île-de-France, ce projet est mené en collaboration par NAAREA, le CNRS-IJCLab et

 **naarea** — Dossier de presse

iUMTEK. L'objectif du projet ALIS est de développer des outils d'analyse qui permettront notamment de garantir une sûreté optimale et un pilotage optimisé du futur micro-générateur XAMR®.

3/ Enfin, une zone composée de trois laboratoires spécialisés :

- Un laboratoire matériaux dédié à l'étude de la corrosion et du comportement mécanique.
- Un laboratoire de chimie et analyses qui aura la charge du développement de méthodes, de procédés et d'analyse des matières et de leur niveau de pureté.
- Un laboratoire gaz qui permettra de développer les systèmes gaz du micro-réacteur XAMR® (filtration des gaz rares, séchage des gaz d'inertage des sels, enrichissement et traitement des gaz chlorés)

Les prochaines étapes

NAAREA a également pour projet de construire un prototype de réacteur à sels fondus, destiné à valider la conception de ses réacteurs de série, par la réalisation d'essais d'irradiation des matériaux et des sels, ainsi que par la réalisation d'essais dédiés à la sûreté nucléaire.

La dernière phase de ce plan de développement concernera la construction de l'usine de fabrication de série, qui sera une installation nucléaire de base robotisée. Cette usine comportera deux modules : une usine de fabrication et une usine de déconditionnement / retraitement pour le recyclage des micro-générateurs.

FONDATEURS

Depuis 2005, les deux fondateurs du projet, Jean-Luc Alexandre et Ivan Gavriloff, ont collaboré avec succès pour faire travailler ensemble de façon créative différents corps de métiers.



Jean-Luc ALEXANDRE

Jean-Luc Alexandre est diplômé de l'École Technique Préparatoire pour l'Armement, ingénieur Centrale-Supelec'92 et INSEAD. Il a commencé sa carrière chez Spie Batignolles dans l'ingénierie et la construction de systèmes ferroviaires complexes. Il est devenu directeur des infrastructures chez Alstom Transport en 2007. En 2013, il devient Directeur général de Degrémont. Il était en outre jusqu'en 2019 Chief Technical Officer du groupe Suez pour les infrastructures. Quinze années d'expatriation lui ont apporté une connaissance aiguisée de l'international. Cette expérience internationale de terrain l'a profondément sensibilisé aux inégalités sociales, aux détresses quotidiennes des pays en voie de développement, et aux effets dévastateurs du dérèglement climatique sur ces populations.

Ivan GAVRILOFF

Ivan Gavriloff, X81, est entrepreneur et fondateur de KAOS Consulting. Expert de la créativité et de l'innovation, il enseigne le « penser autrement » depuis 2012 au CHEM, École de Guerre, EMSST, CFMD, mission d'accompagnement de l'Officier Général Transformation Digitale des Armées (OGTDA) durant 18 mois (2017-2018), Colonel (AIR) de réserve citoyenne (ADER). Il anime des groupes de créativité allant d'une dizaine jusqu'à plusieurs centaines de personnes. Son savoir-faire permet de faire émerger des solutions innovantes de groupes en apparence disparates, grâce à des méthodes d'intelligence collective, éprouvées auprès de 1 000 clients dont certains issus des entreprises du CAC40.



Inspirés et engagés professionnellement dans l'atteinte des dix-sept objectifs de développement durables (ODD), signés à Paris en septembre 2015 par 193 pays, Jean-Luc Alexandre et Ivan Gavriloff, ont publié un ouvrage « Oui, c'est (encore) possible » en décembre 2019, fruit de leurs analyses et retour d'expériences sur le sujet. « Protéger notre planète et notre famille d'êtres vivants » conduit à l'idée que le climat est notre patrimoine et qu'il constitue l'héritage dont nous portons la responsabilité à l'égard des futures générations. NAAREA est dirigée par Jean-Luc Alexandre qui est son Président Directeur Général et Ivan Gavriloff qui est président du conseil de surveillance.

LOGO NAAREA



Le radis, symbole d'innocuité et de sécurité.

Le radis est un élément naturel présent partout dans le monde, de la Chine au Mexique en passant par l'Inde, l'Afrique et l'Europe. Le radis est un aliment doté d'une abondante réserve d'énergie, riche en minéraux et oligoéléments. Économique et accessible à tous, il symbolise l'abondance partagée qui est l'ambition de NAAREA.

Comme NAAREA, le radis laisse peu de déchets car toute la plante se consomme, crue ou cuite : la micropousse, la racine, les fanes ou brèdes, les fleurs, les siliques et les semences (huile et germination). Petit ou grand, le radis pousse très vite, en 3 à 4 semaines environ et porte l'indicateur de l'état de la terre dans laquelle il évolue. En effet, le radis est particulièrement sensible à l'irradiation. S'il a poussé sur des sols ou dans un air contaminé il peut les avoir dépollués en concentrant des métaux lourds toxiques. Pouvoir en manger est la preuve d'absence de radiation.

C'est pourquoi sa présence sur le logo de NAAREA est un symbole d'innocuité et de sécurité.

EQUIPE

NAAREA rassemble les meilleurs experts de la filière nucléaire française ainsi que des professionnels ayant travaillé au sein d'entreprises industrielles françaises et étrangères. Aujourd'hui, près de 300 professionnels œuvrent chaque jour pour déployer nos micro-générateurs XAMR® à l'horizon 2030 et ainsi contribuer à l'atteinte des 17 objectifs de développement durable de l'ONU.

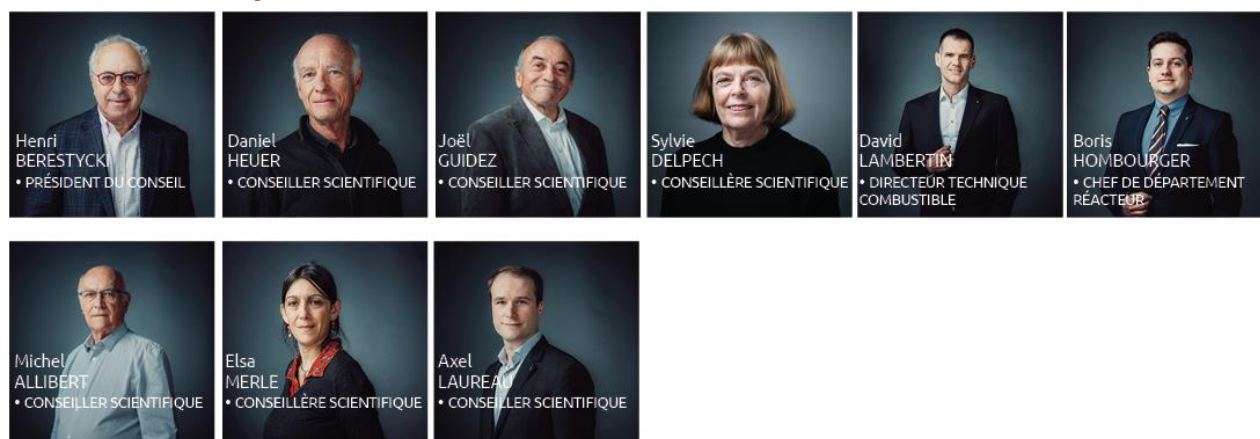
Comité de direction



Comité d'orientation sociétale et environnementale



Comité scientifique



Associations professionnelles et labels





naarea

Pour toutes informations :

NAAREA

66 Allée de Corse

92000 NANTERRE

presse@naarea.fr

Leïla Lévêque

Responsable communication

l.leveque@naarea.fr - +33 6 65 83 10 52