



Inauguration de la plate-forme ALHyance Innovation

4 juillet 2006





Sommaire

- ❖ **Fiche 1 : le pôle d'excellence ALHyance innovation**
- ❖ **Fiche 2 : Les projets du pôle ALHyance innovation**
- ❖ **Fiche 3 : La filière hydrogène au CEA**
- ❖ **Fiche 4 : Le CEA Le Ripault**



Le pôle d'excellence ALHyance innovation

Signature de la convention de création du pôle d'excellence ALHyance innovation

Le 4 juillet 2006, les Collectivités territoriales (région Centre, département d'Indre-et-Loire, communauté de communes du Val d'Indre, communauté de communes de la confluence), le CEA, les universités d'Orléans et François Rabelais de Tours, ainsi que les entreprises partenaires (Dalkia, Ullit et Raigi) **ont signé la convention de création, en région Centre, du pôle d'excellence dans les domaines du génie des matériaux et des énergies : le Pôle ALHyance innovation.**

ALHyance innovation va réunir sur un même lieu l'ensemble des compétences nécessaires (chercheurs, ingénieurs et techniciens, du CEA, des entreprises industrielles et des laboratoires partenaires) afin de conduire des programmes de recherche et d'industrialisation dans le domaine des énergies non émettrices de gaz à effet de serre et de l'efficacité énergétique. Ces programmes concernent en particulier l'émergence d'un nouveau vecteur énergétique : l'hydrogène.

Un plateau technique et industriel de pointe pour les nouveaux matériaux

Le CEA Le Ripault, situé à 15 km au sud de Tours, a l'expérience du développement technologique de matériaux. Grâce à cette expertise développée au service de la Défense, il pilote ou participe à de nombreux projets de recherche du CEA consacrés à l'essor des nouvelles technologies pour l'énergie (hydrogène, photovoltaïque, biomasse)¹.

En s'appuyant sur l'expérience étendue du CEA Le Ripault dans le domaine de l'ingénierie des matériaux et sur ses équipements scientifiques et techniques de haut niveau, les partenaires du projet vont créer, avec le soutien financier du Département d'Indre et Loire et de la Région Centre, les conditions d'un **accueil optimal des industries de haute technologie et PME** de la filière hydrogène et de l'efficacité énergétique. Ils vont construire, sur un terrain de 7 hectares situé sur la commune de Monts, à proximité du CEA Le Ripault, un plateau technique de 4 000 m² qui accueillera de nouveaux laboratoires travaillant sur le

¹ Dans le contrat d'objectif que le CEA signe avec l'Etat, le développement de nouvelles technologies de l'énergie visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre est l'une des missions qui incombent au CEA.

stockage gazeux de l'hydrogène, les composants de cœur de pile basse température (dites PEMFC 'Proton Exchange Membrane Fuel Cell', et destinées aux applications mobiles) et les piles à combustibles haute température (dites SOFC 'solid oxyd fuel cell', et destinées aux applications stationnaires et à la cogénération). Le premier bâtiment « Ipso », déjà opérationnel, a officiellement été inauguré par les partenaires le 4 juillet.

Le Centre de ressources scientifiques, technologiques et industrielles

En plus de ce plateau technique et industriel, le CEA Le Ripault propose de créer **un Centre de ressources scientifiques, technologiques et industrielles** (Cresti) qui constituera un **moteur d'initiative et d'échanges** pour les différents acteurs d' ALHyance Innovation et une **vitrine du savoir-faire technologique en région**. A ce titre, il participera à la diffusion de la culture scientifique et technique et à l'acceptabilité et la diffusion de ces technologies innovantes aux différents échelons régional, national, européen et international.

Une forte dynamique régionale

Le projet ALHyance s'inscrit dans le contexte géographique de la région grand Ouest dans un réseau universitaire et industriel où les collectivités territoriales mènent un politique forte et durable, destinée à **favoriser et amplifier la recherche et l'innovation au profit du développement économique**.

Destiné à devenir une plate-forme technologique ouverte à vocation européenne, le pôle ALHyance innovation est un outil qui s'inscrit dans la dynamique régionale de projets liée au pôle de compétitivité S²E² (Sciences et systèmes de l'énergie électrique) notamment dans le domaine de l'hydrogène. S²E² est un des deux pôles de compétitivité de la région Centre. Il a pour thématique centrale l'efficacité énergétique. Il regroupe, autour de STMicroelectronics, des entreprises, des laboratoires de recherche, dont le centre CEA Le Ripault, l'Université François Rabelais et l'Université d'Orléans.

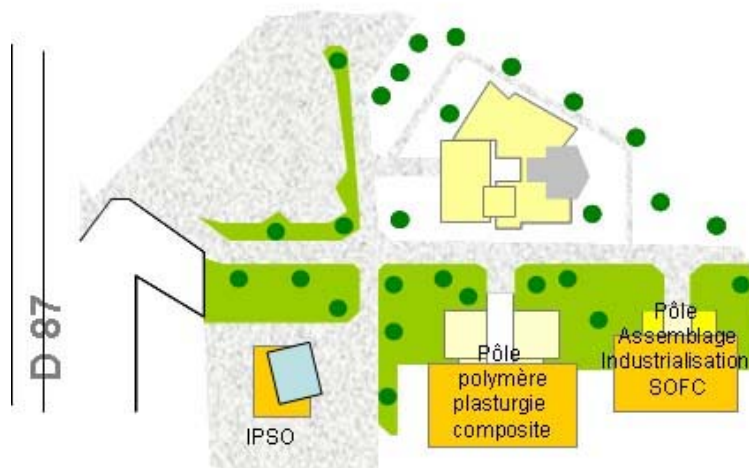
Les phases de construction du pôle ALHyance innovation

Le CEA Le Ripault a assuré la construction du bâtiment « Ipso », qui regroupe sur 300 m² des installations de recherche et développement sur les technologies SOFC et accueille des chercheurs et des industriels rassemblés autour de projets structurants.

En 2007, commencera la construction du bâtiment « P3C » (*Pôle Polymères, Plasturgie et Composites*) qui hébergera des moyens technologiques permettant le développement de nouveaux matériaux et de nouveaux procédés dans le domaine des polymères, de la plasturgie et des matériaux composites. Ces technologies innovantes permettent, en

particulier, le développement et la fabrication de nouveaux réservoirs de stockage de l'hydrogène sous pression destinés aux transports.

Avant 2010, un troisième bâtiment sera consacré à la pré-industrialisation. Il intégrera les premières réalisations industrielles validées et retenues par les partenaires, parmi les développements technologiques menés dans le cadre des piles à combustible haute température, du stockage gazeux de l'hydrogène et des composants de cœur de pile basse température. Ces installations serviront de relais pour la définition, la mise en place et l'optimisation des futures unités industrielles, qui pourront bénéficier, en s'installant à proximité d' ALHyance innovation, d'un pôle d'expertise et de savoir-faire de premier choix pour développer et pérenniser ces outils industriels de haute technologie.





Les projets du pôle ALHyance innovation

Les partenaires du pôle ALHyance innovation travaillent sur 3 grandes thématiques : les piles à combustible et les électrolyseurs haute température, le stockage embarqué sous pression, les composants pour piles à combustible PEMFC.

Les piles hautes températures (SOFC) :

La spécificité des SOFC réside dans leur haute température de fonctionnement (900°C). Ces piles à combustible possèdent de nombreux atouts : leur rendement électrique est important (supérieur à 50%) et elles fonctionnent sans catalyseur à base de métaux nobles comme le platine ce qui permet de réduire les coûts et d'utiliser directement des gaz de synthèse (hydrogène + CO; gazéification de la biomasse). Elles sont particulièrement bien adaptées pour les applications stationnaires et leur température de fonctionnement très élevée permet de disposer de vapeur d'eau à haute température valorisable soit en cogénération (la chaleur résiduelle est exploitée directement) soit par le biais de turbines à gaz qui produisent à leur tour de l'électricité. Dans ce cas, le rendement global (rendements électrique et thermique) peut atteindre 90 %.

Mais ces températures de fonctionnement très élevées, de l'ordre de 900°C, ont aussi une contre-partie en termes de coûts, de durée de vie et de fiabilité des systèmes. Aussi les programmes de recherche en cours visent-ils à obtenir des températures de fonctionnement des SOFC de 600°C à 700 °C, ce qui suppose de développer de nouveaux électrolytes céramiques, de nouvelles architectures et de nouveaux procédés pour diminuer les coûts de fabrication des cellules et des systèmes. Les programmes Gecopac et Ciel s'inscrivent dans cette démarche.

Le programme Gecopac.

Ce programme consiste à mettre au point le premier démonstrateur français de cogénération équipé d'une pile à combustible SOFC. Celle-ci sera conçue, développée et réalisée par le

CEA. D'une puissance de 5 kW, ce système sera alimenté par le réseau de gaz naturel, et couplé au réseau électrique de son lieu d'implantation, le lycée Martin Nadaud situé à Saint-Pierre-des-Corps (lycée choisi par le rectorat d'Orléans-Tours).

Le programme Gecopac comprend un cœur de pile, une unité de traitement du combustible, une unité de conversion de puissance et contrôle commande, ainsi que les modules nécessaires à la gestion thermique interne et externe du système.

Le CEA, la Région Centre, l'Académie d'Orléans-Tours et les industriels Dalkia et Snecma Moteurs sont partenaires de ce projet.

Le programme Ciel

Labellisé par l'ANR en 2005, le programme Ciel vise à adapter la SOFC à l'habitat individuel en mettant au point des systèmes de micro-cogénération. L'objectif est de coupler directement une pile à combustible SOFC dans le cœur de chauffe d'une chaudière individuelle au gaz naturel. Cela suppose de lever certaines contraintes. Ainsi, afin d'obtenir une maintenance acceptable pour le système, le cœur de pile devra fonctionner directement au gaz naturel sans reformage². Par ailleurs cela suppose de mettre au point des matériaux et des systèmes en mesure d'endurer des cycles thermiques nombreux et rapides.

Synergie SOFC / Electrolyse à haute température (EHT)

Si la SOFC permet de produire de l'électricité, de la chaleur et de la vapeur d'eau à partir d'hydrogène et d'oxygène, il est possible d'inverser le procédé pour produire de l'hydrogène. Ce procédé, appelé électrolyse à haute température (EHT), est potentiellement non émetteur de gaz à effet de serre. Les conditions de fonctionnement de l'EHT étant très proche de celles d'une SOFC, les verrous technologiques à lever sont similaires. La R&D menée actuellement vise à démontrer la faisabilité de la réversibilité sur la base d'une architecture innovante mise au point dans le cadre des programmes SOFC du CEA.

Le stockage hyperbare de l'hydrogène

L'introduction progressive dans les prochaines décennies de l'hydrogène dans le secteur des transports suppose de surmonter certaines difficultés liées au stockage embarqué de l'hydrogène. Quel que soit le mode de stockage embarqué retenu, celui-ci devra être sûr, économique et devra permettre d'obtenir une autonomie comparable à celle que nous connaissons aujourd'hui (d'au moins 500 km).

² Opération de craquage chimique d'une molécule d'hydrocarbure ou d'alcool pour la transformer en ses composants majeurs.

Parmi les différentes solutions actuellement en développement, le stockage gazeux sous pression de l'hydrogène est une technologie compétitive à condition d'utiliser des réservoirs légers, fiables et capables de supporter une pression de service de 350 bar et de 700 bar.

Les réservoirs composites à liner³ polymère développés au CEA sont moins chers et plus légers que les réservoirs à liner métallique. Contrairement à ceux-ci, ils ne sont pas sujets aux problèmes de fatigue et de fragilisation sous l'effet de l'hydrogène. Dans le cadre d'une collaboration avec Air liquide, le CEA a développé un réservoir de 22 litres à 350 bars. Ce programme de recherche (projet Polystock), labellisé par le Ministère de la Recherche, a démarré en 2002 et s'est achevé en 2005. Il fait actuellement l'objet d'un transfert de technologie vers une PME régionale (ULLIT). Dans le cadre du projet intégré européen Storhy, mettant en œuvre plus de 40 partenaires, le CEA est responsable du développement de réservoirs composites à liner polymère de 700 bars (32 litres et 150 litres).

Les recherches actuelles portent sur l'amélioration du liner et du composite afin de diminuer encore les coûts des réservoirs (projet HYBOU labellisé par l'ANR en 2005). Elles visent également à passer du réservoir au système de stockage sous pression en intégrant tous les auxiliaires qui permettent de relier le réservoir à la pile et d'assurer la maintenance et la sécurité du dispositif (connectique, détendeurs, capteurs pour la sécurité et la maintenance).

Les composants pour piles basse température (PEMFC)

Bien que de nombreux véhicules à pile à combustible roulent aujourd'hui partout dans le monde en tant que démonstrateurs, le développement industriel des piles à combustible de type PEMFC nécessite des recherches afin d'augmenter leurs performances tout en diminuant leur coût. Les travaux de R&D menés sur la plateforme ALHyance dans le cadre des convertisseurs PEMFC portent principalement sur la réalisation de plaques bipolaires composites, le développement de membranes hybrides et l'assemblage en continu « électrodes/membrane ».

Les plaques bipolaires composites

La plaque bipolaire sert à distribuer les gaz (hydrogène, oxygène ou air) et à collecter le courant électrique. Après avoir développé un matériau à base de graphite adapté aux spécifications des plaques bipolaires, le CEA développe actuellement un procédé de mise en

³ Le liner est la vessie qui permet de contenir l'hydrogène. Cette vessie est elle-même entourée de fibres de carbone.

œuvre innovant qui permettra de réduire très significativement les coûts de ce composant de cœur de pile par la suppression de nombreux usinages et l'ajout de fonctionnalités.

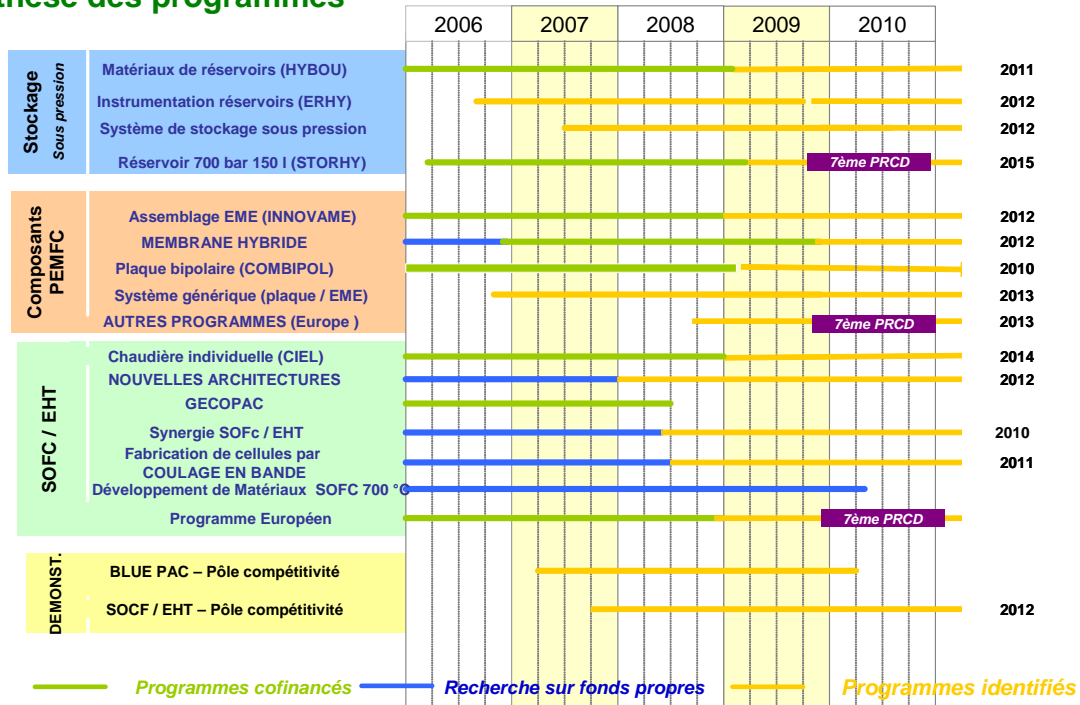
Les membranes hybrides

La température de fonctionnement des membranes actuelles n'est pas adaptée aux contraintes de l'automobile. Les programmes de recherche du CEA consistent à développer des matériaux hybrides capables d'assurer leur fonction sur toute la gamme de températures envisageables pour ce genre d'application (de -20 à + 200 °C).

Les assemblages électrode/membrane/électrode

Quels que soient les matériaux retenus pour les futures piles à combustible, ce sont les ensembles électrodes/membrane qu'il faudra optimiser du point de vue des performances, de la durée de vie, de la qualité de l'assemblage et des coûts de fabrication. La diminution des coûts impose de développer des procédés d'assemblage en continu. **Le programme INNOVAME** labellisé par le réseau PAN-H de l'ANR en 2005, a pour objectif de développer, avec des partenaires industriels et universitaires, un procédé d'assemblage en continu robuste, reproductible et industrialisable.

Synthèse des programmes





La filière hydrogène au CEA

Le contexte énergétique actuel appelle à développer toutes les ressources énergétiques disponibles : les réserves d'énergie fossile se réduisent, et à la consommation énergétique des pays développés, s'ajoute la forte demande énergétique des pays émergents. Il apparaît nécessaire de mettre en place un mix énergétique et de développer de nouvelles technologies propres, durables et non émettrices de gaz à effet de serre telles que la pile à combustible, le solaire photovoltaïque, les systèmes de cogénération, la fusion thermonucléaire...

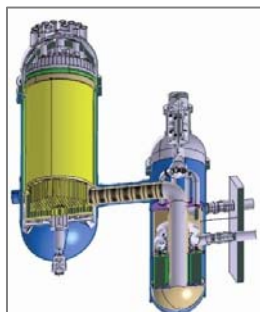
La particularité de l'hydrogène résulte de sa rareté sur terre à l'état naturel, de sa forte capacité énergétique massique et de son caractère non polluant, sous réserve de le produire à partir de filières technologiques elles-mêmes propres. Il peut être utilisé directement (combustion classique) ou en utilisant un convertisseur électrochimique, la pile à combustible (PAC), qui convertit l'hydrogène en électricité et en chaleur. Cependant, des verrous technologiques doivent être levés à chaque étape de la filière (production, stockage, transport, distribution et utilisation) pour amener cette nouvelle filière énergétique à des niveaux de coût et de performances acceptables.

Le CEA est un des rares acteurs dont la R&D couvre l'ensemble de la filière, y compris les aspects technico-économiques et l'acceptabilité. Il participe depuis son lancement à la plate-forme technologique européenne sur les piles à combustibles et l'hydrogène ainsi qu'aux comités de l'accord international pour l'économie de l'hydrogène (IPHE) signé par la France en novembre 2003 et aux accords hydrogène et pile à combustible signés par l'Agence internationale de l'énergie (AIE) où il représente la France. Le CEA s'est aussi engagé dans le projet technico et socio-économique européen HyWays, coordonné par le consultant allemand LBST, qui vise à développer la « feuille de route » (roadmap) européenne de l'hydrogène énergie.

Parmi l'ensemble de ces actions, les priorités du CEA sont plus précisément la production d'hydrogène sans émission de gaz à effet de serre, son stockage et les piles à combustibles pour le transport.

La production massive d'hydrogène

L'hydrogène n'est pas une source d'énergie en soi. Ce vecteur peut être produit à partir des trois grandes sources primaires d'énergie : fossiles, nucléaire, renouvelables. Si la production d'hydrogène à partir d'hydrocarbures avec séquestration de CO₂ est légitime à court/moyen terme, il faut développer d'autres procédés sûrs, peu ou pas émetteurs de gaz à effet de serre pour respecter les critères de développement durable. Deux de ces procédés sont étudiés au CEA : la décomposition de l'eau, par électrolyse ou réactions chimiques à haute température (la chaleur pouvant être produite par des réacteurs nucléaires, ou des sources de chaleurs renouvelables comme le solaire), et la décomposition thermochimique de la biomasse. Le CEA évalue aussi les autres voies innovantes de production de l'hydrogène (photoélectrochimie, photobiologie...) et pourrait donc faire émerger de nouveaux programmes de R&D dans ce domaine.



Concept Areva de réacteur nucléaire à haute température (850°C- 1000°C) utilisable pour la cogénération d'électricité (300MWe) et d'hydrogène

(Crédit : Areva/Framatome-ANP)

Infrastructure : distribution et stockage de l'hydrogène

Mettre en place une économie de l'hydrogène suppose qu'il soit disponible à tout moment et en tout point du territoire. La mise au point des modes de transport, de stockage (notamment à bord des véhicules) et de distribution efficaces représente donc un enjeu crucial.

Le CEA étudie deux grands modes de stockage de l'hydrogène. Le stockage gazeux haute pression s'effectue dans des conteneurs composites dont l'enveloppe interne est soit métallique soit polymère, matériaux qui présentent l'intérêt d'être légers, étanches au gaz et résistants aux fortes pressions.



Réservoir d'hydrogène composite prototype de 22 litres sous 350 bars

(crédit : Ullit)

Le stockage basse pression en phase solide consiste à absorber l'hydrogène dans des matériaux, ce qui présente des avantages de sûreté et de compacité.

Après la qualification de réservoirs à enveloppe interne métallique sous une pression de 700 bars en 2001, le CEA a obtenu en 2003 et 2004 des résultats prometteurs sur des réservoirs dont l'enveloppe intérieure est en polymère. Pour les applications nomades, le CEA étudie enfin des procédés à base d'hydrures chimiques.

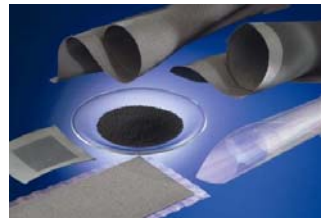
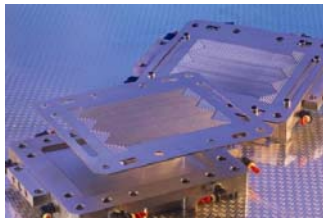
La pile à combustible

Qui dit vecteur énergétique, dit convertisseur. Le principe de la pile à combustible est simple : créer simultanément de l'électricité, de la chaleur et de l'eau en recombinaison de l'oxygène et de l'hydrogène. Il existe deux technologies de piles à combustible : les piles à membranes échangeuses de protons (PEMFC) et les piles à oxydes solides (SOFC), dont les applications sont complémentaires et les contraintes très différentes.

Le CEA est impliqué dans ces deux technologies, avec pour objectif de proposer aux industriels des solutions technologiques originales. Pour ce faire, le CEA étudie l'ensemble des mécanismes déterminant les performances, le vieillissement et les dégradations des piles. Cette maîtrise lui permet de développer des technologies de rupture pour chaque composant des piles (membranes, plaques bipolaires...), ainsi que de proposer des architectures d'ensemble innovantes.

- Les PEMFC sont privilégiées pour les applications transport. Les recherches menées au CEA sur les PEMFC sont conduites dans le cadre d'un partenariat privilégié avec

PSA pour aboutir à un système de référence de PEMFC de puissance, dans un contexte de forte concurrence internationale. Début 2006, ces travaux ont abouti à la mise au point du prototype GENEPAC qui se situe au meilleur niveau mondial en terme de rapport puissance / compacité (1 kilowatt / kg). D'autres applications transport, notamment ferroviaires et maritimes, font l'objet de coopérations avec la société Helion.



Composants essentiels des piles à combustibles PEMFC, les matériaux des ensembles électrodes-membrane et les plaques bipolaires (crédit : Artechnique/CEA).

- Les SOFC sont privilégiées pour les applications stationnaires en cogénération ou auxiliaires de puissance pour les transports. Dans ce domaine, et dans le cadre du projet Gecopac, le centre CEA Le Ripault travaille avec plusieurs partenaires dont GDF, Dalkia, Vivendi, Snecma, EDF...



Montage d'une pile SOFC dans un banc de test permettant de déterminer les caractéristiques en tension et en courant de mono-cellules et d'empilement de cellules (crédit : A Gonin/CEA)

Le CEA se positionne aussi comme leader mondial sur les micro-piles à combustibles pour applications nomades, grâce à des choix technologiques ambitieux (micro-piles en technologie couches minces alimentées en hydrogène pur) validés par un partenariat avec des industriels de la microélectronique.



Evolution de la technologie des micropiles (crédit : Artechnique/CEA)

Perspectives

Il existe aujourd'hui un consensus international assez large pour admettre qu'un développement commercial significatif de l'hydrogène et des piles à combustible est possible d'ici 2010-2020 sur certaines niches de marchés prioritaires, comme la propulsion de véhicules de flottes captives, la production stationnaire d'énergie de haute fiabilité ou l'alimentation en énergie durable des appareils électroniques portables.

Les piles pour l'automobile entreront sur le marché du transport via des auxiliaires de puissance pour les transports routiers, ferroviaires, maritimes ou aéronautiques, ainsi que dans des architectures hybrides (batteries rechargées par des piles à combustible).

La production commerciale de véhicules particuliers à pile à combustible serait possible d'ici 2030.



Le CEA Le Ripault :

un pôle de compétences sur l'étude et la conception de nouveaux matériaux

Imaginer des solutions par le calcul, créer des matériaux, les tester, les mettre en œuvre et les intégrer dans des systèmes, le centre du CEA Le Ripault concentre tous les métiers et compétences scientifiques et techniques pour la mise au point de nouveaux matériaux, depuis leur conception (modélisation sur ordinateur, synthèse, ...) jusqu'à leur fabrication (mise en forme, usinage, ...) et leur caractérisation. Cette expertise, de l'amont à l'aval, développée au service de la Défense, trouve de nombreuses applications intéressant les activités civiles, profitant aussi bien à de grands industriels qu'à des PME.

Ses missions pour la Défense

Fabrication et maintien en condition opérationnelle des armes nucléaires en service

Le Président de la République a pris la décision en 1995, dans le respect du principe de stricte suffisance, de ne conserver que deux composantes de la force de dissuasion : la composante océanique et la composante aéroportée. Il appartient à la Direction des Applications Militaires (DAM) du CEA de fabriquer et maintenir en état les têtes nucléaires qui équipent les missiles de ces forces, et de les mettre à disposition des armées pendant la durée de leur vie opérationnelle.

Dans ce cadre, le CEA Le Ripault a en charge la conception et la fabrication des ensembles pyrotechniques des charges nucléaires et de l'enveloppe des têtes nucléaires.

Développement des têtes nucléaires futures, programme simulation

Depuis 1996, date de l'arrêt définitif des essais nucléaires, la crédibilité de la dissuasion française repose sur une nouvelle stratégie permettant d'apporter la **garantie du fonctionnement et de la sûreté des armes** sans recourir à de nouveaux essais nucléaires.

Dans ce contexte, le CEA Le Ripault participe à la conception et au développement de nouveaux matériaux et de procédés de mise en œuvre pour les grands instruments expérimentaux de la DAM dédiés à la simulation (installation de radiographie AIRIX, Laser Mégajoule,...).

Participation aux programmes transverses du CEA

Les compétences matériaux acquises, en particulier, dans le domaine des polymères, des céramiques, des matériaux carbonés et des composites permettent au CEA Le Ripault d'apporter son soutien à d'autres unités du CEA dans le cadre de programmes transverses. C'est le cas dans le domaine de l'énergie où le CEA fournit un important effort de recherche afin de rendre compétitives de nouvelles solutions énergétiques.

Dans ce cadre, par exemple, le CEA Le Ripault contribue à améliorer les performances des piles à combustible basse température (PEMFC) et haute température (SOFC), pour lesquelles il développe des systèmes complets. Il développe également des solutions innovantes destinées à assurer le stockage de l'hydrogène sous pression.

Expertises et transferts de technologies

Fort de son potentiel, le CEA Le Ripault soutient le tissu industriel local, national et européen (PME, PMI) dans des domaines à fort potentiel de croissance (Aéronautique, Énergie, Environnement, Téléphonie, Automobile,...).

Recherche Partagée

Maîtriser des sciences et des technologies, concevoir des composants et des systèmes, partager les connaissances et transférer des compétences : pour atteindre ses objectifs, le CEA Le Ripault a tissé des liens étroits avec les acteurs de la recherche et de l'industrie.

De nombreuses collaborations scientifiques existent, en particulier avec les Universités de Tours, d'Orléans, de Poitiers ou de Limoges.

Chaque année, une centaine de chercheurs en formation rejoignent les équipes du CEA Le Ripault (Thèses, Post-Doc, Diplômes de Recherche technologique, Ingénieurs, formation par alternance,...).

Des compétences

Plus encore que dans d'autres secteurs, l'innovation de produit et l'innovation de procédé sont très fortement entrelacées dans le domaine de la science des matériaux. En effet, l'innovation produit que constitue la mise au point ou l'amélioration d'un matériau doit être accompagnée d'une innovation procédé cruciale pour sa production industrielle à un coût acceptable, ainsi que d'innovations chez les industriels. Aussi, pour assurer ses missions, le CEA Le Ripault a développé des savoir-faire dans de nombreux domaines :

- Ingénierie moléculaire
- Synthèse chimique et formulation
- Projection thermique
- Prototypage
- Dépôts couches minces
- Sécurité pyrotechnique
- Détection environnementale
- Microstructure et comportement
- Caractérisation chimique et physico-chimique

Des matériaux

Le domaine de la science des matériaux est transversal au monde industriel puisqu'il fournit des matières premières à l'ensemble des autres secteurs de l'économie.

- Matériaux énergétiques
- Matériaux magnétiques et hyperfréquences
- Matériaux céramiques
- Matériaux optiques
- Carbones et composites
- Matériaux organiques

Implanté depuis 1962 sur la commune de Monts, situé à 15km de Tours, le centre du Ripault de la Direction des applications militaires (DAM) du CEA réunit 620 salariés sur un site de 102 hectares.